

## Interdisciplinarna suradnja tvrtke Coatema i Instituta Fraunhofer za povoljnu pilotnu proizvodnju elektrokromnih folija na bazi polimera

Prikaz

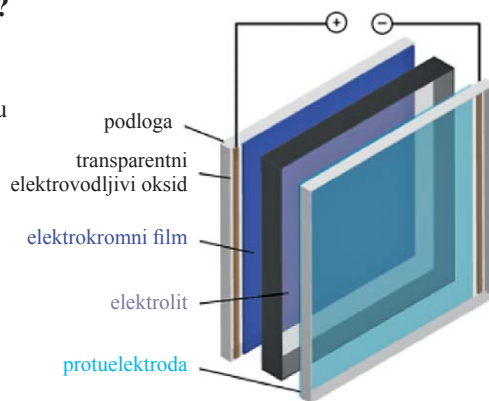
### Suradnja tvrtke Coatema Coating Machinery GmbH i Instituta Fraunhofer za istraživanje silikata (Fraunhofer Institut für Silicatforschung ISC)

Elektrokromne folije mogu se električki prekapčati između obojenog i transparentnog stanja (sl.1). Tako se tehnologija može upotrebljavati usmjereno i inteligentno za zatamnjenje velike površine odn. zasjenjenje prostorija, npr. kako bi se minimalizirala direktna Sunčeva svjetlost u zgradama ili vozilima. Tako ova elektrokromna primjena pruža pomoć kod uštede energije, jer se aktivno smanjuje potreba za klimatizacijom velikih zgrada i vozila. Osim toga, elektrokromne folije troše malu količinu energije samo tijekom prekapčanja. U uključenom stanju nije im potrebna dodatna energija. One su također u svom radu energetski učinkovite. Kao značajna prepreka za pristup na tržište ove tehnologije smatrali su se troškovi koji su na početku suradnje iznosili oko 800-1000 eura/m<sup>2</sup>. Zato je za prodor na tržište potreban troškovno povoljan postupak proizvodnje elektrokromnih folija s velikom protočnošću.

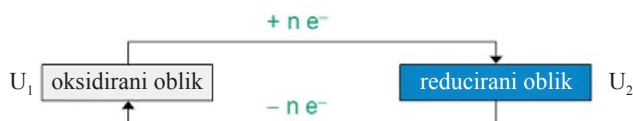
Suradnja između Fraunhofer instituta za istraživanje silikata ISC (Fraunhofer Institut für Silicatforschung ISC) i tvrtke Coatema Coating Machinery GmbH imala je otpočetka za cilj razviti proces proizvodnje s dva valjka (R2R) koji je troškovno povoljan i učinkovit. U početku suradnje (od 2008.) zajedničkim radom razvijen je laboratorijski proces za izradu elektrokromnih filmova na bazi polimera primjenom konvergentne sinteze u

### Što je elektrokromni film? Funkcionalno načelo

- Modulacija svjetlosti pomoću varijabilne apsorpcije kod spajanja na napon
- pametni prozor
- smanjeno zračenje Sunca
- smanjeni troškovi hlađenja
- povećana udobnost



Sandwich-type EC device © Marco Schott, Fraunhofer ISC



Sl.1 Funkcionalno načelo elektrokromnih filmova



Sl.2 EELICON-konzorcij obuhvaćao cijeli sustav stvaranja vrijednosti (13 partnera iz 8 zemalja)

5 faza. Pritom su partneri utvrdili kako se kompleksni zadaci razvoja najučinkovitije mogu rješavati suradnjom na temelju povjerenja u zajedničkom timu. Svaki je partner naučio razumjeti zahtjeve i gledišta drugog partnera. Takva suradnja je ključ uspjeha.

Dugogodišnja suradnja Coateme i Instituta Fraunhofer ISC nastavljena je kroz EU projekt EELICON (Po-

većana energetska učinkovitost i udobnost pomoću pametne kontrole propusnosti svjetlosti (Smart Light Transmittance Control); 2014.-2017.) čiji konzorcij je obuhvaćao 13 partnera iz 8 zemalja (sl.2) i cijeli sustav stvaranja vrijednosti od sinteze kemijskih intermedijera preko tehnologije postrojenja i procesa do suradnika iz industrije stakla i proizvođača automobila. EU projekt Projektu EELICON prethodio je INNOSHADOW projekt (Inovativne naprave za zasjenjivanje); 2008.-2012.) u kojem je sudjelovalo 19 partnera i gdje su postavljeni temelji za koncepciju EELICON.

Coatema je razvijeni proces iskušala na pilotnom postrojenju R2R-Click & Coat® i uspješno ga demonstrirala zajedno s Institutom Fraunhofer ISC. Novi inovativni proizvodni proces temelji se na konvencionalnoj, ali vrlo preciznoj tehnologiji za naslojavanje s mlaznicama širokog preseza

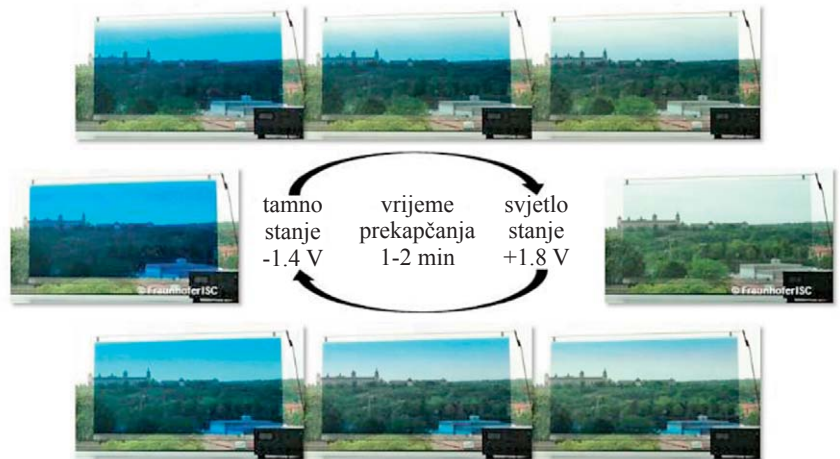


Sl.3 EELICON laminati velike površine iz pilotne proizvodnje

i kontrolom procesa na licu mjesta (in-situ). On obuhvaća inovativne procese, npr. nov i vrlo učinkovit postupak za polimerizaciju nanoskaliranih slojeva direktno na elektrovodljivu osnovnu foliju (tzv. insitu polimerizacija) u klimatiziranim uvjetima, postupak za kontinuirano ispiranje produkata reakcije iz nanoskaliranih slojeva i za inertno stvrdnjivanje i laminiranje elektrokromnih folija na širini do 500 mm. Ovaj inovativni proces proizvodnje omogućuje izradu elektrokromnih laminata od folija velike površine i vrlo dobre homogenosti i transparentnosti (sl.3). Integrirani tanki slojevi neznatno su hrapavi i njihova debljina vrlo malo varira. Zbog toga se postiže jednolično prekapčanje od preko 100 tis. ciklusa.

Ova nova elektrokromna tehnologija omogućuje povoljno naknadno opremanje svih površina prozora tako da se očekuju poticaji za energetske saniranje stanova. Na sl.4 prikazana je demonstracija na uzorku veličine 500 x 1000 mm<sup>2</sup> koji je prekapčan između oba stanja. Primjećuje se homogena razdioba boja i velika transparentnost u oba stanja koja omogućuju upravljanje propusnosti svjetla u područjima od nekoliko sekundi do minuta bez smanjenja prozirnosti. Zato se nova tehnologija razlikuje od aktualnog stanja tehnike koja je karakteristična po folijama visokih vrijednosti rasipne svjetlosti (mutnih) i teškim staklenim proizvodima koji reagiraju vrlo sporo. Zbog specijalnih svojsta-

### Primjer upotrebe: naknadno opremanje prozora



Sl.4 EELICON demonstrator velike površine kao zaslon protiv sunčeve svjetlosti

va tehnologije EELICON takve folije bi trebale biti prikladne i za upotrebu u automobilskom području i za unutrašnje uređenje.

Na sl.5 prikazana je konfiguracija pilotnog postrojenja koju su zajedno razvili Coatema i Fraunhofer ISC. Ona je dugačka oko 23 m. Pomoću modularne tehnologije postrojenja Click&Coat® tvrtke Coatema pojedinačni procesni moduli mogu se sastaviti u različite konfiguracije. Zato se postojeći Click&Coat® moduli mogu fleksibilno i trajno primjenjivati. Analize mogućih poslovnih scenarija dokazuju da je kod korištenja takvih koncepcija postrojenja moguća cijena po m<sup>2</sup> i manje od 200 eura. Dijelovi komponenata već se primjenjuju za B2B projekt zajedno s Institutom Fraunhofer ISC za razvoj procesa i izradu uzoraka za velikog krajnjeg korisnika. Ova suradnja između tvrtke Coatema i Instituta Fraunhofer ISC dokazuje da ona nije ograničena samo na javne projekte, već da se može uspješno koristiti za narudžbe koje proizlaze iz B2B projekta.

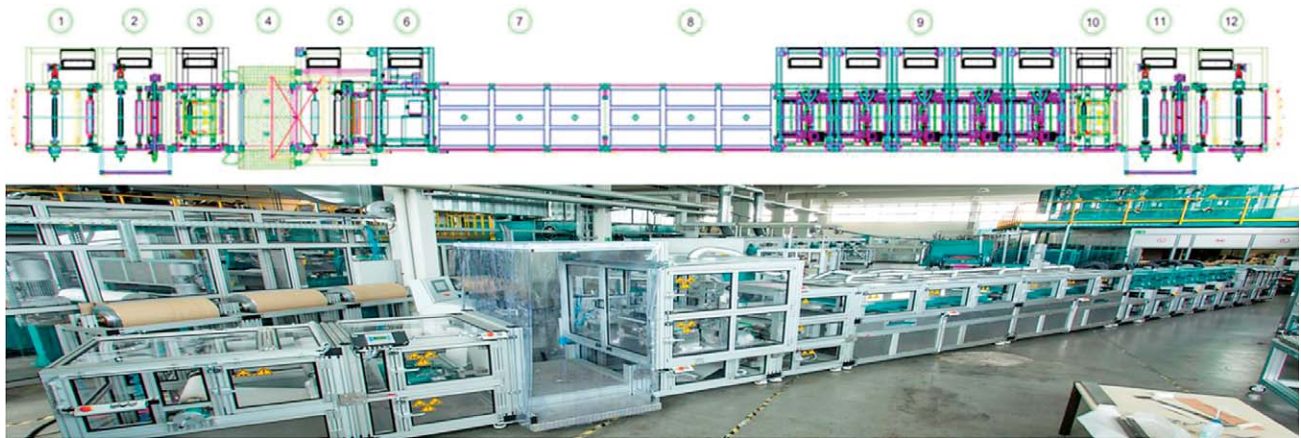
Iz višegodišnje uspješne suradnje tvrtke Coatema Coating Machinery GmbH s Institutom Fraunhofer za istraživanje silikata proizašla je inovativna tehnologija zasjenjivanja na bazi folija čiji profil učinka daleko nadilazi stupanj razvoja tehnologije kod pasivne i aktivne zaštite od Sunca.

Inovacija se temelji na sljedećem:

1. razvoju, optimiranju i transferu novih kemijskih procesa u mo-

krom stanju za izradu elektrokromnih folija na R2R pilotnom postrojenju,

2. skaliranju tehnologije proizvodnje i razvoju novih inovativnih procesnih modula s kontrolom procesa na licu mjesta,
3. prikazu robusnog folijskog proizvoda sa širokim područjem upotrebe,
4. demonstraciji proizvoda velikih površina, npr. kao zaslona protiv Sunca u području gornjeg vjetrobranskog stakla trkaćih automobila, kao naknadna dogradnja na platnom krovu vozila, kao laminirana folija za zaštitu od Sunca u dvoslojnih i troslojnih (tzv. dgu - double-glazed unit i tgu - triple-glazed unit) proizvodima te kao element zasjenjivanja u avionima. Osim toga, zamisliva su i mnoga druga područja primjene, kao npr. efekti obojenja i vizualna zaštita za interijere, sportske artikle, sunčane naočale i nišanske sprave, senzore i tzv. „smart labels“ (pametne etikete),
5. prikazu različitih preliminarnih poslovnih scenarija za područja arhitekture, za automobile i kućanske aparate (na temelju pretpostavki projektnih partnera EELICON),
6. značajnom smanjenju očekivanih troškova proizvodnje :
  - a. na manje od 200 eura/m<sup>2</sup> u 3. godini nakon početka proizvodnje,
  - b. na manje od 100 eura/m<sup>2</sup> u 5. godini nakon početka proizvodnje.



Sl.5 Konfiguracija pilotnog postrojenja s odmatanjem, delaminiranjem, upravljanjem rubova, naslojavanjem s kontrolom sloja na licu mjesta, klimatiziranom linijom za polimerizaciju i individualno podešavanim modulom za sušenje, upravljanjem rubova, laminiranjem i namatanjem (gore) i pilot postrojenje tijekom proizvodnje u tvrtke Coatema (dolje)

(Ove tvrdnje se temelje na pretpostavkama i ispitivanjima projektnih partnera EELICON o tržišnom volumenu, protočnosti postrojenja i udjelu otpada).

Količinski uspjesi projekta EELICON obuhvaćaju:

1. demonstraciju pilotnog postrojenja kapaciteta od oko 5000 m<sup>2</sup> elektrokromne folije godišnje (ova tvrdnja se temelji na pretpostavkama protočnosti postrojenja, smjenskom radu i udjelu otpada),
2. demonstraciju R2R laminiranja i UV stvrdnjavanja u atmosferi inertnog plina s protokom od 2 m/min,
3. dokaz stabilnog prekapčanja svjetlo/tamno od 150.000 ciklusa u laboratorijskim uvjetima i 70.000 ciklusa u normalnim uvjetima (25 °C/25% rel. vlažnosti),
4. dokaz vremena prekapčanja <30 s za veličine segmenta od A3 i <2 min za veličine segmenta od 0,5 m<sup>2</sup>,
5. dokaz mogućnosti primjene u temperaturnom području od - 25 °C do najmanje 60 °C,
6. dokaz funkcionalnosti u temperaturnom području od -50 °C do 100 °C,
7. znatno smanjeni projicirani troškovi proizvodnje od manje od 200 eura/m<sup>2</sup> i identifikacija daljnjih potencijala uštede,
  - a. kod budućeg skaliranja na širine folija od 1,50 do 2 m,
  - b. kod višesmjenskog rada odn. kod primjene daljnjih proizvodnih linija,

8. kod primjene jeftinih materijala za osnovne folije identifikacija daljnjih potencijalnih primjena izvan klasičnih pametnih prozora.

Povoljna svojstva elektrokromnih filmova naišla su na veliko odobravanje u industriji. Fraunhofer ISC provodi komercijalizaciju tehnologije. Coatema je na temelju pilotnog postrojenja razvila i predstavila prve koncepcije trajnog proizvodnog postrojenja kapaciteta 5000 m<sup>2</sup>. Za realizaciju ove faze izgradnje predviđena je investicija od oko 8 mil. eura. Ako pođe za rukom ostvariti ovu investiciju, otvorit će se 10 novih radnih mjesta u proizvodnji i osiguranju kvalitete, razvoju i gradnji postrojenja samo u Coatemi.

#### Održivost

Cijeli razvoj proveden je potpuno sa stajališta održivosti. Tako je provedeno opsežno ekološko bilanciranje u skladu sa zahtjevima ISO vezanim uz proračun troškova (Life Cycle Assessment/LCA (procjena životnog ciklusa) i Life Cycle Costing/LCC (proračun troškova životnog ciklusa)):

- a) za određivanje potencijala poboljšanja i uštede energije kod sinteze i daljnje prerade,
- b) za određivanje energetske bilance elektrokromnih folija,
- c) za provođenje usporedbe učinka s drugim konkurentskim tehnologijama.

Spoznaje iz LCA korištene su direktno tako da pojedinačne procesne faze

budu učinkovitije i ekološki prihvatljivije. Tako se uspješno postići uštedu velikih količina organskog otapala kod predfazne kemijske sinteze (monomera). Osim toga, primjenjuju se po mogućnosti energetske učinkovitije postupci kao UV stvrdnjavanje i infracrveno sušenje.

Razvoj buduće zajedničke strategije komercijalizacije elektrokromne folije bio je sastavni dio projekta EELICON. Postoji zajedničko IP i stručno znanje o tehnologiji proizvodnje folije (Fraunhofer ISC i dva druga partnera) kao i IP za gradnju postrojenja (Coatema).

U idućem projektu Flex-G, koji financiraju njemačko Savezno ministarstvo za gospodarstvo i energiju (2017.-2020.), primijenit će se dijelovi EELICON tehnologije da se omogućiti vanjska upotreba unutar folijskih krovova i krovnih konstrukcija od membrana. Takvi krovovi gotovo neometano propuštaju Sunčevu svjetlost (uključujući UV-A) što uzrokuje značajno zagrijavanje unutrašnjih prostora. Da bi se i pritom štedjela energija za klimatizaciju, potrebna je tehnologija pomoću koje se može upravljati stupanj propusnosti ukupne energije (g-vrijednost). Za to je prikladna EELICON tehnologija temeljena na folijama i laminaciji za razliku od već ustaljenih EC proizvoda temeljenih na staklu.

(Preveo M. Horvatić)