

## Budućnost s polimerima

Priredila: Đurđica Španiček

### Energijski učinkovita svjetlost\*

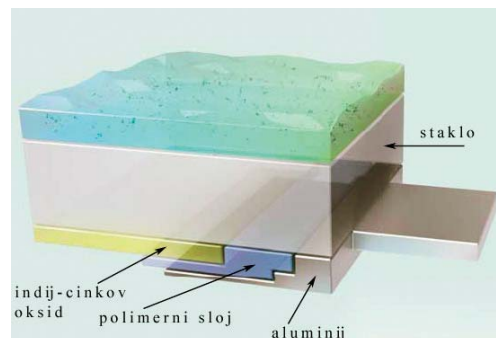
Svjetlost znači život i za čovječanstvo je podjednako važna kao i svjež zrak i čista voda. Već su vatra i kruškolika žarulja učinile svijet svjetlijim, a istodobno omogućile golem tehnički napredak. Sada je na obzoru sljedeća generacija svjetlosnih tijela: OLED - svjetlost budućnosti, a kratica znači organsku svjetlost koju emitira dioda (e. *organic light-emitting diode*). Ultratanak organski sloj pod naponom emitira svjetlost. Plošno zračenje svjetlosti nudi potpuno nove mogućnosti oblikovanja, pa uz već postojeće oblike, nove svjetleće diode omogućuju primjenu za svjetleće tapete, zastore ili goleme televizijske slike. Dizajneri namještaja sanjaju već da time oblože ormare, police, pa i stolove. Vrlo tanki svjetleći filmovi mogli bi se uklopiti kao prozirni izvori svjetlosti u prozore i zrcala ili mogu biti divovski zidni plakati (slika 1).



SLIKA 1 – OLED - organska dioda koja emitira svjetlost kao umjetnička instalacija

No prije toga potrebno je zamijeniti postojeće kruškaste žarulje onima štedljivima. Prema procjeni iz 2002. godine, treba zamijeniti još oko 8 milijardi takvih žarulja. To je povezano s mnogim teškoćama, prije svega zbog sadržaja žive, koji otežava gospodarenje tako nastalim otpadom. Dobra alternativa ovim svjetlosnim izvorima su OLED-svjetiljke. One zrače širok spektar valnih duljina dajući difuznu svjetlost, koja je vrlo slična sunčevoj, što je čini ugodnom i prirodnom za ljudsko oko.

OLED je svojevrsan sendvič u nano veličini. Za sada su troškovi pripreme OLED-svjetiljki vrlo visoki, ali se, s optimiranjem proizvodnje, očekuje i povoljnija cijena. Radi se na poboljšavanju materijala za pojedine komponente. Prema presjeku organska svjetlosna dioda podsjeća na sendvič koji se sastoji od više slojeva umetnutih između dvije elektrode. Pozitivno nabijena elektroda, anoda, tanak je sloj keramike koji sadržava indij i kositrov oksid, kraće označen ITO. Vodljiva keramika nanosena je na staklenu ploču kroz koju prodire svjetlost. Negativna elektroda, katoda, sloj je aluminijski. Srce OLED-a čini tanak film načinjen od specijalnih organskih molekula koje emitiraju svjetlost. Sloj je debljine 100 nm i predstavlja tzv. sustav emitiranja, koji se sastoji od tri, po boji različita sloja; crvenoga, zelenoga i plavoga, čijim kombiniranjem nova svjetlosna elektroda daje bijelu svjetlost. Pod električnim naponom takav film svijetli sam od sebe. Karakter boje ugađa se pravilnim miješanjem već spomenuta tri sloja (slika 2).



SLIKA 2 – Shematski prikaz OLED-a

Zajedno s istraživačima *Osrama* istraživači tvrtke *Bayer MaterialScience* u njemačkom Krefeldu pomogli su pri razvoju nove organske svjetlosne diode. Naime, dosadašnja nova svjetlosna tijela imala su bitan nedostatak: nisu potpuno iskoristavala svoj svjetlosni potencijal, već su emitirala samo oko 25 % moguće svjetlosti. Razlog je staklo, kao nosač aktivnoga emitirajućeg sloja, koje je nužno jer štiti svjetleće organske molekule jako osjetljive na kisik i vodenu paru. Ali staklo ima nedostatak optičke prirode - lom svjetlosti. Kada svjetlost prelazi iz jednog medija u drugi, npr. iz OLED-stakla u zrak, dolazi do promjene smjera. Zraka svjetlosti se lomi i otklanja. Razlog promjene smjera je različita brzina širenja svjetlosti u različitim medijima. Staklo i zrak imaju različitu lomnost svjetla. Kada organske molekule iz unutrašnjosti OLED-a zrače svjetlost, zrake se reflektiraju na graničnoj površini između staklenog sloja i zraka, pa se velik dio svjetlosti vraća u unutrašnjost i ne može uopće napustiti OLED.

Kako bi se potpuno iskoristio potencijal OLED-a, potrebno je omogućiti izlazak svjetlosti iz staklenoga kaveza. No barijerna svojstva stakla, kojim ono štiti organske molekule, teško se mogu nadomjestiti. Isti problem prozirnog nosača imao je *Osrarov* OLED *Orbeos*. Aktivni sloj OLED-a imao je debljinu 500 nm, što odgovara stotom dijelu debljine ljudske vlasi. Ostatak je tzv. ambalaža. Kada bi se moglo ukloniti staklo, mogle bi se proizvoditi znatno tanje organske svjetleće diode.

Iz tog su razloga *Osrarovi* stručnjaci u svibnju 2008. zaključili ugovor s istraživačima materijala tvrtke *Bayer*. *Bayerovi* su istraživači iz tankoga polikarbonatnog filma (*Makrofol*) razvili specijalni film koji se zalijepi na staklo i time produžuje put zrake. Time novi plastični film osigurava da se zraka ne vrati u OLED. Debljina filma od 300 μm dovoljna je da veća količina svjetlosti prodre van pa iskoristivost raste do 60 %. Umjesto gustoće svjetlosti od oko 1 000 cd/m<sup>2</sup> OLED emitira 1 600 cd/m<sup>2</sup>. Za povećanje vodljivosti svjetlosnih dioda važna su dva svojstva, koja su *Bayerovi* istraživači ugradili u film. S jedne strane to je specijalna struktura površine polikarbonatnog sloja s *brjegovima* i *dolinama* debljine nekoliko mikrometara. Te se neujednačenosti površine brinu za reflektiranje zraka svjetlosti tako da veći dio ipak izlazi. S druge strane, stručnjaci za materijale iste tvrtke dodali su filmu sitne prozirne čestice koje povećavaju rasipanje u filmu. Učinak je vrlo slikovito opisan riječima *...čestice igraju kvazi pingpong zrakom svjetlosti brinući se da se stalno mijenja kut refleksije sve dok svjetlost ne pronađe put za izlaz. Važno je pritom da prozirni polimer ima različitu lomnost svjetla kako bi zrake*

\* Für die Exportion Licht, Research - Das Bayer\_Forschungsmagazin, (2010)22, www.research.bayer.de/led

može biti *signifikantno otklonjene*. Oba se učinka zajedno brinu da OLED bolje svijetli. Film također poboljšava boju. Bez filma boja svjetlosti pri treptaju oka daje lagano drukčiji ton boje. Taj optički učin posljedica je građe OLED-a. S filmom je svjetleća površina homogena i pri treptaju oka. Polikarbonatni sloj omogućuje dobivanje više svjetlosti iz sloja te je pri jednakom širenju svjetlosti dovoljan niži napon, čime se štedi struja, dakle poboljšava energijska učinkovitost. To produljuje životni vijek organskih molekula, a time i svjetlosne diode. Stabilnost tvari emitera jako ovisi o intenzivnosti napona struje tijekom rada. Istodobno otporni polikarbonatni film omogućuje izvanrednu zaštitu za površinske izvore svjetlosti.

Istraživači u *Bayeru* već rade na sljedećoj generaciji filma za OLED-e. Nastoje načiniti još tanji film pa su u laboratoriju uspjeli dobiti debljinu od samo 100  $\mu\text{m}$ , dakle trećinu sadašnje. I zahvaljujući posebnom dodatku prašina se više ne hvata na površinu. Dakle, budućnost rasvjete već je počela u tvrtki *Bayer*, a njezin polikarbonat *Makrolon* zaslužan je da

je svjetlost organskih molekula učinkovitija i jeftinija. Stručnjaci tvrtki *Osrasm* i *Bayer MaterialScience* i dalje zajedno rade na učinkovitosti procesa proizvodnje i dobivanju optimalnih materijala i time stvaraju budućnost tankih svjetlosnih ploča.

Potkraj 2009. na tržištu su se pojavile *Osrasm*ove rasvjetne ploče *Orbeos*, koje proizvode oko 25  $\text{lm/W}$ , što je usporedivo s današnjim halogenim lampama. OLED pripravljen u laboratoriju ima trostruku učinkovitost. Cilj je postići vrijednost od 100  $\text{lm/W}$ . Najveća prednost OLED-a bio bi dug vijek trajanja, oko 5 000 sati, dakle oko pet puta više od obične žarulje. Ali i tada OLED svijetli s najmanje polovinom gustoće početne svjetlosti, dok žarulja jednostavno prestane svijetliti. Za sada je OLED *formula 1* među rasvjetom. Još slijedi poboljšanje proizvodnoga lanca te optimiranje materijala. Osim toga, kako LED i OLED rasvjete treba niže napone, od 3 do 4 volta, bit će potrebno prilagoditi današnju naponsku mrežu od 220 volta za nove izvore svjetlosti.

## Suncem oko Zemlje\*\*

Novo pionirsko ostvarenje zrakoplovstva je na vidiku, solarna letjelica vitkih krila s rasponom kao kod *Airbusa A340* letjela je bez prestanka 26 sati (slika 3). Energiju dobiva od oko 12 000 tamnoljubičastih svjetlucavih solarnih ćelija koje opskrbljuju četiri propelera. Prvi noćni let sunčane letjelice *Solar Impulse* u srpnju 2010. u Švicarskoj može biti prekretnica za zrakoplovstvo. Naime, Bertrand Piccard, švicarski pionir zrakoplovstva, inicijator i predsjednik tvrtke *Solar Impulse*, zajedno sa suosnivačem tvrtke Andreom Borschbergom namjerava obletjeti svijet samo sa solarnim pogonom. Zato je inicirao projekt *Solar Impulse* i započeo s izvedbom ispitne letjelice.



SLIKA 3 – Solarna letjelica *Solar Impulse*

Istraživači tvrtke *Bayer MaterialScience* podupiru ovaj projekt razvijajući specijalne mješavine materijala za proizvodnju solarne letjelice. Za to su potrebni i novi materijali, među ostalim poliuretanske pjene u oblogama

kabine, motora i krila. Isto tako, prisutne su polimerne folije i polimeri kojim su obložena sjedala. U idućem modelu solarne letjelice još će se povisiti udio polimernih materijala kako bi se smanjila ukupna masa letjelice.

Taj novi prototip letjelice *HB-SIB* treba još dodatno optimirati. Za pogon je potrebna količina energije usporediva s energijom potrebnom za motorkotač. Ako bi sve išlo prema planu, letjelica bi bila spremna za let oko svijeta 2013. godine. Već ove godine planirana je gradnja solarnih ćelija. One se sastoje od sendvič-konstrukcije, koju čine epoksidne smole ojačane ugljičnim vlaknima između kojih je pjenasta jezgra ili sačasta struktura.

Istraživači tvrtke *Bayer MaterialScience*, kako bi učinili materijal još stabilnijim, ojačavaju epoksidnu smolu sačasto umreženim ugljikovim atomima, ugljikovim nanocjevčicama (e. *carbon nanotubes*, CNT), poznatima pod trgovačkim nazivom *Baytubes*. One znatno poboljšavaju mehanička svojstva materijala, što snižuje ukupnu masu letjelice. Nanotehnička rješenja odlučujuća su za uspjeh ovog projekta jer razvoj inovativnoga, lakog materijala omogućuje sniženje potrošnje energije.

Materijal ojačan nanocjevčicama nudi još jednu prednost: nije toplinski rastezljiv. Letjelica mora svladavati velike temperaturne razlike. Na visini od oko 12 000 metara temperatura je oko  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Noću solarna letjelica radi uštede energije leti na visini od oko 1 500 metara, a to znači da temperature mogu biti i do  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Takve temperaturne razlike mogu biti kobne pri kombinaciji materijala vrlo različitih vrijednosti toplinske rastezljivosti. To može dovesti do stvaranja napuklina i loma konstrukcije.

Daljnja prednost nanocjevčica pri izvedbi solarne letjelice je energijska učinkovitost. Njihovom primjenom poboljšana je kapacitet litijeve baterije jer ugljikove nanocjevčice provode struju bolje nego grafit, koji je uobičajen materijal u baterijama. Uspjeh na ovom području omogućio bi i prodor na druga područja, npr. pri izvedbi električnih automobila. Osim toga, ugljikove nanocjevčice čine stabilnijima metalne spojne elemente i vijke. Aluminijski ojačan nanocjevčicama već je uspješno ispitan na brdskim biciklima.

\*\*[www.research.bayer.de/sonnenflieger](http://www.research.bayer.de/sonnenflieger)