

Razvoj in optimizacija postopka izdelave zaslonov z luminoforom P-53

Development and optimization of screen deposition technique with phosphor P-53

Lea Županc-Mežnar, Inštitut za elektroniko in vakuumsko tehniko, Teslova 30, Ljubljana, Slovenija

Razvili smo postopek izdelave zaslonov za miniaturno katodno elektronko z magnetnim odklonom (MKEM) z visoko ločljivostjo in svetlostjo. Potrebno je bilo optimirati debelino in gostoto nanosa ter porazdelitev velikosti delcev luminiscentne snovi. Izbrali smo luminofor z oznako P-53 ($Y_3Al_5O_{12}:Tb$), ki najbolj ustreza zahtevam glede obstojnosti pri obremenitvi z veliko gostoto elektronskega curka.

Ključne besede: zasloni, miniaturne katodne elektronke, sedimentacijski postopek v centrifugi, luminofor P-53.

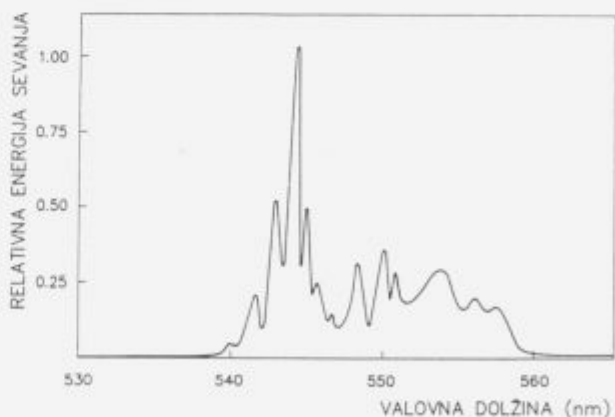
Screen deposition technique was adapted for manufacturing screens with high resolution and brightness for miniature cathode ray tube with magnetic deflection. Thickness and packing density of screen layer as well as particle size distribution were optimized. Phosphor powder P-53 ($Y_3Al_5O_{12}:Tb$) was chosen due to its good ageing characteristics under high energy electron beam excitation.

Key words: screens, miniature cathode ray tubes, centrifugal method, phosphor P-53.

1 Uvod

Na IEVT poteka razvoj in laboratorijska proizvodnja miniaturnih katodnih elektronk, ki se uporabljajo v zahtevnih elektrooptičnih napravah. V dolžino merijo 125 mm, zunanji premer je enak 27 mm, uporabni premer zaslona pa 20 mm. Zaslona je 5-10 μm debela plast luminiscentne snovi (fosforja), nanešene na steklen substrat, ki jo vzbujamo z elektronskim snopom. Fosforji so visoko prečiščene anorganske spojine (predpisana je čistost luminescence pure, 99,9999 %), katerim so dodane majhne količine aktivatorjev. Od vrste snovi je odvisno, katero spektralno območje pokriva emitirana svetloba zaslona in kolikšen je izkoristek pretvorbe kinetične energije elektronov v vidno svetlobo. Najpogosteje se uporabljajo fosforji, ki oddajajo rumenozeleno svetlobo, za katero je oko najbolj občutljivejše. Glede na elektronske prehode pri vzbujanju in s tem povezano območje valovnih dolžin, ki jo pokriva emisijski vrh, ločimo dve skupini fosforjev; v prvi so oksidi, silikati in sulfidi s širokim emisijskim vrhom, v drugi pa so lantanidne spojine, **slika 1**, ki izsevajo večino svetlobe pri točno določeni valovni dolžini^[1,2].

Pri višjih energijah vzbujanja je potrebno na polprevodno plast fosforja nanesti prevodno plast aluminija,



Slika 1. Sevalni spekter fosforja P-53 ($Y_3Al_5O_{12}:Tb$).

Figure 1. Spectral energy distribution of phosphor P-53 ($Y_3Al_5O_{12}:Tb$).

ki je hkrati tudi zrcalo za emitirano svetlobo. Razmeroma groba površina zaslona se najprej prekrije s tanko nitrocelulozno mrenico, tako da dobimo nad njo zvezen sloj naparjenega aluminija. Najpomembnejši elektrooptični last-

nosti zaslonov sta ločljivost in svetlobni izkoristek. Ločljivost zvišujemo s tanjšanjem fosforne plasti, bolj gostim zlaganjem delcev, z izborom fosforja z manjšimi zrni in z ožanjem elektronskega snopa. Svetlobni izkoristek pa je višji pri debelejših plasteh, pri fosforjih z večjimi zrni in pri višjih gostotah elektronskega snopa. Za zaslone, kjer se zahteva visoka svetlost (npr. v letalu), se uporablja fosfor P-53 z ozkim vrhom pri 544 nm, s katerim lahko dosežemo svetlo-sti do $100\,000\text{ cd/m}^2$ ^[3] in ima, v primerjavi z ostalimi zelenimi fosforji, najdaljšo življenjsko dobo pri visokih tokovnih obremenitvah^[2].

2 Izdelava zaslonov

Zaslone se lahko izdelujejo po več postopkih: s prosto sedimentacijo, s sedimentacijo v centrifugi, z nanosom suhega fosforja na lepljivo površino substrata ali z elektroforezo. Podatki o samih postopkih so skromni, več je znanega o metodah za karakterizacijo zaslonov. Glede na rezultate zaporednih poskusov smo razvili postopek nanašanja zaslonov v centrifugi, ki je enostaven in omogoča ločitev večjih delcev med samim postopkom. Uporabili smo fosfor Green B-53 proizvajalca Riedel-de Haen z 2-15 μm velikimi delci, srednja velikost delcev je bila 4,5 μm .

a) Sedimentacijski postopek: iz točno določene količine luminiscentnega prahu, elektrolita in veziva se pripravi suspenzija, ki se prefiltrira skozi stekleni filter in nalije v centrifugirko z vgrajenim substratom. Suspenzija se centrifugira 3 minute pri 3000 obr./min.

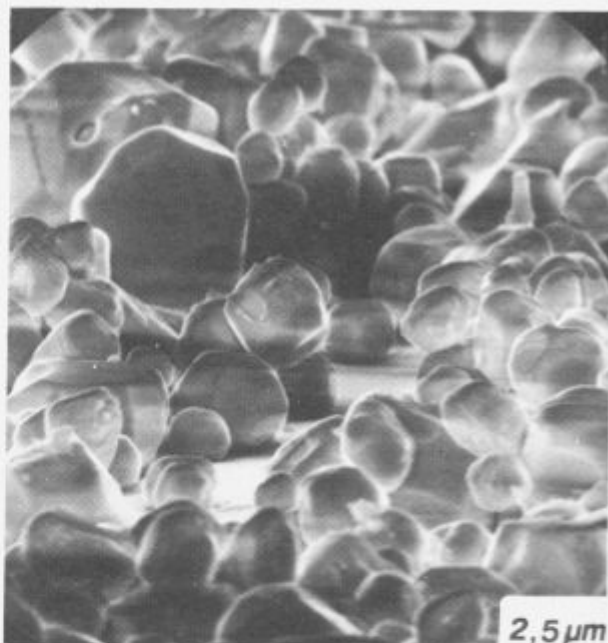
b) Metode za karakterizacijo zaslonov:

- tehtanje suhega luminiscentnega sloja za določitev ploskovne gostote nanosa v enotah mg/cm^2 ;
- kontrola z optičnim mikroskopom za določitev kakovosti zaslonov (enakomernost debeline, velikost praznih mest). Pri tem se poleg vidne uporablja tudi UV svetloba;
- zaslonom, vzbujenim z UV svetlobo, se s fotoelementom pomeni svetlobni odziv;
- ločljivost zaslonov se določi z merilno testno tarčo (USAF 1951), ki se projicira z belo svetlobo na zaslon^[4];
- pri izdelani elektroni se pomeni ločljivost in svetlobni izkoristek, kakor tudi kakovost zaslonov, vzbujenega z elektroni;
- luminiscentni prah in zaslone, izdelani pri različnih pogojih, se pregledajo z elektronskim mikroskopom (SEM).

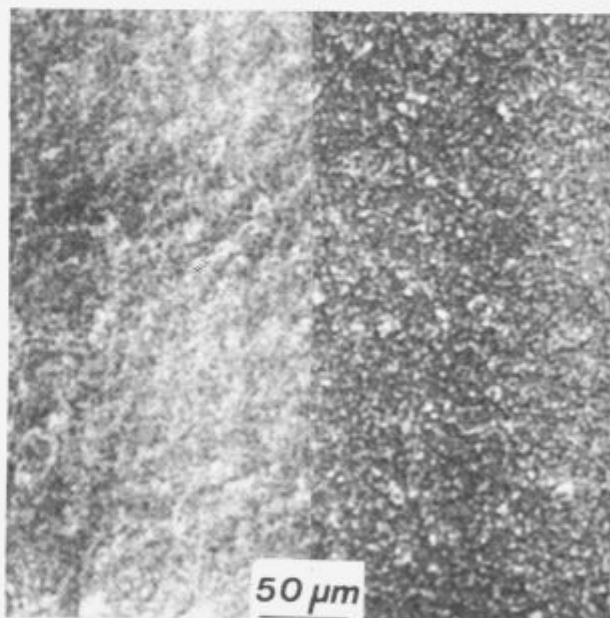
3 Rezultati

SEM posnetki fosforja P-53 so pokazali, da ima večina delcev premer do 5 μm , nekaj pa je velikih tudi 10-15 μm , **slika 2**. Ker smo želeli izdelati zaslone z visoko ločljivostjo, smo te delce in hkrati tudi večje skupke separirali s filtriranjem skozi steklen filter. Tako smo dobili tanjši in bolj gosto zloženi nanos, v katerem se je svetloba manj sipala.

S postopnim in počasnim dvigovanjem števila obratov pri centrifugiranju smo dobili bolj gladko površino zaslonov, **slika 3**. Groba površina, v literaturi imenovana tudi pomarančna lupina, ki se opazi pri kontroli zaslonov, vzbujenega z UV svetlobo, je izločilna napaka. Zaradi neenakomerne



Slika 2. Posnetek luminiscentnega prahu P-53 ($\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Tb}$).
Figure 2. SEM image of phosphor powder P-53 ($\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Tb}$).



Slika 3. Prikaz valovite in gladke površine zaslonov, dobljene pri različnih pogojih centrifugiranja.

Figure 3. Waved and uniform surface of screens got at different accelerating rates of centrifuge.

debeline in/ali nehomogene gostote nanosa se pri zaslonu pojavi šum, ki zmanjšuje kontrast slike.

Količina veziva v suspenziji vpliva na optični kontakt med delci in s tem na optične lastnosti zaslonov^[5], kakor tudi na adhezijo in kohezijo. Pri nizki koncentraciji so bile vezi med delci in podlago ter med samimi delci premajhne, pri visoki koncentraciji pa je prišlo do luščenja luminiscentne plasti, ker so bile vezi v plasti močnejše kot vezi

med plastjo in steklenim substratom, **slika 4**.

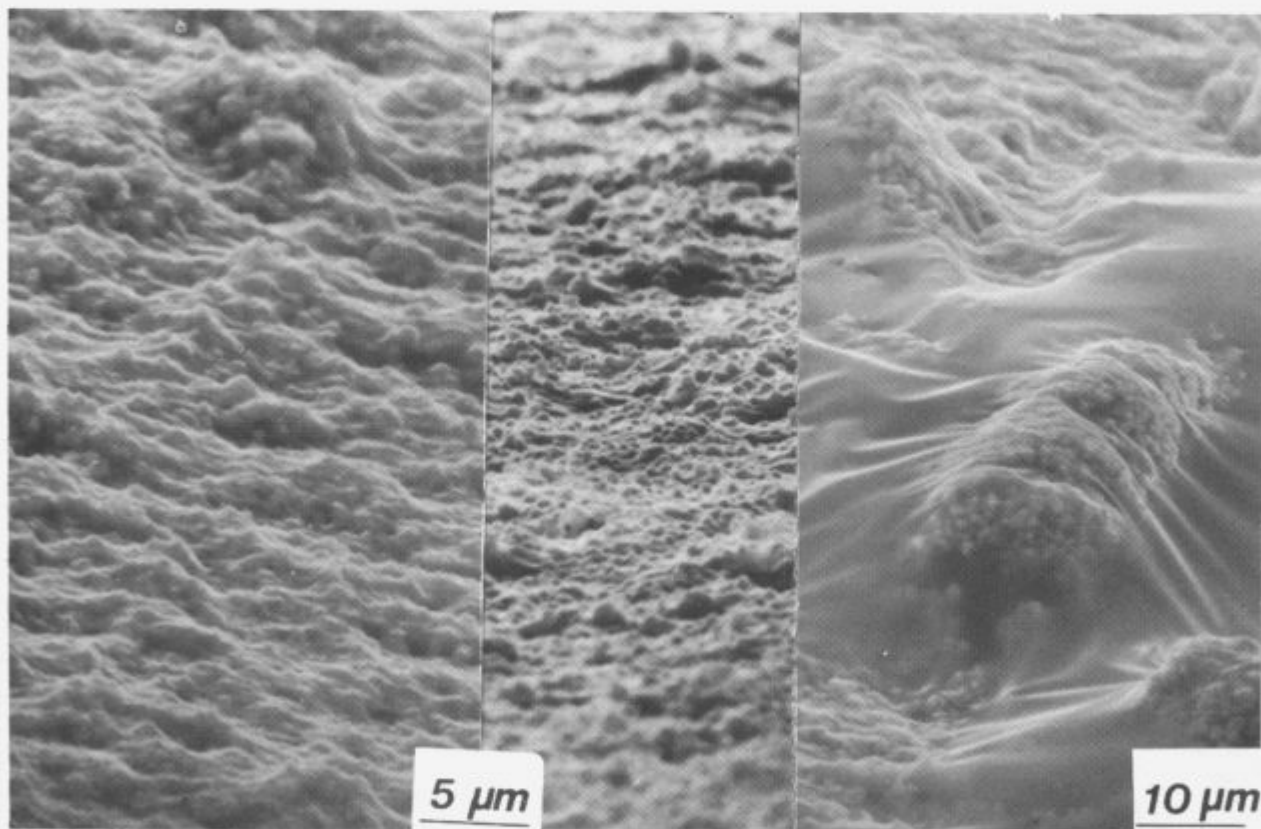
Na ločljivost celotne katodne elektronke vplivata kvaliteta elektronske puške in kvaliteta zaslona. Širino svetlobne črte lahko ponazorimo z naslednjim izrazom: $d_c^2 = d_p^2 + d_z^2$ [4], kjer je d_c celotna širina črte pri elektronki, d_p vsota prispevkov elektronske puške in d_z prispevek samega zaslona. Z merilno testno tarčo smo pri zaslonu brez aluminija in s ploskovno gostoto nanosa 1,1 mg/cm² določili premer črte okrog 6 μm, ločljivost elektronke pa je bila 20 μm. Dobljeni rezultat za zaslon je primerljiv z novjšimi rezultati v literaturi [4].

4 Sklep

S serijami poskusov smo izbrali parametre za pripravo stabilne suspenzije in pogoje centrifugiranja. Debelino zaslona smo ocenili s tehtanjem in optičnim mikroskopom, s SEM pa smo določili število plasti, gostoto zloženih zrn in porazdelitev velikosti zrn. Zaslone, narejeni po tem postopku, so bili vgrajeni v testno količino MKEM in meritve so pokazale, da ustrezajo tudi strogim elektrooptičnim zahtevam.

5 Literatura

- ¹ H.W. Leverenz, *An Introduction to Luminescence of Solids*, 136-362, John Wiley & Sons, Inc., New York (1950)
- ² A. Martin, *Cathode Ray Tubes for Military Applications*, *Advances in Electronics and Electron Physics*, 67, p. 183, Academic Press (1986)
- ³ J.P. Sembely and W.R. House, *Photonics Spectra* 8, 121 (1989)
- ⁴ E. Sluzky, T. Avalos, K.R. Hesse, *J. of the SID* 1, 3 (1993)
- ⁵ K. Franz, G. Kochmann and R. Lahmann, *Advances in Electronics and Electron Physics*, 33A, p. 483, Academic Press (1972)



Slika 4. Posnetek zaslona, ki je bil po centrifugiranju pomočen v raztopino veziva (levo) ali v vodo (sredina). Pri previsoki koncentraciji veziva se je zaslon luščil; čez oluščeni del je napeta nitrocelulozna mrežica (desno).

Figure 4. Surface of screen layer dipped into the solution of binder (left) or into the water (middle). Screen layer has poor adhesion at higher binder concentration; nitrocellulose film can be seen over the scale of layer (right).