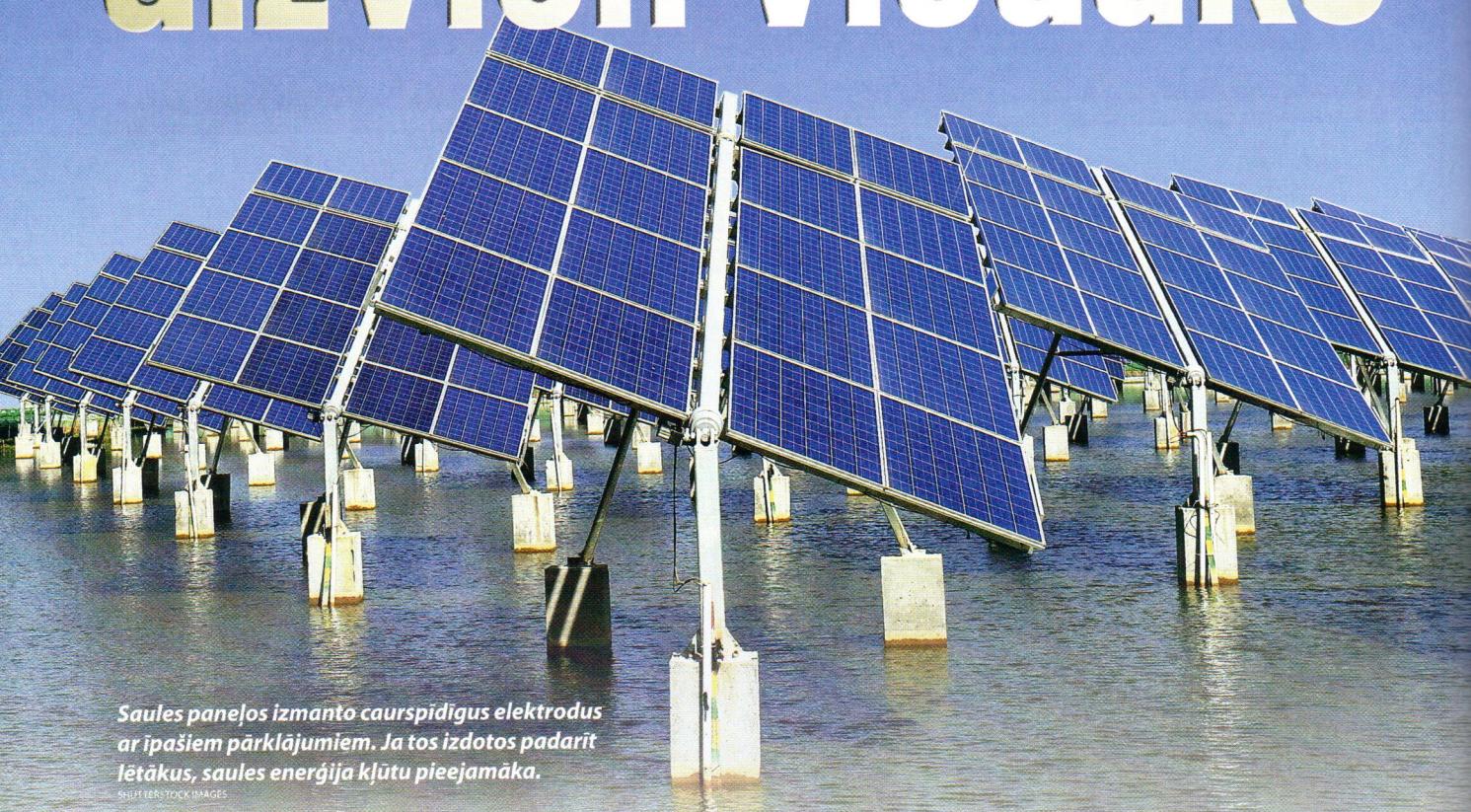


Mūsu pētnieki izstrādā modernus pārklājumus

# Stikls klūst aizvien viedāks



*Saules paneļos izmanto caurspīdīgus elektrodus ar īpašiem pārklājumiem. Ja tos izdotos padarīt lētākus, saules energija kļūtu pieejamāka.*

SHUTTERSTOCK IMAGES

Caurspīdīgi saules bateriju panelji, moderni datoru displeji un stikli, kas pēc lietotāja vēlēšanās maina krāsu, pieder pie mūsu gadsimta augstajām tehnoloģijām. Tas pats sakāms par nanopārklājumiem, kas nodrošina jauno materiālu neparastās īpašības. Iespējas, lai padarītu modernos materiālus lētus, plaši pieejamus un videi draudzīgos, cītīgi meklē ari Latvijas zinātnieki, un viņu darbs nes augļus.

**VĒRTS ZVĀRĀ** **D**ivus stikla paraugus uz laboratorijas galda var atšķirt ar neapbrūnotu aci. Viens izskatās pilnīgi caurspīdīgs, un, tikai pagrozot to pret gaismu, samanāms viegls ēnojums, savukārt otrs atgādina sārti ietonētu spoguli. Kaut gan šis paraugs šķiet interesantāks, tomēr tas raksturo vienu no

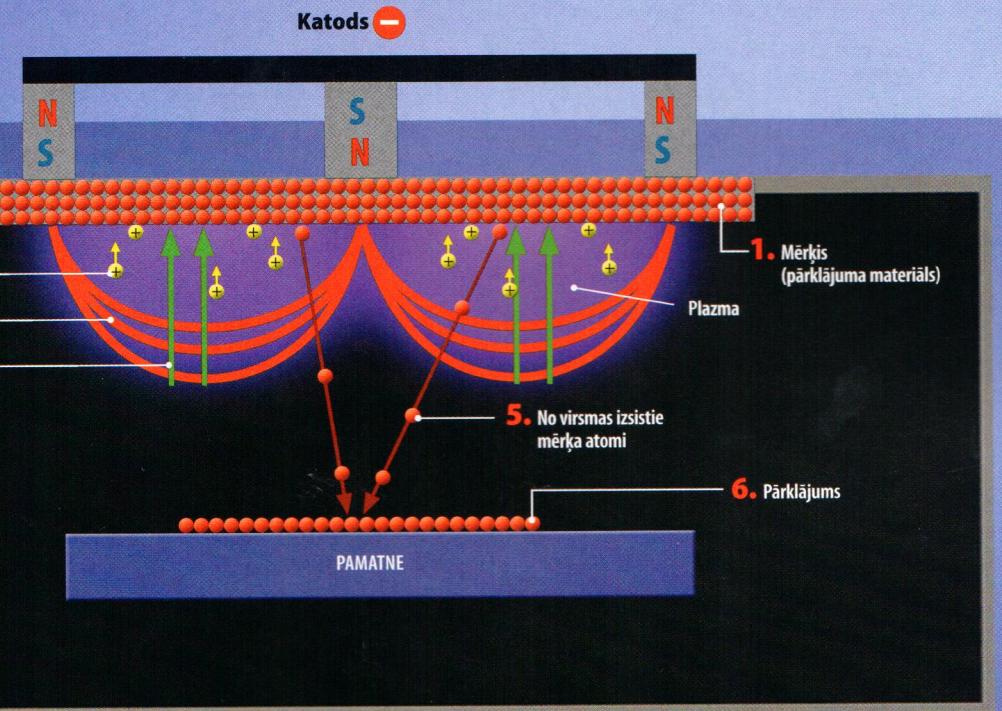
daudzajām eksperimentu neveiksmēm, ar kurām neizbēgami jāsastopas katras tehnoloģiju sasnieguma tapšanas cejā. Savukārt caurspīdīgais paraugs, iespējams, nozīmē pareizā virzienā spertu soli uz jauniem pārklājumiem ar unikālām īpašībām. Par to gan varēs spriest tikai tad, kad mēraparāti būs izanalizējuši

## Konteksts

Projekts "Inovativi stiklu pārklājumi" tiek īstenots ar ERAF atbalstu aktivitātē "Atbalsts zinātnei un pētniecībai" vairākos pētījumu virzienos.

1. Impulsa HIPIMS magnetronu uzklāšanas tehnoloģijas izstrādāšana pārklājumu iegūšanai.
2. Virsmas modifikācija ar mērķi iegūt jaunas superhidrofobas īpašības un diagnostikas metodiku attīstīšana.
3. Liela mēroga perspektīvo materiālu datormodelēšana, piemaisījumu tipu un koncentrāciju optimizācija.

## MAGNETRONS

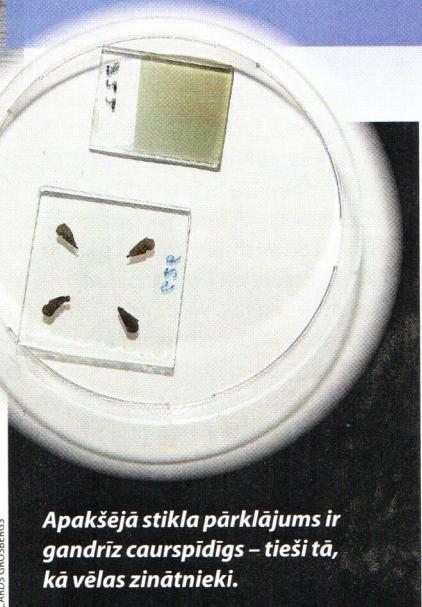


1. Par **mērķi** fiziķi sauc vielu, piemēram, cinka oksīdu ZnO, ar kuru paredzēts pārklāt virsmu.
2. Pastāvigs vai impulsveida **elektriskais lauks** rada plazmu, kas sastāv no elektroniem un argona joniem. Elektriskā lauka ietekmē elektroni tiecas pārvietoties pozitīvā pola virzienā, bet joni – uz negatīvo polu (mērķi).
3. Intensīvs **magnētiskais lauks** maina elektronu trajektoriju, veidojot "lamatas", no kurām tie nevar izklūt.

Tāpēc šajā apgabalā notiek aizvien vairāk daļiņu sadursmju un plazmas blīvums palielinās.

4. Triecoties pret mērķa virsmu, pozitīvi lādētie **argona joni** izsit no tās atomus.
5. Elektriski neitrālie **mērķa atomi**, kurus neietekmē elektriskais un magnētiskais lauks, nosēžas uz pamatnes.
6. Uz stikla vai polimēru pamatnes veidojas vienmērīgs, plāns **pārklājums** slānis.

ILLUSTRĒTA ZINĀTNE



**Apakšējā stikla pārklājums ir gandrīz caurspīdīgs – tieši tā, kā vēlas zinātnieki.**

stikla fizikālās īpašības, jo ar acīm vien šajā gadījumā nepietiek.

Uz abiem stikla paraugiem ir uzputnāti metāla oksīdu pārklājumi – tā ir viena no nanotehnoloģijām, kas tiek attīstīta Rīgā, Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūtā (CFI). Projektā "Inovatīvi stiklu pārklājumi", kas tiek iestenots ar ERAF un Latvijas uzņēmumu "Sidrabe" un "Groglass" atbalstu, mūsu zinātnieki meklē lētākus, efektīvākus un videi draudzīgākus risinājumus vienā no pasaulei plaši pieprasītām tehnoloģiju nozarēm. ERAF atbalsts, kas šim projektam sasniedz Ls 392 000, zinātniekiem deviņi iespēju papildināt laboratorijas iekārtu klāstu, kā arī praktisko

tehnoloģiju izstrādei pievienot teorētiskus pētījumus. Pētnieku veidotie datormodeli ļauj prognozēt jaunu pārklājumu īpašības un varbūt pat iegūt materiālus ar vēl neapjaustām īpašībām.

### Vienlaikus jāņošauj divi zaķi

Kad iedomājamies stiklus ar pārklājumiem, prātā vispirms nāk tonēti automašīnu logi un brilles ar tā sauktajām hameleonu lēcām. Tomēr tie ir tikai daži no ļoti daudziem izmantojuma veidiem. Stiklus un plastmasu ar īpašiem pārklājumiem var atrast gan saules bateriju panejos, gan televizoru un datoru ekrānos, gan dažādos gudrajos materiālos, ko varam dēvēt par viedstikliem. ▶



EUROPAS SAVIENĪBA

► Projekta vadītājs, habilitētais fiziķas doktors Juris Purāns, stāsta: "Tie ir jaunās paudzes stikli, kuri daudzos veidos var reaģēt uz apkārtni, piemēram, mainot krāsu un gaismas caurlaidību, kā arī aizturot infrasarkano starojumu. Teiksīm, elektrohromajam stiklam lietotājs ar elektrisko lauku var mainīt gaismas caurlaidību un krāsu. Savukārt termohromie stikli reaģē uz temperatūras maiņām ārpusē un atkarībā no tā ie-laiž vairāk vai mazāk siltumstarojuma. Ziemā mēs caur parastiem stikliem varam zaudēt 30% energijas, bet modernie stikli to var samazināt, saglabājot labu gaismas caurlaidību."

Redzamā gaisma un siltumstarojums ir elektromagnētiskie vilņi, tāpēc materiāls ar tiem mijiedarbojas atbilstīgi savām elektriskajām īpašībām. Parasta stikls ir dielektrisks – tas nevada elektrību un lieliski laiž cauri gaismu. Pārkājot stiklu ar metāla kārtīnu, kas vada elektrību, mēs iegūstam spoguli – tas gaismu atstaro, taču nav caurspīdīgs. Līdzīgi izturas lielākā daļa mums zināmo elektrovadītāju, un tikai ļoti reti savienojumi atkāpjas no šā likuma.

Zinātnieku mērķis ir radīt materiālus, kas apvienotu abas īpašības, turklāt mums vēlamajā veidā. To panāk, uz caurspīdīgā stikla vai plastikāta uzputinot nanometros mērāmu elektrovadoša metālu oksīda kārtīnu. Šādas tehnoloģijas pasaulē ir zināmas un tiek izmantotas jau pusgadsimtu, taču par tām jāmaksā augsta cena. Piemērots materiāls pārkājumam ir metāla indija oksīds, taču tas ir dārgs un videi kaitīgs savienojums, ko iegūst, pārstrādājot lie-lu daudzumu citu metālu rūdu. Tādēļ



**Mūsu zinātnieku rīcībā esošā magnetronās uzputināšanas iekārtā ļauj laboratorijas apstākļos eksperimentēt ar jaunām pārkājumu tehnoloģijām.**

pētnieki intensīvi meklē citas iespējas. Viens no variantiem ir samērā viegli ie-gūstamais un videi draudzīgais cinka oksīds, kam pievieno nelielus citu metālu – alumīnija, gallija, molibdēna – pie-maisījumus, veidojot daudzslāņu pār-kājumu. Šajā gadījumā augstas prasības tiek izvirzītas tehnoloģijām, jo, pat nedaudz mainoties dažiem parametriem, pārkājumam nebūs vēlamo īpašību.

Tāpēc institūta pētnieki vienlaikus strādā vairākos virzienos: teorētiķi modeļē vislabāko sastāvu pārkājumiem ar vajadzīgajām īpašībām, bet praktiķi laboratorijas eksperimentos izstrādā tehnoloģiju, kas būtu īstenojama arī

rūpnieciskā mērogā darbam ar lieliem pārkājumā materiāla apjomiem.

### Plazmas joni bombardē virsmu

Lai varētu izprast grūtības, ar kādām jā-sastopas zinātniekim, ir vērts iedziļināties pārkājumu tapšanas procesā. Kādas metodes ļauj panākt, ka metālu oksīdu molekulas cieši piestiprinās pie gludās stikla virsmas, veidojot ar aci nemanāmu, plānu kārtīnu? Viens no paņēmieniem, kas ļauj iegūt tik precīzu rezultātu, ir magnetronā uzputināšana. Tas laikā uz pārkājuma materiāla slāni-ti jeb mērķi iedarbojas ar augstas ener-gijas plazmu, izsītot no tā atsevišķus atomus, kas pārvietojas uz pārkājamo pamatni, piemēram, stikla plātni.

Plazmas iegūšanai magnetronā iz-manto stipri retinātu inerto gāzi argonu, kurā izraisa elektrisko izlādi. Argo-na atomi jonizējas, veidojot plazmu no joniem un elektroniem, kas attiecīgi pārvietojas uz negatīvo un pozitīvo strāvas polu. Šis process ir līdzīgs fluo-rescences spuldzēs notiekošajam, un argona plazma mirdz violetā gaismā. Lai paātrinātu tā norisi, uz kustībā eso-šajām elektriski lādētajām daļīnām ie-darbojas ar spēcīgu magnētisko lauku, tādējādi mainot to trajektoriju, izraisot

## VĀRDNĪCA

**Magnetrons** – ierīce, kurā iegūst augstas enerģijas plazmu, uz kustībā esošām lādētām daļīnām iedarbojoties ar spēcīgu magnētisko lauku. Magnetronus izmanto arī mikroviļņu ģenerēšanai, piemēram, sadzīvē lietotajās mikroviļņu krāsnīs.

**Oksidi** – ķīmisko elementu savienojumi ar skābekli. Vairāku metālu oksīdi, kas vada elektrību, ir piemēroti īpašajiem stikla pārkājumiem.

**Plazma** – gāze, kuras sastāvā esošie atomi pilnīgi vai daļēji jonizējusies, kļūstot par pozitīvi un negatīvi lādētām daļīnām. Plazma rodas augstas enerģijas apstākļos, piemēram, elektriskās izlādes laikā.

**Uzputināšana** – fizikāls process, kurā uz kāda materiāla, piemēram, stikla vai plastmasas, pamatnes vienmērīgi uzklāj sīkas vielas daļīnas, veidojot pārkājumus ar vēlamajām īpašībām.

arvien vairāk daļinu sadursmju un palielinot plazmas blīvumu mērķa tuvu-mā. Argona joni, triecoties pret mērķi, izsit atomus, kas nosēžas uz pamatnes, veidojot plānu, vienmērīgu pārklājumu. Lai tam nodrošinātu nepieciešamo ok-sidācijas pakāpi, argonam tiek pievie-nots skābeklis. Zinātnieki var kontrolēt šo procesu, izmērot plazmas spektru, kurā nosakāmas visu tajā esošo ele-mentu raksturīgās līnijas, un atkarībā no tā mainot norises apstākļus.

Kad pārklājums izgatavots, parau-gam nosaka plānās kārtīgas biezumu, graudu izmērus u.c. parametrus, kā arī gaismas caurlaidību un atstarošanos. Šim nolūkam izmanto precīzas mēri-ces – mikroskopus un spektroskopus.

Magnetrona darbināšanai var izman-tot līdzstrāvu, taču jaunā tehnoloģija, ar kuru jau strādā mūsu zinātnieki, plazmu rada ar īslaicīgiem strāvas impul-siem, kas ilgst mazāk nekā tūkstošdaļu sekundes. Tas ļauj iegūt daudz augstāku jaudu un tūkstoškārt palielināt plazmas blīvumu, kā arī maina procesa norises gaitu. Sadarbībā ar AS "Sidrabe" ir veikti pirmie eksperimenti ar uzputināšanu impulsu magnetronā (High-power Impul-se Magnetron Sputtering, HIPIMS) un iegū-ti interesanti rezultāti. Lielā mērā to stimulējusi arī Eiropas programma "COST HIPIMS", ko vada Fraunhofera institūts Vācijā, tāpēc Latvijas pētnieku koman-dai ir izredzes papildināt šo tehnoloģiju ar jauniem atklājumiem.

### Neredzama elektronika uz stikla

Kad jaunās zemo izmaksu pārklājumu tehnoloģijas būs izstrādātas, tās nonāks ražotāju rīcībā. Laboratorijas magnetro-na kamerā ievietojamo paraugu vietā stāsies metriem platas stikla vai polimēru plāksnes un rulli, pēc pārklāšanas ļaujot iegūt, piemēram, viedos siltumni-cu stiklus, kas var regulēt augiem pienā-košo saules gaismas daudzumu.

Tomēr tas vēl nav viss. Pašlaik pē-tītajiem oksīdu pārklājumiem piemīt

## Starptautiski zināma komanda

Zinot to, cik milzīgas summas pasaulē tiek ieguldītas jaunu tehnoloģiju radīšanai, rodas jautājums – cik lielas ir mūsu izredzes veikt ko nozīmīgu, pirms citi nav aizsteigušies priekšā? Lai to ilustrētu, Juris Purāns pastāsta par sadarbību starp mūsu zinātniekiem un vienu no pasaules vadošajiem stiklu ražotājiem – korporāciju "Saint Gobain".

Pirms 10 gadiem mūsu pētnieku komanda iesaistījās elektrohromo stikla pārklājumu izstrādē. Šie augsto tehnoloģiju pārklājumi ļauj mainīt stikla krāsu, pievadot tam dažu voltu elektrisko

spriegumu. Latviešu zinātnieki izstrādāja jaunu sastāvu kompozīciju, visai nozīmīgi papildinot tehnoloģiju. Kompānija ar rezultātu bija ļoti apmierināta, apliecinot to īpašā pateicības vēstulē. 2005. gadā ražošanā nonāca ekskluzīvais "Ferrari" kabriolets "575M Superamerica" ar "Saint Gobain" izstrādātu elektrohromu jumta stiklu, kas bija atlokāms par 180 grādiem. Kaut arī sadarbības partneru ieguldījums un izmantotās tehnoloģijas tiek turētas noslēpumā, mūsu zinātniekiem ir pamats domāt, ka šā produkta tapšanā izmantots arī viņu veikums.

*Ekskluzīvajam "Ferrari" kabrioletam ar elektrohromo jumta stiklu saražoja tikai 559 eksemplārus.*



WIKIMEDIA COMMONS

elektrovadītāju īpašības, taču, pilnvei-dojoši tehnoloģijas, var iegūt materiālus, kas darbotos līdzīgi pusvadītājiem. Pro-ektā iesaistītā teorētiķu komanda, ku-ras rīcībā ir superdators, modelē mate-riālus ar šādām īpašībām, un iespējams, ka nākotnē mums būs pieejami, piemē-ram, logu stikli, kas vienlaikus būs arī saules bateriju paneli. Pusvadītāju ma-teriāli ir visu mūsdienu elektronisko ierīču pamatā, tāpēc mūsu zinātnieku

izstrādātie gudrie stikli varbūt spēs pil-dīt vēl daudz sarežģītākas funkcijas.

"Jaunās iekārtas, ar kurām varam strādāt jau tagad un kuras vēl gatavoja-mies iegādāties, ļaus eksperimentēt ar vairākām pārklājumiem, kas apvienos dažādas īpašības, kā arī vairākas reizes palielināt procesa ātrumu. Mūsu tehnoloģijās nav jāizmanto indīgas gāzes un šķidumi, tāpēc tās ir videi draudzī-gas. Savukārt impulsu magnetronu uz-putināšanas pētījumos mēs attīstām vi-sā reģionā jaunu nozari, kam pieder nākotne," atzīst Juris Purāns. □

### Impulta magnetronu uzputināšanas pētījumos mēs attīstām visā reģionā jaunu nozari, kam pieder nākotne.

Juris Purāns, Dr. habil. phys., projekta "Inovatīvi stiklu pārklājumi" vadītājs



RICHARD GROSBERGS

### Iepazīsti mūsu zinātnieku darbu

Ieskenē kodu un vairāk uzzini par pētījumiem LU CFI EXAFS spektroskopijas laboratorijā.

[www.dragon.lv/exafs/index.htm](http://www.dragon.lv/exafs/index.htm)

