

SŁOŃCE NA KOŃCU TUNELU

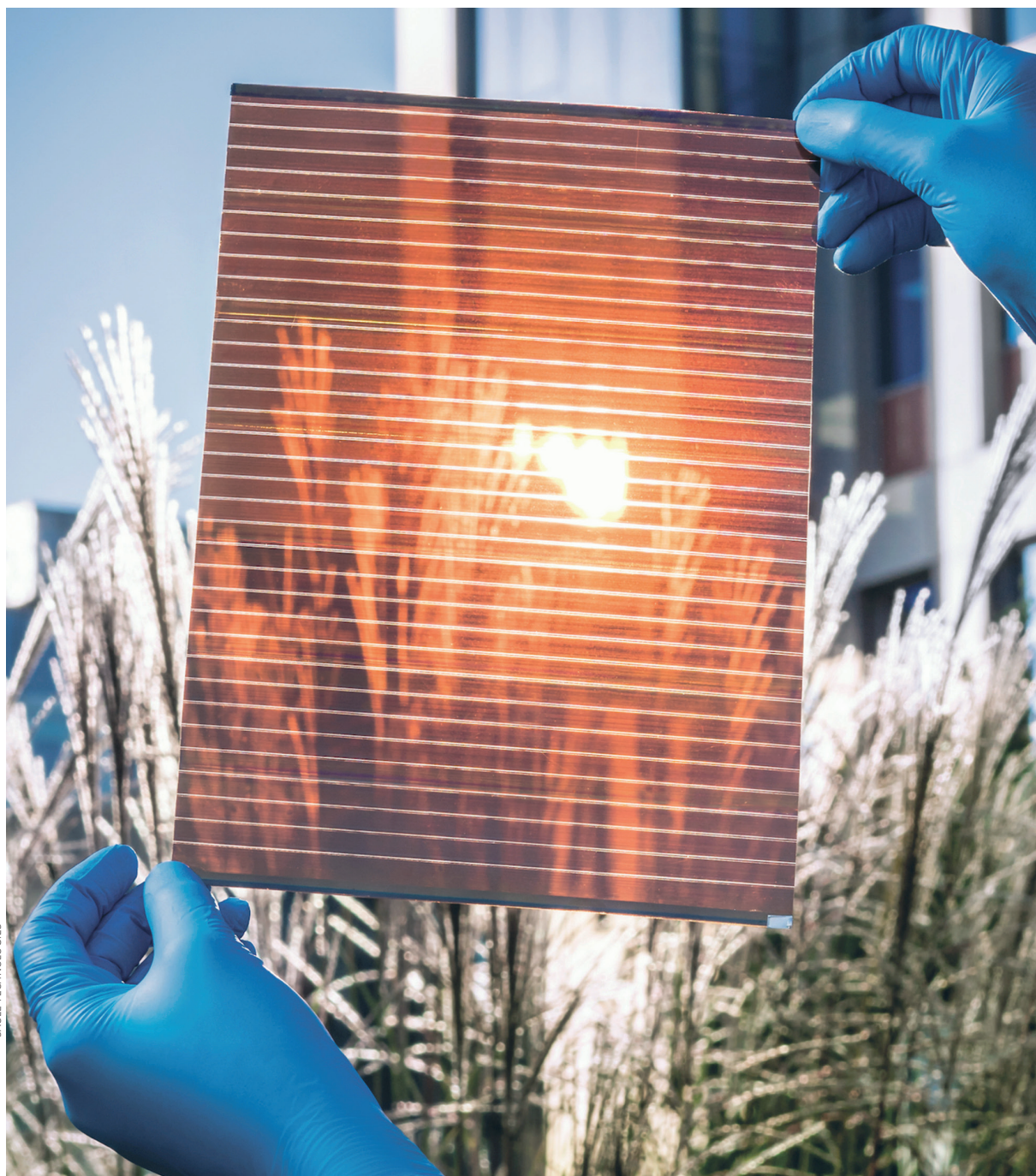
**Olaf Szewczyk**

Jest dyrektorem ds. komunikacji w Saule Technologies.

Był kierownikiem działów naukowo-technologicznych tygodników „Wprost” i „Przekrój”, autor felietonów popularyzujących naukę w gazetach „Dziennik. Polska – Europa – Świat” i „Gazeta Wyborcza”.

pr@sauletech.com

Perowskitowe ogniwa fotowoltaiczne to największy przełom w fotowoltaice od dekad i szansa na tanią, powszechnie dostępną zieloną energię. Już dziś sprawdzają się tam, gdzie ogniwa krzemowe nie mają racji bytu.



Lekki i półprzezroczysty perowskitowy moduł słoneczny

SAULE TECHNOLOGIES

Olaf Szewczyk

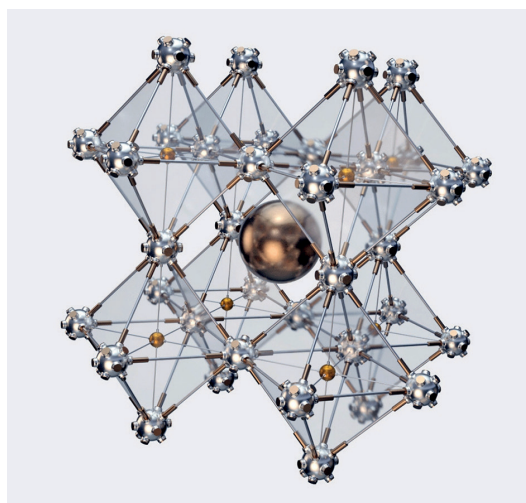
Saule Technologies w Warszawie

W genialnej francuskiej rodzinie Becquerelów najjaśniejszym blaskiem świeci Henri Becquerel (1852–1908). Odkrył promieniotwórczość, za co na pięć lat przed swoją śmiercią został uhonorowany Nagrodą Nobla w dziedzinie fizyki, *notabene* wspólnie z Marią Skłodowską-Curie i jej mężem Pierre’em Curie. Jego dziadek, Antoine César Becquerel (1788–1878), zasłynął jako badacz elektryczności i luminescencji. Syn Henriego, Jean Becquerel (1878–1953), również osiągnął status szanowanego fizyka, dzięki swoim badaniom nad optycznymi i magnetycznymi właściwościami kryształów. Jednak w całej tej zacnej linii wybitnych ścisłych umysłów to pozostający wciąż w cieniu syna ojciec noblisty Edmond Becquerel (1820–1891) ma szansę z czasem przejść do historii jako ten z rodziny, któremu zawdzięczamy najwięcej. Edmond liczył sobie zaledwie 19 wiosen, kiedy odkrył efekt fotowoltaiczny i zbudował pierwsze ogniwo fotowoltaiczne.

Ogniwa krzemowe

Tradycyjne krzemowe ogniwa fotowoltaiczne są wytwarzane w bardzo wysokich temperaturach (powyżej 800 st. C). Wysoka temperatura wytwarzania ogniw sprawia też, że nie da się ich np. integrować w tym procesie z podłożem z tworzywa sztucznego lub jakiegokolwiek innego, które mogłoby ulec zniszczeniu wskutek tak znaczącego podgrzania. Kolejnym problemem jest kruchość i sztywność ogniw krzemowych, które z tego powodu są montowane zasadniczo zawsze w ten sam sposób – jako płaskie, ciemne wafle w sztywnych, chroniących je ramach. Z tego powodu instalacje fotowoltaiczne na dachach wyglądają właściwie wszędzie tak samo, nic się w tej kwestii nie zmienia od dziesięcioleci. A propos ciemnej barwy (zwłaszcza w przypadku najpopularniejszych dziś ogniw monokrystalicznych sc-Si – ogniwa multikrystaliczne mc-Si bardziej wpadają w błękit), to również w przypadku ogniw krzemowych jest cecha stała. Ogniwa krzemowe na dachach wyglądają w związku z powyższym nieodmiennie szpetnie, nie bez powodu architekci ich szczerze nie cierpią. Nie da się bowiem umieścić ogniw krzemowych na budynkach w sposób dyskretny, bezinwazyjny, możliwie neutralny.

Znaczącym ograniczeniem krzemowych ogniw fotowoltaicznych jest cecha, do której przywykliśmy tak bardzo, że uznajemy ją za coś oczywistego. Otóż ogniwa krzemowe pracują wydajnie tylko w świetle słonecznym. I tylko wtedy, gdy promienie padają



Kryształ perowkitu

SAULE TECHNOLOGIES

na nie pod optymalnym kątem. To główny powód montowania ich niemal wyłącznie na dachach, gdzie łatwiej skierować płaszczyznę ogniwa w stronę górującego w południe słońca. Na ścianach ogniw krzemowych, montowanych pionowo, niemal się nie widuje. W takim położeniu promienie słońca padałyby na nie bardziej z ukosa, co niekorzystnie wpłynęłoby na ilość wytwarzanego prądu.

Mimo tych wszystkich ograniczeń fotowoltaika coraz bardziej zyskuje na znaczeniu z rozmaitych powodów. Konieczność szybkiego odejścia od paliw kopalnych była dla nas oczywista już lata temu, gdy zrozumieliśmy, że grozi nam kataklizm klimatyczny, który mógłby przynieść zagładę większości gatunków roślin i zwierząt na Ziemi. Wiemy już, że żyjemy w erze antropocenu, która może się zakończyć kolejnym wielkim wymieraniem porównywalnym z tymi, po których ekosystem Ziemi musiał odtwarzać się niemal od zera. Fotowoltaika jako najbardziej obiecujące, wydajne, sprawdzone i bezpieczne „zielone” źródło energii, wydaje się jedną z naszych największych nadziei na zażegnanie kryzysu.

Odkrycie Edmonda Becquerela – jak widać – znacząco zyskało na znaczeniu. Pojawia się jednak pytanie, w którym kierunku i jak dalece możemy dziś rozwijać technologie fotowoltaiczne. Z krzemem krystalicznym doszliśmy praktycznie do ściany, wiele więcej nie da się już w tym obszarze badań uzyskać. Alternatywne, rozwijane dotąd rozwiązania mają wady, które dyskwalifikują je jako technologię nowej generacji. Są albo mało wydajne, jak panele z krzemu amorficznego (a-Si), albo toksyczne, jak panele z tellurku kadmu (CdTe), albo bardzo kosztowne, jak ogniwa z arsenku galu (GaAs).

Odkrycie

Pojawiła się jednak zupełnie nowa technologia fotowoltaiczna, która już dziś może oznaczać pod względem

ACADEMIA PREZENTACJE Fizyka

osiągów i zastosowań taki przełom, jakim były telefony komórkowe w porównaniu do telefonów stacjonarnych. Ogniwa fotowoltaiczne bazują nie na krzemie, a na perowskitach.

Te materiały o specyficznej krystalicznej strukturze są znane nauce od 1839 roku, kiedy to pierwszy minerał o takiej strukturze odkrył w górach Ural niemiecki mineralog Gustav Rose. Perowskity są w naturze powszechne, najważniejsze jest jednak to, że można je łatwo wytwarzać na drodze syntezy chemicznej w laboratorium. Długo jednak nie potrafiono dostrzec, że mogą się znakomicie sprawdzić w ogniwach fotowoltaicznych.

Przełomem, który pozwolił myśleć o praktycznym wykorzystaniu perowskitów w fotowoltaice, było odkrycie, którego dokonała podczas studiów na Uniwersytecie w Walencji polska fizyczka Olga Malinkiewicz. Był 2013 rok, studentka z Polski spędzała każdą wolną chwilę w laboratorium, próbując dokonać tego, co nie udawało się najlepszym światowym zespołom badawczym. Tak jak w przypadku odkrycia dokonanego przez 19-letniego Edmonda Becquerela decydujące okazały się genialna intuicja, determinacja i szczęście. Ogniwo fotowoltaiczne na bazie perowskitu, które stworzyła, działało, i to z zaskakującą wydajnością. Za opracowanie niskotemperaturowej technologii wytwarzania elastycznych ogniw fotowoltaicznych na bazie perowskitów Olga Malinkiewicz otrzymała 28 marca 2014 roku z rąk wiceprzewodniczącej Komisji Europejskiej Neelie Kroes główną nagrodę w konkursie naukowym Photonics21.

Malinkiewicz, świadoma rangi swojego osiągnięcia, poszła za ciosem. Przyjęła propozycję polskich biznes-

menów Artura Kupczunasa i Piotra Krycha i jeszcze w tym samym roku rozpoczęła we Wrocławiu działalność firma Saule Technologies, której celem było dopracowanie technologii produkcji perowskitowych ogniw fotowoltaicznych oraz komercjalizacja produktu. Saule Technologies jest dziś jedną z najważniejszych na świecie firm rozwijających tę technologię. I pierwszą, która rozpoczęła produkcję ogniw perowskitowych i wprowadziła gotowe produkty na rynek.

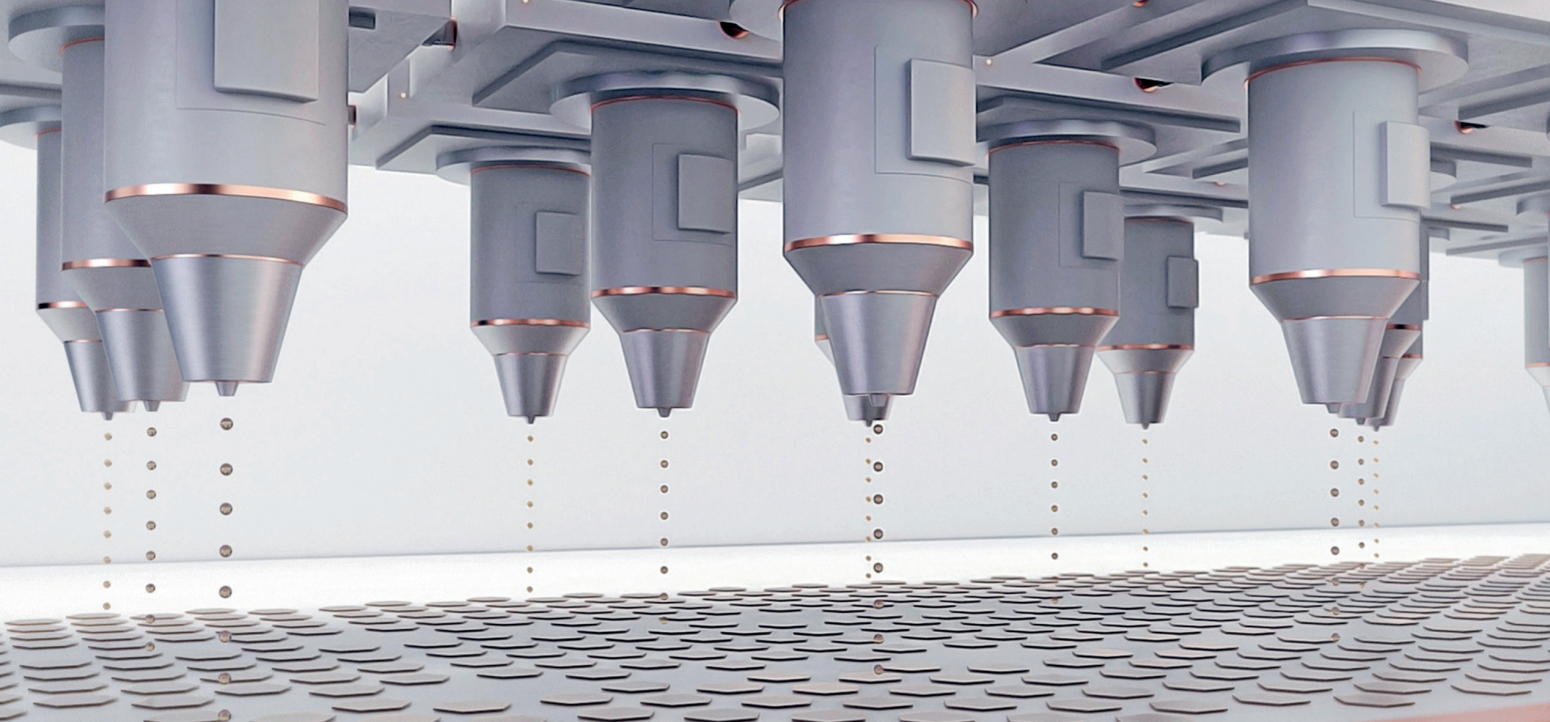
Perowskit

Ogniwa perowskitowe można wytwarzać w niskich temperaturach, więc ilość energii zużytej podczas produkcji jest niska. Ogniwa perowskitowe są zatem bardziej „zielone” od tradycyjnych ogniw krzemowych, łatwiej też jest je wytwarzać. Materiały potrzebne do ich produkcji są łatwo dostępne w Europie. Niskie temperatury wytwarzania pozwalają ponadto drukować ogniwa perowskitowe na praktycznie dowolnym podłożu. Może być to folia PET, tekstylia, a nawet papier. Ogniwa są przy tym niezwykle cienkie (a więc i ultralekkie) oraz elastyczne, co oznacza praktycznie nieskończoną liczbę możliwych zastosowań. Można je nadrukowywać chociażby na plandekach TIR-ów, żaglach, namiotach, kurtkach czy plecakach. Ogniwa perowskitowe są półprzezroczyste i można je barwić na rozmaite kolory. Wyobraźmy sobie pokrytą bezinwazyjnie niewidocznym ogniwem fotowoltaicznym falistą dachówkę, karoserię samochodu, wiaty na rowery lub auta, obudowy smartfonów, komputerów czy dronów, które dzięki dodatkowemu zastrzykowi energii mogą działać dłużej i przyjaźniej dla środowiska

Zespół drukarski
z modułem 1×1 metr



SAULE TECHNOLOGIES



SAULE TECHNOLOGIES

naturalnego. Olbrzymim atutem ogni perowskitowych jest ich wysoka wydajność nawet w nieoptymalnym oświetleniu. Mogą być zastosowane na fasadach budynków, mimo że promienie słońca padają na nie wtedy pod niekorzystnym kątem. Ponieważ ogniwa perowskitowe są półprzezroczyste, można też nimi pokrywać szyby okienne.

Saule Technologies już pokazało funkcjonalne rozwiązanie z tej kategorii. Pierwsze lamele, łamacze światła pokryte ogniwami perowskitowymi, można podziwiać na fasadzie siedziby Aliplast w Lublinie już od ponad roku. Oprócz spełniania swoich tradycyjnych funkcji, jak ochrona przed ostrym światłem i przegrzaniem budynku latem, a wychłodzeniem zimą, lamele z perowskitami dostarczają prąd biurom działającym w budynku.

Jednym z najbardziej interesujących atutów ogni perowskitowych jest ich wysoka efektywność. Już dziś konkurują one z krzemowymi wydajnością, z perspektywami na dalsze przesuwanie granic ich możliwości. Ale nawet nie to jest ich główną przewagą nad ogniwami krzemowymi. Najważniejsze jest to, że ogniwa perowskitowe działają wydajnie także w sztucznym świetle. To otwiera przed tą technologią zupełnie nowe możliwości. Od dawna mówi się przecież o nowej rewolucji przemysłowej, którą jest rozpowszechnienie urządzeń IoT (ang. *Internet of things*) – wyposażonych w mikrokomputery, łączące się zdalnie z internetem. Takich jak czujniki przekazujące automatycznie dane pomiarowe, maszyny regulujące swoją pracę zgodnie ze zdalnie przekazywanymi komendami itd. To wspinała wizja, która jednak dotąd nie miała szans na realizację z jednego powodu – wszystkie te urządzenia wymagają zasilania.

Lekkie, wydajne ogniwa perowskitowe, działające także w niesprzyjających warunkach oświetleniowych, a nawet w sztucznym świetle, są idealną odpowiedzią na to wyzwanie. Niedawno firma Olgi Malinkiewicz Saule Technologies poinformowała o pobiciu kolejnego już progu wydajności. Jak potwierdził niezależny

zespół naukowy instytutu Fraunhofer ISE, ogniwo perowskitowe Saule Technologies osiągnęło imponującą wydajność 31 proc. w sztucznym oświetleniu typowym dla zastosowań IoT (1000 lux).

Saule Technologies już oferuje do sprzedaży pierwsze produkty IoT z ogniwem perowskitowym, przewidziane do pracy w sztucznym świetle – elektroniczne etykiety cenowe PESL (Perovskite Electronic Shelf Label) umożliwiające zdalną, wielokrotną w ciągu dnia zmianę wyświetlanej ceny i dodatkowych komunikatów. Obecnie te produkty są testowane w pilotażowych placówkach sieci Orlen i Żabka, co pozwoli zaoszczędzić czas personelu i umożliwi łatwiejszą sprzedaż produktów spożywczych, których termin przydatności do spożycia się kończy.

To oczywiście tylko niektóre z możliwych zastosowań ogni perowskitowych. Ich unikatowe cechy użytkowe sprawiają, że mogą się sprawdzić niemal wszędzie, liczba możliwych zastosowań jest praktycznie nieograniczona. Już teraz ogniwa Saule Technologies wzbudzają zainteresowanie przemysłu kosmicznego, ponieważ idealnie nadają się jako źródło zasilania w przestrzeni kosmicznej. Ważniejsze wydaje się jednak to, że ze względu na swoją uniwersalność i zakładaną powszechną dostępność (gdy już ruszy masowa produkcja) ogniwa perowskitowe mają szansę stać się kołem zamachowym zmian cywilizacyjnych. Nie tylko jako uniwersalne źródło zielonej energii, lecz także jako wielka szansa na rozwój dla ubogich społeczności i krajów globalnego Południa. Mogą dostarczyć prąd nawet w rejonach odległych od sieci energetycznych lub w sytuacjach kryzysów wywołanych kataklizmami.

Ogniwa perowskitowe są skazane na sukces, ponieważ mogą zajmować nisze rynkowe, w których nie mają dziś żadnej konkurencji. Nie muszą przecież rywalizować z krzemem o miejsce na dachach. Wystarczy, że udowodnią swoją przydatność tam, gdzie krzem ze względu na swoje słabości nie może być wykorzystywany. Internet rzeczy (IoT) to pierwszy oczywisty obszar ekspansji. ■

Saule Technologies wytwarza ogniwa perowskitowe metodą druku atramentowego

Chcesz wiedzieć więcej?

Perlin J., *Let It Shine: The 6000-Year Story of Solar Energy*, 2013

Sivaram V., *Taming the Sun: Innovations to Harness Solar Energy and Power the Planet*, 2019

Kaku M., *Fizyka przyszłości*, 2021.