

# PILATUS

## Čeští vědci spolupracují na evropském projektu ekologické výroby fotovoltaiky

Jana Žďárská

Fyzikální ústav AV ČR, Na Slovance 2, 182 21 Praha 8; zdarskaj@fzu.cz

Čeští vědci z Fyzikálního ústavu AV pod vedením dr. Martina Ledinského se zapojili do projektu PILATUS, který je součástí HORIZONT Europe. Cílem tohoto projektu je zvýšení výrobní kapacity fotovoltaických článků v Evropě o 30 %. Bude se jednat o ekologickou výrobu modulů s vysokou účinností, která sníží dopad na životní prostředí. Solární panely budou také vyrobeny s ohledem na recyklaci použitých materiálů a budou splňovat nejpřísnější evropské ekologické požadavky.

V roce 2020 se v Evropě vyrobilo méně než 1 % celosvětové produkce solárních článků. Evropa je kvůli tomu závislá na dovozu solárních článků z Asie – kde se vyrobí více než 97 % křemíkové fotovoltaiky. Přitom se ale právě v Evropě nainstalovalo přes 20 % globální fotovoltaické kapacity. V roce 2022 byl celosvětově kumulativně nainstalován první TWP fotovoltaiky, zatímco pro porovnání v jaderných elektrárnách je to 700 GW. Proto se závislost na dovozu solárních článků z Asie v kontextu nedávných geopolitických událostí jeví jako energetický hazard, který může ukončit evropský zelený sen.

Jak tedy navrátit výrobu fotovoltaických panelů z Číny zpět do Evropy? Pomoci by mohlo grantové schéma – HORIZONT EU s projektem PILATUS, podpořeným částkou ve výši 10,5 milionu eur. Počítá se v něm se zvýšením výrobní kapacity fotovoltaických článků v Evropě o 30 % a současně se snížením dopadu na životní prostředí. Solární panely tak budou vyrobeny s ohledem na recyklaci použitých materiálů a budou splňovat nejpřísnější evropské ekologické požadavky.

Na tříletém projektu PILATUS se podílejí čeští vědci a také instituce z Belgie, Itálie, Německa, Nizozemska, Norska, Švýcarska a Velké Británie. Projekt PILATUS



Nová metoda je založena na silné absorpci světla z modré části spektra v tenkých kontaktech amorfního křemíku.

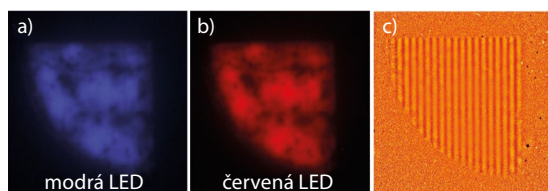
Foto: René Volfík, FZU AV ČR



Ekologické solární panely budou vyráběny s ohledem na recyklaci použitých materiálů a budou splňovat nejpřísnější evropské ekologické požadavky.

využije patentovanou technologii křemíkových solárních článků s kontakty na spodní straně fotovoltaických článků – což je právě doména týmu českých vědců. Osvětlenou stranu článku v tomto případě nestíní žádné neprůhledné kovové kontakty, což v kombinaci s optimální pasivací povrchových defektů umožní vyrobít sluneční články s maximální účinností fotovoltaické přeměny vyšší než 26 %. Solární články se zadními kontakty navíc mají jednu přirozenou výhodu – a to, že je tímto způsobem umožněno využít i světlo dopadající na spodní stranu panelu a odražené od plochy pod panelem.

V tomto případě by se dalo říci, že vědci vytvoří takové fotovoltaické „ferrari“. „Pokud chceme být konkurenceschopní, musíme přijít s novou, vysoce účinnou a jednoduchou technologií, díky které bude fotovoltaika cenově dostupná a zároveň splní i přísné ekologické požadavky. Proto budeme pro tohle fotovoltaické „ferrari“ využívat z velké části energii z norských vodních elektráren a minimalizovat tak jeho CO<sub>2</sub> stopu,“ vysvětluje Martin Ledinský a dodává: „Roční výrobní kapacita pi-



**Obr. 1** Měření tloušťky zadních kontaktních proužků pomocí fotoluminiscenčního zobrazování při a) buzení silně absorbovaným modrým světlem, b) buzení červeným světlem bez vlivu absorpce, a c) výsledný obraz tloušťky vypočtený dle vzorce (1).

lotního provozu dosáhne minimálně 170 MWp. Pokud se projekt ukáže jako životaschopný, bude následovat druhá fáze – továrna s roční kapacitou 3–5 GWp.“ Než se ale první linka rozběhne, čekají české vědce – zástupce jedné z pěti vědeckých institucí, spolupracující na projektu – dlouhé měsíce příprav, měření a optimalizace.

Zobrazování kontaktních vrstev amorfního křemíku na zadní straně článků je nejdůležitějším úkolem českých vědců v projektu. Pod mikroskopem přiblížený křemíkový fotovoltaický článek vypadá trochu jako pole egyptských pyramid, kde jsou ale všechny stavby velmi nahusto a přesně stejně orientované, jen se trochu liší velikostí. Když nasněží na pyramidy v Gize, člověk si může metrem změřit, kolik sněhu napadlo, ale ve fotovoltaickém článku jsou pyramidy 5 mikronů vysoké a je na ně „nasněžena“ 10–20 nm tlustá vrstva amorfního křemíku. V tomto přirovnání to odpovídá zhruba 1 cm sněhu. Měření tlouštěk takto tenkých vrstev se standardně dělá pomocí optické interference, která je ale na hrubých površích slepá. Proto v Praze vznikla metoda, jež zvládá i měření na hrubých površích.

Nová metoda je založena na silné absorpci světla z modré části spektra v tenkých kontaktech amorfního křemíku. 20 nm tlustá vrstva pohltí téměř 1/3 dopadajícího modrého světla. Opticky potom zaznamenáváme interakci zbylého modrého světla s krystalickým křemíkem ležícím pod tenkou vrstvou. V tomto smyslu se velmi osvědčila ramanovská spektroskopie, dávající velmi přesné hodnoty a dovolující profilování s velmi vysokým rozlišením. Ovšem za cenu dlouhých měření, trvajících několik hodin.

V rámci předchozího úspěšného projektu NextBase, který optimalizoval technologii průmyslově kompatibilní přípravy těchto fotovoltaických článků, se týmu z Fyzikálního ústavu AV ČR povedlo metodu měření tloušťky zadních kontaktů výrazně zrychlit pomocí přechodu na zobrazování fotoluminiscenčních signálů. Měření je zachycené na obr. 1.

Vidíme, že fotoluminiscence, i přes absorpci modrého světla v prouzcích, nevykazuje žádné zřejmé proužky. To je dané silně nehomogenní fotoluminiscencí krystalického křemíku. Proto je nutné provést kontrolní fotoluminiscenční měření bez vlivu absorpce (s buzením v červené části spektra). S ním je nutné původní měření porovnat a z absorpčního zákona vypočítat tloušťku proužku:

$$d = \ln(I_{Red}/I_{Blue})/\alpha, \quad (1)$$

kde  $I_{Red}$  je intenzita fotoluminiscence při červené excitaci,  $I_{Blue}$  při modré a  $\alpha$  je absorpční hloubka modrého světla v amorfním křemíku. Obraz amorfních proužků vidíme na posledním panelu c). Fotoluminiscenční měření má menší rozlišení, ale je možné jej provádět výrazně rychleji, konkrétně v tomto případě měření

trvalo 20 s. Tato metoda byla jedním ze tří zásadních výsledků zmíněného EU projektu NextBase.

Proto byl tým Martina Ledinského přizván k další mezinárodní spolupráci v navazujícím projektu PILATUS. Cílem je vylepšit techniku kontroly kontaktů a zkrátit dobu měření ze současných desítek sekund pod jedinou sekundu, aby mohla kontrola probíhat v reálném čase na výrobní lince ve chvíli, kdy článek vyjede z depoziční komory. „Výzkum jednotlivých charakterizačních kroků bude probíhat v laboratoři Fyzikálního ústavu AV ČR a ověří se na prototypové lince ve Freiburgu,“ shrnuje Martin Ledinský.

Výroba elektrické energie a energetická soběstačnost je v současné době velmi důležitým tématem. Vzhledem k vysokým cenám energií bude jistě plánované zvýšení účinnosti solárních článků velkým krokem na cestě k cenově dostupné energii z obnovitelných zdrojů vyrobených na starém kontinentu.

**RNDr. Martin Ledinský, Ph.D.**, narozen v Trutnově v roce 1979, absolvoval Matematicko-fyzikální fakultu Univerzity Karlovy v Praze (obor optika a optoelektronika, RNDr. 2004). Ve stejném roce také dokončil studium pedagogického minima pro učitele fyziky středních škol. V roce 2009 získal ve Fyzikálním ústavu Akademie věd České republiky vědeckou hodnost Ph.D. v oboru kvantová optoelektronika. Od roku 2001 pracuje ve Fyzikálním ústavu AV ČR jako vědecký pracovník. Od roku 2017 vede skupinu tenkých vrstev pro fotovoltaiku. V roce 2013 a 2014 byl postdoktorandem na EPFL ve švýcarském Neuchatelu v přední světové fotovoltaické laboratoři PV-lab. V roce 2018 byl na kratším pracovním pobytu v KAUST v Saúdské Arábii. Vede studenty magisterského a doktorského studia a přednáší semestrální kurzy v magisterském i doktorském studijním programu na Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT v Praze. Věnuje se popularizaci základního výzkumu, zejména fotovoltaiky, a obecně i popularizaci fyziky. Cílí přitom na publikum všech věkových úrovní, od dětí z mateřských škol až po univerzitu třetího věku.

Martin Ledinský se zabývá výzkumem a základní charakterizací nových fotovoltaických materiálů – zejména halidových perovskitů – a vlivem defektů na výsledné fotovoltaické vlastnosti z nich připravených slunečních článků. Věnuje se také výzkumu křemíkové fotovoltaiky a přenosu poznatků základního výzkumu do průmyslové výroby. Je autorem nebo spoluautorem více než 100 původních vědeckých prací, publikovaných v renomovaných mezinárodních odborných časopisech.

Trénuje orientační běh, s manželkou Leonou mají tři děti a žijí v Praze.

Více na <https://www.avcr.cz/cs/pro-verejnost/aktuality/PODCAST-Elektrina-v-lete-zadarmo-S-Martinem-Ledinskym-o-fotovoltaice/>

