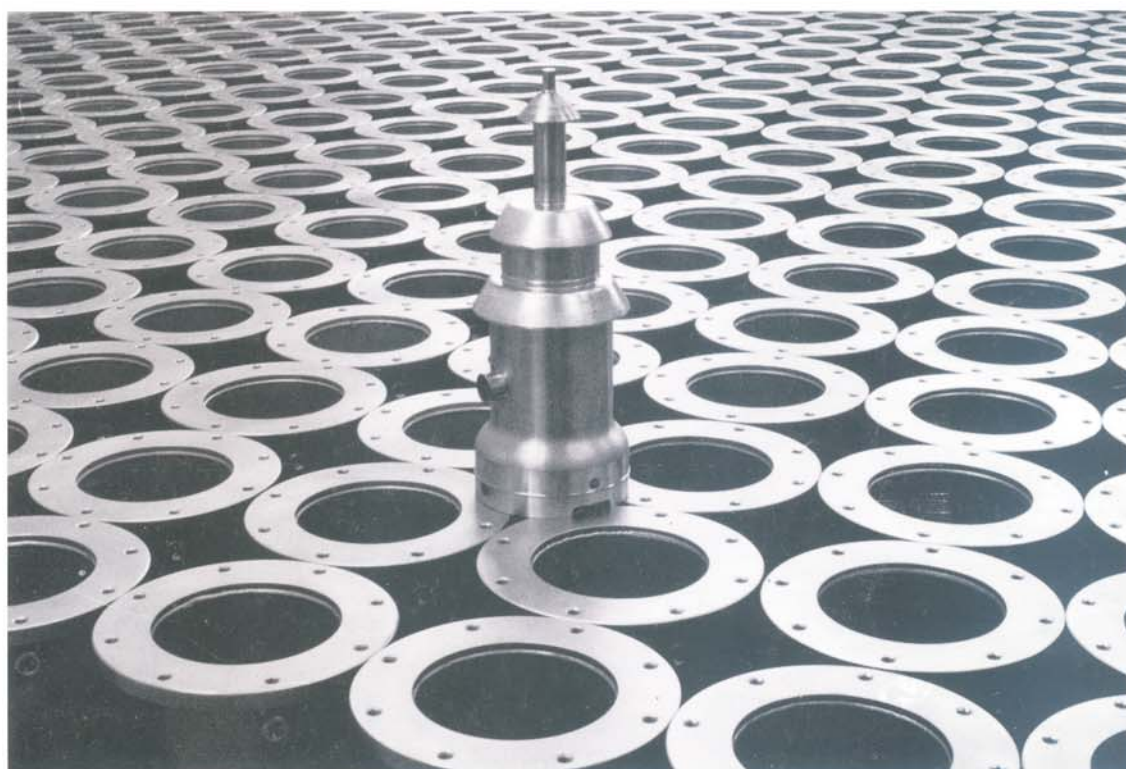


VAKUUMIST

ČASOPIS ZA VAKUUMSKO ZNANOST, TEHNIKO IN TEHNOLOGIJE, VAKUUMSKO
METALURGIJO, TANKE PLASTI, POVRŠINE IN FIZIKO PLAZME

LJUBLJANA, JULIJ 96

LETNIK 16, ŠT. 2, 1996



IIEVT

VSEBINA

Sodobne zasteklitve: visoko izolativna in inteligentna ("smart") okna (B. Orel)

Kemično črpanje v vakuumskih tehnologijah (B. Ferrario)

Naprševalne ionsko-getrske črpalke (A. Pregelj, M. Drab, I. Grašič)

Iznajdba in razvoj katodne elektronke in drugih vakuumskih elementov za televizijo (II. del)
(S. Južnič, V. Nemanič)

NASVETI (J. Gasperič, P. Panjan)

DRUŠTVENE NOVICE

IZOBRAŽEVANJE

OBVESTILA

Slika na naslovni strani prikazuje **difuzijske črpalke**, ki so jih skonstruirali in izdelali na **Inštitutu za elektroniko in vakuumsko tehniko** v Ljubljani. Njihove tehnične karakteristike so prilagojene zahtevam tujega kupca, ki jih vgrajuje v naprave za izdelovanje televizijskih katodnih cevi (Sony, Samsung, Panasonic, ...). Vsi sestavni deli, vključno s sistemom šob, so narejeni iz nerjavnega jekla. Premer sesalne odprtine je 100 mm, črpalna hitrost pa 330 l/s. Izdelujejo tudi difuzijske črpalke z nekoliko manjšo sesalno odprtino (63 mm) in črpalno hitrostjo 130 l/s. V lanskem letu so za tuje naročnike izdelali 1500 difuzijskih črpalk.

Obvestilo

Naročnike Vakuumista prosimo, da čim prej poravnate naročnino za leto 1996.

Cena štirih števil, kolikor jih bo izšlo v letu, je 1000,00 tolarjev.

SPONZORJA VAKUUMISTA:

- **Ministrstvo za šolstvo in šport Slovenije**
- **Balzers PFEIFFER GmbH, Dunaj**

- VAKUUMIST
- Izdaja Društvo za vakuumsko tehniko Slovenije
- Glavni in odgovorni urednik: dr. Peter Panjan
- Uredniški odbor: mag. Andrej Demšar, dr. Jože Gasperič (urednik za področje vakuumске tehnike in sistemov), dr. Bojan Jenko, dr. Monika Jenko (urednica za področje vakuumске metalurgije), dr. Ingrid Milošev, mag. Miran Mozetič, mag. Vinko Nemanič, Marjan Olenik, dr. Boris Orel, mag. Andrej Pregelj, dr. Vasilij Prešern in dr. Anton Zalar
- Lektor: dr. Jože Gasperič
- Korektor: dr. Milan Ambrožič
- Naslov: Uredništvo Vakuumista, Društvo za vakuumsko tehniko Slovenije, Teslova 30, 1000 Ljubljana, tel. (061)123-13-41
- Številka žiro računa: Društvo za vakuumsko tehniko Slovenije, 50101-678-52240
- Grafična obdelava teksta: Jana Strušnik
- Tisk: PLANPRINT d.o.o. - Littera picta, Rožna dolina, c. IV/32-36, 1000 Ljubljana
- Naklada 400 izvodov

IZOBRAŽEVANJE

IZOBRAŽEVALNI TEČAJI v letu 1996

Vse uporabnike vakuumske tehnike obveščamo, da sta v letu 1996 predvidena še naslednja strokovno-izobraževalna tečaja:

VZDRŽEVANJE VAKUUMSKIH NAPRAV

15. in 16. oktober 1996

Pod tem naslovom bo obravnavana predvsem tematika, ki jo srečujemo v tehniki grobega vakuumu. To je: delovanje, vzdrževanje in popravila rotacijskih črpalk, pregled in uporaba različnih črpalk, ventilov in drugih elementov, meritve vakuumu, hermetičnost in odkrivanje netesnosti v vakuumskih sistemih, materiali za popravila, tehnike čiščenja in spajanja, skupno 20 šolskih ur, od tega tretjina praktičnih prikazov in vaj.

Cena tečaja je 30.000 SIT. Vsak tečajnik bo prejel tudi brošuro "Vzdrževanje vakuumskih naprav" in potrdilo o opravljenem tečaju.

OSNOVE VAKUUMSKE TEHNIKE

26., 27. in 28. november 1996

Pri tem tečaju je večji poudarek na teoretičnem razumevanju snovi. Obravnavana so vsa že prej omenjena področja in poleg tega še: pomen in razvoj vakuumske tehnike, fizikalne osnove, črpalke za visoki

vakuum, tankoplastne in druge vakuumske tehnologije, čisti postopki, analize površin ter doziranje, čiščenje in preiskave plinov - skupno 26 ur z vajami in ogledom Inštituta za elektroniko in vakuumsko tehniko, Inštituta za tehnologijo površin in optoelektroniko in Inštituta "Jožef Stefan".

Cena tečaja je 28.000 SIT. Udeleženci prejmejo zbornik predavanj "Osnove vakuumske tehnike" in potrdilo o opravljenem tečaju.

Oba tečaja se pričneta ob 8.00 uri v knjižnici Inštituta za elektroniko in vakuumsko tehniko, Teslova 30, Ljubljana. Prosimo zainteresirane, da se informativno javijo čimprej, za dokončno potrdilo udeležbe pa velja kopija položnice o plačilu - najkasneje tri dni pred pričetkom tečaja na naslov:

Društvo za vakuumsko tehniko Slovenije,
Teslova 30,
1001 Ljubljana

(štev. žiro računa: 50101-678-52240).

Prijave sprejema organizacijski odbor (Koller, Spruk, Mozetič, Nemanič), ki daje tudi vse dodatne informacije (tel. 061 1264584 ali 1264592).



Mobilni telefon

BUS 1: 0609 623-663
BUS 2: 0609 625-737
GSM: 0043-664-342 89 15

Gardaland

Vabimo vas, da z nami obiščete sanjski Gardaland, kjer vas čaka veliko naravnih lepot. Tam se lahko popeljete z vlakom smrti ali sprehodite po faraonskih grobnicah, doživite pravi afriški safari, divji zahod itd...

ODHODI AVTOBUSOV VSAKO SOBOTO
CENA SAMO 5.400 SIT

ZA ORGANIZIRANE SKUPINE ODHODI PO ŽELJI. V TEM PRIMERU TUDI DODATNI POPUST.

BENO TOURS

AVTOBUSNI PREVOZI PO DOMOVINI
IN TUJINI, ORGANIZIRANJE IZLETOV

JEZERO 87
SLO - 1352 PRESEERJE
tel.: 061 632-066
tel/fax: 061 632-513

Obenem vas vabimo
na nakupovalne izlete
na Madžarsko

ODHODI AVTOBUSOV OB ČETRTRKIH
IN SOBOTAH
CENA SAMO 2.000 SIT

BENOTOURS

Vacuum Technology

Balzers
PFEIFFER
Austria

Majhne turbomolekularne črpalke

**Da ne boste
spregledali niti ene
več, smo se nečesa
spomnili.**

V našem razvojnem oddelku nenehno razmišljamo o uporabi vakuuma pri naših kupcih. Kajti razvoj je za nas uresničevanje vakuumske tehnologije. To je dodatna pomoč našim kupcem pri njihovem delu, ki bodo "kakovosten vakuum" še pocenili. Hkrati pa je to razvoj naših izdelkov, ki jih nenehno izboljšujemo, da bo vakuum pri postopku in obratovanju še bolj zanesljiv.

Delovanje naših črpalk odpove pri manj kot 1 odstotku. Zato smo, po mnenju naših kupcev, vse bolj konkurenčni. Naši rezultati dokazujejo, *da damo pri nas vse za "nič" (= vakuum).*



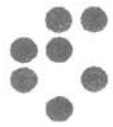
Balzers Pfeiffer GmbH
Diefenbachgasse 35
A-1150 Wien

Tel.: +43 1 894 17 04
Fax: +43 1 894 17 07

Univerza v Ljubljani

Institut "Jožef Stefan", Ljubljana, Slovenija

Center za trde prevleke, Domžale



JOSTiN

JOSTiN tehnologija - pot do vašega uspeha

- Se ukvarjate s proizvodnjo kovinskih, plastičnih in drugih izdelkov?
- Ali ne zahtevajo vaši naročniki nenehno cenejše in kvalitetnejše izdelke?
- Ali niste prisiljeni neprestano povečevati produktivnosti?
- Pa vas zaradi vseh teh težav boli glava in ne morete spati?
- Uporabljate orodja in matrice prekrivane s JOSTiN (TiN) in CrN zaščitno prevleko?
- Če ne, potem je skrajni čas, da izkoristite možnosti, ki vam jih nudimo s JOSTiN in CrN tehnologijo.
- Vaših težav ter neprespanih noči bo v trenutku konec; vaš proizvodni proces bo potekal učinkoviteje in ceneje.
- Tisoče naših stalnih strank ve, da to niso prazne obljube.

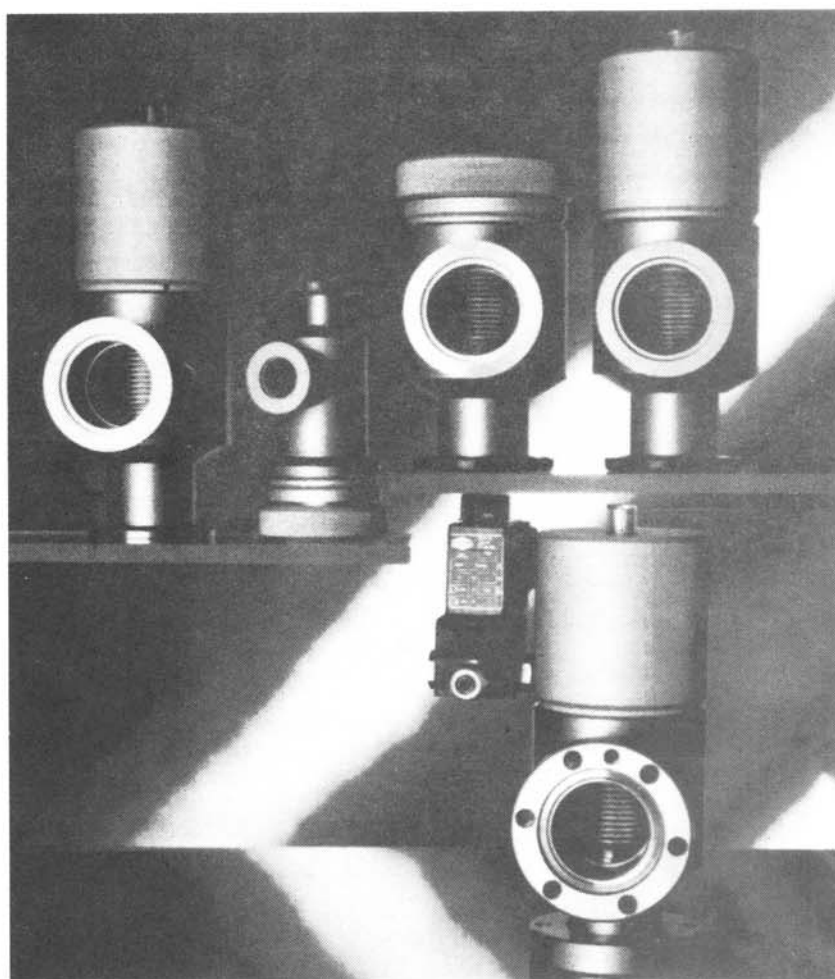
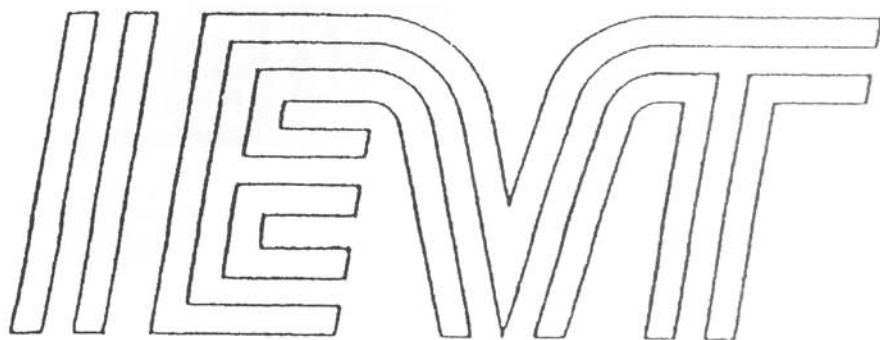


Zakaj titanov in kromov nitrid?

- Ker trdi zaščitni prevleki povečata obstojnost orodij in strojnih delov (3-20 krat)
- Ker preprečujeta hladno navarjanje materiala na orodju
- Ker je obdelava s prekritimi orodji kvalitetnejša (manjša hrapavost za 30 do 50%)
- Ker orodja prekrita s trdo zaščitno prevleko, omogočajo povečanje produktivnosti (do 100%) in manjšo porabo energije
- Ker boste s prekritimi orodji povečali gospodarnost obdelave

Informacije in naročila:

- Institut "Jožef Stefan", Odsek za tanke plasti in površine, Jamova 39, 1001 Ljubljana, pp 3000, tel.: (061) 1773 278 in 1773 276, fax: (061) 219 385 ali 273 677
- Center za trde prevleke, Ljubljanska 80-I, 1230 Domžale, tel-fax: (061) 714 586, tel.: (061) 1773 294



- **VAKUUMSKI SISTEMI:** ročno ali računalniško krmiljeni
- **VAKUUMSKE KOMPONENTE:** črpalke, merilniki, ventili, spojke, komore in drugi elementi



**INŠTITUT
ZA ELEKTRONIKO
IN VAKUUMSKO
TEHNIKO**

TESLOVA ULICA 30, POB 2959, 1001 LJUBLJANA
SLOVENIJA
TEL.: (+386 61) 126 45 84 N.C.,
FAX: (+386 61) 126 45 78

MEDIVAK

MEDIVAK, d.o.o.
Šolska ulica 21
SLO - 1230 Domžale

tel. fax : 00386 61 713060
mobitel : 0609 615 455
žiro račun : 50120-601-114647

HITRA POMOČ V TEŽAVAH**ODKRIVANJE NETESNOSTI****Helijski masni spektrometer UL 200**

- vakuumski sistemi
- vakuumski agregati
- nizko- in visokotlačne posode
- ventili, spoji
- energijske postaje

**IZPOSOJA VAKUUMSKIH
ČRPALK LEYBOLD****24 URNI SERVIS**

- vakuumskih črpalk
- analiznih aparatov
- odkrivanje netesnosti

IZOBRAŽEVANJE**S področja****ODKRIVANJE NETESNOSTI
POPRAVILA ČRPALK**

Tečaje organiziramo na sedežu firme v Domžalah,
če se prijavi najmanj 6 oseb.

MEDIVAK

MEDIVAK, d.o.o.
Šolska ulica 21
SLO - 1230 Domžale

tel. fax : 00386 61 713060
mobitel : 0609 615 455
žiro račun : 50120-601-114647

**ZASTOPSTVO
SERVIS
SVETOVANJE**

LEYBOLD

SPECTRO

Vakuumske naprave, izmenjevalniki, analitski aparati
Vakuumske tehnologije, vakuumska metalurgija, trde in tanke plasti, analitika
Kontrola vakuumskih naprav in sistemov

PRODAJNI PROGRAM "LEYBOLD"

Vakuumske črpalke

- Rotacijske vakuumske črpalke s priborom
- Eno in dvostopenjske (1 do 1200 m³/h)
- Roots vakuumske črpalke - RUVAC (150 do 13000 m³/h)
- Membranske in ejektorske vakuumske črpalke - DIVAC 2,4 L
- Difuzijske črpalke (40 do 50.000 l/s)
- Turbomolekularne črpalke (50 do 4500 l/s)
- Sorpcijske črpalke, kriočrpalke, ionsko-getske in sublimacijske titanske črpalke

Vakuumski črpalni sistemi

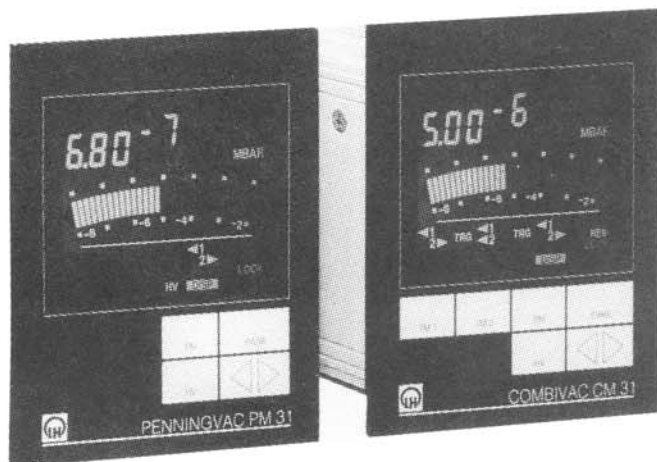
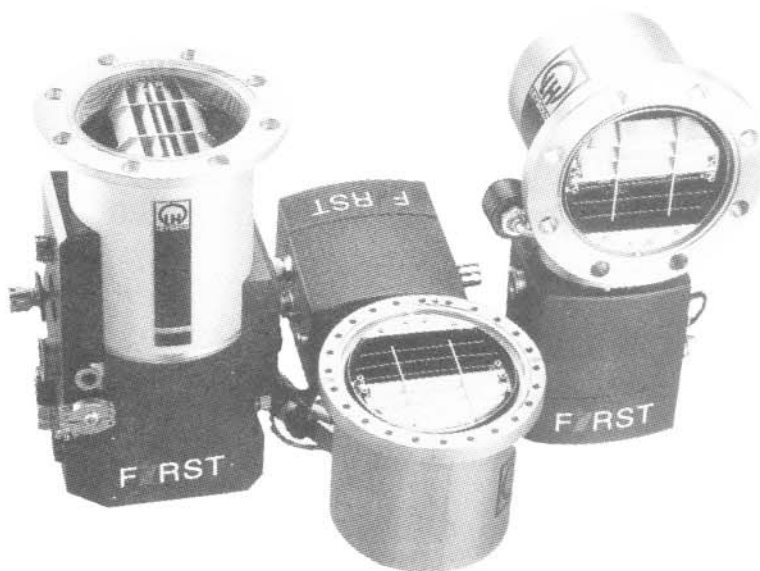
- za kemijsko in drugo industrijo

Vakuumski ventili

- Varnostni, dozirni
- Kroglični, loputni in UVV
- Prehodni in kotni KF, ISO-K, ISO-F

Vakuumski elementi in prirobnice

- Serije KF, ISO-K, ISO-F in UHF



Mehanske in električne prevodnice Merilniki vakuuma in kontrolni instr.

- Absolutni medtlaki in merilec delnih tlakov (od 1.10-12 do 2000 mbar)

Procesni regulatorji

Detektorji netesnosti (puščanja)

- Helijski in freonski detektorji

Masni spektrometri s priborom

Vakuumska olja, masti, rezervni deli



Vacuum Technology

Predstavljamo še analitski sistem za zagotavljanje kvalitete in nadzorovanje procesa.

Turbomolekularna črpalka 1600 MC

Samo eden od naših prispevkov k tako imenovani ključni tehnologiji

Vzemite si samo trenutek časa. Oglejte si turbomolekularno črpalko 1600 MC. To je samo eden od naših inovativnih prispevkov h ključni tehnologiji, kot je na primer polprevodniška tehnika. Že na prvi pogled boste ugotovili, kaj zmore taka črpalka, primerna za vsakodnevno uporabo, in katere so njene prednosti:

SCAN

Balzers
PFEIFFER
Austria

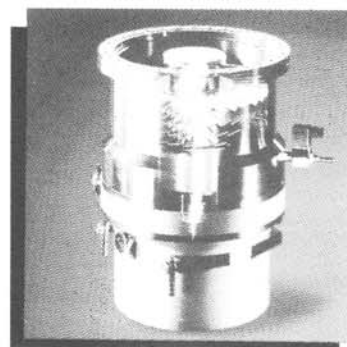


- je posebej primerna za črpanje agresivnih plinov
- končni tlak $<10^{-9}$ mbar pri predtlaku 12 mbar
- stroški obratovanja so manjši (mazanje ni potrebno, vzdrževanje tudi ne, potrebne so le manjše predčrpalke)
- delovanje je zanesljivo, ker ni krogličnih ležajev
- montaža je enostavna, lega ni pomembna, med delovanjem se skoraj ne trese
- z dodatnimi deli "TMS" boste preprečili zgoščevanje agresivnih plinov in še marsikaj drugega.

Posrečena je kombinacija odličnih, doslej samostojnih komponent, ki sestavljajo črpalko visoke zmogljivosti.

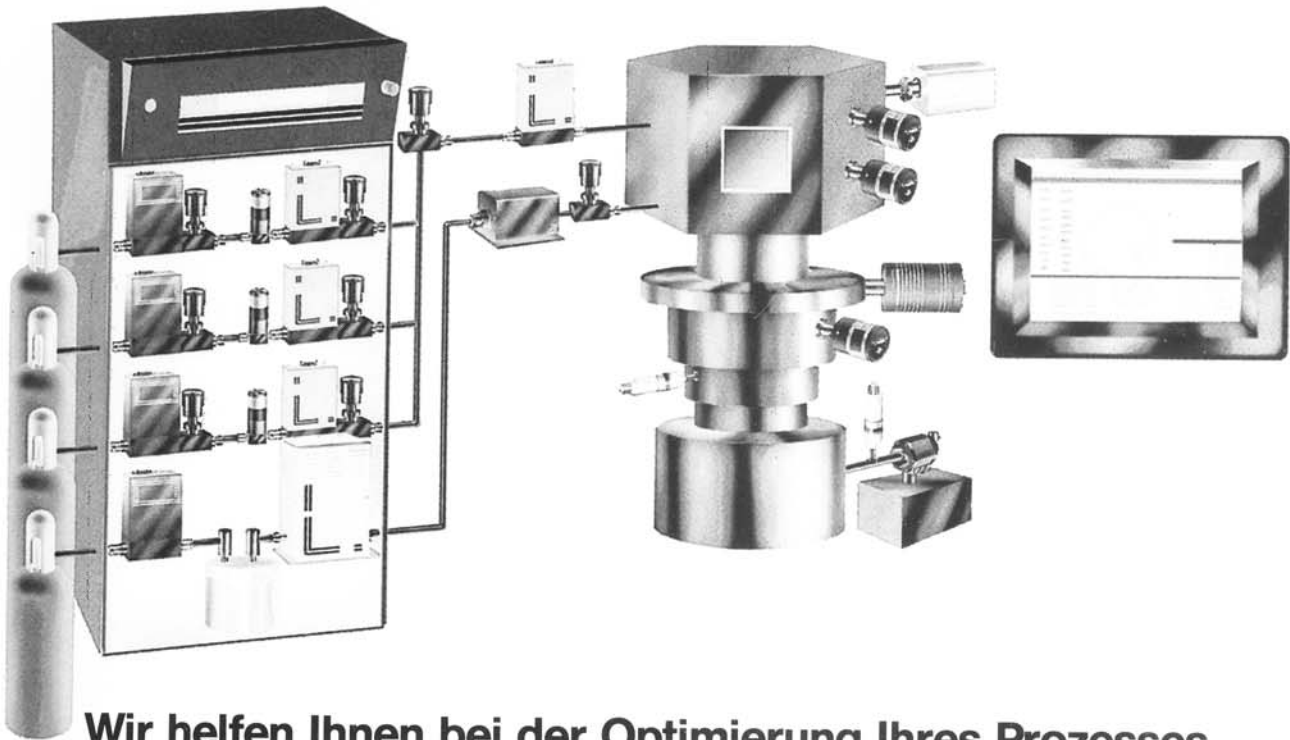
Scan d.o.o.
Breg ob Kokri 7
SI-4205 Preddvor

Tel.: +386 64 45 383
Fax: + 386 64 45 050





MKS Around the World... Around the Process.



Wir helfen Ihnen bei der Optimierung Ihres Prozesses

Druckmessung

Gasartunabhängige, korrosionsfeste Kapazitätsmanometer höchster Genauigkeit und Zuverlässigkeit für Vakuum und Überdruck.

Druckregelung

Mikroprozessorgesteuerte, automatische Prozeßdruckregelung mittels motor-gesteuerter Drosselventile oder elektro-magnetischer Gaseinlaßventile.

Service und Kalibrierdienst

Weltweit vernetzte Service- und Kalibrierstationen mit hochqualifizierten Mitarbeitern garantieren optimale Unterstützung.

Gasversorgung

Digitale und analoge Gasflußregler. Auch Ganz-Metall-gedichtete für ultra-clean-Anwendungen, Gasmischsysteme, Massenflußregler für Dämpfe, Flüssigkeiten und unter Normalbedingungen feste Materialien.

Gasanalyse

Restgasanalyse mit PC-gesteuertem Kompakt-Massenspektrometer

Kalibriersysteme

Tragbare, fahrbare und stationäre Kalibriersysteme für Vakuum-, Überdruck- und Gasflußmeßgeräte. Kunden- bzw. applikationsspezifische Lösungen.



MKS Instruments Deutschland GmbH, Schatzbogen 43, D-81829 München

Tel. (089) 42 00 08-0 · Fax (089) 42 41 06

**ZASTOPSTVO
SERVIS
SVETOVANJE**

MEDIVAK

MEDIVAK, d.o.o.
Šolska ulica 21
SLO - 1230 Domžale

tel. fax : 00386 61 713060
mobitel : 0609 615 455
žiro račun : 50120-601-114647

PERKIN ELMER

Samo najboljši analitski instrumenti so dovolj dobri za nas in naše stranke. Da so res najboljši, pove že njihova znamka, za njihovo uglasitev pa poskrbimo mi.

- biotehnologija
- atomska spektroskopija
- ICP
- ICP-MS
- upravljanje podatkov
- GC-IR
- FT-IR
- elementna analiza
- termična analiza
- LC
- LC-MS
- GC
- GC-MS
- UV/VIS
- fluorescenca



KemoAnalitika

družba z omejeno odgovornostjo
zastopstvo Perkin Elmer za Slovenijo
Štrekljeva 3, Ljubljana

tel. 061 / 125 03 15, 061 / 125 11 05
fax 061 / 125 11 10

SODOBNE ZASTEKLITVE: VISOKO IZOLATIVNA IN INTELIGENTNA ("SMART") OKNA

Boris Orel, Kemijski inštitut, Hajdrihova 19, 1000 Ljubljana

Novel highly insulating and switchable ("smart") windows for buildings

ABSTRACT

Thermal and optical properties of various windows filled with different inert gases and equipped with various heat and protective coatings on glass are described and discussed in term of the window efficiency in various climatic conditions.

Utilization of the novel electrochromic and gasochromic windows with variable optical transmission in visible and near-IR spectral range of solar radiation spectrum are described and their impact on the energy saving of building is briefly discussed.

IZVLEČEK

V članku opisujemo toplotno prevodnostne in optične lastnosti oken. Novost so elektrokromna in gasokromna okna, ki imajo zaradi spremenljivih optičnih lastnosti, večjo učinkovitost v različnih klimatskih razmerah.

1 UVOD

Na evropskem trgu prevladujejo okna z dvojno zasteklitvijo in argonskim (Ar) ali kriptonskim (Kr) polnjenjem. Razlog za takšno stanje je v državni regulativi in veljavnih standardih, po katerih se vsaj v Nemčiji zahteva, da je toplotna prevodnost U okna pod $1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ in da se mora pri celotnem enegijskem ravnotežju stavbe upoštevati tudi prepuščeno sončno sevanje. Obstaja vrsta načinov, s katerimi lahko ugotovimo optične in termične lastnosti oken, ter delež, ki ga predstavlja sončno sevanje v energijski bilanci stavbe. Ne glede na vrsto izračuna in na pot, ki jo uberemo, pa je energijska učinkovitost oken odvisna še od klimatskih razmer ter je različna za različno usmerjena pročelja (sever, jug).

V tem prispevku želimo prikazati medsebojni vpliv toplotne prevodnosti okna ter njegovih optičnih lastnosti - predvsem prepustnosti za sončno sevanje v spektralnem območju od $0,3$ do $2,5 \mu\text{m}$ - na energetsko ravnotežje stavbe ter predstaviti nove rešitve, ki jih nakazujejo inteligentna ("smart") okna. Le-ta imajo sposobnost prilagajanja svojih optičnih lastnosti in to tako, kot jih narekujejo spremenljivost dotoka sončnega sevanja ter energijske potrebe stavbe. Tako bomo po vrsti predstavljali nekatere nove rešitve oken-skih zasteklitvev z nizko emisijskimi prevlekami, nove prevleke za zmanjšanje odbojnosti stekel ter na primeru inteligentnih oken s spremenljivimi optičnimi lastnostmi predstavili dosežke Laboratorija za spektroskopijo materialov.

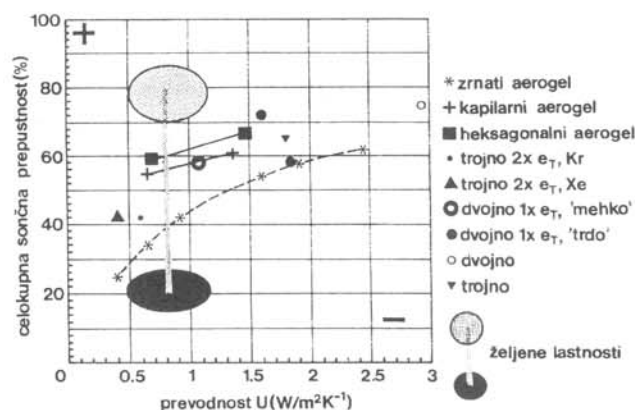
2 REZULTATI IN RAZPRAVLJANJA

Okno mora zadoščati štirim med seboj nasprotnim si zahtevam:

- imeti mora majhne toplotne izgube (majhno vrednost U ali velik toplotni upor)
- omogočati mora v največji meri dotok sončnega sevanja v prostor (visoko prepustnost)

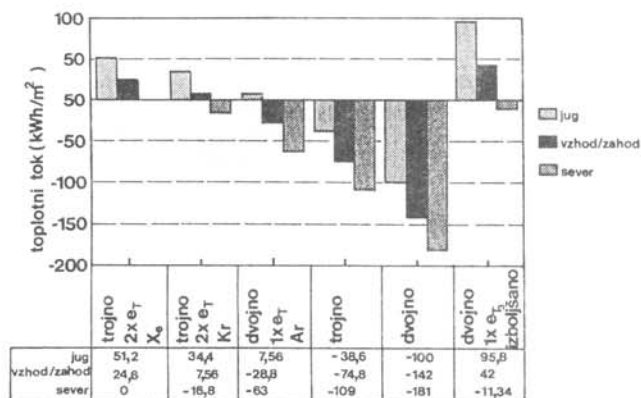
- zagotoviti mora pravilno osvetlitev in
- preprečiti mora pregrevanje prostora.

Zadostiti le prvi od zahtev je relativno enostavno z uporabo polnjenja dvojnih ali trojno zasteklenih oken z inertnimi plini (Ar, Kr, Xe) in z uporabo stekel s prevlekami z nizko termično emisivnostjo (e_T - "low e-glass"). Čeprav imajo takšna trojno zasteklena okna toplotno prevodnost že od $0,4$ do $0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$, so njihove optične lastnosti slabe, saj znaša prepustnost sončnega sevanja samo 42 %. To je bistveno manj, kot je prepustnost trojno zasteklenih oken s šipami brez nizkoemisijskih prevlek, ki prepuščajo kar 65 % sončnega sevanja.



Slika 1. Odvisnost celokupne sončne prepustnosti (v %) od toplotne prevodnosti za različne vrste oken

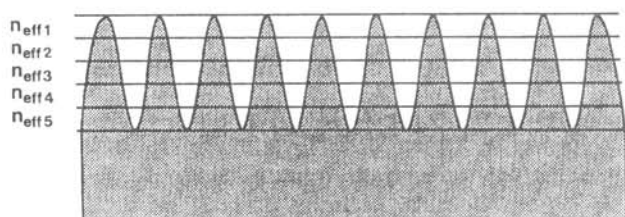
Podatki, prikazani na sliki 1, nazorno kažejo na kompromisnost rešitev. Te so v istočasnem zmanjšanju toplotne prevodnosti dvojno in trojno zasteklenih oken, opremljenih z nizkoemisijskimi prevlekami, kar gre na račun njihove bistveno manjše prepustnosti za sončno sevanje. Med najboljša okna sodijo tista, kjer je polnilni plin Xe nadomestil sicer bolj uporabljeni Ar in pri katerih so na steklih tanke prevleke plemenitih kovin z nizko emisivnostjo. Okna z vstavljeno polikarbonatno ali poliakrilatno transparentno izolacijo (TIM - Transparent Insulation Materials) različnih oblik (zrnato, kapilarno ali heksagonalno) se sicer odlikujejo po visoki prepustnosti za sončno sevanje ob istočasni nizki toplotni prevodnosti, vendar je njihova glavna pomankljivost v tem, da je skozi njih pogled oviran, saj prepuščajo le sipano svetlobo. Kljub temu je njihova prihodnost obetavna. Tako je nesporna njihova uporaba v pasivnih sončnih sistemih nizkoenergetskih stavb, pri katerih se stremi za čim večjim toplotnim učinkom na račun dogrevanja s sončnim sevanjem in neposredni pogled skozi okno ni posebno pomemben.



Slika 2. Odvisnost toplotnega toka v (+) in skozi okno nazaj (-) (v kWh/m²) od vrste oken ter usmerjenosti pročelja stavbe

Na povezanost vpliva, ki ga imata prepustnost okna in njegova toplotna prevodnost na letno energijsko ravnotežje stavbe najboljše ponarjajo rezultati na sliki 2. Računi, ki so bili narejeni za klimatske razmere v Nemčiji, in ni nujno, da veljajo tudi za Slovenijo, kažejo, da "najboljše" okno (3-krat zasteklitev, 2-krat nizkoemisijaska prevleka in Xe polnjenje) že kaže pozitivno energijsko ravnotežje (-50 kWh/m²). Takšno okno, vstavljeno na severno fasado, nima izgub. Dodatno izboljšanje bi dosegli le, če bi povečali njegovo prepustnost. Ta je prenizka in za takšno okno ni večja od 40 %.

Razloga za majhno prepustnost trojno zasteklenih oken sta dva: visoka odbojnost okenskih stekel, ki je za vsako stekleno površino približno 4%, in znatna absorpcija, ki jo imajo nizkoemisijaska prevleke za vidno sevanje sončnega spektra. Medtem ko je razvoj nizkoemisijaskih prevlek že dosegel nivo, ki ne kaže, da bi lahko dosegli še večjo sončno prepustnost (>0.9), pri sicer zelo nizki termični emisivnosti (<0,7), pa je razvoj navadnih stekel z nizko odbojnostjo tista možnost, ki do sedaj v polni meri še ni bila izkoriščena. Odbojnost stekla lahko zmanjšamo z nanosom protiodbojnih - λ/4-skih prevlek, ki povečajo njihovo prepustnost. Takšne λ/4 prevleke so le delna rešitev, saj z njimi v principu ne moremo zmanjšati odbojnosti za vse območje sončnega sevanja (0,3-2,5 μm). Z λ/4 plastmi lahko zmanjšamo odbojnost le za vidno (fotopično) sevanje sonca, ne pa za celotni sončni spekter, kar ima



Slika 3. Shematični prikaz prevleke (graded refractive index layer), ki daje širokopasovno nizko odbojnost steklu

za posledico, da takšna okna niso v zadostni meri energetske učinkovita.

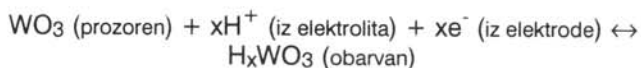
Dodaten problem, ki se praviloma pojavlja pri steklih z λ/4 prevlekami, je njihova različna obarvanost, ki jo opazimo, če opazujemo okno pod različnimi koti. Boljšo rešitev predstavljajo prevleke s spremenljivim lomnim količnikom (graded refractive index layer) (slika 3). Dve tehnologiji obetata, da bosta omogočili industrijsko pripravo takšnih prevlek: sol-gel tehnologija in kontrolirano jedkanje stekel. Pri obeh uporabljenih tehnologijah dosežemo, da postane površina stekla primerno hrapava in s tem podobna očesu nekaterih nočnih metuljev. Takšne hrapave strukture lahko pripravimo po sol-gel tehnologiji tako, da na steklo ali polimerno folijo naneseemo ustrezno tanko plast fotorezista, ki ga holografsko osvetlimo. S kemično odstranitvijo neutrjene sol-gel prevleke dosežemo primerno hrapavost površine, katere odbojnost je le 1 %, in to za vse valovne dolžine sončnega sevanja (0,3-2,5 μm).

Okna z nizko toplotno prevodnostjo in visoko prepustnostjo sončnega sevanja (zahtevi (i) in (ii)) so primerna za stavbe v klimatsko hladnih področjih, kjer je predvsem potrebno preprečiti toplotne izgube, in do prekomernega osonečenja prostorov ne prihaja. Težave nastopijo v primeru, ko je sonce nad obzorjem (evropski sever) in je osvetlitev prostorov prevelika (zahteva (iii)). Drug problem je pregrevanje, ki je značilnost vročih klimatskih področij (zahteva (iv)) in ki ga lahko odpravimo le z uporabo ustreznih klimatskih naprav. Dejstvo je, da kakršna koli kombinacija prevlek, stekel, polimerov in drugih materialov, ki se uporabljajo za okna, ne vodi do smiselnih rešitev, ki bi zadostila kontravernim zahtevam (i) - (iv). Rešitev je le v uporabi inteligentnih ("smart") oken, katerih optične lastnosti, tj. prepustnost in/ali odbojnost, lahko spreminjamo po svoji želji in v skladu s toplotnim režimom stavbe in zunanji razmerami.

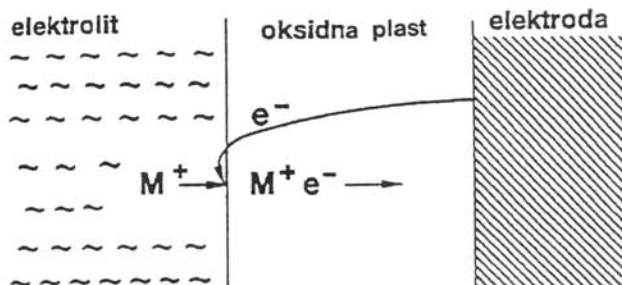
Do sedaj so znani štirje načini, ki omogočajo spremenljivost optičnih lastnosti šip. Ti so: fotokromizem, termokromizem, elektrokromizem in termotropizem. Tekoči kristali zaradi svoje podvrženosti fotodegradaciji niso primerni za stavbna okna.

Medtem ko se fotokromna okna odzivajo na množino sevanja (dozo), ki spremeni njihovo prepustnost in termokromna okna spremenijo optične lastnosti pri določeni temperaturi, se optične lastnosti elektrokromnih oken spreminjajo v odvisnosti od električne napetosti in so tako v celoti pod kontrolo porabnika. To je odločilna prednost, ki je utrdila smotrnost uporabe elektrokromnih oken pred drugimi sistemi. Termotropna okna ne morejo tekmovati z elektrokromnimi, saj v stanju z nizko prepustnostjo sipljejo svetlobo in se skozi ne vidi, medtem ko je pogled skozi elektrokromna okna, ne glede na stanje njihove prepustnosti in na kot pod katerim gledamo skozi, vseskozi nemošen.

Razvoj elektrokromnih oken se je začel v poznih 70-tih letih, ko so odkrili, da se tanke prevleke WO₃ pri negativnih potencialih, pri tem ko so v stiku s tekočim elektrolitom, ki vsebuje H⁺ ione, temno modro obarvajo. Pri tem pride do vključevanja (interkalacije) H⁺ ionov v strukturo prevleke in tvori se volframova bronza. Proces opišemo z naslednjo topokemično reakcijo:

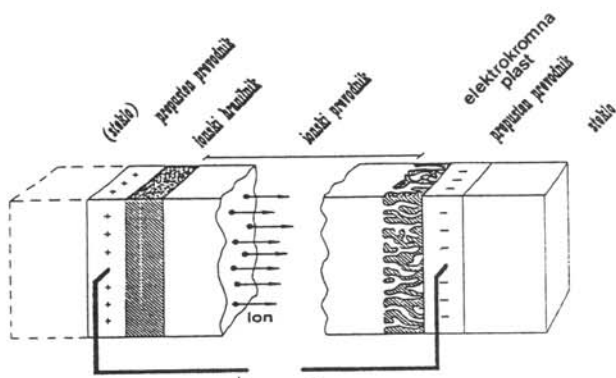


Proces je reverzibilen in pri obrnitvi napetosti vodi do izločitve (deinterkalacije) H^+ ionov nazaj v elektrolit in ponovnega razbarvanja tanke prevleke (slika 4).



Slika 4. Model prehoda ionov ($\text{H}^+ = \text{M}$) in elektronov e^- v prevleko WO_3 , naneseno na elektronsko prevodno ter za sončno svetlobo prepustno prevleko (navadno "trda" prevleka)

Elektrokemično celico, ki deluje kot elektrokromni pokaznik, dobimo (slika 5), če WO_3 spravimo preko ionskega prevodnika v kontakt s protielektrodo, ki nam rabi kot ionski rezervoar, v katerega se ioni umaknejo, pri tem ko se WO_3 razbarva. Prototipi inteligentnih elektrokromnih oken so že znani vsaj desetletje in dosegajo velikost do 1 m^2 , vendar komercialno dosegljivih elektrokromnih oken na trgu še ni. Osnovne optične karakteristike so prepustnost okna v razbarvanem stanju (ta je od 55 do 65 %), prepustnost v obarvanem stanju (vsaj za sedaj še ne manj kot 20 %) ter odzivni čas (nekaj minut). Odzivni čas je relativno dolg, kljub dejstvu, da imajo nekateri elektrokromni materiali (recimo Ir-oksidi) odzivni čas le nekaj ms. Razlog je v možnem onesnaženju (light pollution) urbanih naselij, do katere bi prišlo, če bi vsako od oken v zgradbi



Slika 5. Elektrochromni pokaznik:
 - elektrokromna prevleka (WO_3)
 - ionski prevodnik (H^+ ali Li^+)
 - ionski hranilnik (Sb:Mo:SnO_2)
 - "trda" prevleka z elektronsko prevodnostjo (elektroda)
 - steklo

neodvisno od drugega hitro spreminjala svojo barvo in odbojnost.

Tako nam je v Laboratoriju za spektroskopijo materialov na Kemijskem inštitutu uspelo pripraviti elektrokromno okno z naslednjo konfiguracijo prevlek:

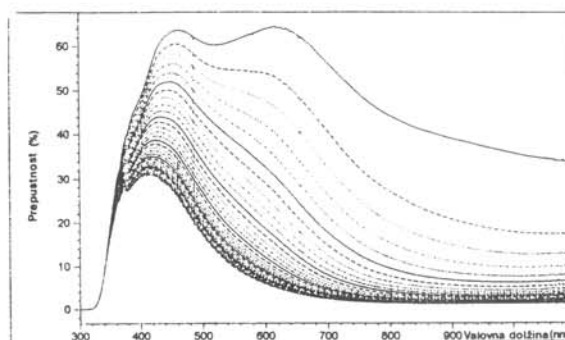


Elektrokromno okno smo sestavili z lepljenjem dveh kosov stekla (laminated electrochromic device), na katera sta naneseni prevleki WO_3 in Sb:Mo:SnO_2 , od katerih slednja rabi kot ionski hranilnik. Kot prikazuje slika 6 se doseže obarvanje, ki ima značilen spekter volframove bronze, v 120 sekundah. Barva okna je

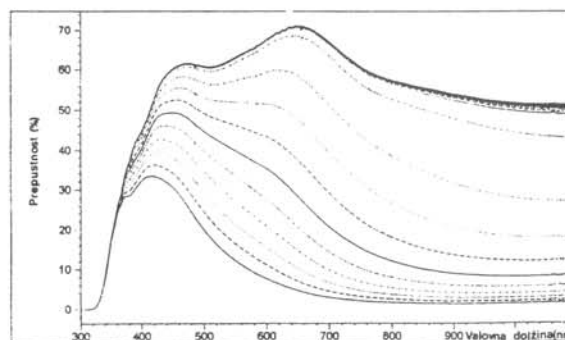
Okno: $\text{Mo}(10\%):\text{Sb}(7\%):\text{SnO}_2(3x)/\text{ormolyte}/\text{WO}_3$

Po 500 ciklih

a) Obarvanje, 120 s pri -4 V



b) Razbarvanje, 120 s pri +2.5 V



Slika 6. Obarvanje (a) in razbarvanje (b) elektrokromnega pokaznika, sestavljenega iz WO_3 (250 nm)/ionskega prevodnika (100 μm)/ Sb:Mo:SnO_2 (150 nm), izmerjenega po 500 krožnih potencialnih spremembah. Spektri so snemani vsake 3 sekunde. Obarvanje dosežemo pri vrinenju 10 mC/cm^2 naboja v času 120 s pri napetosti -4V. Razbarvanje dosežemo pri izločitvi tega naboja pri napetosti +4V. Časovna skala je za oba procesa enaka. Opazno je bistveno hitrejšo razbarvanje kot obarvanje.

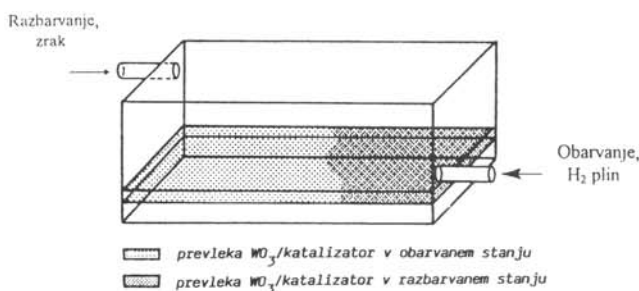
temno modra s fotopično prepustnostjo okrog 20% v modrem delu vidnega spektra, medtem ko je njegova prepustnost pri daljših valovnih dolžinah vsega nekaj %. V razbarvanem stanju je prepustnost približno 65 % in je odvisna od debeline WO_3 . Prepustnost protielektrode (Sb, Mo:SnO₂) ne vpliva na prepustnost okna v razbarvanem stanju. Pravimo, da je protielektroda elektrokromno pasivna. Tovrstna okna so posebej obetavna, ker ohranjajo osnovno barvo elektrokromno aktivne prevleke WO_3 . Tako ni bojazni, da bi prišlo do subtraktivnega obarvanja okna in s tem do estetsko neprimerne obarvanja in razbarvanja.

Nadaljnji razvoj elektrokromnih oken gre v smeri priprave sistemov, ki bodo omogočali spreminjanje prepustnosti vsaj od 60 % do 10 % ali manj. Sedanja generacija elektrokromnih oken, ki omogoča spreminjanje le od 60 % do 20 ali 30 %, je omejena z uporabo ionskih hranilnikov, katerih kapaciteta je premajhna, da bi lahko izkoristili globoko obarvanje WO_3 -ja.

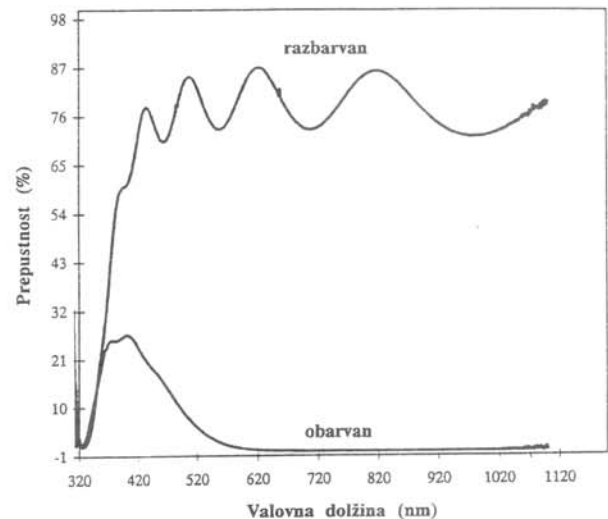
Zato raziskave potekajo v smeri iskanja drugih rešitev, ki bi bile enostavnejše in pri katerih bi se izognili uporabi protielektrod in ionskih prevodnikov. Tak primer raziskav so gasokromna okna (slika 7). Pri gasokromnih oknih smo dosegli obarvanje z vodikom, ki v stiku s prevleko WO_3 , primerno aktivirano s katalizatorjem, tvori podobno, kot je prikazano v enačbi 1, volframovo bronzo (slika 8). Gasokromni sistem je bistveno enostavnejši od elektrokromnega in ima zaradi manjšega števila šip bistveno večjo prepustnost v razbarvanem stanju. Težavo pomeni vodik in z njim povezana eksplozivnost ter predvsem pomanjkanje raziskav gasokromizma v zadnjih desetletjih.

Ključnega pomena, tako za delovanje elektrokromnih oken, kot za izdelavo oken z majhno toplotno prevodnostjo, so nizkoemisijske prevleke. Te so v principu tudi električno prevodne in nam rabijo kot elektroda, na katero se nanašajo aktivni elektrokromni materiali in ionski hranilniki.

Razvoj nizkoemisijskih prevlek poteka v smeri "mehkih" in "trdih" prevlek. Med "mehke" sodijo predvsem zelo tanke prevleke plemenitih kovin (Ag, Au na steklu), večkrat prekrivane s tanko zaščitno $\lambda/4$ prevleko SiO_2 ali Bi_2O_3 . Njihova termična emisivnost je zelo majhna in je od 0,04 do 0,1, kar je bistveno bolje kot so ustrezne vrednosti "trdih" prevlek, ki so od 0,1 do 0,2. Med slednjimi prednjačijo na različne načine dopirani kositrov oksid (SnO₂), novi materiali na osnovi Zr-oksida in predvsem nekateri nitridi prehodnih kovin obetajo bistveno izboljšanje mehanskih in optičnih lastnosti "trdih" prevlek.



Slika 7. Shematska predstavitev delovanja gasokromnega okna



Slika 8. Obarvanje in razbarvanje gasokromne WO_3 prevleke z dodatkom katalizatorja (debelina 200 nm)

3 SKLEPI

- Dosežki na področju novih materialov in ustreznih tankih prevlek omogočajo pripravo inteligentnih oken z velikim dinamičnim obsegom spreminjanja optičnih lastnosti, tako prepustnosti kot odbojnosti.
- Protiodbojne prevleke postajajo tehnološko vse bolj dostopne in bodo prispevale k povečanju prepustnosti oken z dvojno in trojno zasteklitvijo.
- Nove "trde" prevleke bodo omogočile izdelavo oken z nizko toplotno prevodnostjo in bodo tako bistveno prispevale k še večji uporabi takšnih oken v pasivnih in nizkoenergijskih sončnih stavbah.

ZAHVALA

Raziskavo je podprlo Ministrstvo za znanost in tehnologijo, in sicer v okviru projekta J1-5012, za kar se mu na tem mestu zahvalujemo.

4 LITERATURA

Samostojni projekti ali sodelovanje v:

- /1/ High Performance Variable Solar Control Glazing (SMART GLASS) - Pilkington (U.K.). JOE3-CT95-30 (DG12-WSME).
- /2/ Properties of Glazing Materials with Respect to Daylighting Applications. JOE2-CT92-0052, PECO Programme, ENTPE (Fr).
- /3/ Spektroskopske in spektroeletrokemijske raziskave elektrokromnih elementov, J1-5012-104.
- /4/ Spektralno selektivne energetske učinkovite prevleke. L2-7632-104.
- /5/ A. Krainer, Toward Smart Buildings (1994), TEMPUS Joint European Project JEP 1802, Building Science and Environment Conscious Design, Module 1: Design Principles, ISBN 0 9525703 7 8, London.
- /6/ Pametna hiša - termični in optični del, P2-5226-0792, 1993-1995.

KEMIČNO ČRPANJE V VAKUUMSKIH TEHNOLOGIJAH

Bruno Ferrario*, SAES Getters S.p.A., Via Gallarate 215, 20151 Milano, Italija

Chemical pumping in vacuum technology

ABSTRACT

Chemical pumping in vacuum technology is based on the capability of metals, such as Zr, Ti, Ba and others, to chemisorb the active residual gases present in vacuum devices or systems. These metals are known as getters; their role is to improve and maintain the required vacuum in vacuum devices working in the range of $1 \cdot 10^{-11}$ Pa.

POVZETEK

Osnova kemičnega črpanja je v zmožnosti nekaterih kovin, kot so Zr, Ti, Ba, da kemosorbirajo preostale pline v vakuumskem sistemu ali napravi. Takšne materiale imenujemo getre; njihova vloga je doseči in izboljšati zahtevani vakuum v vakuumskih napravah, ki delujejo v področju tlakov od 1 do 10^{-11} Pa.

1 UVOD

Ob koncu preteklega stoletja so uporabljali rdeči fosfor za vsrkavanje (sorbanje) aktivnih plinov, kot sta kisik in vodna para, ki sta ostala po izčrpanju zraka v 'arnicah, da bi preprečili pregorete 'arilne nitke. Kasneje so uporabljali *barij* v katodnih (rentgenskih) elektronkah, da bi čim dlje obdržale vakuum. Preizkušali so tudi mnoge druge kovine, ki imajo lastnost vsrkavanja, kot so: titan, cirkonij, redke zemlje itd, ali njihove zlitine. Imenovali so jih **getre**. Danes se uporabljajo pri izdelavi vseh katodnih (televizijskih oz. slikovnih) elektronk, v velikih zaprtih visokovakuumskih in ultra visokovakuumskih sistemih, kot so trkalniki, sinhrotroni itd.

V splošnem delimo getre v dve skupini: v **uparljive** in **neuparljive (NEG)**.

2 UPARLJIVI GETRI

Značilna predstavnika sta **barij** in **titan**. Slednji se največ uporablja za sublimacijske črpalke pri ultra visokovakuumskih (UVV) sistemih. Barij je kot kovina zelo reaktiven, zato ga uporabljajo le v obliki zlitin, ki so bolj stabilne. Taka je npr. praškasta oblika barijevega alumina BaAl₄, ki ga zmešajo z nikljevimi prahom in stisnejo v obročke. Ko le-te visokofrekvenčno segrejemo, nastopi kemična reakcija: $BaAl_4 + 4 Ni \Rightarrow Ba + 4 NiAl$, pri kateri se izloči kovinski barij. Reakcija se začne pri 800°C in je eksotermna, temperatura getra naraste na 1200°C. Pri tem se barij upari in se v tanki plasti "usede" na okoliške (notranje) stene evakuirane posode ter začne zelo intenzivno črpati in kemosorbirati (vsrkavati oz. kemično vezati) okoliške preostale (residualne) pline v vakuumskem sistemu (npr. v TV elektronki). Da bi bila sorpcija plinov čim boljša, je potrebno, da je nastala barijeva tanka plast porozna, tj., da ima veliko celotno površino. To lahko dosežemo s tk. getri, dopiranimi z dušikom. Getru je dodan 'elezov nitrid (Fe₄N), ki razpade, tik preden se barij upari. Dušik povzroči, da se kovinski atomi barija na poti proti steni sipljejo. Rezultat je bolj porozna tanka plast, kot bi bila tista, ki nastane pri nedopiranih getrih. Tudi temperatura podlage (npr. stene), na kateri nastaja tanka plast getra, naj bi bila čim nižja, da bo plast bolj porozna.

* Dr. Bruno Ferrario je vodilni, svetovno znani strokovnjak za področje getrov, aktivni član italijanskega vakuumskega društva, pedagog in pisec učbenikov iz vakuumске tehnike.

3 NEUPARLJIVI GETRI (NEG)

Splošno velja, da uporabljamo uparljive getre v tistih zataljenih (zatesnjenih) vakuumskih napravah (posodah), kjer je dovolj prostora in so na razpolago velike površine. Posoda pa to ni mogoče, posebno pri majhnih prostorninah in površinah vakuumski posod. Tam uporabljamo neuparljive getre, izdelane iz **zlitin titana in cirkonija, namesto iz čistih kovin**. V zadnjih desetletjih so izdelali naslednje getske zlitine:

- Zr-V-Fe (oznaka: St 707), ki postane aktivna pri temperaturi 400 do 450°C in ima odlične sorpcijske lastnosti celo pri sobni temperaturi
- Zr-Fe (St 198), ki sorbira vse aktivne pline, posebno dušik
- Zr-Ni (St 199), ki ima veliko sorpcijsko kapaciteto za vodne pare in vodik
- Zr-Al (St 101), ki postane aktivna šele pri 700 do 900 °C.

3.1 Aktivacija neuparljivih getrov

Neuparljive getre je potrebno v vakuumski posodi najprej aktivirati, da so sposobni za črpanje preostalih (residualnih) plinov, ki navadno še ostanejo po končanem črpanju (H₂, H₂O, CO, CO₂, N₂, O₂). Pri uparljivih getrih lahko občasno naporimo nove getske plasti, ki so sposobne črpanja, dokler se ne nasitijo. Pri neuparljivih pa moramo getsko snov najprej segreti, da odstranimo pasivno oksidno plast s površine, tako da se pokaže kovinska, ki je šele sposobna za črpanje aktivnih plinov. Pri popolni aktivaciji oz. odstranitvi pasivne plasti je hitrost sorbanja (l/s) največja.

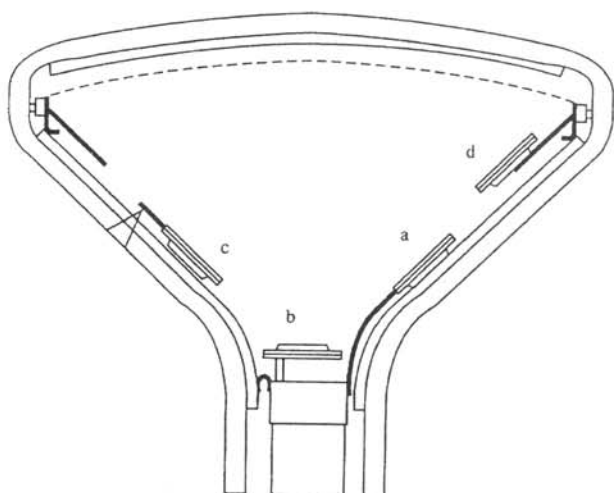
3.2 Sorpcijske lastnosti

Sorpcijske lastnosti so odvisne tako od fizikalno-kemijskih lastnosti same getske snovi in velikosti površine, kot tudi od kemijske narave aktivnih plinov, ki so udeleženi pri sorpcijskem procesu. Te pline lahko razdelimo v štiri skupine:

- vodik in njegovi izotopi, ki sorbirajo v obeh smereh. To pomeni, da jih getska plast vsrka, ko pa jo segrejemo, jih oddaja (regeneracija)
- skupina CO, CO₂, O₂ in N₂, katerih sorpcija (kemijska sorpcija) je nepovrnjiva (ireverzibilna), kar pomeni, da teh plinov ni več mogoče spraviti iz getske snovi, ker so kemijsko vezani, kljub močnemu pregrevanju
- ogljikovodiki in voda, ki lahko sorbirajo v obeh smereh. Voda in ogljikovodiki razpadejo na površini getra, nastali vodik se sorbira reverzibilno, ogljik in kisik pa ireverzibilno.
- lahni plini, ki jih getri ne morejo sorbirati.

3.3 Oblike getrov

Enostavni getri, ki jih uporabljamo v odtaljenih sistemih (npr. TV slikovne elektronke), imajo obliko tablet ali obročkov. Druga oblika je "getska trak", ki ima kovinsko osnovo (trak), na katero je nanosena (na obe strani) getska snov. Te oblike so osnova za bolj zamo-



Slika 1. Primeri pritrditve barijevih getrov v televizijski elektroniki. Pritrditev a) "antenska", b) "topovska", c) anodna in d) magnetnozaslonska.

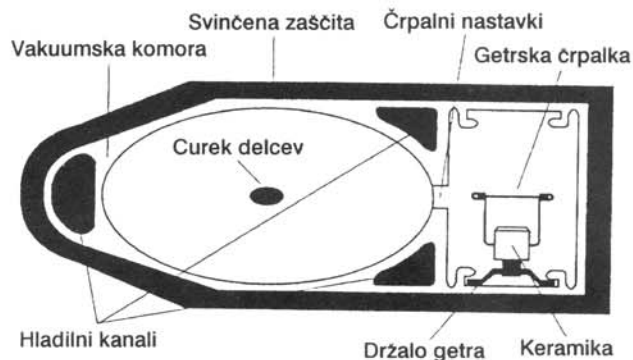
tane izvedbe. Aktivacijo getskih trakov dosežemo z uporavnim gretjem traku (tok teče skozi trak). Zanimiva je tudi skupina poroznih neuparljivih getrov, ki so pripravljene s sintranjem praškastih zmesi, ki vsebujejo čisto kovino, kot sta Zr in Ti, ter getsko zlitino. Smisel takih getrov je kombinacija velike aktivne površine in poroznosti ter dobrih mehanskih lastnosti.

4 UPORABA

Za vsak način uporabe je potrebno ugotoviti najprimernejšo obliko in sestavo getra.

4.1 Uporaba v visokovakuumskih (VV) in ultra visokovakuumskih (UVV) sistemih (10^{-3} do 10^{-12} mbar)

Barijeve getre največ uporabljamo v slikovnih elektronkah, sl. 1. Pri VV in UVV sistemih je navadno najboljša kombinacija getske in ionske črpalke, da dosežemo najnižji končni tlak. Enostaven trakasti geter St 101 (Zr-Al) je npr. vgrajen v velikem elektronsko-pozitronskem trkalniku, ki deluje v Ženevi od leta 1989, kjer je 80% njegove 27 km dolžine črpane s tem neuparljivim getrom (tlak med obratovanjem je 10^{-12} mbar), sl. 2. Znanstveniki iz CERN-a pa so z neupar-



Slika 2. Getski trak v elektronsko-pozitronskem trkalniku v Ženevi (presek vakuumске komore)

ljivim getrom dosegli v posebnih, velikih komorah tlake, nižje od 10^{-13} mbar.

Zdaj že uporabljajo getske črpalke pri večini velikih pospeševalnikov, predvsem v sinhrotronih, kjer morajo zagotoviti veliko črpalno hitrost (l/s) in kapaciteto (mbar.l) zaradi močnega razplinjevanja na mestih, kamor se siplje sinhrotronska svetloba. Nadaljnjo uporabo predvidevajo pri fuzijskih reaktorjih (tokamaki).

Getske črpalke se sedaj največ uporabljajo v kombinaciji z ionskimi črpalkami ter krio in turbomolekularnimi črpalkami, predvsem v UVV sistemih, kjer je potrebna velika črpalna hitrost za vodik.

4.2 Uporaba v srednjem vakuumu (1 do 10^{-3} mbar)

Getri in getski trakovi se uporabljajo za industrijske sončne kolektorje, Dewarjeve posode, skratka tam, kjer je vakuum toplotni izolator. V masovni proizvodnji nerjavnih kovinskih termovk uporabljajo neuparljive getre v obliki kroglic, ne samo za vzdrževanje vakuuma v njih, ampak tudi za hitrejšo proizvodnjo. Geter (St 707) aktivirajo pri 400 do 500°C kar v termovki sami, da pospešijo (samo)črpanje, ki gre sicer z drugimi črpalkami mnogo počasneje zaradi majhne prevodnosti tankih črpalnih cevi. Tudi v nekaterih žarnicah uporabljajo barijeve in neuparljive getre.

4.3 Čiščenje plinov

Getri ne zmorejo črpati žlahtnih plinov, kar je slabost pri kemičnem (sorpcijskem) črpanju, posebno v UVV sistemih. To težavo premagamo s kombinacijo z drugimi vrstami črpal. Ta slabost postane prednost pri čiščenju žlahtnih plinov (za industrijo polprevodnikov). Čistilne naprave, zgrajene z uporabo neuparljivih getrov, omogočajo ekstremno nizke nivoje residualnih nečistoč v čiščenem plinu v področju ppt (parts per trillion = delov na milijon na tretjo potenco), začeni pri koncentracijah v področju ppm (delov na milijon) ali ppb (delov na milijardo).

Vprašanje za preskus znanja o getrih

Zakaj je potreben geter v slikovni (TV) katodni elektronki?

Odgovor. V vsaki evakuirani "posodi", ki je sicer hermetično zaprta tlak počasi narašča. Elektroni, ki izvirajo iz oksidne katode, na zaslonu "rišejo slike". Na njihovi poti jih ovirajo molekule preostalih (residualnih) plinov, v katere zadevajo, in jih ionizirajo. Ioni (pozitivni delci) letijo proti negativni elektrodi, katodi, ter jo bombardirajo. Čim več je ionov, tem močnejše je razbijanje oksidne plasti katode. Njena aktivna površina, od koder izhajajo elektroni, je čedalje manjša. Elektronov je čedalje manj. Slika na zaslonu zbledi in končno zgine. Televizor je "crknil", pravimo. Getri imajo v slikovni elektronki nalogo, da čim več molekul, ki so pridle iz zunanosti vanjo, zadrži in tako poveča trajnost elektronke, nam pa prihrani stroške za nov televizor.

Po članku v Vacuum, 47, 1996, 4, 363-370 prevedel in priredil dr. Jože Gasperič

NAPRŠEVALNE IONSKO-GETRSKE ČRPALKE

Andrej Pregelj, Marjan Drab, Igor Grašič, Institut za elektroniko in vakuumsko tehniko, Teslova 30, 1000 Ljubljana

Sputter ion getter pumps

ABSTRACT

Ion-getter (IG) pumps are commonly used to create Ultra High Vacuum (UHV). They are very clean, they pump different gases, don't cause vibrations, enable the pressure reading and in long lifetime need no maintenance. At the occasion of development of slovene IG pump and a new Penning gauge we want to describe them in more detail. The contribution represents the principles of operation, various realizations, performances for pumping different gases and requirements for manufacturing technology.

POVZETEK

Ionsko getsrke (IG) črpalke so najpogosteje uporabljane črpalke za ustvarjanje ultravisokega vakuumu (UVV). So zelo čiste, črpajo lahko različne pline, ne povzročajo vibracij, omogočajo odčitavanje tlaka in v dolgi delovni dobi skoraj ne potrebujejo vzdrževanja. Ob priliki razvoja domače IG črpalke in Penning merilnika jih želimo pobliže predstaviti; prispevek podaja princip delovanja, različne izvedbe, sposobnosti za črpanje različnih plinov in zahtevnost izdelavne tehnologije.

1 Uvod

Odstranjevanje plinskih molekul iz posod oziroma iz vakuumskih sistemov dosežemo tudi z ionskim črpanjem. Tovrstne črpalke uporabljamo za ustvarjanje in vzdrževanje ultravisokega vakuumu, pri čemer je prej potrebno predčrpanje. Prvi opis ionskega črpanja je podal Plücker (1858), ki je odkril, da je potrebno zviševati napetosti, če želimo ohranjati tok v plinski razelektritveni cevi. Že on je pravilno ugotovil, da je to zaradi znižanja tlaka v cevi, kar pa si je tolmačil z dogajanjem na katodi.

Kasneje je F. Penning (1937) vzporedno s svojimi raziskavami razelektritev v plinih razvil hladnokatodni ionizacijski senzor za meritve tlakov v območju 10^{-3} do 10^{-5} mbar. Pri visoki napetosti so se ioni "zarili" v material katode, izgubili naboj in kot molekule zadržali ("adsorbirali"). Posledica tega dogajanja je bilo tudi znižanje tlaka.

Penningova celica se danes uporablja kot pomemben vakuumski merilnik; na osnovi njene črpalne sposobnosti pa so leta 1950 v firmi Varian izdelali prvo ionsko črpalno. Z dodatnim črpanjem plinov s prigradjeno ionsko črpalno so optimizirali mikrovalovne elektrone (magnetrone). Ionsko črpalno so "odščipnili" nekoliko kasneje in sicer po prvem zagonu magnetrona pri nadnormalni obremenitvi, ko so se njegove notranje površine maksimalno razplinile.

Uporaba naprševalne ionsko getsrke črpalke je omogočila rutinsko doseganje tlakov pod 10^{-10} mbar in s tem napredek različnih znanosti in tehnologij. Zaradi njihove čistoče, možnosti pregrevanja, majhne porabe moči, delovanja brez vibracij, dolge življenjske dobe ostajajo najprimernejši način črpanja za vsakogar, ki potrebuje UVV razmere. Najpogostejša področja uporabe so naslednja:

- izdelava elektron
- kriogenika

- elektronski mikroskopi
- jedrska fizika
- znanost o materialih
- masni spektrometri
- simulacija vesolja
- pospeševalniki delcev in shranjevalni obroči
- Augerjeva elektronska mikroskopija
- sekundarna ionska spektrometrija
- elektronska spektroskopija za kemične analize

2 Mehanizem delovanja

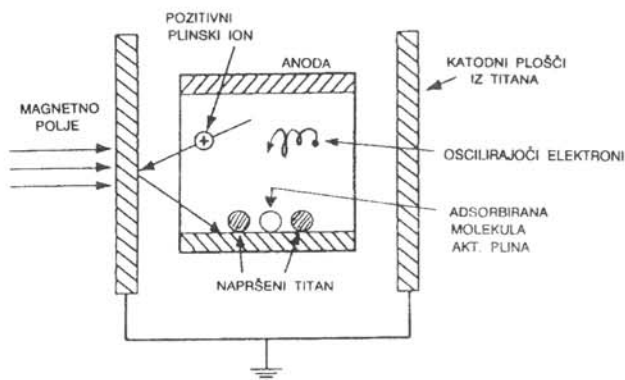
Ionsko-getsrke črpalke niso pretočne, nimajo izpuha, črpajo tako, da lovijo molekule iz posode že razredčenega plina na svoje stene. Osnovni črpalni procesi so naslednji:

- zarinjane in vezava pospešenih ionov ioniziranega plina v kristalni mreži katodnega materiala
- kemično spajanje (getranje) molekul aktivnih plinov na istočasno nastajajočih svežih plasteh titana (Ti), ki se napršuje s Ti-katode.
- difuzija vodika v katodni material
- disociacija kompleksnih molekul v enostavnejše frakcije, ki so nato počrpane po enem od mehanizmov
- pojavljanje hitrih nevtralnih atomov visokih energij zaradi nevtraliziranja ionov in odbijanja od katodnih površin

Najpomembnejši sta prvi dve dogajanja in po njih so črpalke tudi dobile ime; poznamo jih namreč kot ionsko-getsrke, ker pospešeni ioni zadevajo katodo iz titana in ga napršujejo na okoliške stene, kamor se potem ujamejo molekule plinov preostale atmosfere v vakuumski posodi.

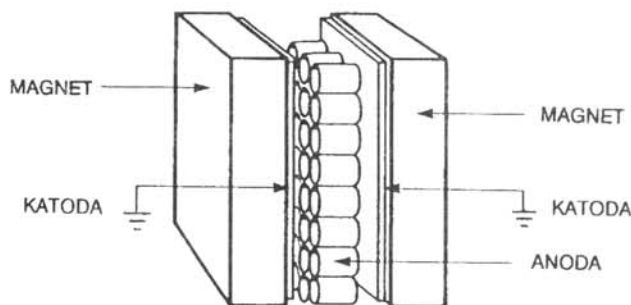
Večina ionizacijskih naprav deluje na isti način. V polju visoke napetosti pride na raznih ostrinah notranjih sestavnih delov do izstopanja elektronov iz materiala (poljska emisija). Elektroni so v evakuirani posodi pospešeni proti anodi in na svoji poti trčijo v plinske atome, ki zato ionizirajo. Pojavi se tok pozitivnih plinskih ionov, ki potujejo v nasprotno smer. Pri ionsko-getsrkih črpalnah so značilne napetosti 5000-7000 V. Energija iona, ki prispe na katodo (npr. iz titana), je tolikšna, da iz nje izbiže enega ali več atomov, ki se napršijo po okoliških elementih in po notranjih stenah črpalke.

Kot smo uvodoma omenili je najenostavnejša oblika ionske črpalke Penningova celica, ki je v osnovi hladnokatodni vakuumski merilnik in ima v tej izvedbi katodni ploščici iz nerjavne pločevine. Kot črpalna (sl.1) je sestavljena iz centralne anode v obliki kratke cevke, na njenih koncih pa sta v oddaljenosti nekaj milimetrov nameščeni plošči kovinskega titana. Le-ti sta električno zvezani z negativnim polom visokonapetostnega usmernika. Zunanji permanentni magnet zagotavlja s cevjo soosno magnetno polje jakosti 0,08-0,15 T (tj. 800-1500 gaus). Če je izvedena kot samostojna črpalna, zaprta v primerno UVV ohišje, postane to



Slika 1. Penningova celica; ker so katode iz titana, je to črpalna in ne merilna izvedba

enocelična ionsko-getska črpalka s črpalno hitrostjo približno en liter na sekundo. Da bi dobili črpalno z večjo črpalno zmogljivostjo, je potrebno vgraditi katodo, ki je sestavljena iz več celic (satje, sl. 2), v večji črpalni posodi.

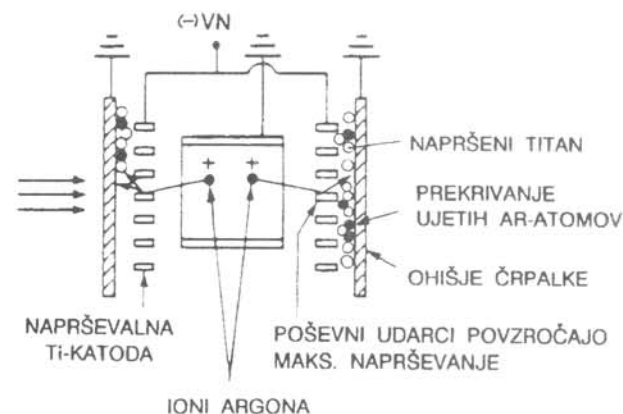
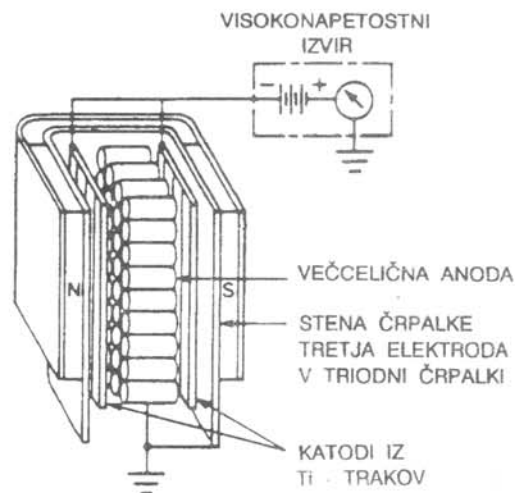


Slika 2. Diodni tip ionsko-getske črpalke z vidno večcelično anodno strukturo

Kombinacija električnega in magnetnega polja povzroči, da se elektroni, ki izhajajo iz katode, gibljejo po spiralastih poteh. Daljše poti povečujejo možnost trčenja elektrona z molekulami plina ter s tem je možnost tvorbe pozitivnih ionov ojačana. To je še posebej pomembno pri nizkih tlakih, ko je molekul plina v posodi relativno malo in zato tudi ionov primanjkuje.

Očitno je, da je intenzivnost črpanja odvisna od gostote elektronskega "oblaka" in posledično od hitrosti naprševanja. Na gostoto "oblaka" (in s tem na črpalno sposobnost) lahko vplivamo z geometrijo celice ter z nastavljanjem primerne jakosti električnega in magnetnega polja. Za črpalni proces ni nujno, da se ionizirajo vse plinske molekule, kajti mnoge, tudi nevtralne, reagirajo s titanom na stenah. Pač pa je določeno število ionov nujno potrebno za proces naprševanja svežih titanovih plasti. Naprševanje je odvisno že od materiala in oblike katode ter od vrste plina (pomembna je atomska oz. molekularna masa). Vsi boljši izdelovalci ionsko-getske črpalke zato v svojih programih ponujajo tudi optimirane katode, namenjene za določen plin.

Razvoj vedno sposobnejših (inteligentnih) visokonapetostnih napajalnikov gre v smer prilagajanja napetosti tudi prostorskemu naboju v črpalni celici. To omogoča, da se črpanje uravnava čim bolj samodejno in sicer tako, da se pri določenem tlaku naprši na stene ravno primerna količina svežega titana. Pri nizkih tlakih, ko črpanje skoraj ni več potrebno, je manj trkov, manj ionizacije in manj naprševanja: titanove plošče in električna energija se skoraj nič ne porabljajo.

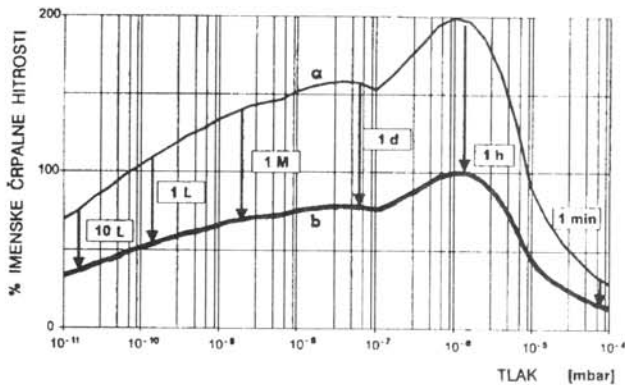


Slika 3. Triodni tip ionsko-getske črpalke; a) detajl praktične izvedbe in priklop na visokonapetostni usmernik, b) princip delovanja triodne ionsko-getske črpalke

3. Črpanje različnih plinov

Dogajanja v ionsko-getske črpalke so odvisna od vrste prisotnih plinov, ki so lahko: aktivni plini, vodik, žlahtni plini in metan. Aktivni plini so: O₂, N₂, CO₂, CO itd. Njihova skupna karakteristika je, da radi reagirajo z večino kovin in z njimi tvorijo stabilne spojine. V ionsko getske črpalke so izpostavljeni dveh aktivnostim. Neionizirani atomi se hitro in močno vežejo na sveže titanove plasti, ki nastajajo z naprševanjem katode, ioni in molekule pa se delno vgradijo v vrhne plasti katode delno pa se zadržujejo na površini. Ker ne

difundirajo globlje v material, so izpostavljene priletanju novih ionov in se z nadaljno erozijo katode spet sproščajo (re-emission); seveda s tem zmanjšujejo črpalno hitrost. Le-ta je največja pri novi črpalci, ki ima Ti-plošče že povsem razplinjene; z uporabo črpalke pa pride do zasičenja katode in ustalitve črpalne hitrosti na zahtevani vrednosti (sl. 4).



Slika 4. Tipična odvisnost črpalne hitrosti od tlaka. Krivulja "a" podaja hitrosti nove ali regenerirane črpalke. Te sposobnosti pa se po nekaterih obdobjih začetnega delovanja znižajo in končno ustalijo na stanju prikazanem s krivuljo "b", ki predstavlja nazivno črpalno hitrost. Obdobja zasičenja so pri različnih tlakih različna in na sliki označena (L=leto, M=meseč, d=dan, itd)

Vodik je sicer aktiven plin, vendar ga pri ionsko-getrskih črpalcih obravnavamo posebej, ker ima zaradi majhne mase zelo nizko razprševalno sposobnost. Kljub temu so črpalne hitrosti za H₂ velike, ker vodik hitro difundira v katodo. Pri črpanju vodika torej deluje črpalca stalno v nezasičenem stanju. Zato so črpalne hitrosti zanj približno dvakrat višje kot za dušik. Če so prisotni sledovi težjih plinov, se hitrost razprševanja katode in s tem črpanje vodika še dodatno izboljša. Ker imajo nekatere ionsko-getrske črpalke vložke tudi iz tantala naj tu omenimo, da se vodik topi bolje v titanu kot v tantalu; zato so za črpanje vodika najprimernejše črpalke s titanom.

Žlahtni plini ne reagirajo z drugimi elementi. Zato napršene titanove plasti ne vežejo helija in argona. Ta dva plina tudi ne difundirata v katodo, ampak se njuni ioni tam nevtralizirajo in mnogi odbijejo skoraj brez izgube energije. Odbiti atomi He in Ar obstanejo na anodi in na drugih površinah, kjer jih prekrijejo atomi naprševane kovine.

V nekaterih črpalcih je Ti-katoda nadomeščena s tantalovo. Ker ima tantal večjo atomsko maso kot titan, je odboj plinskih atomov na njem intenzivnejši in posledično se poveča tudi črpalna hitrost za žlahtne pline.

Pri črpanju večjih količin argona (tj. pri tlakih večjih od 10⁻⁸ mbar) pride do občasnega skokovitega razplinjanja argona iz katode. V takih primerih črpalca ni sposobna črpati (argonska nestabilnost), dokler izbruh ne ugasne.

Najvišje črpalne hitrosti za žlahtne pline dosežemo s posebno oblikovano Ti-elektrodo, ki omogoča poševni nalet plinskih ionov. Le-ti se, nevtralizirani, odbijejo naprej proti anodi in drugim površinam z veliko večjo verjetnostjo kot v primeru ploščate katode. Rezultat so dobre črpalne hitrosti za žlahtne pline, ki lahko dosežejo do 60% tiste za dušik.

Nekaj težav povzročata tudi metan, saj ne reagira z vsakim getrskim materialom. V majhnih količinah je vedno prisoten v UVV sistemih kot reakcijski produkt ogljika in vodika iz sten vakuumskega sistema. Metan je poseben problem v elektronskih pospeševalnikih, kjer povzroča razhajanje (divergenco) curka. Metanova molekula kot tudi molekule drugih ogljikovodikov razpadejo zaradi razelektritve v ionsko-getrski črpalci v manjše komponente (C, CH₃...H), ki jih geter lahko veže. Zato so črpalne hitrosti za metan in lahke ogljikovodike višje od tistih za dušik.

Zelo nazorno je različnost plinov prikazana z razmerjem hitrosti črpanja dušika glede na hitrosti črpanja drugih plinov v diodni črpalci (glej Tabelo 1):

Tabela 1. Razmerje hitrosti črpanja različnih plinov glede na hitrost črpanja dušika

Plin	črpalna hitrost izbranega plina/ črpalna hitrost dušika (%)
dušik	100
vodik	270
kisik	57
argon	6
neon	5
lahki ogljikovodiki	90-160
vodna para	100
helij	10
ogljikov dioksid	100

Opisane posebnosti pri črpanju različnih plinov in težnja po izboljšanju črpalnih lastnosti so vodile do razvoja nekaterih izpeljank osnovnega (diodnega) tipa IG črpalke.

4 Izvedbe

Poleg že omenjene diodne izvedbe ionsko-getrske črpalke poznamo še triodno (sl.3), pri kateri je Ti-katoda oblikovana tako, da jo ioni obstreljujejo poševno, zato so hitrosti naprševanja titana večje. Ta dva osnovna tipa ionsko-getrskih črpalc profesionalno izdelujejo v petih izvedenkah. To so:

a) diodna črpalca (sl. 2), v kateri sta katodi pritrdjeni na ohišje črpalke in je pozitivna visoka napetost pripeljana na anodo. Izmed vseh ionsko-getrskih črpalc ima veliko črpalno hitrost za vse aktivne pline (O₂, N₂, CO₂, CO) in druge, ki dobro reagirajo s titanom ni pa primerna za Ar, He in CH₄ (metan).

b) "žlahtna" diodna črpalka ("noblediode" ali "differential" pump) ima eno od katod iz tantala, ker vodi do zvišanja črpalne hitrosti za žlahtne pline (predvsem Ar in He).

c) triodna črpalka, pri kateri sta katodi ločeni od ohišja in je nanju pripeljana negativna visoka napetost; anodno satje, povezano z ohišjem, je na potencialu 0 (ozemljitev). Katoda je izdelana iz stavka ozkih trakov titana, ki so postavljeni tako, da jih plinski ioni zadevajo poševno. To omogoča nastanek večjih površin napršenega titana in s tem večje črpalne hitrosti za aktivne in žlahtne pline; izberemo jo, če za neko aplikacijo potrebujemo dobro črpanje pri nizkih in visokih tlakih.

d) "Starcell", triodna črpalka firme Varian, z značilnim zvezdastim ("star") vzorcem površin katodnih plošč. Te posebne dvostenske plošče z mnogimi zavijki pločevin dajejo črpalki sposobnost črpanja velikih količin žlahtnih plinov (enako ali bolje kot izvedenke b in c) ter vodika (enako kot izvedenka a), zagotavljajo visoke črpalne hitrosti za metan in imajo hkrati največjo kapaciteto za vezavo argona, metana in helija.

e) črpalka z vgrajenim modulom neuparljivega getra (NEG). V ionsko-getrski črpalki z npr štirimi standardnimi vložki je eden zamenjan z NEG elementom. Njegova glavna sestavina je razbrzdani trak konstantana, v katerega je vsintra specialna zlitina (Zr, V, Fe). Med segrevanjem doživi stukturno transformacijo, pri kateri se tvori ogromna getrska površina.

5 Karakteristike ionsko-getrskih črpalk

Kvaliteto ionsko-getrskih črpalk določimo z naslednjimi karakteristikami: črpalna hitrost, maksimalni pretok, potrebni predtlak, trajnost in dovoljeno pregrevanje.

Črpalna hitrost je kot pri katerikoli UVV črpalki eden glavnih dejavnikov, ki vplivajo na končni tlak v sistemu. Ionsko-getrske črpalke črpajo različne pline različno hitro; najbolje črpajo vodik, zelo slabo pa npr. argon. Zato je potrebno že ob nakupu za določen namen izbrati pravi tip črpalke. Pri novi ali regenerirani ionsko-getrski črpalki so katodne plošče (zaradi pregrevanja z dodatnim izčrpavanjem) povsem čiste in zato ima še nezasičena črpalka v začetku tudi za 100 % višje sposobnosti (sl. 4). Imenska črpalna hitrost je definirana kot največja črpalna hitrost zasičene črpalke, pri čemer kot referenčni plin vzamemo dušik. Standardne vrednosti so med 2 in 500 l/s.

Maksimalni pretok dosega ionsko-getrske črpalke pri najvišji črpalni hitrosti, tj. v intervalu med 10^{-4} in 10^{-5} mbar. Ker navadno obratujejo pri precej nižjih tlakih, to ni zelo pomemben podatek.

Potrebni predtlak je začetni tlak, na katerega mora biti ionsko-getrska črpalka grobo izčrpana, preden bo nastopil razelektrivni proces v območju anodne celične strukture in s tem začetek črpanja. Da bi zaščitili črpalko pred poškodbami zaradi previsokega segrevanja (ko je pri visokih tlakih zasičena in slabo črpa), mora visokonapetostni napajalnik avtomatsko zmanjšati izhodno napetost in vzdrževati moč pod določeno kritično vrednostjo. Običajno IG črpalk ne obremenjujemo s tlaki, višjimi od $1-5 \times 10^{-3}$ mbar.

Trajnost je odvisna predvsem od obstojnosti katode, ki je pri vsakem črpanju podvržena eroziji. Le-ta je premo

sorazmerna povprečnemu delovnemu tlaku. Pri tlakih 10^{-6} mbar so katode iz Ti uporabne 35000 do 80000 ur, pri delovnem tlaku 10^{-4} mbar pa le še približno 500 ur.

Pregrevnost je določena s temperaturo, ki jo nek element črpalke še prenese brez škode. Za kompletne ionsko-getrske črpalke z magneti in s priključenimi kablji je to $250\text{ }^{\circ}\text{C}$; črpalko pa lahko pregrevamo do $350\text{ }^{\circ}\text{C}$, če odstranimo kable, in celo do $450\text{ }^{\circ}\text{C}$, če snamemo še magnetne (Curiejeva temp.). Pregrevanja ionsko-getrske črpalke in prigrajenega UVV sistema do $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ so potrebna po vsakem odpiranju na atmosfero, ker bi sicer zaradi prepočasnega razplinjanja notranjih površin ne dosegli zelenih nizkih tlakov v doglednem času. Pri nekaterih procesih, ki zahtevajo še nižje UVV tlake, so potrebne višje pregrevalne temperature.

6 Konstrukcija in izdelava

Glavni sestavni deli ionsko-getrskih črpalk so: posoda z dvema prirobnicama ter nosilci vložkov in magnetov, vložki črpalnega satja, magneti, visokonapetostna prevodnica, pokrov za transport in posebej še ustrezni visokonapetostni usmernik.

Posoda je varjena po TIG postopku iz nemagnetne nerjaveče pločevine (npr. AISI 304 LN SST), debeline, primerne celotni velikosti. Sesalna prirobnica tipa CF je dimenzionirana za imensko črpalno hitrost, mala prirobnica, ki omogoča priključke visoke napetosti, pa je običajno CF 16. Pri večjih črpalkah (nad 100 l/s) so vložki izmenljivi skozi sesalno odprtino, pri manjših pa so vgrajeni za stalno. Vložki so sestavljeni iz strukture cevk (nerjavno jeklo, navadno $\phi 18 \times 26$ mm), iz keramičnih izolatorjev in iz okvirja, katerega del so tudi Ti-plošče. Izolatorji so zavarovani pred naprševanjem z labirintnimi ščiti, kajti ločujejo od okvirja anodno satje (5-7 kV), ki je vstavljeno v steno posode. Vsak proizvodnjalec ima svojo izvedbo visokonapetostne prevodnice na CF16 prirobnici; prilagojena je na eni strani priključku na črpalne vložke, na drugi pa visoko napetostnem kablju napajalne enote. Magneti so navadno feritni, zunaj povezani z jarmom iz mehkega železa in pokriti z okrasnim pokrovom. Nekateri proizvajalci ponujajo alternativno tudi močnejše magnetne (tipa Sm-Co), ki so veliko lažji, vendar tudi dražji. V reži enega para, kamor sega črpalni izrastek posode, morajo ustvarjati polje 0,10 - 0,15 T. Jarem in pokrovi so oblikovani tako, da čim bolj onemogočijo razsejanje magnetnega polja v okolico črpalke. V notranjosti ni nobenih navojnih zvez ali drugih slepih črpanj, ki bi lahko predstavljale navidezna (virtualna) puščanja.

Za doseganje zelo nizkih tlakov (npr. 10^{-11} mbar) v kateremkoli sistemu je potrebno čim bolj zmanjšati razplinjanje. V kolikor ne zagotovimo maksimalne čistoče same črpalke, se lahko zgodi, da postanese večji izvir plinov kot recipient. Zato je ves proizvodni proces podvržen strogemu režimu UVV čistih postopkov. Že izhodne materiale se izbira najboljše: jeklo s čim nižjim % ogljika, dušika in vodika (po možnosti izdelano z elektro postopkom), čist titan in Al_2O_3 -keramiko. Po strojnih obdelavah, poliranju ali finemu peskanju notranjih površin, varjenju in standardnih čiščenjih pride na vrsto montaža črpalnih elementov (satje, keramika, titan). Le-te se pred vgradnjo razplinja s prežarevanjem na cca $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ pri 10^{-5} mbar več ur; glavni namen je izgon vodika iz globine katodnega

materiala. Sestavljeno črpalko v proizvodnem procesu zaprejo s CF pokrovom, ki je preko bakrene cevke povezan na drug črpalni sistem in električno priključijo na visokonapetostni usmernik. Proizvajalec sedaj vklaplja po preizkušnem receptu zunanje in notranje črpanje ob istočasnem segrevanju za popolno razplinjenje ohišja in vgrajenih delov. Če meritve kažejo, da je vse v redu, odščipnejo bakreno cevko (z mrzlim zvarom) in ionsko-getska črpalka je pripravljena za uporabo.

7. Razvoj ionsko-getske črpalke na IEVT

Aktivnosti sodelavcev oddelka "Vakuumski sistemi in komponente" na IEVT in mnogih sodelavcev drugih znanstveno-raziskovalnih skupin, ki se zavzemajo za gradnjo slovenske žarkovne linije pri tržaškem sinhronu, je omogočila domači in mednarodni (Copernicus) projekt, kjer eden v celoti, drugi pa delno naroča razvoj ionsko-getske črpalke. Za mladi oddelek "Vakuumski sistemi in komponente" na IEVT so ta dejstva pomenila vabljen izziv. V okviru te naloge je bil do sedaj izdelan prototip diodne črpalke, velikosti približno 120 l/s in s premerom sesalne odprtine 100 mm. Razvit je bil visokonapetostni napajalnik ter zgrajen merilni sistem za testiranje. Izvedenih je bilo že več poskusnih zagonov in ustreznih meritev. Pri tem so zavzeto sodelovali in se izpopolnjevali nekateri mladi raziskovalci in tehniki.

8 Sklep

Ionsko-getske črpalke zagotavljajo čisto obratovanje brez kakršnekoli kontaminacije, črpajo bolj ali manj vse pline in imajo dolgo obstojnost. Omogočajo velike črpalne hitrosti ter se odlikujejo z hitrim začetnim črpanjem in stabilnim delovanjem. Nimajo vrtečih se delov, ne potrebujejo vode ali tekočega dušika, poraba energije pa je majhna in se samodejno prilagaja tlaku. Njihovo glavno delovno območje se razteza med $5 \cdot 10^{-4}$ in 10^{-10} mbar in še nižje. So značilen UVV element z razmeroma malo sestavnimi deli, vendar izdelava vključuje nekaj zahtevnih postopkov visokih tehnologij.

8. LITERATURA

- /1/ M. Audi, M. Simon: Ion pumps, Vacuum 37 (1987) 629-636
- /2/ E.D. Berners: Rebuilding ion pump elements for longer life, Rev. Sci. Inst. 57 (1976) 5
- /3/ W. Bachler, Optimale Ausnutzung des Magnetfelder bei Ionen Zerstauben Pumpen
- /4/ Varian tech. book: Basic Vacuum Practice, McGraw Hill, 1989
- /5/ Prospekti različnih proizvajalcev
- /6/ M.H. Hablanian: High vacuum technology, Marcel Dekker INC, NY and Basel, 1990
- /7/ M. Wutz, H. Adam, W. Wachler: Theorie und Praxis der Vakuumtechnik, F. Vieweg & Sohn Verlag GmbH, Braunschweig, 1982
- /8/ N.S. Harris: Modern Vacuum Practice, McGraw Hill, 1989

Članstvo v Eurolab Slovenija

Sredi leta 1992 je iniciativna skupina sedmih predstavnikov preskusnih laboratorijev, Urada za standardizacijo in meroslovje (USM) in Zveze inženirjev in tehnikov Slovenije (ZITS) ustanovila Sekcijo preskusnih laboratorijev pri ZITS, ki predstavlja nacionalno vejo Evropske organizacije za preskušanje (EUROLAB) in je bila na generalni skupščini Eurolab januarja 1993 sprejeta v članstvo kot opazovalka.

Slovenija kot opazovalka ni imela nikakršnih obveznosti, s tem pa tudi ne možnosti aktivnega delovanja. V Eurolab je Slovenijo zastopal direktor USM, pri čemer je USM, kolikor je bilo mogoče, tudi populariziral delo Eurolaba z objavami v Sporočilih in s spodbujanjem udeležbe na prireditvah Eurolaba, kot je bila npr. organizacija udeležbe na Simpoziju Eurolab aprila 1994.

Na zadnji skupščini, januarja 1996, pa je bil status Slovenije spremenjen v pridruženo članico. S tem se odpirajo povsem nove možnosti aktivnega sodelovanja, pa tudi seveda obveznost plačevanja članarine. Zato je napočil trenutek, da se Euro-

lab v Sloveniji vzpostavi kot širše interesno združenje preskusnih, analitskih in kalibracijskih laboratorijev v Sloveniji. O namenu in prednostih, ki jih prinaša članstvo v takšnem združenju, preberite v *Izhodiščih za delovanje slovenskega združenja preskusnih in kalibracijskih laboratorijev, Eurolab Slovenija*.

Če vas zanima sodelovanje pod navedenimi pogoji, odgovorite, prosimo, na vprašanja iz Vprašalnika za včlanitev v Eurolab Slovenija, ki je objavljen na zadnjih straneh Sporočil, in ga izpolnjenega vrnite na Urad za standardizacijo in meroslovje, z oznako "EUROLAB Slovenija".

V novembru 1996 (predvidoma 7. novembra 1996) nameravamo organizirati skupščino vseh laboratorijev, ki se želijo včlaniti v Eurolab. Skupaj s skupščino bo potekal tudi seminar z naslovom: *Zagotavljanje kakovosti v laboratorijih*, ki bo obravnaval praktične vidike uvajanja sistema kakovosti v preskusne, analitske in kalibracijske laboratorije.

IZNAJDBA IN RAZVOJ KATODNE ELEKTRONKE IN DRUGIH VAKUUMSKIH ELEMENTOV ZA TELEVIZIJO (II. del)

Stanislav Južnič* in **Vinko Nemanič**, Inštitut za tehnologijo površin in optoelektroniko, Teslova 30, 1000 Ljubljana

Invention and development of cathode ray tube and other vacuum components of television (Part II.)

ABSTRACT

Next year we shall celebrate a century of the cathode ray tube. In the second part of this article the history of the cathode ray tube as a part of the television is described. A special concern is put on the research done by baron Codelli, a Ljubljana-man of Italian origin.

POVZETEK

Prihodnje leto bomo praznovali sto let iznajdbe katodne elektronke. V drugem delu razprave opisujemo razvoj katodne elektronke kot slikovne elektronke za televizijo. Posebno pozornost posvečamo raziskavam barona Codellija, Ljubljančana italjanskega rodu.

1 UVOD

Dieckmannova, Rosingova in Campbell-Swintonova uporaba katodne elektronke v začetku našega stoletja ni takoj vplivala na razvoj televizije. Hitrost odklanjanja žarkov, ostrina zapisa, trajnost naprave in kvaliteta fokusiranja skeniranih žarkov so bili premajhni pred uporabo Buscheve elektronske optike. Zato celo sam Braun ni podpiral uporabe svoje elektronke v televiziji, ki se mu je zdela podobna telepatiji (Zworykin, 1958, 12; Kleinert, 1993, 71).

Televizija v Rusiji in Sovjetski Zvezi

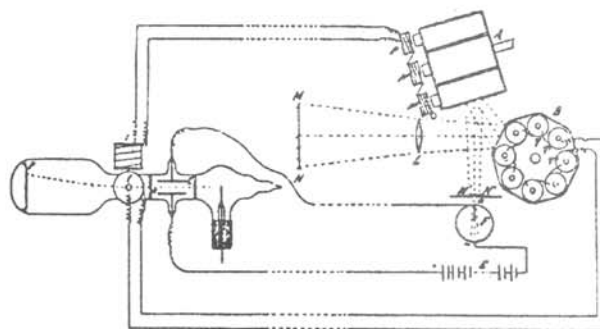
Boris Lvovič Rosing (1869-1933) je napravil skupno več kot 120 različnih shem in sistemov televizije. Leta 1907 je na univerzi v St.Petersburgu sestavil elektronski televizijski sistem z Braunovo elektronko na sprejemni strani, ki ga je patentiral doma, v ZDA, Nemčiji in Angliji. Elektronski curek je moduliral s signalom fotocelice in odklanjal z magneti. Snemalna naprava je bila še mehanska, z dvema medsebojno pravokotnima zrcalnima bobnoma, vrtljivima okoli skupne osi za skeniranje prenašane slike. Počasne selenove fotoinduktivne celice je nadomestil s hitrejšimi fotocelicami iz alkaljskih kovin, vendar še ni znal ojačiti šibkih tokov reda 0,1 pA.

Rosing je razstavil svoj sistem v St.Petersburgu leta 1910 (Ustinov, 1989, 121; Zworykin, 1958, 9) in naslednje leto prikazal sprejem preprostih geometrijskih oblik.

8.11.1925 so B.P.Grabovski (1901-1966), V.I.Popov in N.G. Piskunov v Leningradu prijaviли patent "radiotelefota", prve praktične povsem elektronske televizije. Poskuse so začeli opravljati julija 1925 v laboratoriju industrijskega tehnikuma v Saratovu. V njihovem sistemu je fotokatoda pod vplivom svetlobe izločala elektrone, ki so jih odklanjali z mrežico v njeni bližini.

* Stanislav Južnič je profesor fizike in računalništva na srednji šoli v Kočevju. Leta 1980 je diplomiral iz tehnične fizike na Fakulteti za naravoslovje in tehnologijo, magistriral pa leta 1984 iz zgodovine fizike na Filozofski fakulteti v Ljubljani.

Elektronski "žarki" s termokatode so prehajali skozi mrežico in trkali ob fotokatodo. Tam so se srečavali z nasprotno usmerjenimi fotoelektroni, ki so tem bolj oslabili žarke, čim več jih je bilo v dani točki fotokatode. Tako so modulirali elektronski curek, ki je potem prenašal informacijo o osvetljenosti objekta. V naslednjih treh mesecih so delali poskuse na Leningrajskem vakuumskem zavodu. Porabili so le 1500 rubljev kljub sorazmerno zapletenim poskusom. Vendar v Leningradu imenovana komisija sprva ni podprla uporabe njihove naprave.



Slika 1. Shema Rosingovega televizijskega sistema s katodno elektronko kot sprejemnikom (Schröter, 1930, 5)

Grabovski se je preko Saratova vrnil v Taškent in z Rosingovo pomočjo nadaljeval raziskave. 28.7.1928 je komisija priznala uporabnost "telefota", ki sta ga patentirala Grabovski in njegov laborant I.F. Beljanski. Prenasala sta po 7 senc v sekundi na 6-7 m oddaljen zaslon premera 5-6 cm z 200 do 300 vrstami v drugi sobi. Svojo prvotno idejo sta spremenila tako, da sta fotoobčutljivo plast nanese na neprepustno podlago iz srebra. Projekcija slike in elektronski žarki so bili sedaj na isti strani fotoobčutljive plasti, podobno kot v Zworykinovem ikonoskopu leta 1933 (Barancev, 1986, 135).

Televizija v Veliki Britaniji

Junija 1908 je A.A.Campbell-Swinton (u.1930) v Londonu predlagal odpravo vseh mehanskih elementov iz televizijskega sistema. Le odklon elektronov s pravokotnima elektromagnetoma v sprejemniku in tudi v oddajniku s 160000 sinhroniziranimi operacijami v sekundi je lahko opisal celotno površino slike v desetinki sekunde, kar naj bi zadostovala za dobro televizijo. Campbell-Swinton še ni poznal fotoelektričnega pojava za oddajnik dovolj velike hitrosti in ojačevanja. Leta 1911 je opisal zaslon oddajnika iz majhnih kock rubidija kot samostojnih fotocelic v vakuumski posodi s fotoobčutljivo natrijevo paro (Schröter, 1932, 61; Zworykin, 1954, 246-248; Swift, 1950, 82-83). Do leta 1926 je brez uspeha preizkušal takšne mozaične fotoelemente.

Campbell-Swintonove ideje so se uveljavile šele v naslednjem desetletju, saj se velika podjetja zanje sprva niso zanimala. Drugi raziskovalci so v različnih državah do novembra 1925 razvili še 6 modelov slikovne elektronke za televizijo (Barancev, 1986, 131).

Škot Baird je ustanovil prvo izključno televiziji posvečeno družbo Television Limited in do odločitve britanske komisije 13.2.1937 uspešno konkuriral elektronski televiziji Marconijeve družbe E.M.I. Kljub pičli materialni podpori je aprila 1925 javno predstavil svojo televizijo z uporabo Nipkove plošče frekvence 8,3 Hz in koloidne celice lastne izdelave za skeniranje odbite svetlobe. Senzor je moral biti tisočkrat občutljivejši od starejših aparatov, ki so prenašali samo sence prepuščene svetlobe. Črka "H" je bila na sprejemniku dobro vidna, težje pa je bilo s premikom roke ali obrazom, na katerem je bilo mogoče opaziti premikanje ust (Baird, 1925, 535).

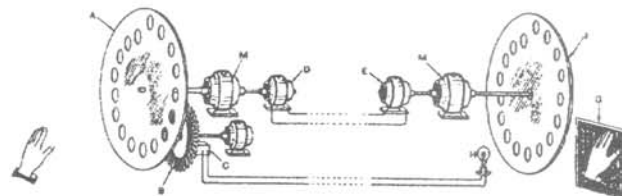
V nekaj mesecih je Bairdu uspelo rešiti problem prenosa slike po žici in nato tudi brezžično, kar je 27.1.1926 pokazal štiridesetim članom Royal Institutiona. Leta 1927 je dobil britanski patent za stereoskopski žični ali brezžični prenos slik ali gibanja. Okoli vrtljive Nipkove plošče je eno v drugo postavil dve ali več spiral leč in fotocelic tako, da je vsaka pokrivala le eno področje slike ali pa le eno barvo. Svetlobo je filtriral, nato pa v sprejemniku projeciral barve eno na drugo (Baird, 1927, 1, 4, 5).

Baird je s sodelavci 8.2.1928 prvi brezžično poslal sliko čez Atlantski ocean na valovni dolžini 45 m, za kar niso potrebovali vmesnih pretvornikov. 18.7.1929 je dr. Schapira pri Telefunknu v Berlinu sprejel dva modela televizije Bairda in njegovega direktorja Captaina O.G. Hutchinsonsona. Napravi sta stali 90 oziroma 12 mark in sta zmogli 12,5 slik s po 30 vrstami na sekundo pri 9000 Hz. Baird je prenašal slike po telefonskem kablju znotraj iste hiše in prepoznaval sedeče osebe brez podrobnosti. Telefunknova naprava z 48 zrcali naj bi bila boljša za prenašanja gibljivih slik (Schapira, 1929).



Slika 2. John Logie Baird (1888-1946)

Baird je Nipkovo ploščo nadomestil z bobnom s tridesetimi zrcali, kar je junija 1931 in 29.4.1932 uporabil BBC v prvi javni televizijski oddaji, prenosu konjskih dirk iz Derbyja. 2.8.1932 je BBC začel z osemmesečnim oddajanjem televizijskega programa, 2.11.1936 pa s prvimi rednimi televizijskimi oddajami v Londonu (Settel, 1978, 44, 47; Južnič, 1982, 25, 27-28; Zajc, 1995, 76-77; Swift, 1950, 54, 57, 84).



Slika 3. Shema naprave, s katero je J.L. Baird že leta 1924 oddajal obrise televizijsko snemanih predmetov

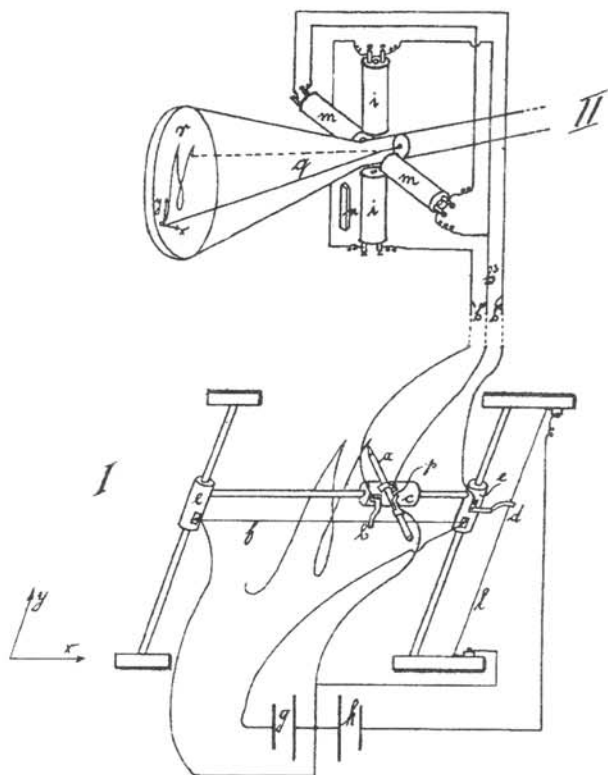
Televizija v Nemčiji

Braunova asistenta Dieckmann in Glage sta 12.9.1906 v Strassburgu patentirala Braunovo elektronko za prenos črk in risb brez premičnih delov v sprejemniku. Slike kovinskih modelov sta skenirala z dvajsetimi kontaktnimi krtačami, ki so nadomeščale odprtine v Nipkovi plošči. Krtače so bile povezane z generatorjem žagaste napetosti v vodoravnih odklonskih tuljavah katodne elektronke in s kontaktnimi krtačami na drsečih žicah potenciometra, ki so odajale tok tuljavam za navpični odklon.

Ob stiku s prevodno točko na kovinskem modelu so krtače Nipkove plošče omogočile, da je stekel tok skozi elektromagnet, ki je odklonil elektronski curek v osciloskopu, da je zgrešil odprtino na svoji poti. Prevodni deli modela so se zato temno reproducirali na svetli podlagi zaslona osciloskopa. Celoten obrat Nipkove plošče je trajal 0,1 s, zato je lahko svetlobni zapis na zaslonu sledil premikom in vrtenju modela. Zaslon je bilo mogoče fotografirati, kar se je avtorjema zdelo posebno pomembno, in sta to kar dvakrat zapisala v svojem patentnem spisu. Čeprav je bil Dieckmannov aparat bolj faks kot televizija, je pomenil njegov sprejemnik napredek v elektronskem snemanju slike (Dieckmann, 1906; Zworykin, 1958, 7-9; Kleinert, 1993, 71).

Dember je na fizikalnem inštitutu visoke šole v Dresdenu maja 1925 odkril povečanje emisije pri sočasnem vzbujanju fotoplasti z elektroni in s fotoni. Uporabljal je difuzijsko črpalko s Kaiser Wilhelmovega inštituta v Berlinu pri raziskovanju odvisnosti dodatnega fototoka na aluminiju od intenzitete svetlobe pri konstantnem toku katodnih "žarkov". Fotoefekt je zaradi katodnih "žarkov" narastel, mejna valovna dolžina pa se je pomaknila proti dolgim valovom. Demberjevi poskusi so potrjevali Lenardovo teorijo, po kateri je povprečna energija vpadnih katodnih "žarkov" manjša od notranjega dela in zato ne zadostuje za izbijanje elektronov iz podlage. Zato elektroni ostanejo v kovini v vzbujenem stanju in jih potem lahko izbije iz podlage svetloba z manjšo energijo. B.V. Krusser je predložil konstruk-

cijo slikovne elektronke na osnovi Demberjevega odkritja (Dember, 1925, 529-530; Barancev, 1986, 131-136).



Zu der Patentschrift

№ 190102.

Slika 4. Shema Dieckmann-Glajewejeve naprave iz patentne prijave 12.9.1906

Sodelavec Telefunka in asistent fizikalnega inštituta v Leipzigu August Karolus (1893-1972) je izboljšal fotocelico z uporabo efekta Škota Johna Kerra (1824-1907) in jo uporabil za moduliranje svetlobe v televizijskem sprejemniku. 21.6.1924 je dobil nemški patent št. 471720 za skeniranje z dvema Nipkowima ploščama s po 48 luknjami, za katerimi je postavil Elster-Geitlove alkalijske fotocelice (Siemens, 1957, 100).

Mihály je poleti 1919 v Budimpešti javno predstavil svoj televizijski sistem "telehor". Leta 1924 je odšel v Berlin in od leta 1927 raziskoval televizijo za nemško Državno pošto, medtem ko je Eduard Belin raziskoval v Franciji tudi za Avstrijsko državno radijsko družbo RAVAG.

11.5.1928 so na razstavi radia v Berlinu poleg Telefunknove televizije, ki sta jo izdelala Karolus in Schröter, predstavili tudi Mihályjevo 30 vrstično televizijo, ki je zamenjala 10 slik velikosti 4 cm x 4 cm v sekundi. Mihály je uporabljal obločno luč z volframovo nitjo in Nipkovo ploščo iz pertinaxa s 30 luknjami (Goebel, 1976, 62). Marca 1929 je imela Državna pošta v Berlinu že televizijsko sliko z 900 točkami, vendar brez tona.

Allgemeinen deutschen Fernsehvereins je bila ustanovljena 13.9.1929 in je začela avgusta naslednjega leta v Berlinu izdajati revijo Fernsehen. Razen Codellija in Mihályja je večina drugih avtorjev zagovarjala prednost elektronske televizije s katodno elektronko pri sinhronizaciji in številu točk v sliki.

Največ razprav v reviji Fernsehen je objavljala Nemeč von Ardenne. V lastnem laboratoriju v Berlinu je vzporedno z Zworykinom v poznih dvajsetih letih razvil sodobno elektronsko puško s katodo, prekrito z oksidom. Zavzema se je za uporabo ultrakratkih valov v televiziji. Leta 1931 je opisal posredno segrevanje katode, ki preprečuje razprševanje katodnega materiala v katodni elektronki (Ardenne, 1930, 390 in 1933, 69).

Ardenne je uporabil Zworykinovo sugestijo (29.12.1923) o katodni elektronki kot skenerju s premično točko zapisa. Skenirani model enakomerne intenzitete, katerega sliko je želel prenesti, je upodobil na katodni elektronki. Prepuščeno ali odbito svetlobo je zbiral s fotocelico. Fototok je bil sorazmeren prepustnosti ali odbojnosti skenirane točke in je generiral signal za sliko. Če je svetlobo oddajal dlje, kot je bil čas prehoda posameznega elementa slike, se je skenirana točka raztegnila v črto in se je vodoravna ločljivost ustrezno zmanjšala. Prvotni skenerji s premično točko zapisa v katodni elektronki niso bili praktično uporabni, dokler niso začeli uporabljati učinkovitih fotopomnoževalk majhne vztrajnosti in visoke občutljivosti (Zworykin, 1958, 18-19).

Osnovni problem televizije s katodno elektronko je bila ostrina in svetlost točke zapisa ter sočasno krmiljenje svetlosti in porazdelitve točk v elektronki (Ardenne, 1930, 193 in 1931, 65). Ardenne je uporabljal Wehneltovo nizkonapetostno elektronko po Schröterjevi metodi "polovičnih slik" (Ardenne, 1930, 197, 199 in 1931, 66).

Med von Ardennejevimi sodelavci na Heinrich-Hertz-Institut für Schwingungsforschung v Berlinu je bil tudi dr. Vladimir Šlebinger (r.1906). Med leti 1930-1933 je raziskoval skupaj z utemeljiteljem Hertzovega inštituta in njegovim direktorjem (med leti 1927-1936) Karlom Willyjem Wagnerjem (1881-1953) in prof. dr. Gustavom Engelbertom Leithäuserjem (r.1881). Slednji je 30.6.1933 opisal napravo za sprejem 90-vrstične slike velikosti 18 cm x 21,5 cm z mehanskim skeniranjem, ki jo je projekiral v predavalnici inštituta (Fernsehen 4, 1933, 40).

Leta 1932 je Šlebinger dobil patenta za sinhronizacijo slike v sprejemniku ter za svetlobno modulacijo katodnega "žarka". Leta 1933 se je pred nacizmom umaknil iz Nemčije in postal asistent Tržačana Maria Osane (1880-1958) na Institutu za elektrotehniko v Ljubljani. Tudi Osana se je ukvarjal s televizijsko tehniko od leta 1928 in je za prve poskuse o osnovah delovanja televizije zgradil aparat z Nipkovo ploščo (Sitar, 1989, 169).

22.3.1935 so v Berlinu predvajali televizijski program, ki je menjaval 25 slik s 180 vrsticami na sekundo. Leta 1936 so s Telefunknovim ikonoskopom in Farnsworthovo kamero prenašali letne olimpijske igre iz Berlina.

Televizija v ZDA

Charles Francis Jenkins je začel raziskovati televizijo leta 1894. Le nekaj mesecev za Bairdom je 21.3.1925 razvil brezžični mehanski televizijski prenos na razdaljo več km. Patent zanj (št. 1642730) so mu priznali v Washingtonu 20.9.1927. Leta 1926 je patentiral "daljinski kino" (Friedel, 1930, 17; Borchardt, 1930, 94-95; Codelli, šk.19; Swift, 1950, 34).

20.5.1926 je Ives iz Bell Telephone Laboratories prijavil patent za televizijo v naravnih barvah z izboljšanim skeniranjem. Uporabljal je Nipkovo ploščo s fotocelicami, ki so pokrivalo posamezne dele spektra. Svetloba je padala na vrtljivo zrcalo skozi luknje v plošči. V sprejemniku je tok po vodniku reproduciral zapis na fotocelice, ki so bile povezane s posameznimi deli obrata plošče. Mehanizem vrtenja je bil tak, da je plošča naredila malo več ali malo manj obratov od komutatorja in tako dosegla spreminjanje vrstnega reda povezav med fotocelico in modulatorjem pri zaporednem skeniranju objekta.

Bellovi laboratoriji so ponujali v tem času najboljšo mehansko televizijo (Ives, 1929; Dinsdale, 1931, 288). Razvoj je tekel v dve smeri: "videofon", ki bi ob telefonu kazal še vidno sliko sogovornika, in brezžično televizijo, ki bi sliko ponudila ob zvoku radia. Reklamiranje proizvodov po radiu (in tisku) je postalo pred ekonomsko krizo tridesetih let tako donosno, da je usmerilo televizijo v brezžični razvoj.

Zworykin je med leti 1910-1912 študiral na Tehnološkem inštitutu v St. Petersburgu. Raziskoval je v Rosingovem laboratoriju, kjer je spoznal prednosti elektronskega sistema pred mehanskim. Po diplomi je študiral pri Paulu Langevinu (1872-1946) na Collège de France v Parizu. Med prvo svetovno vojno se je teorijski fizik Langevin ukvarjal tudi z radiotelegrafijo in katodno elektronko, medtem ko je Zworykin podobno delo opravljal v Ruski armadi.



Slika 5. Vladimir K. Zworykin (1889-1982)

Ob koncu 1. svetovne vojne je Zworykin odšel v ZDA. Sprva je delal za Westinghouse, kjer niso bili navdušeni nad modulacijo intenzitete curka elektronov v televiziji z osno simetrično mrežico, kar je Zworykin prijavil 29.12.1923. Zanj je v ZDA dobil patent št. 2141059 šele 20.12.1938. Še kot ruski državljani v službi Westinghousa je leta 1925 patent dvakrat dopolnil. Katodno elektronko je predelil s ploščo s 33 plastmi iz različnih snovi, ki je nadomeščala fluorescentni zaslon. Plošča je bila iz aluminija ali drugega dobrega prevodnika. Na njej je bila naprej plast izolatorja, aluminijevega ali magnezijevega oksida. Sledila je tanka plast fotoobčutljivega kalijevega hidrida, ki ga je napolnil do sive

barve, medtem ko bi bil pri večjih debelinah srebrn. Nanj je za kratek čas spustil vodik tako, da je dobil spojino svetlo modre barve, ki še ni prešla v vijolično.

Vsaka kroglica kalijevega hidrida je delovala kot fotocelica. Mozaični zaslon za zeleno, modro in rdečo barvo je postavil med leče. Fotoefekt na vsaki kroglici kalijevega hidrida je bilo pravzaprav prevajanje med kroglicami in mrežo. Elektroni s kalijevega hidrida niso prišli na zaslon zaradi vmesnega izolatorja, tako da je tok tekel samo med zaslonom in mrežico. Moduliralne je v skladu z generiranim tokom, ojačeno s triodo in oddan v anteno.

Zworykin je uporabljal izmenični tok frekvence 16 Hz, slike pa je menjaval dvakrat hitreje, po 32 na sekundo. Zaslone so bili iz spojin, občutljivih na različne barve, npr. cezijev klorid za rdečo (Zworykin, 1927, 1, 3, 5).

Od 18.11.1927 in v letu 1928 so opravili prve televizijske oddaje v ZDA (Swift, 1950, 61). 16.11.1929 je Zworykin na sestanku I.R.E. v Rochesterju (New York) poročal o kineskopu, ki ga je patentiral 22.2.1938 v ZDA pod št. 2109245. RCA, katere častni podpredsednik je postal leta 1954, je imela že tedaj na voljo delujoč televizijski sistem in potrebna finančna sredstva. Vendar je finančni zlom oktobra 1929 odložil trženje že končane tehnologije.

Leta 1930 je Zworykin postal vodja elektronskega laboratorija pri RCA, ki se je leta 1919 razvila iz Marconijevega podjetja v ZDA. 13.11.1931 je razvil "ikonoskop" in dobil zanj v ZDA patent št. 2021907 26.11.1938. Ikonoskop ni zmožel več kot 240 vrst, kljub temu pa je prvi našel praktično uporabo. Slika se je prenašala na mozaik medsebojno izoliranih srebrnih kroglic, ki so fluorescirale zaradi dodanega cezija. Kroglice so bile obenem fotokatode in plošče kondenzatorja. Druga stran podlage iz slujde je bila prekrita s kovinsko elektrodo, ki je bila obenem druga plošča kondenzatorja.

Vsak element slike je imel svojo fotocelico (kondenzator), tako da je bila gostota zrn mozaika okoli 100000 na cm^2 . Osvetlitev fotocelice je bila odvisna od svetlosti pripadajočega elementa. Fototok je nabil kondenzator. Med rotacijo elektronskega žarka, ki ga je ikonoskop uporabljal kot komutator, so se kondenzatorji eden za drugim praznili preko upora. Padci napetosti na uporu so ustrezali svetlobni jakosti na posameznih elementih slike. Signale so nato ojačili in z njimi modulirali nosilni val. Ideje so leta 1931 razvili pri RCA s stroški 4 milijonov dolarjev in z njo po letu 1934 izpodrinili mehansko televizijo.

Pri analizatorju slike se je prenašala scena projicirala na fotokatodo. Tok fotoelektronov iz katode se je odklanjal s pravokotnima magnetnima poljema tako, da so šli skozi odprtino v zaporedju elektroni iz različnih elementov slike vzdolž skenirane črte in generirali slikovni signal. Nemški patent analizatorja Dieckmanna in R.Hella z dne 5.4.1925 št. 450187 je izboljšal Philo T.Farnsworth iz San Francisca s patenti št. 1773980 (7.1.1927) in št. 1986330 (17.4.1928). Dodal je longitudinalno magnetno polje za fokusiranje vzporedno osi, s katerim je dosegal ostro elektronsko sliko v ravnini odprtine. Ideje je dobil z branjem popularnih razprav Rusa Rosinga, ki je tudi po tej strani vplival na razvoj televizije v ZDA.

Leta 1931 je Farnsworth skeniral 200 000 elementov slike treh ljudi velikosti 4 x 2,75 inčev z izmenično

žagasto napetostjo frekvenca 12 Hz in 4800 Hz. Oddajnik je bil Braunova elektronka z mrzlo katodo v visokem vakuumu in majhno fotokatodo na posrebnem steklu. Le majhen del fotokatore ni bil osenčen pred tlivno razelektrivijo. Fotokatodi vzporedna anoda je bila iz tanke plasti volframa na tankem okvirju iz volfram-niklja. Zaščita je bila tanka plast platine na notranji strani elektronke. V ravnini fotocelice je bil fluorescentni zaslon. Elektrone je pospeševal z napetostjo okoli 500 V in odklanjal s transverzalnimi magnetnim poljem.

Z izmenično žagasto napetostjo frekvenca 3000 Hz in 15 Hz je skeniral 200 črt s 15 slikami na sekundo. Sprejemnik je bil "oscilil", podoben Zworykinovemu, z dvema medsebojno pravokotnima tuljavama. Anodna v obliki cevi je bila v gorišču elektronov, ki so leteli z oddajnika ali vlakna. Naprava je dajala boljše sliko od mehanske televizije iz Bellovih laboratorijev. Konec leta 1931 so prodajali Farnsworthovo televizijo po 50 angl. funtov, adapter pa za dodatnih 20 funtov. Naprava je imela trajnost 1000 ur, cena obnove pa je bila 2-3 funte (Dinsdale, 1931, 286-288).

Farnsworthov analizator slike je dolgo tekmoval z Zworykinovim sistemom, dokler slednjemu 20.12.1938 niso priznali patenta (Zworykin, 1958, 18-19; Settel, 1978, 42, 53 in 55).

Naslednjih 30 let se niso mogli znebiti efekta ionizacije plinov zaradi preslabega vakuuma v katodni elektronki. Zato so uporabljali posebne "zanke" za ione, da bi preprečili destruktivno razprševanje z oksidom prekrte katode zaradi pozitivnih ionov, nastalih v elektronskem curku. Dokler niso dodali zaslona iz aluminija v katodno elektronko, so hitri negativni ioni večkrat prežigali središče fosfornega zaslona (Lafferty, 1981, 227-228).

Nezaželeni vpliv sekundarne emisije so v Zworykinovem laboratoriju pri RCA odpravili v ortikonu leta 1939 z uporabo počasnega komutacijskega žarka, ki pada povsod pravokotno na mozaik. Januarja 1946 so pri RCA razvili še 100 do 1000 krat občutljivejši slikovni ortikon. Super ortikon je prišel v uporabo leta 1947, manjši vidicon pa leta 1950 (Vadim, 1947, 168; Zworykin, 1958, 18; Ustinov, 1989, 121-123).

Televizija v Sloveniji

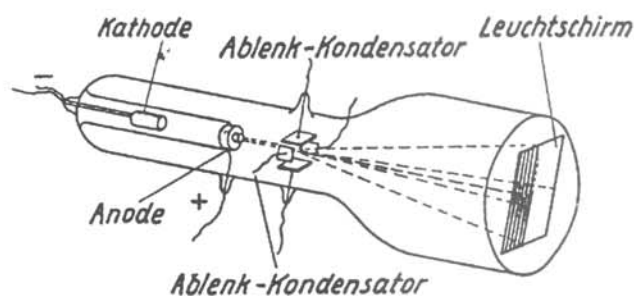
Hrvat Josip Sliškovič, inženir in univerzitetni profesor na Dunaju, je prvi v Avstriji prikazal televizijo lastne izdelave, s katero je lahko prenašal sence. Za skeniranje slike je uporabljal Nipkovo ploščo in fotocelico. O svojih izumih je predaval po vseh večjih mestih monarhije, tudi v Ljubljani (Codelli, šk.19).

Codelli je v Ljubljani razvijal svoj televizijski sistem v sodelovanju z Arcom, ki je bil direktor Telefunka, od leta 1903. Prijateljela sta od leta 1907, čeprav je bil Codelli predvsem samouk, Arco pa je doktoriral v Strassburgu in bil med leti 1896- 1898 asistent Adolfa Carla Heinricha Slabyja (1849-1913), profesorja elektrotehnike na visoki tehnični šoli v Charlottenburgu. 12.1.1908 je Codelli predložil skeniranje televizijske slike z zrcali Wehneltovega valja s selenovimi celicami. Arco se je posvetoval s sodelavcem J.Schoemlichom in 28.1.1908 odgovoril, da je selen premalo občutljiv za svetlobo, da bi lahko sledil hitrim spremembam svetlobe in da bi bila dobljena slika premalo ostra (Arco, 1908, 3; 1930; Codelli, 1977, 120).

Baron Anton Codelli je bil rojen 22.3.1875 v Neaplju v družini italjanskega rodu, ki se je v 16.stoletju naselila v Gorico. Leta 1700 so kupili še Kodeljevo pri Ljubljani in ga obdržali do leta 1945.

Baron Anton Codelli je maturiral na dunajskem Theresianumu. Leta 1894 je po zgledu pokojnega očeta stopil v avstrijsko vojno mornarico, kjer je ostal do leta 1897. Leta 1906 je opravil šestmesečni strokovni tečaj pri Telefunku. Umrl je leta 1954 v Portu Roncu pri Asconi v Švici. Decembra 1995 mu je bila odkrita spominska plošča na nekdanji Codellijevi graščini Turn na Kodeljevem.

Svoja raziskovanja televizije je Codelli nadaljeval na Arcovo spodbudo 14.12.1927. Sodeloval je z Schröterjem, direktorjem raziskovalnega oddelka Telefunka v Berlinu med leti 1920- 1947, ki je že pred 1. svetovno vojno delal poskuse s katodnimi "žarki" v tlivki. V prvi strokovni razpravi v novi reviji Fernsehen je Schröter tako za sprejem, kot za skeniranje slike predložil uporabo katodne elektronke, polnjene z argonom pri tlaku stotinko ali tisočinko mm Hg (Schröter, 1930, 246 in 4). V istem volumnu Fernsehen je Codelli opisal svoj televizijski sistem brez katodne elektronke.



Slika 6. Skica Braunove katodne elektronke iz Schröterjeve razprave (1930, Fernsehen)

Schröter je 27.9.1930 prijavil patent za predvajanje "polovičnih" slik z zaporednim menjavanjem sodih in lihih vrstic, ki so ga v Nemčiji priznali 23.3.1933. Skupaj s Knollom je raziskoval prenos elektronskih slik v Telefunkovem televizijskem laboratoriju v Berlinu in objavil več knjig in zbornikov o televiziji.

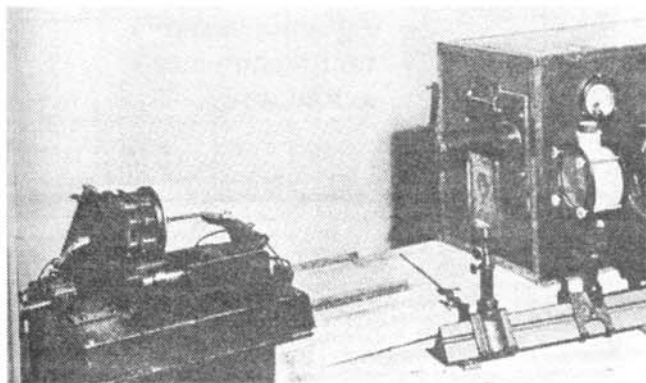
Codelli je 18.5.1928 v Nemčiji patentiral predvajanje slik vzdolž spirale. 22.6.1928 je zaključil pogajanja s Telefunkom, ki sta ga zastopala Schapira in Schröter. Telefunken je odkupil 60% delež pravic do Codellijevega televizijskega sistema za cel svet razen ZDA. Do tedaj je imel Telefunken v lasti le Karolusov televizijski sistem, ki ga je nameraval dopolniti s Codellijevimi izumi (NUK, III (155)).

14.11.1928 je Codelli poslal Schröterju opis svoje televizije s Kerrovo celico podobno kot v sistemu Karolusa. S Codellijevo pomočjo so napravo sestavili v Berlinu v šestih mesecih. 22.6.1929 je direktor dr.Karel Schapira pri Telefunku izdal laboratorijsko potrdilo o



Slika 6. Anton Codelli (1875-1954) in kopija Codelli-jevega podpisa pod zapisnikom o pregovorih s Telefunknom, ki sta ga 22.6.1928 zastopala Shapira in Schröter, NUK, sign.ms 1397,iii(155).

izdelavi prototipa televizije po Codellijevem patentu, za katerega je bilo odobreno 25300 mark, od tega 13000 za odškodnino Codelliju in za njegovo potovanje v Berlin. Končna cena naprave je bila skoraj dvakrat višja (Codelli, šk.19; NUK, 141, Nr. 3458 in Nr. 3408 III).



Slika 7. Codellijev televizor iz leta 1930 (Sitar, 1987, 65)

17.1.1930 je Codelli opisal skeniranje z Nipkovo ploščo z dvema spiralama lukenj v skupno 25 kolobarjih. Za njima sta bili postavljeni Schröterjevi fotocelice, ki sta delovali izmenoma. Naprava je prenašala 12,5 slik s po 2500 elementi v sekundi. Tokove fotocelic je ojačeval de Forestov audionom, izdelan pri Telefunknu. Namesto Nipkovich plošč je lahko uporabil tudi L.Weillerjevo zrcalno kolo, prvič izdelano leta 1889 (Friedel, 1930, 15; Codelli, 1930, 110-111; Grabnar, 1977, 112).

Pri spiralnem skeniranju se je že majhna razlika v fazi na zunanjem robu poznala v središču slike, medtem ko se pri navadnem skeniranju fazne razlike same izničijo. Zato sta morala biti dušenje in frekvenca lastnega nihanja zrcala na sprejemni in oddajni strani Codelli-

jevega sistema natančno enaki, kar je bilo za tedanjo tehnologijo praktično neizvedljivo (Schröter, 1932, 52-53).

Snemanje slike z mehničnim skenerjem z zaznavno vztrajnostjo je povzročalo izgube in poškodbe slike. Le pri snemanju vzdolž spirale v Codellijevem sistemu so lahko točno prenašali slike v mehanski televiziji (Ardenne, 1932, 18).

Svojo stereoskopsko električno "daljno videnje" je Codelli med leti 1928-1931 patentiral v vseh pomembnejših evropskih središčih in v Kanadi, ne pa tudi v ZDA. Predsednik ljubljanske sekcije "Udruženja inženirjev in arhitektov" Milan Šuklje je 10.11.1933 menil, da je Codellijev odvetnik Abrahamson naredil napako, ko je zamudil rok 23.1.1931 za vlogo in plačilo zahteve za patent v ZDA. Zaradi nepravilne vloge 25.6.1927 in 29.12.1930 pod št. 60718 so Codellijev patent v ZDA zavrnil 18.8.1932. Kljub temu je multimilijonar in mecen Nikole Tesle (1856-1943) J. Pierpont Morgan iz Shortwave and TV Corporation 11.10.1932 prosil Codellijevega washingtonskega odvetnika Emila Bönnellycka za podatke o Codellijevem patentu. Vendar je pozneje Morgan 20.1.1933 zavrnil odkup Codellijevega patenta (Grabnar, 1977, 113).

52

Schröter, Zerlegungsmethoden des Fernsehens.

Gedanke der Spiralzerlegung ist jedoch später in verschiedenen Formen wieder-gekehrt. Zum Teil handelt es sich dabei um Optiken, in denen prismatische Körper oder gekreuzte Schlitze mit verschiedener Geschwindigkeit rotieren¹. Gegen diese Vorrichtungen bestehen die in den Abschnitten D und G erhobenen Bedenken. Statt solcher erzwungenen Bewegungen des optischen Systems benutzt A. von Codelli², um trotz großer spiegelnder Flächen mit geringer Antriebsleistung auszukommen, die freie, gedämpft abklingende Kreis-schwingung des zuvor von einem Drehfelde mittels Resonanz aufgeschaukelten Hohlspiegels (von 80 mm Durchmesser!). Da dieses aus Nachdenken über die

Slika 8. Schröterjev opis Codellijevega dela, objavljen v Handbuch der Bildtelegraphie und des Fernsehens, 1932, 52)

ÜBER HELLIGKEITSSTEUERUNG BEI KATHODENSTRAHL-RÖHREN UNTER BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG EINER NEUEN METHODE

von Manfred von Ardenne

Bei allen Fernsehverfahren, bei denen auf der Sendeseite mechanische, d. h. mit erheblicher Trägheit behaftete Zerleger angewendet werden, oder bei allen Verfahren, wo grundsätzlich mit der An-

spaltungen im Bilde führen, hat der Verfasser bereits früher an dieser Stelle hingewiesen. Höchstens in der Durchführung einer Spiralablastung (Codelli) läßt sich die Aufspaltung durch Trä-

Slika 9. Ardennejev citat Codellijevega dela (Fernsehen, 1932, 18)

Codelli je prvi na slovenskih tleh začel uporabljati katodno elektronko v televiziji šele v sodelovanju z ljubljanskim trgovcem z elektroopremo in radijsko tehniko Francijem Barom. Codelli je 14.3.1930 v odgovor na mesec dni starejše Schröterjevo pismo sporočil, naj televizijsko opremo iz Berlina dostavijo kar na Barov naslov na Mestnem trgu 5/1 v Ljubljani (Grabnar, 1977, 112; Codelli, ARS, šk.19 in NUK, 134).

Schröter je 11.5.1928 v Berlinu še razstavljal mehanski sistem, avgusta 1930 pa je že zagovarjal uporabo katodne elektronke. Tako sta Schröter in Codelli približ-

no istočasno sprejela "ameriško" inačico elektronske televizije, ki je pozneje prevladala.

Da bi se uveljavil v ZDA, je Codelli poleg mehanskega skeniranja in premičnih optičnih naprav kot tretjo možnost opisal povsem elektronsko televizijo brez premičnih mehanskih delov (Codelli, str. 12, 15). Uporabil je Farnsworthovi podobno Braunovo elektronko s fotokatodo (str. 16). Sliko je reproduciral z močno Braunovo elektronko, ki je imela obliko lijaka s preluknjano anodo in rahlo izbočenim fluorescentnim zaslonom. Katoda v obliki konkavnega zrcala je imela gorišče sredi zaslona (str. 38, 75). Snemalna elektronka je bila steklena posoda, pregrajena s stekleno ploščo v dva izpraznjena prostora, od katerih je bil drugi Braunova elektronka z vročo katodo (str. 44, 77-78).

Codelli je tudi v elektronski inačici obdržal osnovno idejo snemanja in sprejemanja slike vzdolž spirale tako, da je imela slika gostejše elemente v sredi kot na robovih (str. 40, 50, 75). Ideja je temeljila na fiziologiji očesa (str. 4-7), med prvimi pa jo je uporabil Britanec Alexander McLean Nicholson 7.12.1917 in 16.10.1923 v patentu št. 1470696 v New Yorku, ZDA. Za sprejemnik je uporabil Braunovo cev, v kateri je curek elektronov na fluorescentnem zaslonu risal sliko po Arhimedovi spirali. Dipl.ing. Paul Kirchhoff iz Frankfurta na Maini je svojo inačico, predloženo 6.9.1925, zaradi nasprotovanja Codellija in Telefunkna patentiral šele 14.8.1936 v Berlinu (Schröter, 1932, 51-52; Codelli, šk.19).

Razvoj televizijske tehnike po drugi svetovni vojni je bil v Sloveniji in tudi v Jugoslaviji povezan z dejavnostjo Instituta (pozneje Industrije) za elektrozveze v Ljubljani, ki je bil uradno ustanovljen v začetku leta 1948. Sprva so v njem delali tudi nemški strokovnjaki, med domačimi pa predvsem Wedam, organizacijski in tehnični vodja TV-laboratorija od poletja 1949 ali 1950. Kupili so super ortikon od RCA in upeljali 625-vrstični sistem Švicarja Gerberja, sicer zasnovan v Sovjetski zvezi. Na razstavi leta 1953 v dvorani TVD Partizan na Taboru v Ljubljani so improvizirali majhen TV studio s super ortikonom kot edino snemalno kamero (Wedam, 1993, 50-51). Avgusta 1956 so ob mednarodni razstavi elektronike v Ljubljani začeli predvajati slovenske filme, ki so jih oddajali s stolpa na Ljubljanskem gradu. Redne javne televizijske oddaje v Ljubljani so se začele 11.10.1958.

Pregled stanja 100 let kasneje

Iz zgodovinskega pregleda razvoja televizije oz. katodne elektronke, kot enega od bistvenih sestavnih delov, so razvidna področja, kjer so se ideje najtežje spreminjale v delujočo in "ubogljivo" napravo. Po sto letih so rezultati obilno pomnoženi in razvejeni. Opis stanja danes je zaradi silovitosti razvoja zadnjih desetletij skoraj nemogoč, tveganje, da podatki ne izgubijo aktualnosti v času od pisanja do izida v reviji, veliko.

Razvrstitev elektronk, povezanih s televizijo, na katodne (za prikaz slike) in slikovne elektronke (za snemanje) je res najosnovnejša delitev glede na princip delovanja oz. funkcijo. Dodatno merilo delitve pa je namen uporabe: ali profesionalna ali široko tržišče.

Pri slikovnih elektronkah je ostala skoraj izključno profesionalna uporaba v vrhunskih studijskih kamerah, v cenениh kamkorderjih je snemalna komponenta polprevodna CCD ploščica s površino okoli 1 cm². Pri

katodnih elektronkah so razmere drugačne: široko tržišče v milijonih elektronk na leto je pokrito z razmeroma skromnim številom tipov, od katerih je za TV standard izbranih le nekaj formatov v razmerju osi X:Y=3:2, diagonale pa so 37, 55, 63, 72 cm itd., HDTV (High Density Television) s predloženim formatom X:Y=16:9 se šele uvaja. Druga obsežna niša so računalniški monitorji s še skromnejšim izborom standardnega formata 3:2 in diagonalami: 14, 15 in 17 inč.

Bistveno pestrejše je področje profesionalne uporabe katodnih elektronk, ki zajema nekaj specializiranih področij: vojaški sistemi, navigacija letalskega in pomorskega prometa, merilna civilna tehnika, medicinske diagnostične naprave, računalniški monitorji za različne specifične namene, projekcijski TV monitorji itd. Formati so tu skoraj poljubni: od linijskega formata z eno samo osjo odklona do radarskih okroglih zaslonov z linearnim in krožnim odklonom. Diagonala slike sega od 1,3cm (=1/2 inče) pri naglavnih zaslonih (HUD, angl. head-up display) do premera nad 90 cm. Poleg uporabe kot barvni zaslon se katodne elektronke še vedno pogosto uporabljajo za prikaz črno-bele slike. Razlogov je več: slika je ostrejša in v barvni lestvici ni nujno bogatejša, ali pa je prednost drugje: manjša poraba električne energije, masa, enostavnost itd.

Tudi principov zapisa slike oz. simbolov je več: poleg skeniranja z dano frekvenco, ki je v uporabi v TV in računalniških monitorjih, še vektorski način (angl. stroke write), primeren za grafični prikaz simbolov, npr. za velike monitorje za CAD (angl. computer aided design), ki da mirnejšo in ostrejšo sliko linij in direkten časovni izpis signala, kar je v uporabi pri osciloskopih; danes je frekvenčno območje pri več deset GHz. V uporabo je prišlo več načinov izboljšave kontrasta: z antirefleksnimi in ozkopasovnimi spektralnimi filtri. Oba načina omogočata uporabo v najbolj neugodnih svetlobnih razmerah.

Načini prikaza so: direktno gledanje zaslona, projiciranje slike zaslona elektronke na opazovalni zaslon, ki je prepusten ali polprepusten, ki omogoča superpozicijo slike zaslona na poljubno ozadje, npr. že omejnjeni HUD. Razvile so se tehnike stereoskopskega (3D) opazovanja dveh slik, posnetih s specialno tehniko, ki se bo iz ozkih niš (aviacija, medicina) razširila na obetavno širše področje za prikaz navidezne resničnosti.

Ločljivost monitorjev, izražena s številom naslovljenih svetlobnih točk, danes že presega 4 milijone (kar ustreza 2000 vrsticam) s polnim spektrom barv. Težave nastopijo seveda pri procesiranju in prenosu signala, ki je potreben za naslovitev vseh teh točk.

Svetlost slike, potrebna za sprejemljivo dobro dojetje informacije, je lahko samo nekaj deset cd/m² pri okularnih monitorjih do 10000 cd/m² pri projekcijskih elektronkah, vendar je zahtevnost doseganja posameznih nivojev skrita za mnogimi dodatnimi parametri, kot je npr. anodna napetost itd.

Zahteve posamezne zvrsti elektronk se med seboj dokaj razlikujejo, zato je absolutne meje težavnosti izdelave težko postaviti enolično. Zamislimo si naslednji zgled. Impregnirana katoda z emisivnostjo nekaj 10 A/cm² se pri enaki obremenitvi lahko uporabi za: izboljšanje svetlosti ali ločljivosti ali velikosti zaslona. Posamična katodna elektronka pa ima izboljšano lastnost, kjer v končnih številskih vrednostih posameznih

količin vpliv same katode ni več prepoznaven. Enako velja za izboljšane nove tipe luminoforjev. Večji svetlobni izkoristek se kaže lahko: ali v večji končni svetlosti ali v boljši ločljivosti ob enaki svetlosti. Luminoforji, kjer so aktivatorji redke zemlje, so zaradi ozkega spektralnega izseva primernejši za monitorje z dobrim kontrastom kot navadni širokospektralni z večjim izkoristkom itd.

Katodne elektronke, uporabljene v vojaških sistemih, imajo poleg strogih optoelektronskih meril poudarjene zahteve za mehansko vzdržljivost na udarce in vibracije. Uporabnost v širokem razponu temperatur (od -40 do +70°C) jih še vedno uvršča med nenadomestljive, saj npr. LCD zaslone odpovedo v okolici 0°C.

Družina katodnih elektronk zajema skoraj nepregledno veliko tipov, z množico formatov in drugih prilagoditev za specialno uporabno okolje. Mnoge izboljšave, ki smo jim priča, so prišle do izraza ob pomoči zmogljive elektronske podpore, ki lahko nekatere hibe samih elektronk občutno popravi, npr. geometrijska korekcija odklonov, elektronsko optičnih aberacij, stabilnosti in korekcije barv itd.

Ob današnji razširjenosti in odličnim, pogosto izjemnim lastnostim jim je za naslednjih deset let, kljub prodoru ploščatih zaslonov, uporabnost zajamčena. Ob hitrem napredku na vseh področjih pa je napoved za še daljše obdobje nemogoča. Iz zgodovinskega pregleda razvoja televizije, oz. katodne elektronke kot enega od bistvenih sestavnih delov, so razvidna področja, kjer so se ideje najtežje spreminjale v delujočo in ubogljivo napravo.

POMEMBNEJŠI DOGODKI V RAZVOJU TELEVIZIJE

dogodki v svetu

slovenski prispevki

- 1817 Berzelius odkrije selen
- 1837 Becquerel odkrije fototok ob osvetlitvi selena
- 1843 Bainov slikovni telegraf
- 1845 Faraday odkrije sukanje polarizacijske ravnine svetlobe v magnetnem polju
- 1847 Bakewellov kopirni telegraf
- 1851 Hittorf razišče prevodnost selena
- 1858 Plücker odkrije odklon katodnih "žarkov" v magnetnem polju
- 1863 Caselli prvi praktično prenese slike od Pariza v Lyon
- 1869 Hittorf razišče svetlobne pojave v Geisslerjevi cevi
- 1881 Ayrton in Perry uporabita Faradayevo odkritje iz l. 1845
- 1883 Edison patentira termoiionsko emisijo
- 1884 Nipkova plošča
- 1887 Hertz odkrije fotoefekt
- 1890 Fleming pojasni Edisonovo odkritje termoiionske emisije
- 1893 fotocelica Elstra in Geitla
- 1897 Braun objavi prvo razpravo o katodni elektronki
- 1904 Wehneltova nizkonapetostna katodna elektronka
- 1906 de Forestova trioda

- 12.9.1906 (št.190102, Nemčija) Dieckmann in Glage uporabita katodno elektronko za prenos črk in risb
- 1907 Rosenthal uporabi fotocelico v svetlobni telegrafiji
- 1907 Rosingova televizija v St.Petersburgu
- 1908,1911 Campbell-Swintonova televizija v Angliji
- 1910 Liebenova trioda

1912 Nardinov rele

- 1919 Mihály predstavi svoj TV sistem v Budimpešti
- 1922 Arthur Korn (r.1870) prenaša podobe čez Atlantik
- 29.12.1923 (št.2141059, ZDA,20.12.1938) Prvi Zworykinov patent TV
- 21.6.1924 (št.471720, Nemčija) Karolusov TV sistem
- 1924 Ardennejev sprejemnik in oddajnik s katodno elektronko
- 1925 Biard prenaša enostavne slike več kilometrov daleč
- 21.3.1925 (št.1642730, ZDA, 20.9.1927) Jenkins prenaša enostavne slike več kilometrov daleč
- 8.11.1925 Radiotelefof v Leningradu
- 18.10.1926 Bushove enačbe za gibanje elektronov v polju
- 7.1.1927 (št.1773980, ZDA) in 17.4.1928 (št.1986330, ZDA) Farnsworthov analizator
- 1928 Richardson dobi Nobelovo nagrado za raziskovanje termoiionske emisije
- 1928 Mihályjeva ter Karolus-Schröterjeva televizija v Berlinu

18.5.1928 (Nemčija) Codellijev TV sistem

- 1929 predstavitev barvne TV v Bellovih telefonskih laboratorijih
- 16.11.1929 (št.2109245, ZDA, 22.2.1938) Zworykinov kineskop
- 27.9.1930(Nemčija,23.3.1933) Schröterjev prenos "polovičnih" slik
- 13.11.1931 (št.20021907, ZDA, 26.11.1938) Zworykinov ikonoskop

1932 Šlebingerjeva patenta

- 1935 sprejemnik za barvno televizijo Avstrijca J.Naglerja
- 1946 ortikon
- 1947 super ortikon

1948 Institut za elektrozeve v Ljubljani

- 1950 vidicon
- 1952 barvna televizija pri RCA: Ernest Orlando Lawrence (1901- 1958), Luis Walter Alvarez (r.1911) in Edvin Matisson McMillan (r.1907)
- 11.10.1958 prve javne TV oddaje v Ljubljani**

(opomba: številke v oklepaju zadevajo patente z datumi priznanja)

LITERATURA

- Arco grof Georg, Pismo Codelliju iz Berlina v Ljubljano, 28.1.1908, 4 strani
- Pismo Codelliju iz Berlina na Dunaj, 23.4.1908, 3 strani (Codelli, šk.20)
- Pismo dr.Schapiri od Telefunkna, 15.9.1930, 2 strani (Codelli, šk.19)

- Ardenne Manfred von (r.1907), Verstärkermesstechnik, Instrumente und Methoden, Julius Springer, Berlin, 1929
Die Braunsche Röhre als Fernsehempfänger, *Fernsehen*, 1 (1930) 193-202
Zur Anwendung ultrakurzer Wellen für das Fernsehen, *Fernsehen*, 1 (1930) 390-392
Über neue Fernsehender und Fernsehempfänger mit Kathodenstrahlröhren, *Fernsehen*, 2 (1931) 65-80
Über fortschritte beim Fernsehen mit Kathodenstrahlröhren, *Fernsehen*, 2 (1931) 173-178
Über Helligkeitssteuerung bei Kathodenstrahlröhren, *Fernsehen*, 3 (1932) 18-29
Über eine indirekt geheizte Kathode für Braunsche Röhren, *Fernsehen*, 1 (1930) 67-69
- Baird John Logie (1888-1946), Television, a description of the Baird system by its inventor, *Wireless Word and Radio Review*, (21.1.1925) 533-535
Improvements in or relating to the Transmission and/or Reproduction of Views, Scenes or Images by Wires or Wirelessly, Britanski patent št.266,564, prijavljen 1.9.1925 pod št.21,846/25, dopolnjen 1.7.1926, sprejet 1.3.1927
- Barancev A.I in V.A.Urvalov, Tehničeskie aspekti značenije radiote-flota B.L.Grabovskogo v istorii teledenija, *VIET*, 2 (1986) 130-38
- Borchardt dr.Curt (Charlottenburg), Historischen Daten aus der Vorgeschichte des Fernsehens, *Fernsehen*, 1 1930, 94-95
- Codelli baron Anton pl.Fahnenfeld (1875-1954), ROKOPISNO GRADIVO: Arhiv R Slovenije, fond graščinski arhiv, Gr A XVIII (citirano kot: Codelli)
in: Narodna in univerzitetna knjižnica, rokopisni oddelek, sign.MS 1397 (citirano kot: Codelli, NUK).
Ein neues Fernseh-System, *Fernsehen* 1(1930), št.3, str.107-114
Codellijeva pisma Arcu 12.1.1908, nedatirano (februar-marec 1908) in 20.12.1927 (Codelli, šk.14). Prevod v: Dokumenti Slovenskega gledališkega muzeja, Ljubljana, 13 (1977) št.29, str.118-121
3 strani dolg zapisnik pogajanj med Codellijem in Telefunknom z dne 22.6.1928 (Codelli, NUK, (155) III)
Codellijevo pismo Schröterju, 14.11.1928, 9 strani (Codelli, šk.19)
Specifikacija s patentnimi zahtevki, 17.1.1930, nemški tipkopis in angleški prevod na 15 straneh s 17 patentnimi zahtevki na 5 straneh in 6 skicami na 2 straneh (Codelli, šk.19)
Codellijev 60 strani dolg angleški tipkopis z 62 patentnimi zahtevki na nadaljnjih 20 straneh, nedatiran (26.4.1930?) (Codelli, šk.19)
- Dember Harry (1882-1943), Über eine Beeinflussung der lichtelektrischen Elektronenemission durch Bestrahlung mit Kathodenstrahlen, *Z.Phys.* 33 (11.6.1925) 529-532
- Dieckmann Max (r.1882) in Gustav Glage, Verfahren zur Übertragung von Schriftzeichen und Strichzeichnungen unter Benutzung der Kathodenstrahlenröhre, Patentschrift Nr.190102, 12.9.1906
- Dinsdale, A., Television by Cathode Ray, The New Farnsworth System, *Wireless Word and Radio Review*, 28 (1931) 286-288
- Friedel dr.W, Die geschichtliche Entwicklung des Fernsehens, *Fernsehen*, 1 (1930) 12-17
- Goebel Gerhard, Die Fernseh-Start in Deutschland, *Funkschau*, 19 (1978) 906-909
- Grabnar Boris, Nenavadni baron na Kodelljevem, Dokumenti Slovenskega gledališkega muzeja, Ljubljana, 13, št.29 (1977) str.110-114
- Ives Herbert E., Television, patent v ZDA št.1,738,007, prijavljen 20.5.1926 pod št.110,378, sprejet 3.12.1929
- Jenkins Charles Francis, Twin light-cell transmitter, patent v ZDA št.1,642,730, prijavljen 21.3.1925, sprejet 20.9.1927
- Južnič Stanislav, Anton III. baron Codelli - "izumitelj" televizije ?, *Kronika*, 30 (1982) 25-31
Zgodovina elektronskega mikroskopa, *Vakuumist*, 14/4 (1994) 20-25
- Kleinert Andreas, Ferdinand Braun et les débuts de la TSF en Allemagne, *Revue d'histoire des sciences*, 46-1 (Jan-Mar 1993) 59- 71
- Lafferty James M, Vacuum: from art to exact science, *Physics today*, 34 (november 1981) 211-231
- Mihály Dežnes von (1894-1953), U"ber die Synchronisierung elektrischer Fernsehapparate, *Fernsehen* 1 (1930) 19-22. 52-57
- Ozvald Branko, Ljubljancan baron Anton Codelli - eden najplodovitejših izumiteljev na Slovenskem. Zbornik za zgodovino naravoslovja in tehnike 11 (1991) 121-149
Baron Codelli - izumitelj televizije, *Življenje in tehnika*, junij 1994, 39-45
- Sawyer W.E., Seeing by electricity, *Sci.American*, 42 (1880) 373-
- Schapira Karel, Pismo Codelliju 20.7.1929 (Codelli, šk.19)
- Schröter Fritz Georg Ernst (r.1886), Die Braunsche Röhre als Fernseher, *Fernsehen* 1 (1930) 4-8
Aus der Entstehungsgeschichte der Glimmlampe, *Fernsehen*, 1 (1930) 244-249
Pisma Codelliju 27.10.1928, 31.10.1928, 20.11.1928 in 14.3.1930 (Codelli, šk.19)
Handbuch der Bildtelegraphie und des Fernsehens, bearbeitet und herausgegeben von F.Schröter, Verlag von Julius Springer, Berlin 1932
Fritz Schröter in Max Knoll (1897-1969), Elektronische Bild- und Zeichenübertragung mit Isolator- bzw. Halbleiterschichten, *Physikalische Zeitschrift*, 38 (1937) 330-333
- Settel Irving in William Laas, A pictorial history of television, Grosset & Dunlap Inc, New York, 1969. Prevedeni izbor v: Istorija američke televizije, Univerzitet umetnosti, Beograd, 1978
- Siemens Georg, History of the house of Siemens, Karl Alber, Freiburg/Munich, 1957, II.del
- Sitar Sandi, Iz predzgodovine radijske in televizijske tehnike na Slovenskem, Zbornik za zgodovino naravoslovja in tehnike, 10 (1989) 163-170. Sto slovenskih tnanstvenikov, Prešernova družba, 1987, str. 64-65
- Swift John, Adventure in vision. The First Twenty-Five Years of Television, John Lehmann, London, 1950
- Šuklje ing.Ivan (1881-1937), Codelli versus Abramsberg, Pismo mnenje o patentiranju Codellijevega izuma v ZDA, 10.11.1933 (Codelli, šk.19)
- Ustinov I.D, B.P.Borisov, Vidajuščisja izobretatel i učenii V.K.Zworykin (K 100-letiju so dnja roždenija), *VIET*, (1989), No 4. str.121-124
- Vadim Murašov, Kratek pregled televizije, *EV*, (1947), 166- 171
- Wedam Albin (r. 1921), Zakaj Codelli ni uspel s svojim televizijskim sistemom?, Dokumenti Slovenskega gledališkega muzeja, Ljubljana, 13 (1977) št.29, str.114-118
Razvoj televizijske tehnike pri nas. V zborniku: Televizija prihaja, ur. Lado Pohar, RTV Slovenija, Ljubljana 1993, str.49-56
- Zajc Melita, Nevidna vez: rabe radiodifuzne televizije v Sloveniji, Znanstveno in publicistično središče, Ljubljana, 1995
- Zworykin Vladimir Kosma (1889-1982), Improvements in or relating Television Systems, patent v ZDA 13.7.1925 št.1,691,324, patent št.255,057 v Britaniji, prijavljen 3.7.1926 pod št.16,736/26, sprejet 31.3.1927
The iconoscope-a modern version of the electric eye, *Proc IRE* 22 (1934) 16-32. Ponatis v *Proc.IEEE* 72 (1984) 724-730
Zworykin in George A.Morton, *Television*, John Wiley & Sons, Inc, New York, 1954
Zworykin, E.G.Ramberg in L.E.Flory, *Television in Science and Industry*, John Wiley & Sons, Inc, New York, 1958

ZAHVALA

Za koristne napotke se zahvaljujem Branku Ozvaldu, univ. prof. v pokoju iz Ljubljane in dr. Francu Jurkoviču iz Fakultete za elektrotehniko računalništvo in informatiko v Mariboru.

NASVETI

Uporaba Rootsovih predčrpalk v visokovakuumskih sistemih

Vprašanje. Zakaj uporabljajo v visokovakuumskih črpalnih sistemih kot predčrpalčko za difuzijsko črpalčko najpogosteje kombinacijo Rootsve in majhne enostopenjske rotacijske črpalke, namesto samo ene, večje rotacijske?

Odgovor

Pri odgovoru na to vprašanje se bom naslonil na prispevek v Nasvetih iz prejšnje številke Vakuumista (16, 1969, 1, 25-27) z naslovom PRAVILNO UPRAVLJANJE VISOKOVAKUUMSKEGA ČRPALNEGA SISTEMA. Ugotovili smo, da poznamo **usklažene** kombinacije črpalčk (difuzijske črpalke in njej primerne rotacijske predčrpalčke), **neusklažene** in **predimenzionirane**, kar smo ponazorili z diagrami, kjer so bile prikazane pretočne karakteristike (Q v mbar l/s) črpalčk v odvisnosti od tlaka.

Vzemimo spet difuzijsko črpalčko z nominalno črpalno hitrostjo (tj. pri $1 \cdot 10^{-4}$ mbar) 12.000 l/s, ki ima oznako DI 12000 (Leybold). Njen mejni predtlak (tj. tlak na izpušni strani, pri katerem črpalčka hipno preneha delovati) je okoli 0,5 mbar in je mejni pretok tik pred tem še $Q_m = 32$ mbar l/s (Podatek je približno določen z ekstrapolacijo objavljene karakteristike v katalogu proizvajalca.). Na diagramu, slika 1, je to označeno s točko **M**. V isti diagram smo vrisali tudi druge pretočne karakteristike, in sicer za:

- dvostopenjsko rotacijsko predčrpalčko DK 100 z nominalno črpalno hitrostjo 115 m³/h, moč pogonskega elektromotorja 3 kW
- dvostopenjsko rotacijsko predčrpalčko DK 200 z nominalno črpalno hitrostjo 225 m³/h, moč pogonskega elektromotorja 5,5 kW
- kombinacijo zaporedno vezane Rootsve črpalke WA 250 in rotacijske enostopenjske S 60 s skupno črpalno hitrostjo 230 m³/h, moč pogonskih elektromotorjev skupaj 3,3 kW
- trohoidno predčrpalčko TR 400 W/L s 400 m³/h, z močjo elektromotorja 11 kW in
- trohoidno predčrpalčko TR 630 W/L s 630 m³/h in močjo elektromotorja 15 kW.

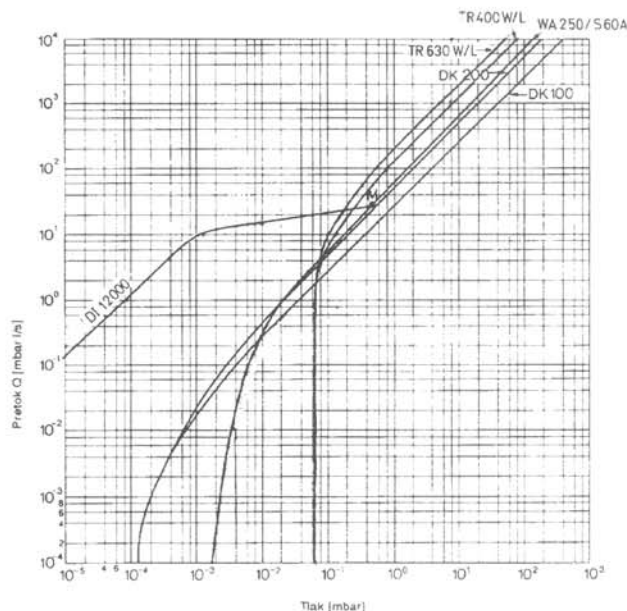
Iz diagrama se da ugotoviti, da leži na pretočni karakteristiki kombinacije Rootsve črpalke WA 250 in njej zaporedno vezani enostopenjski rotacijski črpalčki S 60 (60 m³/h) tudi mejna točka **M** difuzijske črpalčke. Tudi karakteristika dvostopenjske rotacijske predčrpalčke DK 200 poteka skoraj skozi točko **M**. V obeh primerih gre za **usklaženo** delovanje. Karakteristika DK 100 poteka daleč v stran (**neusklaženost**), medtem ko sta obe trohoidni predčrpalčki **predimenzionirani**.

Odločiti se moramo torej med dvostopenjsko DK 200 in WA 250/S 60. Pri odločitvi bosta igrali glavno vlogo cena in poraba električne energije. DK 200 je za 16% dražja od WA 250 + S 60, pri tem pa je potrebna moč

elektromotorjev za slednjo kombinacijo za 2,2 kW manjša. Torej bodo nakupni in pogonski stroški manjši.

Morda bi pred končno izbiro še pomislili, ali nam bi morda zadostovala nekoliko večja enostopenjska rotacijska predčrpalčka, npr. E 250 z nominalno črpalno hitrostjo 290 m³/h, ki je 4% cenejša od DK 200 in 12% dražja od WA 250 + S 60, kar bi bilo dovolj za predčrpanje difuzijske črpalčke DI 12000, ki ima pri mejnem tlaku le 32 mbar l/s. Vendar, če bi odprli ventil za dodajanje zraka ("gasballast" ventil za izganjanje vodnih par iz črpalčinega olja), bi se pretok pri 0,5 mbar zmanjšal iz 38 na 20 mbar l/s, kar pa bi bilo premalo za normalno delovanje difuzijske črpalčke. Torej E 250 ne ustreza. "Predimenzionirani" črpalčki TR 400W/L in TR 630W/L pa sta dvakrat oz. trikrat dražji od DK 200, pa še energijsko sta potratni, zato ne prideta v poštev.

Kupci, ki so praviloma varčni, raje naročajo visokovakuumske sisteme s kombinacijo Rootsve in enostopenjske rotacijske predčrpalčke, ki jim pomeni predvsem manjše obratovalne stroške.



Slika 1. Odvisnost pretoka Q od tlaka p za oljno difuzijsko črpalčko DI 12000 in nekatere predčrpalčke

Dr. Jože Gasperič
Inštitut "Jožef Stefan"
Jamova 39
1001 Ljubljana

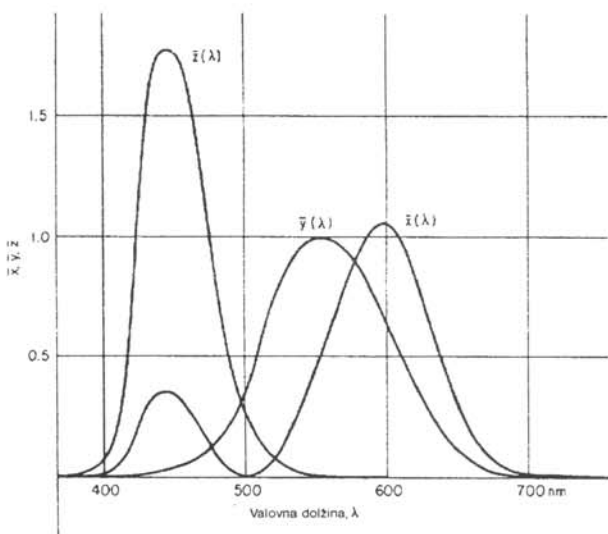
Kako določimo barvne koordinate dekorativnih (trdih) prevlek?

Dekoratívne prevleke so najstarejši primer uporabe tankih plasti. Uporabljamo jih za dekoracijo in zaščito površine predmetov pred korozijo, oksidacijo in abrazijo. Pripravimo jih lahko z najrazličnejšimi elektrokemijskimi in vakuumskimi postopki. Barve prevlek so odvisne od vrste materiala in parametrov nanašanja plasti. V splošnem jih lahko pripravimo v kakršnikoli barvi. Najzanimivejše so tiste, ki jih lahko uporabimo kot nadomestek za zlato. Po barvi so zlatu še najbližje tanke plasti nitridov titana, cirkonija in hafnija, ki spadajo v skupino keramičnih materialov, zato so zelo trde in odporne proti razenju. Z delno nadomestitvijo kovinskih in nekovinskih atomov pa se njihova barva spreminja v zelo širokem delu spektra. Značilen primer je (Ti,Al)N, ki spremeni barvo od srebrne do zlate in temno modre, če spreminjamo vsebnost aluminija in dušika.

Barva predmetov, kot jo vidi človek, je subjektiven občutek, ki je najprej rezultat zapletenih interakcij med svetlobo in snovjo, nato pa še fotokemijskih procesov v očeh, možganih ter od psihološkega odziva. Zato so si raziskovalci dolgo časa prizadevali najti način, kako barvo ovrednotiti kvantitativno. Izhodišče sta postavila Helmholtz in Young v začetku prejšnjega stoletja, ko sta ugotovila, da lahko poljubno barvo (B) sestavimo iz določenih deležev modre (M), zelene (Z) in rdeče (R) barve, kar je posledica treh vrst čepkov v očesu:

$$B(\lambda) = \bar{x}(\lambda)M + \bar{y}(\lambda)Z + \bar{z}(\lambda)R$$

Vsaki barvi lahko torej priredimo vektor, katerega dolžina določa intenziteto barve, koordinate x, y in z pa barvo. Barvne koordinate x, y in z določimo eksperimentalno tako, da na del belega zaslona projiciramo monokromatsko svetlobo z izbrano valovno dolžino, na drugi del zaslona pa hkrati projiciramo modro, zeleno in rdečo svetlobo. Moč posameznih izvirov in s tem intenziteto svetlobe spreminjamo tako dolgo, dokler opazovalec ne presodi, da sta barvi obeh delov zaslona identični. Takšne meritve so bile narejene za monokromatsko svetlobo iz celotnega spektra vidne svetlobe z

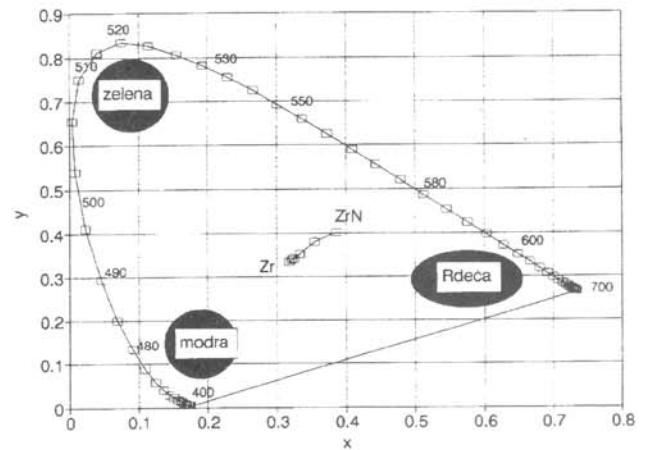


Slika 1. Vrednosti barvnih koeficientov \bar{x} , \bar{y} in \bar{z} v odvisnosti od valovne dolžine

velikim številom opazovalcev. Vrednosti barvnih koeficientov v odvisnosti od valovne dolžine so bile leta 1931 standardizirane, prikazane pa so na sliki 1.

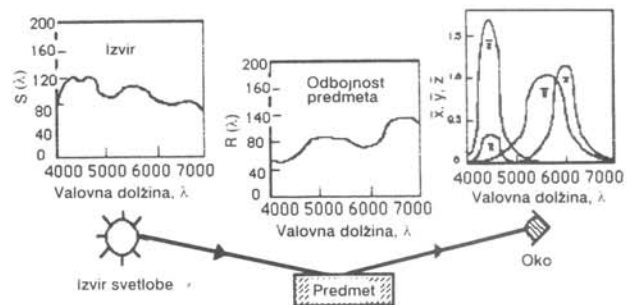
Z barvnimi koeficienti \bar{x} , \bar{y} in \bar{z} je torej barva enolično določena. Če njihove vrednosti normaliziramo ($x = \bar{x}/(\bar{x} + \bar{y} + \bar{z})$, $y = \bar{y}/(\bar{x} + \bar{y} + \bar{z})$, $z = \bar{z}/(\bar{x} + \bar{y} + \bar{z})$), preidemo na dve spremenljivki, kar nam omogoča prikaz barve v dvodimenzionalnem diagramu, tj. v ravnini. Na tak način priredimo trem krivuljam na sliki 1, ki ustrezajo čisti monokromatski svetlobi, barvni trikotnik (slika 2).

In kako določimo barvne koordinate svetlobe z



Slika 2. Barvni trikotnik z barvnimi koordinatami Zr-N plasti z različno sestavo

zveznim spektrom? Spekter zvezne svetlobe najprej razdelimo na intervale s širino $\Delta\lambda$. Delež svetlobe z izbrano valovno dolžino λ_n , ki prispe v oko, je enak $\varphi(\lambda_n)\Delta\lambda$ in je odvisen od (slika 3): (a) vrste izvira svetlobe (spektralno porazdelitev svetlobe, ki jo oddaja izvir naj določa funkcija $S(\lambda)$), (b) od prepustnosti $T(\lambda)$ morebitnih filtrov, skozi katere gre svetloba na svoji poti od izvira do predmeta, (c) od odbojnosti površine predmeta, $R(\lambda)$, ki je seveda za svetlobo z različnimi



Slika 3. Shema sistema svetlobni izvir-predmet-ok, spektralna porazdelitev svetlobe, ki jo oddaja izvir, odbojnost predmeta v odvisnosti od valovne dolžine svetlobe in spektralna občutljivost očesa.

valovnimi dolžinami različna, in končno od (d) občutljivosti očesa za svetlobo različnih valovnih dolžin; le-ta je podana s prej omenjenimi barvnimi koordinatami $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$ in $\bar{z}(\lambda)$. Intenziteta svetlobe izbrane valovne dolžine, ki prispe v oko $\varphi(\lambda)$, je zato enaka produktu:

$$\varphi(\lambda) = S(\lambda)T(\lambda)R(\lambda)$$

Porazdelitveno funkcijo $\varphi(\lambda)$ imenujemo barvno funkcijo. Barvo svetlobe z valovno dolžina λ_n lahko, tako kot vsako monokromatsko svetlobo, zapišemo z barvnimi koordinatami \bar{x} , \bar{y} in \bar{z} :

$$B(\lambda_n) = \bar{x}(\lambda_n)M + \bar{y}(\lambda_n)Z + \bar{z}(\lambda_n)R$$

Delež te svetlobe je enak $\varphi(\lambda_n)\Delta\lambda$. Barvni vtis, ki ga v očesu ustvari svetloba z zveznim spektrom, je enak:

$$B = B(\lambda_1)\varphi(\lambda_1)\Delta\lambda + B(\lambda_2)\varphi(\lambda_2)\Delta\lambda + \dots$$

$$\dots + B(\lambda_n)\varphi(\lambda_n)\Delta\lambda = \sum_n B(\lambda_n)\varphi(\lambda_n)\Delta\lambda$$

Če zberemo skupaj vse člene, kjer nastopa modra, zelena oz. rdeča barva, dobimo naslednjo enačbo:

$$B = [\varphi(\lambda_1)\bar{x}(\lambda_1)\Delta\lambda + \varphi(\lambda_2)\bar{x}(\lambda_2)\Delta\lambda + \dots + \varphi(\lambda_n)\bar{x}(\lambda_n)\Delta\lambda]M +$$

$$+ [\varphi(\lambda_1)\bar{y}(\lambda_1)\Delta\lambda + \varphi(\lambda_2)\bar{y}(\lambda_2)\Delta\lambda + \dots + \varphi(\lambda_n)\bar{y}(\lambda_n)\Delta\lambda]Z +$$

$$+ [\varphi(\lambda_1)\bar{z}(\lambda_1)\Delta\lambda + \varphi(\lambda_2)\bar{z}(\lambda_2)\Delta\lambda + \dots + \varphi(\lambda_n)\bar{z}(\lambda_n)\Delta\lambda]R$$

Vsote členov v oglatih oklepajih označimo z \bar{X} , \bar{Y} in \bar{Z} in dobili smo enačbo, ki je podobna tisti za monokromatsko svetlobo, pri čemer so koeficienti \bar{X} , \bar{Y} in \bar{Z} enaki:

$$\bar{X} = \sum_n \bar{x}(\lambda_n)\varphi(\lambda_n)\Delta\lambda$$

$$\bar{Y} = \sum_n \bar{y}(\lambda_n)\varphi(\lambda_n)\Delta\lambda$$

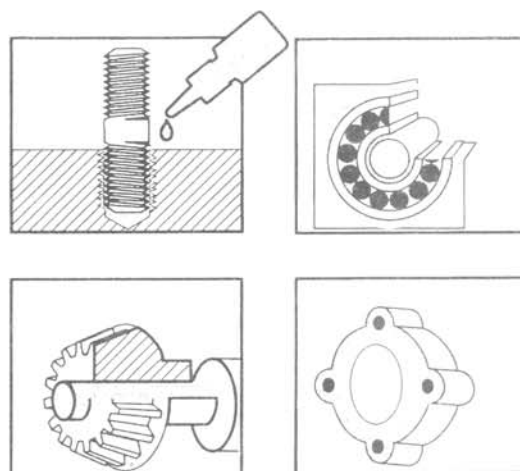
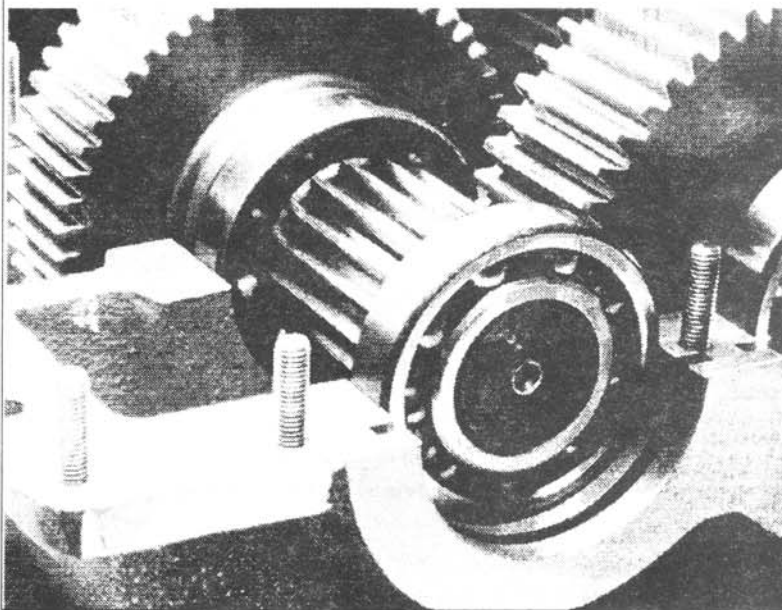
$$\bar{Z} = \sum_n \bar{z}(\lambda_n)\varphi(\lambda_n)\Delta\lambda$$

Če \bar{X} , \bar{Y} in \bar{Z} normaliziramo ($X = \bar{X}/(\bar{X} + \bar{Y} + \bar{Z})$, $Y = \bar{Y}/(\bar{X} + \bar{Y} + \bar{Z})$, $Z = \bar{Z}/(\bar{X} + \bar{Y} + \bar{Z})$), velja zveza $X + Y + Z = 1$, zato lahko barvni vtis, ki ga v očesu ustvari svetloba z zveznim spektrom, prikažemo s točko v barvnem trikotniku (slika 2). Vse barve, ki jih zazna človeško oko so znotraj barvnega trikotnika. Spektralno čiste barve pa so na njegovih robovih: v ogliščih so modra, zelena in rdeča. V barvnem trikotniku na sliki 2 so prikazane koordinate Zr-N plasti z različno sestavo. Pri tem smo za izvir svetlobe uporabili dnevno svetlobo z znano spektralno porazdelitvijo, odbojnost plasti smo izmerili s fotospektrometrom v podjetju Fotona v Ljubljani, barvni koeficienti pa so, kot je bilo že omenjeno, standardizirani.

Dr. Peter Panjan
Institut Jožef Stefan, Jamova 39
1001 Ljubljana, p.p 3000

Kemis

RAZISKAVE IN RAZVOJ, KEMIČNI IZDELKI, EKOTEHNOLOGIJA
SLO 61235 RADOMLJE, p.p. 58, TEL.:061/728-007, 727-547, 727-149, FAX:061/728-005



USTANOVITEV NOVEGA INŠTITUTA

Inštitut za tehnologijo površin in optoelektroniko (ITPO), ki ima status zavoda, deluje od prvega decembra leta 1995. Ustanovljen je bil v času lastninskega preoblikovanja Inštituta za elektroniko in vakuumsko tehniko, p.o. (IEVT), v sodelovanju z Ministrstvom za znanost in tehnologijo (MZT), ustanovitelj pa je Tehnološko-razvojni sklad Republike Slovenije. ITPO zaposluje štirinajst ljudi, od tega devet raziskovalcev, ki imajo na Teslovi 30 v Ljubljani na razpolago laboratorijske in druge prostore v izmeri nekaj več kot 500 m².

Verjetno ne bo odveč kratka razlaga, zakaj je do ustanovitve ITPO sploh prišlo. Ministrstvo za znanost in tehnologijo je že leta 1991 imenovalo štiričlansko komisijo, ki je analizirala kronično slabo stanje IEVT in predlagala organizacijske spremembe, ki naj bi omogočile avtonomnost manjšinskega raziskovalnega dela IEVT in transparentnost porabe sredstev, namenjenih raziskovalnemu in razvojnemu delu, ki so se tako ali drugače prelivala v večji, proizvodni del IEVT. Žal pa je bilo samo priporočilo MZT prešibko, da bi prišlo do korenite reorganizacije IEVT že v navedenem obdobju, in sledilo je nadaljnje triletno slabšanje razmer in močno osipanje raziskovalnega kadra IEVT, od približno petinštirideset raziskovalcev v letu 1992 na manj kot dvajset ob koncu leta 1995.

Ustanovitev ITPO je bila torej nujni izhod v sili za skupino raziskovalcev, ki so na svojem področju bili že do tedaj dokaj uspešni, pa tudi trdno vpeti v slovensko in mednarodno raziskovalno sfero ter industrijo. V okviru nove raziskovalne organizacije bomo še povečali aktivnost in kvaliteto dela na specializiranih raziskovalnih področjih. Inštitut za tehnologijo površin in optoelektroniko kot raziskovalni zavod opravlja temeljne, razvojne in aplikativne raziskave na področju naravoslovja in tehnologij. Njegova osnovna dejavnost je na področju preiskav in tehnologij površin trdnih snovi in tankih plasti, vakuumske optoelektronike, tehnike visokega in ultravisokega vakuuma, vakuumskih tehnologij, tehnike plazme, razvoja specialnih elektronik in optoelektronskih komponent. Teme petih mladih raziskovalcev nakazujejo smeri prihodnjega razvoja ITPO. Teme treh doktorandov so: vakuumska ploskovna izolacija, interakcija vodikove plazme s površinami trdnih snovi ter preiskave površin z rentgensko fotoelektronsko spektroskopijo (XPS=ESCA), dva pa pripravljata magistrski deli s področja luminiscentnih materialov ter postopkov analize reflektometrijskih merilnih rezultatov. Z Laboratorijem za analizo površin in tankih plasti smo vključeni v Nacionalni center za mikrostrukturno in površinsko analizo, v katerem sta še Laboratorij za mikrostrukturno analizo Odseka za keramiko ter Laboratorij za elektronsko mikroskopijo Odseka za fiziko trdne snovi z Inštituta Jožef Stefan. Laboratorij na ITPO je specializiran za preiskavo površin trdnih snovi (AES, SAM, SEM) in tankih plasti ter kompozitnih materialov in njihovih faznih mej (TFA). Opravljamo tudi mikroanalizo kovinskih, steklenih in keramičnih materialov (EMPA, EDX, WDX). ITPO dobro sodeluje z najpomembnejšimi slovenskimi tehničnimi inštituti, z univerzama v Ljubljani

in Mariboru ter s slovensko industrijo, na primer s Fotono, Cryorefom, Iskro in drugimi.

Sodelavci ITPO imamo vzpostavljeno dobro bilateralno sodelovanje s priznanimi tujimi institucijami in v okviru mednarodnih projektov v Evropi in ZDA, kar nam omogoča dostop do raziskovalne opreme, ki je v Sloveniji še nimamo, in do najnovejših informacij, pomembnih za naša raziskovalna področja. Bolj pomembno, kot je naštevane tujih institucij, so področja dela, na katerih sodelujemo z njimi. Ta so: preiskava reakcij na faznih mejah tankih plasti (MPI Stuttgart, DLR Köln), preiskava večplastnih struktur iz superprevodnih tankih plasti in kovinskih oksidov (FZ, ITP Karlsruhe), preiskava reakcij v trdni fazi (Müfi, Budimpešta), optimizacija profilne analize tankih plasti (PHI, München, PHI, Minnesota), sodelovanje pri izgradnji žarkovnih linij na sinhrotronih (Elettra, Trst, FZ, Karlsruhe, COPERNICUS), tehnike plazme in obdelava površin materialov (Univerza Bratislava, CEEPUS) ter v zadnjem času ionska implantacija (IAEA, Dunaj). Področje, na katerem ITPO deluje, je v zadnjih letih zapustilo več raziskovalcev, zato je ena glavnih nalog vzgoja novih kadrov za lastne potrebe in kasneje tudi za druge institucije. Področje preiskave površin zastopamo tudi pri rednem in podiplomskem študiju na obeh slovenskih univerzah. Poskrbeti bomo morali tudi za obnovo infrastrukturne opreme za področja, na katerih delamo, pri čemer pričakujemo sodelovanje z MTZ in vsemi zainteresiranimi, ki tovrstne preiskave neobhodno potrebujejo pri svojem raziskovalnem delu ali v industriji.

Nekateri sodelavci ITPO aktivno sodelujemo v Društvu za vakuumsko tehniko Slovenije in v Mednarodni zvezi za vakuumsko znanost, tehniko in aplikacije, kot tudi v uredniških odborih domačih strokovnih časopisov in v tujih recenzijskih odborih.



Sodelavci novo ustanovljenega Inštituta za tehnologijo površin in optoelektroniko (ITPO)

Dr. A. Zalar

STROKOVNA EKSKURZIJA

Obisk članov DVTS pri italijanski družbi SAES Getters v Milanu

Društvo za vakuumsko tehniko Slovenije je 14. junija 1996 organiziralo strokovni ogled italijanske družbe SAES Getters v Milanu. Izleta se je udeležilo 17 članov društva. Na pot smo se odpravili že dan prej, ves čas pa nas je spremljala precej huda vročina. Na poti v Milano smo se ustavili v Padovi, kjer smo si ogledali stari del tega mesta. V popoldanskih urah smo prispeli v Milano in si po namestitvi v hotelu ogledali še center tega največjega italijanskega industrijskega središča.

Družba SAES Getters, ki smo jo obiskali naslednji dan, deluje na področju vakuumskih tehnologij in je vodilni svetovni proizvajalec uparljivih in neuparljivih getrov, tj. kemičnih črpalk. To so črpalke s površinskim delovanjem za črpanje v visokem in ultra visokem vakuumu. Sestavljene so predvsem iz materialov, kot so barij in aluminij ter cirkonij, vanadij in železo. Te črpalke se uporabljajo predvsem v elektronkah (od miniaturnih do navadnih TV), kjer črpajo molekule plina, ki se desorbirajo s sten in s katode elektronke. Prav tako se uporabljajo za črpanje v vakuumskih komorah, svetlobnih ceveh, izolacijskih panelih, sončnih celicah, pospeševalnikih, za prečiščevanje plinov v industriji polprevodnikov, za shranjevanje in reciklažo vodika itd...

Družbo je leta 1940 ustanovil dr. ing. Paolo della Porta, ki jo vodi še danes. V štirih tovarnah po svetu je danes zaposlenih preko 800 ljudi. Pokrivajo 80% svetovnega trga s svojimi getri. Posebno pozornost posvečajo raziskavam in razvoju, kjer deluje več kot 10% zaposlenih, prav tako pa razvoju namenjajo velik del svojega prihodka. Poleg tega sodelujejo tudi z zunanjimi inštituti in univerzami in se še spominjajo sodelovanja s pokojnim dr. E. Kanskyjem.

Ogledali smo si njihov razvojni oddelek ter del proizvodnje, kjer izdelujejo barijeve getre. Našo pozornost so pritegnili njihovi laboratoriji. Tu opravljajo razne kemične in fizikalne analize, kot so merjenje črpalnih

hitrosti novih materialov, analize residualnih plinskih komponent v vakuumu, spremembe sestave getrov, opazujejo pojave na površinah, difuzijo v notranjost getrov ter sintetizirajo nove materiale.

Lani je družba sklenila poslovno leto z zelo dobrimi finančnimi rezultati. Njene delnice so se uspele uvrstiti na borzo Wall Street v ZDA, kot prve delnice kakšne italijanske srednje velike zasebne družbe.

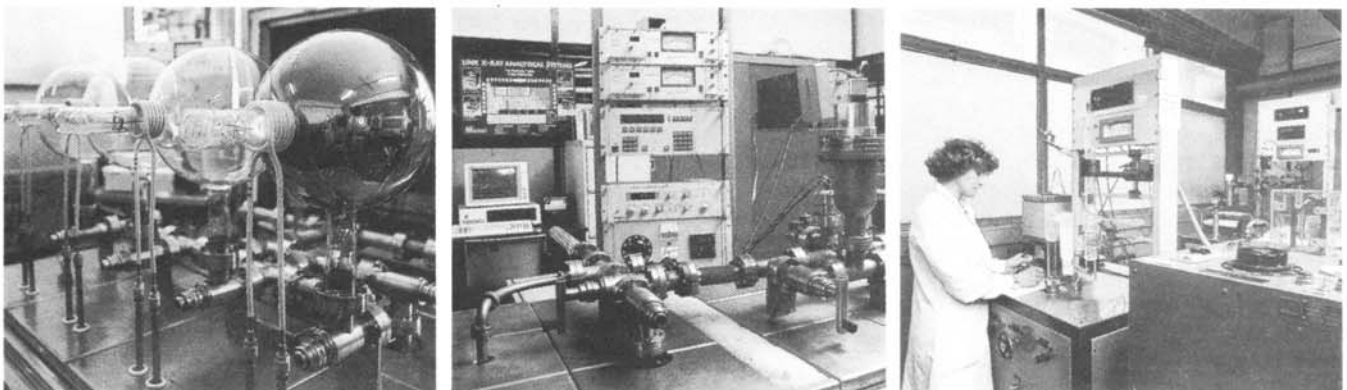
Našemu obisku so v družbi SAES Getters namenili precejšnjo pozornost in nam predstavili vse svoje dejavnosti, kar gre verjetno pripisati temu, da so nekateri njihovi predstavniki veliki prijatelji in poznavalci Slovenije. Prav tako smo jih tudi mi seznanili z dejavnostmi našega društva in dogajanjem na področju vakuumistike v Sloveniji.

Janez Kovač, dipl. ing.

Inštitut za tehnologijo površin in optoelektroniko



Slika 1. Skupinski posnetek pred vhodom v tovarno SAES Getters



Slika 2. Laboratoriji v razvojnem oddelku tovarne.