

## Uporaba naporjenih kovin za polprepustna zrcala za avtomobilsko smerno svetilko

### The Use of Evaporated Metals for Semitransparent Mirrors for Automotive Direction indicator Lamp

M. Tasevski \*, *Saturnus-Avtooprema, Letališka 17, Ljubljana*

K. Požun, *Inštitut za elektroniko in vakuumsko tehniko, Ljubljana*

A. Demšar, *Iskra Elektrooptika, Ljubljana*

*Namen dela je bil, raziskati uporabo polprepustnih naporjenih plasti za smerno avtomobilsko svetilko. S tem bi se izognili nezaželeni dvojni barvni kombinaciji rumene in bele svetilke in bi ostala samo ena barva. Meritve so pokazale, da je najugodnejše rezultate glede prepustnosti in odbojnosti dosegla zelo tanka plast aluminija. Vendar sama Al plast ni dovolj obstojna in je potrebna še zaščitna plast, ki pa povzroči dodatne svetlobne izgube in sta mogoče enako uporabni plasti NiCr in jekla, ki sta bolj obstojni, vendar imata nekoliko nižjo vrednost sečišča T in R. Velikosti teh zelo tankih plasti je težko meriti in je treba primerjati meritve kremenove tehtnice, dveh profilometrov in meritve prepustnosti in odbojnosti. Optimalna debelina za Al je bila 12 nm, pri T in R 37.5 %.*

*Ključne besede: naporjene plasti Al, Cr, NiCr, optično polprepustni filtri, meritve debeline, prepustnosti in odbojnosti*

*The purpose of this work was to investigate the use of semitransparent thin films for automobile direction indicator lamp. With this we would avoid undesirable double colour combination of yellow and white and only one colour would remain. The measurements showed that maximum results of transmissivity and reflectivity were attained by very thin film of aluminium. However Al film alone is not enough resistant, therefore another protective layer which cause additional light losses is needed. Maybe equal employable would be thin films of Cr and steel which have lower point of intersection of R and T. The thicknesses of these very thin layers are very hard to measure, so it is necessary to compare the measurements of quartz microbalance, two different profilometers and the measurements of transmission and reflection. The optimum thickness for Al is 12 nm at T and R 37.5 %.*

*Key words: evaporated thin films of Al, Cr, NiCr and steel, optical semitransparent filters, measurements of thickness, transmissivity and reflectivity*

#### 1 Uvod

Smoter raziskave je bil, da smerna svetilka na zunanji pogled izgleda belo (svetlo), ko pa gori smerna žarnica pa sveti rumeno. Pri novejših avtomobilih gre za tendenco, da je celotna integrirana zadnja in/ali sprednja svetilka v beli barvi. Za zakritje rumene barve se danes največ uporablja tako imenovana dimljena plastika, ki je mešanica bele in črne plastike. Druga možnost je uporaba optične

mrežice, ki delno skrije rumeno barvo. Tretja možnost je opisana v tem članku. Z naprevanjem tanke, kovinske polprepustne plasti je možno doseči, da se del svetlobe odbije v svetli barvi, del svetlobe pa se prepusti, ko sveti rumena žarnica.

Za naprevanje smo izbrali jeklo, krom in aluminij. Jeklo za enak namen uporablja Hella (nemško podjetje, ki izdeluje svetlobno opremo za vozila), krom je priporočen v

\* sedanji naslov: *Ministrstvo za znanost in tehnologijo, Urad za varstvo industrijske lastnine, Ljubljana*

članku 1 in aluminij v<sup>2</sup>. V literaturi<sup>3</sup> so naslednji podatki za odbojnost za različne kovine: Al 88 %; jeklo 57 %; Ag 93 %; Cr 65 % in Cu 72 %. Ta način še ni v splošni uporabi; delno zaradi relativno drage izdelave in natančnega določevanja debeline pri naparovanju in delno zaradi dvomljive varnosti v cestnem prometu. Če sonce posije na naporjeno polprepustno zrcalo, je odbojnost 50 %, če pa je pokritje samo plastika, je odbojnost le 8 %. V prvem primeru bi bilo možno, da bi bila odbita sončna svetloba močnejša kot svetloba iz smerne svetilke.

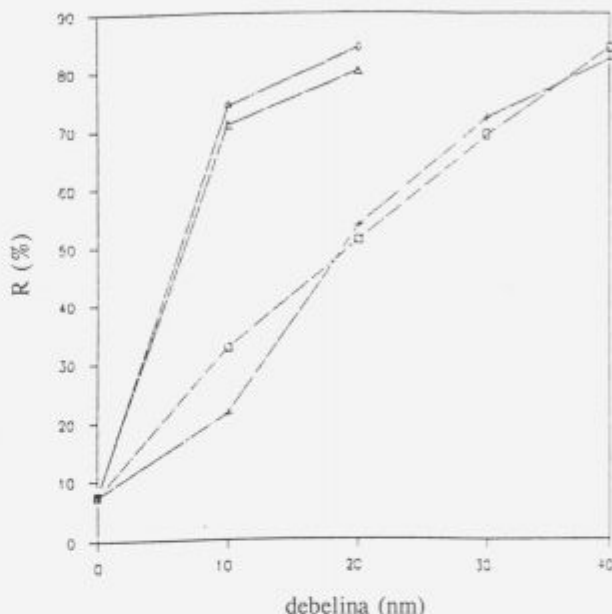
### 2 Izdelava vzorcev

Za vzorce smo uporabili okrogle ploščice s premerom 50 mm debeline 2 in 3 mm iz rumenega polikarbonatnega termoplasta lexan in objektivna stekelca z debelino 1 mm. Vzorce smo naporili s kromom, jeklom, NiCr in aluminijem na Inštitutu za elektroniko in vakuumsko tehniko. Kovine so bile naporjene iz ladjice, debelino pa smo merili z kremenovo mikrotehniko. Dodatno smo merili debelino s profilometrom.

### 3 Meritve debeline

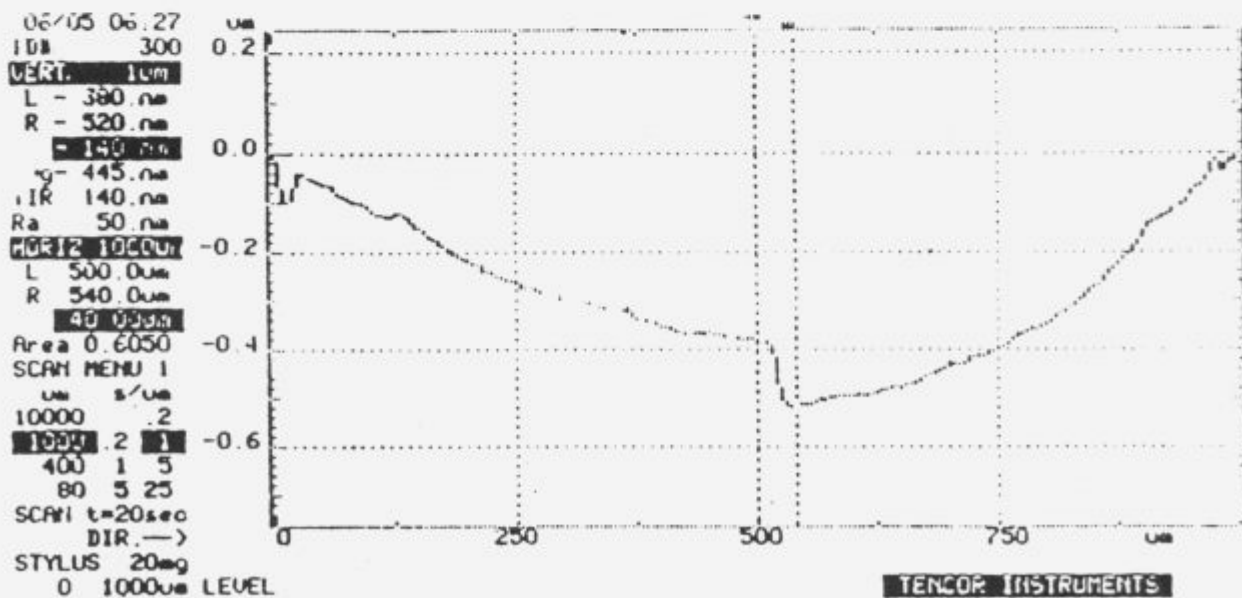
Meritve debeline so zelo pomembne, tako pri ponovljivosti naparovanja, kot pri meritvah prepustnosti in odbojnosti, kjer je edini parameter, na katerega se opiramo. Sama meritev s kremenovo tehniko ni dovolj zanesljiva, ker je postavljena nekoliko stran od vzorcev v vakuumski komori. Vzorcem smo pomerili debelino tudi po naparovanju s profilometrom in sicer tako, da smo merili stopnico na robu ali pa smo naredili razo na sredini vzorca. Meritve na plastiki z dodatno primerjavo rezultatov prepustnosti in odbojnosti so komaj uporabne. Plastika je preveč hrapava in mehka, zato se igla ugrezne v vzorec. Prav tako se med naparovanjem zaradi toplote in zaradi napetosti med podlago in tanko plastjo ukrivi. Ekstremen primer lahko vidimo na sliki 1.

Zato smo kasneje vzorce pripravili v parih in sicer na plastiki in na steklu. Meritve na steklu so se izkazale dosti boljše. Meritve s profilometrom smo izvajali z dvema inštrumentoma, in sicer na IEVT in na inštrumentu Tencor na CEO. Meritve na obeh inštrumentih so dokaj usklajene, kar je razvidno na slikah 2 in 3. Večje so razlike med serijami, kjer naj bi ena serija imela dejansko večjo debelino ali pa je drugače naporjena. Za določitev najverjetnejše debeline je treba uskladiti meritve kremenove tehtnice, obeh profilometrov in meritve prepustnosti in odbojnosti.



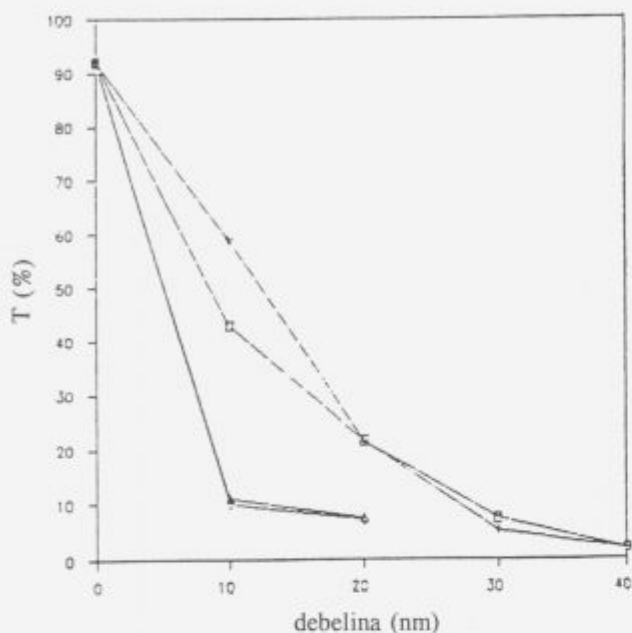
Slika 2: Primerjava meritev debelin na obeh profilometrih; parameter je odbojnost.

Figure 2: The comparison of thickness measurements on both profilometers; the parameter is reflection.



Slika 1: Meritev debeline tanke plasti Cr s profilometrom na CEO. Nominalna debelina, merjena s kremenovo tehniko, je bila 30 nm in s profilometrom 140 nm.

Figure 1. The thickness measurement of Cr thin film on profilometer on CEO. The nominal thickness measured with quartz microbalance was 30 nm and with profilometer 140 nm.



Slika 3: Primerjava meritev debelin na obeh profilometrih na istem vzorcu in med dvema serijama. Parameter je prepustnost.

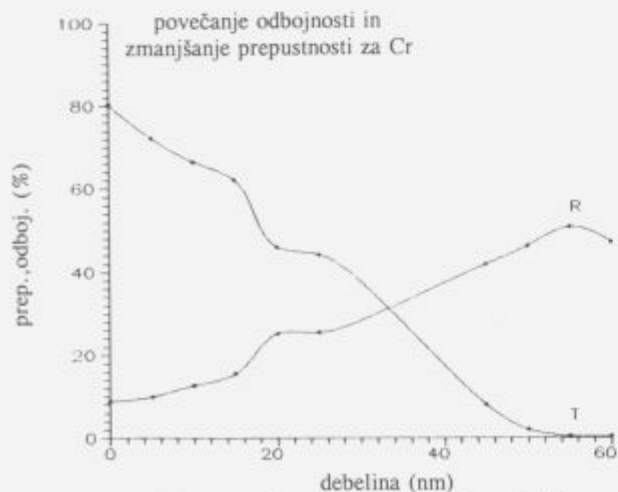
Figure 3: The comparison of thickness measurements on both profilometers and with two series. Parameter is T.

#### 4 Meritve odbojnosti in prepustnosti

Odbojnost in prepustnost smo merili na LMT merilniku v svetlobnem laboratoriju Saturnusa Avtoopreme. Merili smo integralno T in R z uporabo Ulbrichtove krogle, ki dodatno pobere difuzijsko komponento odbite in prepuščene svetlobe.

Z naraščajočo debelino prepustnost pada in odbojnost narašča, kar je prikazano na slikah 4-9. Steklo ima nekaj večjo prepustnost, kar izboljša rezultate in je razvidno iz slik 7 in 8.

Na sliki 6 sta prikazani prepustnost in odbojnost na aluminiju, ki je bil neparjen pod kotom 70° v argonovi atmosferi. Taka plast je bolj porozna (4) in upali smo, da



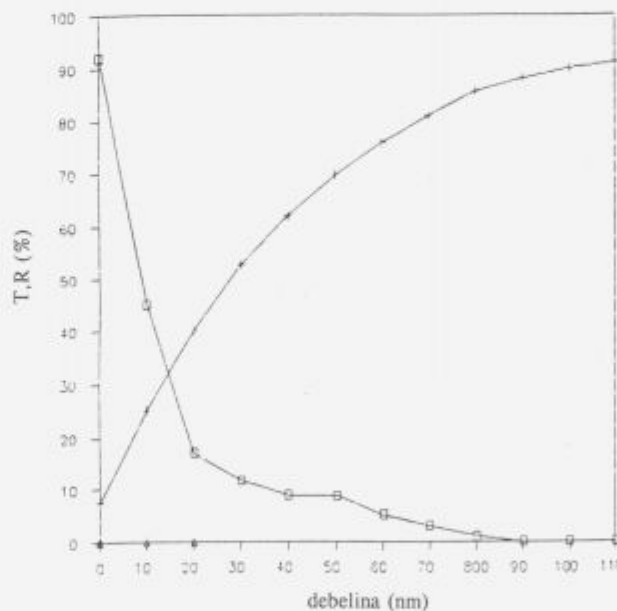
Slika 4. Prepustnost in odbojnost kroma (na plastiki)

Figure 4. Transmission and reflection of Cr on plastic.



Slika 5. Prepustnost in odbojnost jekla (na plastiki)

Figure 5. Transmission and reflection of steel on plastic.

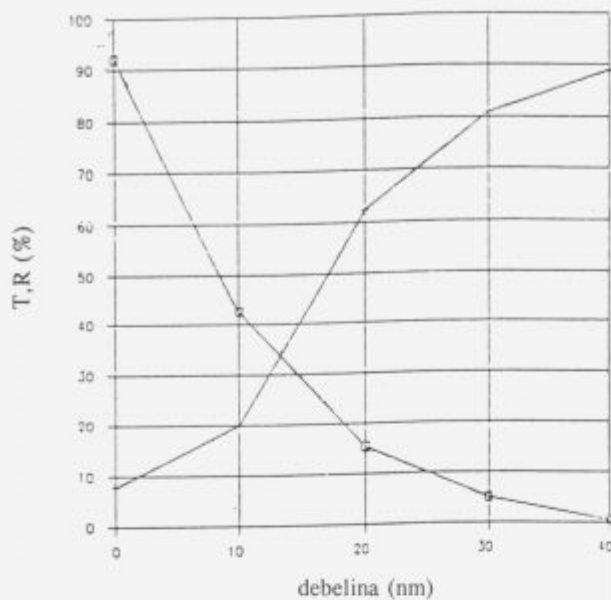


Slika 6. Prepustnost in odbojnost Al, ki je bil neparjen pod kotom 70°

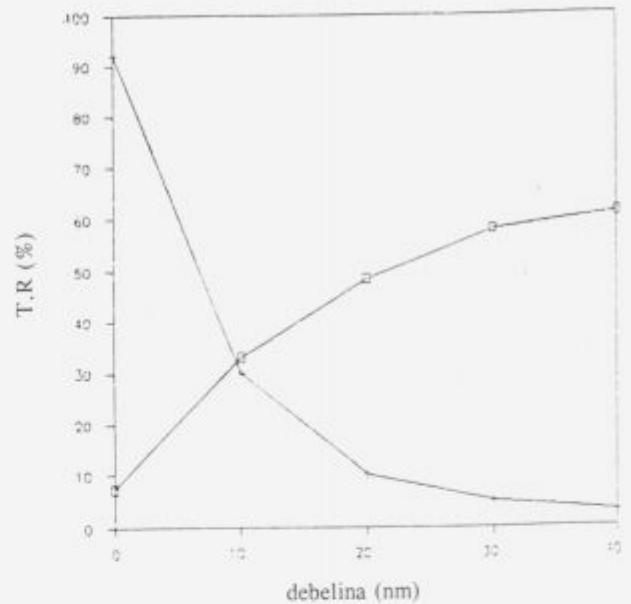
Figure 6. Transmission and reflection of Al, which was evaporated under the angle of 70.

je optično bolj prepustna. Plast je videti nekako zatemnjena in ima sečišče T in R nižje (30 %) kot navaden aluminij, vendar na isti ravni kot Cr in jeklo (tabela 1).

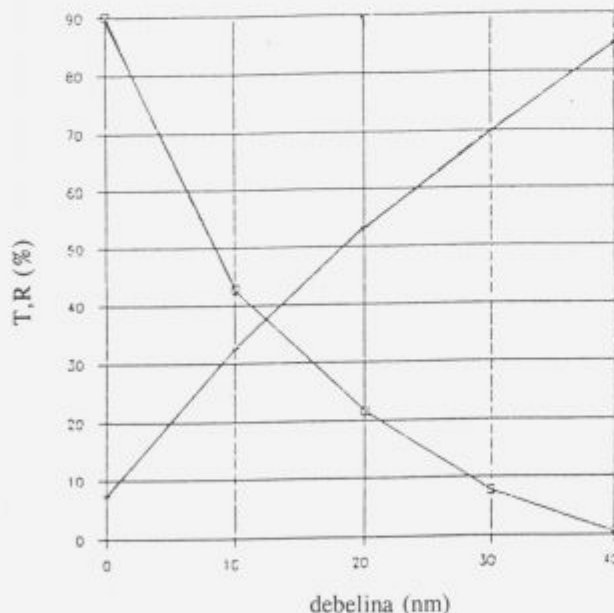
Iz tabele 1 je razvidno, da je najboljši neparjen aluminij na steklu. Pomerili smo tudi T in R na polietilenski foliji, na katero je neparjen Al z dodatkom Si. T = 18 % in R = 58 %. Če se odlepi poliestrska folija, ki je tudi na drugi strani za zaščito, je polprepustno folijo možno nalepiti na želeno



Slika 7. Prepustnost in odbojnost aluminija na plastiki  
Figure 7. Transmission and reflection of Al on plastic.



Slika 9. Prepustnost in odbojnost NiCr (na steklu)  
Figure 9. Transmission and reflection of NiCr on glass.



Slika 8. Prepustnost in refleksija aluminija na steklu  
Figure 8. Transmission and reflection of Al on glass.

podlago. Tako folijo je mogoče kupiti v tujini. Struktura je naslednja: poliester, lepilo, polietilen, aluminij+silicij, poliester.

Barvne koordinate se z naparivanjem malo spremenijo, vendar ne kritično<sup>5</sup>; v istem članku pa smo opisali adhezijo in trajnostne teste.

## 5 Sklep

Pokazali smo, kako je pomembna točna določitev debeline.

Tabela 1: Najugodnejše debeline glede na maksimalno T in R za različne tanke plasti kovin in različne podlage

podlaga	kovina	opt. T in R (%)	debelina (nm)
plastika	jeklo	29	10
plastika	Cr	31	33,5
plastika	Al	34	13,5
steklo	Al	37,5	12
steklo	Al (70%)	30	14
steklo	NiCr	31	14

V območju 10 nm se bistveno spremeni odbojnost in prepustnost. Najboljši rezultat ima tanka naparjena plast aluminija. Za resno uporabo bi bila potrebna še zaščitna plast.

## 6 Literatura

- D.Ridošič, P.Vretenar, S.Rističević: Analiza uticaja debljine na optičke karakteristike metalnih ogledala. 11 jugoslovanski vakuumski kongres, 1990, str. 236-242
- L. Holland: Vacuum deposition of thin film, London, Chapman and Hall Ltd., 1956
- N.I.Koškin, M.G.Širkevič, Priročnik elementarne fizike, 1967, str. 203
- P.Meakin: Ballistic deposition onto inclined surfaces, Physical Review A, 15 julij 1988, str. 994-1004
- M.Tasevski, K.Požun: Researches on semitransparent mirrors on yellow plastic, Proceedings of 20th international conference on microelectronics, MIEL 92 and 28th symposium on devices and materials, SD 92, Sept.30-Okt.2, 1992, Portorož, str. 455-460