

ELEKTRĪBA NO OGĀM

INTA MUZIKANTE

Siltā un saulainā vasaras dienā tu lēni pastaigājies pa dārzu un redzi, kā avenes laiski sārtojas saulē. Mēs zinām, cik tās ir saldās un cik labi garšo. Bet kāpēc ne likt tām vēl arī pastrādāt? Nu, piemēram, ražot elektrību.

Mūsdienās arvien straujāk pieaug nepieciešamība pēc elektroenerģijas. Aprēķini rāda, ka līdz 2050. gadam elektroenerģijas patēriņš pasaulē varētu sasniegt vairākus teravatus (viens teravats ir miljons megavatu). Saule dod Zemes virsmai enerģiju, kas ir aptuveni desmit tūkstošus reižu lielāka. Ņemot vērā to, ka arvien vairāk pievēršamies tādiem elektroenerģijas iegūšanas veidiem, kas saudzē dabu, saules enerģijas izmantošana ir viens no risinājumiem. Saules gaismā dod mums "tīru" enerģiju, t.i., fotonus, kas turklāt ir bezmaksas. Mūsu augu valsts izmanto tikai kādu tūkstošo daļu no Saules atnākušajiem fotoniem.

Lai iegūtu elektroenerģiju, mēs bieži vien sadedzinām augus vai to produktus (koksni, naftu, akmeņogles). Diemžēl tas ir saistīts ar oglekškabās gāzes izdalīšanos, kas veicina globālo sasilšanu un klimata izmaiņas. Tāpēc pasaulē arvien vairāk pievēršas tādiem saules enerģijas izmantošanas veidiem kā saules kolektori apsildīšanai un saules baterijas elektroenerģijas iegūšanai.

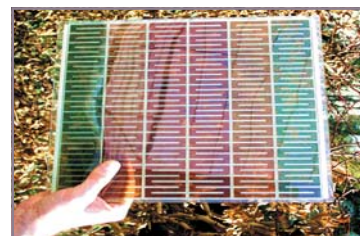
Lai saules enerģiju pārvērstu elektriskajā enerģijā, vispirms ir nepieciešams aparāts (solārā šūna), kurā molekula vai atoms, absorbējot saules gaismu, rada (ģenerē) brīvos elektronus. Pēc tam brīvie elektroni, pārvietojoties pa materiālu, nokļūst uz elektrodiem un tālāk ārējā elektriskajā ķēdē. Saslēdzot solārās šūnas virknes vai paralēlā slēgumā, iegūstam moduļus, no kuriem savukārt veido saules baterijas.

Jau tagad solārājās šūnās plaši izmanto dažādus neorganiskos materiālus, piemēram, monokristālisko silīciju vai polikristāliskā silīcija slāņus, CdTe, GaAs slāņus utt. Ir parādīts, ka neorganisko materiālu solāro šūnu efektivitātei pastāv maksimālā teorētiskā robeža, ko nosaka pats materiāls un šūnas struktūra. Monokristāliskā silīcija vienslāņa solārās šūnas¹ sasniegtais rekords ir 28%, savukārt vairākslāņu GaAs solārās šūnas efektivitāte pārsniedz 40%.

Pēc ilga un neatlaidīga organisko materiālu pētniecības procesa, kas aizsākās pagājušā gadsimta vidū, beidzot parādījusies iespēja tos izmantot arī tādās jaunās tehnoloģijās kā saules enerģijas izmantošana. Organisko

materiālu solārās šūnas, salīdzinot ar jau zināmajām neorganisko materiālu solārājām šūnām, ir ar zemāku efektivitāti, bet ir daudz lētākas kā izgatavošanas, tā arī izejmateriālu iegūšanas ziņā. Izmantojot polimēru kārtiņas, iespējams iegūt liela izmēra, vieglas un mehāniski lokāmas šūnas. Organisko molekulu sintēze ļauj viegli mainīt materiālu īpašības, iegūt dažādas krāsas, kā arī caurspīdīgas šūnas.

Saules baterija, ko veido dažādu organisko krāsvielu solārās šūnas.



Krāsvielu solārās šūnas (*dye sensitized solar cell*) intensīvi pēta jau 15 gadus – kopš brīža, kad Braiens O'Reigans un Mišels Grecels (*Braien O'Reigan, Michael Grätzel*) pirmo reizi publicēja rakstu par elektrolītisko krāsvielu solāro šūnu. Diemžēl viens no tās trūkumiem ir nestabilitāte, ko nosaka krāsvielas un elektrolīta mijiedarbība. Bez tam solārā šūna jāizveido tāda, lai elektrolīta šķīdums neiztvaikotu.

Šūnas efektivitāti ietekmē daudzi faktori. Vispirms ir jānodrošina, lai gaismas iedarbībā ģenerētie brīvie elektroni no krāsvielas nonāktu pusvadītāja – titāna dioksīda (TiO_2) kārtiņā. Viens no risinājumiem ir izmantot TiO_2 nanopulveri, kas ievietots krāsvielā. Ir zināms, ka tad fotostrāva var palielināties pat 1000 reizes.

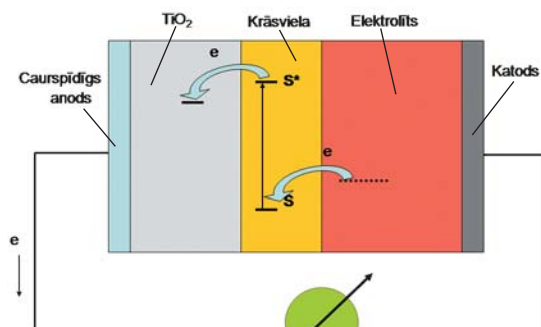
Otrs svarīgs uzdevums ir atrast piemērotu un tai pašā laikā lētu organisko krāsvielu. Te tiek pētītas gan jau zināmās organiskās krāsvielas, gan mērķtiecīgi sintezētas jaunas. Ne mazāk svarīga ir dabai draudzīgu materiālu izmantošana, un te nu noder dabas krāsvielas. Dabā ir sastopami dažādu krāsu augļi, ziedi, lapas, baktērijas, kas satur pigmentus, kuri ir vieg-

Kā darbojas krāsvielu solārā šūna

Nefiziķi šo daļu drīkst izlaist.

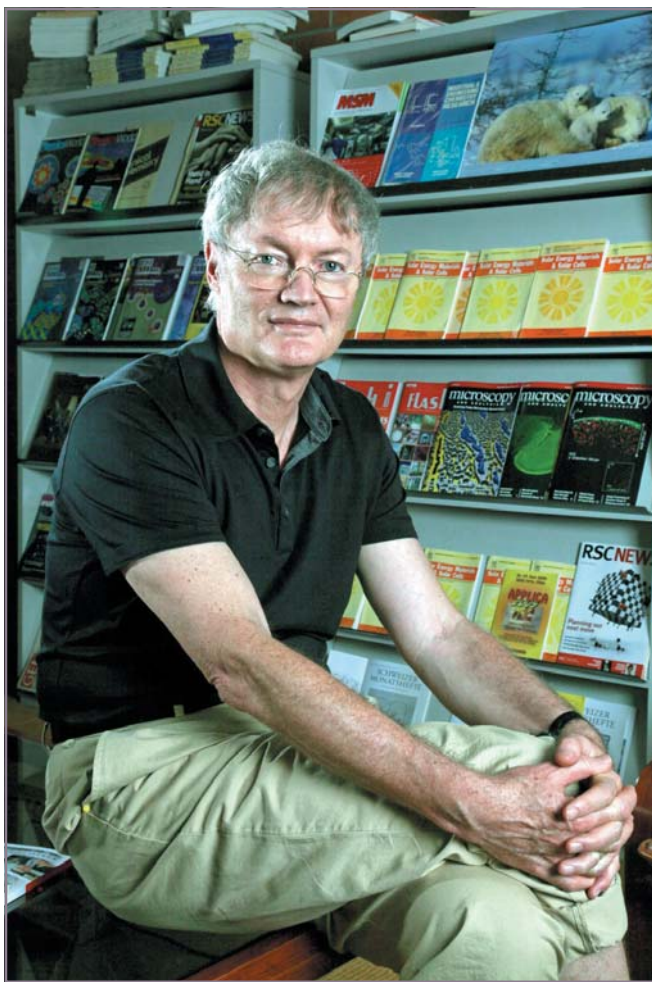
Krāsvielu solārā šūna (Grecela šūna) sastāv no pusvadītāja ar platu aizliegtu zonu* – šis pusvadītājs parasti ir titāna dioksīds TiO_2 ar aizliegtās zonas platumu apmēram 3,2 eV – un organiskās krāsvielas, kuras absorbcijas spektrs ir pēc iespējas tuvāks Saules spektram. Tas nodrošina pēc iespējas lielāku fotonu absorbciju, kas nepieciešama brīvo elektronu ģenerēšanai. Krāsvielu solārājā šūnā notiekošos procesus var aprakstīt šādi. Krāsvielas molekulu (S) ierosinot ar fotonu ($h\nu$), tā nonāk ierosinātā stāvoklī (S^*), kas enerģētiski ir augstāk par pusvadītāja (TiO_2) aizliegtu zonu, tādēļ notiek elektrona pārnese uz pusvadītāju. Lai iegūtu lielākas strāvas vērtības, solārājā šūnā ir arī joda (I) joni, kurus parasti iegūst, oksidējot jodu trijodīda elektrolītā. Tie nodrošina krāsvielas molekulas reģenerāciju.

*Aizliegtās zonas platums pusvadītājos ir vienāds ar enerģiju, kas nepieciešama, lai izrautu elektronu no atoma ārējās elektronu čaulas un tas varētu sākt brīvi pārvietoties cietvielā.



Krāsvielu solārā (Grecela) šūna ar titāna dioksīda slāni (shēma).

¹ Terras 2009. gada septembra-oktobra numurā lasiet divus rakstus par jaunākajiem saules bateriju rekordi. – Red. piez.



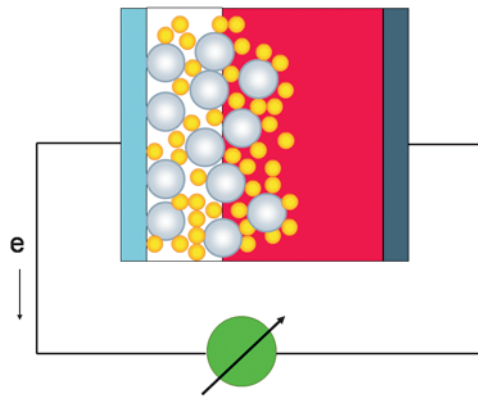
Lozannas Tehniskās augstskolas profesors M. Grecels.

li ekstrahējami un izmantojami krāsvielu solārajās šūnās. Atšķirībā no sintētiskajām krāsvielām dabas krāsvielas ir vi-
dei draudzīgākas un bioloģiski pilnīgi sadalās.

Viena no šādām dabas krāsvielu grupām ir dažādi antoci-
anīni², kas augiem bieži rada sarkanos, rozā, violetos un zilos
krāsu toņus. Vārds “antocianīns” ir cēlies no diviem grieķu
vārdiem un nozīmē “zieds” un “zils”. Rudens lapām, pumpu-
riem un jauniem dzinumiem antocianīnu atvasinājumi dod
sarkano krāsu. Literatūrā var atrast daudzus rakstus, kur
krāsvielu solārajām šūnām izmantoti dažādi augi un augļi.
Vienmēr iespējams atrast tādus augus un augļus, kas ir pieejami
un var labi noderēt krāsvielu solāro šūnu izgatavošanā (pie-
mēram, mellenes, avenes, plūškoka ogas, bak-
lažāni utt.).

Solārās šūnas pagatavošana ir samērā vien-
kāršs, taču darbietilpīgs process, kas sastāv no
vairākiem posmiem. Nepieciešama sarkanu vai
zilu augļu sula, piemēram, melleņu, aveņu, plūškoka
augļu sula. TiO₂ ir sastopams dabā, to izmanto kā balto
pigmentu. TiO₂ pulveri plaši izmanto rūpniecībā papīra
un plastmasas balināšanai, kā arī pievieno, piemēram, zo-
bu pastai un ēdieniem. Kā mājas apstākļos iegūt TiO₂ nano-
pulveri no virtuļiem, kas apkaisīti ar pūdercukuru (!), aplū-
kojams internetā (<http://www.wired.com/wiredscience/2009/03/donutsolar/>).

Vispirms nepieciešamas stikla plāksnītes, kas pārklātas
ar caurspīdīgu elektrovadošu slāni (tas būs elektrods). Šim
nolūkam noder ar indija titāna oksīda (ITO) slāni pārklātas



Krāsvielu solārās (Grecela) šūnas ar TiO₂ nanodaļiņām
shematisks attēlojums.

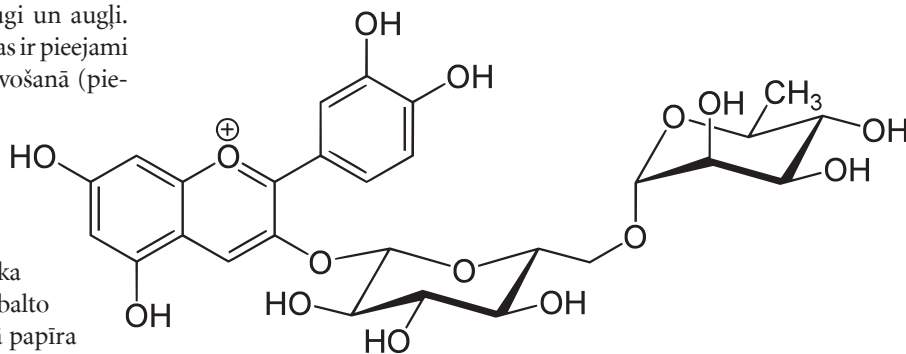
stikla plāksnītes, kas rūpīgi jānotīra ar hloroformu. Pēc
plāksnīšu notīrīšanas uz vienas no tām elektroda pusē izvei-
do TiO₂ pastas klājumu.

TiO₂ klājumam jābūt maksimāli plānam un līdznam,
lai caur to varētu norisināties elektronu pārnesē. Pēc tam ar
pastu klātais elektrods tiek karsēts 400 °C temperatūrā, līdz
uzklātais slānis sacietē (keramizējas). Būtiski, lai paraugs tiktu
atdzēsēts pakāpeniski, tādējādi novēršot mikroplaisu rašanās
iespēju ITO klājumā, kas savukārt traucētu vai padarītu ne-
iespējamu elektronu pārnesi.

Kad TiO₂ klājums ir sagatavots, tajā ievada krāsvielas, pa-
raugu nokļājot ar pašu spiesto ogu sulu. Lai atbrīvotos no
sulas sastāvā esošajiem blakus savienojumiem un uz parauga
nokļuvušajiem taukiem, paraugu skalo ar ūdeni un polāru
šķīdinātāju, piemēram, etanolu. Pēc tam uz piesūcinātā TiO₂
klājuma uzliek otru stikla plāksnīti ar elektrodu, ar tam
sekojošu elektrolīta iepildīšanu starpelektrodu telpā. Kā
pēdējo veic parauga hermetizēšanu. Atliek pievienot vadus
pie katra elektroda un krāsvielu solārā šūna ir gatava! Nu to
var likt spilgtā gaismā un iegūt elektrisko strāvu.

Lai izgatavotu dabas krāsvielu solāro šūnu, var noderēt
sekojoši darbi:

- http://en.wikipedia.org/wiki/Dye-sensitized_solar_cell;
- <http://www.mansolar.com/function.htm>;
- http://www.camse.org/scienceonthemove/documents/DSSC_manual.pdf;
- <http://isis.ku.dk/kurser/blob.aspx?feltid=54275>.



**Keracianīns ir tikai viens no daudziem simtiem dabā
sastopamo antocianīnu, citi tā nosaukumi (sambucīns,
antirīnīns) tieši liecina par izdalīšanas avotu (Sambucus –
plūškoks; Antirrhinum – lauvmutītes). Sastopams arī
upeņu ogās un daudzos citos augos. Parasti dotajā objektā
(augļos, ziedos, ogās) atrodams vairāku antocianīnu
maisījums, kas kopā ar citiem pigmentiem (visbiežāk
karotinoīdiem) nosaka objekta krāsu.**

² Agrāk bieži saukti par antociāniem.

– Red. piez.