

# Więcej światła

JERZY KARPIUK  
MAREK PIETRASZKIEWICZ

Instytut Chemii Fizycznej  
Polskiej Akademii Nauk, Warszawa  
karpiuk@ichf.edu.pl, pietrasz@ichf.edu.pl

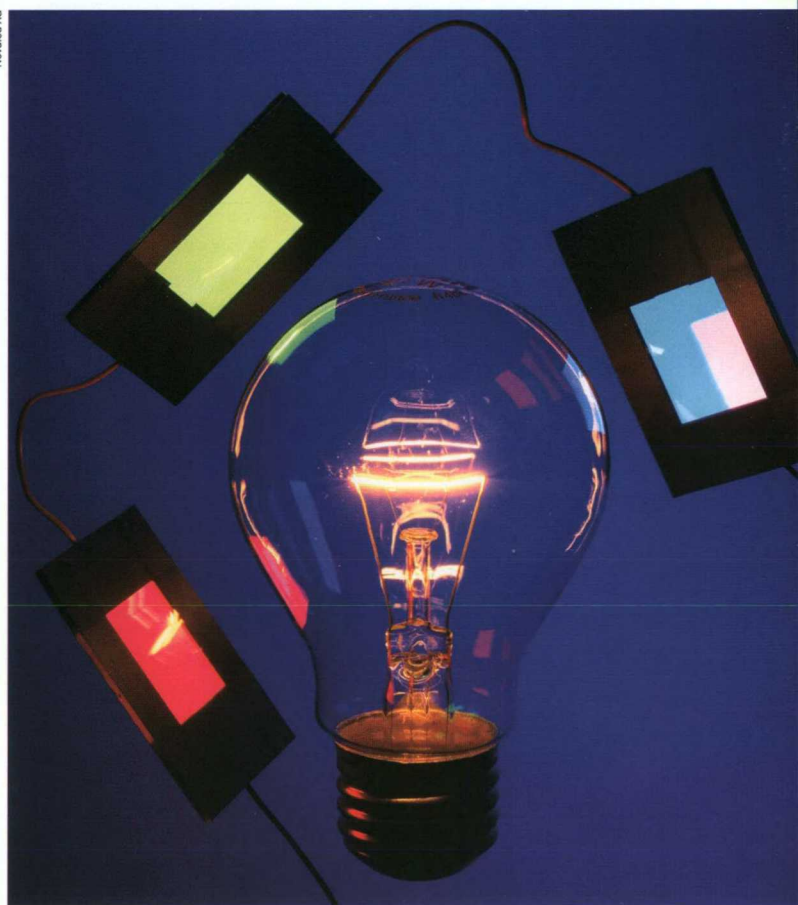
**Czasy, w których żyjemy, tak przyzwyczyły nas do postępu technicznego, że niemal przestajemy go zauważać. Ale prawdziwa rewolucja w technice oświetleniowej dopiero nas czeka**

Urodzeni w świecie, w którym prąd elektryczny jest naturalnym elementem codzienności, doznajemy niemiłego zawodu, a nawet poczucia bezradności, kiedy go nagle zabraknie. Bez wątplenia energia elektryczna była jednym z największych motorów postępu cywilizacyjnego w XX wieku. Ale czy ktoś dziś, wchodząc do ciemnego pokoju i włączając światło, pomyśli, że operacji takiej dokonujemy zaledwie od niespełna 130 lat? Ludzie od zarania dziejów pragnęli przezwyciężyć ciemność, ale dopiero od niedawna – w skali historii ludzkości – mogą to robić, korzystając z czegoś innego niż ogień. Mało kto zdaje sobie sprawę, że konkurencja między coraz powszechniejszym oświetleniem gazowym a rodzącym się dopiero oświetleniem elektrycznym i związana z tym potrzeba opracowania wzorcowego źródła światła doprowadziły w końcu XIX wieku do powstania teorii kwantów i w konsekwencji przyniosły rewolucję w fizyce, a potem w całej technice i w naszym życiu codziennym.

Żarówka w znanym dziś kształcie była owocem wysiłków kilku generacji badaczy, związanych przede wszystkim ze znalezieniem odpowiedniego materiału na włókno. Chociaż już od samego początku zdawano sobie sprawę z niskiej sprawności żarówki – światło stanowi zaledwie kilka procent całej zużywanej energii elektrycznej, a reszta jest zamieniana na ciepło – to jednak przyniosła ona przełom na miarę rewolucji: pozwoliła po raz pierwszy wytwarzać światło bez spalania i użycia ognia. Od początku XX wieku wiadomo, że emisja promieniowania jest efektem przejścia atomów lub cząsteczek z wyższego stanu energetycznego do niższego i podstawą działania każdego źródła światła jest mechanizm pobudzenia atomów lub cząsteczek emitera. Pod tym względem żarówka nie różniła się jeszcze od źródeł opartych na spalaniu: w obu przypadkach światło jest emitowane przez atomy lub cząsteczki pobudzone do świecenia wskutek ruchów termicznych w wy-

sokiej temperaturze. Dopiero w lampach wyładowczych (np. świetlówkach) zastosowano „zimną” metodę obsadzenia stanów wzbudzonych, wykorzystując energię zderzeń atomów z elektronami, co pozwoliło uzyskać znacznie wyższą sprawność i obniżenie temperatury źródeł światła. Wykorzystanie rekombinacji nośników ładunku w ciałach stałych (początkowo półprzewodnikach) do obsadzenia stanów wzbudzonych otworzyło zupełnie nowe możliwości generacji światła, dając nadzieję na niskonapięciowe, wysokosprawne elementy oświetleniowe. Początkowo główną barierą, hamującą zastosowanie półprzewodnikowych diod świecących w oświetleniu, był brak diod, wytwarzających promieniowanie białe, jednak z czasem postęp w technologii diod elektroluminescencyjnych (LED) doprowadził do opracowania półprzewodnikowych źródeł światła białego.

Novaled AG



**OLED mogą świecić we wszelkich kolorach, także chłodnej lub ciepłej bieli. Wkrótce te płaskie, energooszczędne urządzenia zastąpią zwykłe żarówki**

## Organiczne diody luminescencyjne



Merck OLED Materials GmbH

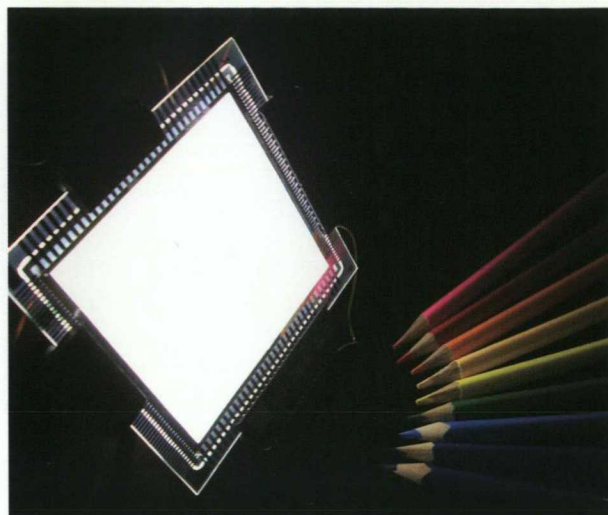
**Dla syntezy i rozwoju nowych materiałów OLED niezbędne jest stałe sprzężenie z testami materiałowymi i konstrukcyjnymi**

Prawdziwej eksplozji urządzeń oświetleniowych o niepotykanych dotychczas właściwościach i zastosowaniach można się jednak spodziewać dopiero po organicznych diodach luminescencyjnych (od ang. OLED – *organic light emitting diodes*). Diody OLED stanowią nową klasę atrakcyjnych źródeł światła na bazie stałych substancji organicznych, w których przepływ prądu powoduje powstawanie nośników ładunków ujemnych i dodatnich (odpowiednio: elektronów i dodatnio naładowanych tzw. dziur) i emisję światła w wyniku ich rekombinacji. Podstawową cechą wyróżniającą OLED-y jest ich rozciągłość przestrzenna, która pozwala na wytwarzanie źródeł światła o dużej i bardzo dużej powierzchni, giętkość i niewrażliwość na naprężenia mechaniczne w przypadku użycia podłoży polimerowych, a także ogromne możliwości dobierania barwy emitowanego promieniowania.

### OLED, czyli oświetleniowa rewolucja

Technologia OLED jest obecnie przedmiotem bardzo intensywnych badań w Europie, USA i Japonii. Ze względu na wysokie koszty, badania te są prowadzone w ramach kilku inicjatyw i programów, grupujących zaangażowane w tę tematykę firmy i instytucje badawcze. Koncentracja wysiłków oraz ścisła współpraca nauki z przemysłem są warunkiem *sine qua non* powodzenia, ponieważ do wytwarzania diod organicznych potrzebne są urządzenia bardzo zaawansowane technologicznie, m.in. linie do nanoszenia cienkich warstw molekularnych w wysokiej próżni, a takimi urządzeniami dysponują tylko wielkie firmy, takie jak Philips czy Siemens.

Pod względem technicznym dioda OLED stanowi dość złożony układ wielu bardzo cienkich warstw różnych materiałów umieszczonych między elektrodami (jedna przezroczysta), który pod wpływem przyłożonego poten-



Novaled AG

**Biały prototypowy OLED o rozmiarach laboratoryjnych 7x7 cm<sup>2</sup>**

cjału emituje światło. O jej specyfice decyduje rodzaj emitera, którym w OLED-ach są stałe substancje organiczne. W zależności od zastosowanych komponentów, emitowane światło może mieć różną barwę. Światło białe uzyskuje się, mieszając promieniowanie z trzech warstw emitujących promieniowanie o podstawowych kolorach w widmie: czerwonym, zielonym i niebieskim. Mechanizm i zasady działania diod OLED zostały już dobrze poznane, a główny wysiłek (podobnie jak w czasach Edisona) jest obecnie skierowany na poszukiwanie nowych materiałów, dzięki którym urządzenia te staną się wydajniejsze i bardziej wszechstronne. Burzliwy rozwój chemii organicznej i materiałoznawstwa przyniósł w ubiegłej dekadzie ogromną ilość nowych materiałów funkcjonalnych, wytworzonych z myślą o różnych zastosowaniach, w tym także w optoelektronice. Jednak rzut oka na te dziedziny wystarczy, aby zrozumieć, że to dopiero początek i znacznie więcej jest jeszcze przed nami. Historia postępu technicznego uczy, jak można przewyższać wszelkie bariery.

### Kluczowa współpraca

W ostatnich latach technologia OLED osiągnęła taki poziom, że możemy przypuszczać, iż diody organiczne staną się kolejnym po żarówkach, świetłówkach i świetłówkach kompaktowych masowo używanym źródłem światła. Aby tak się stało, musi dokonać się jeszcze postęp w efektywności tych urządzeń, ich trwałości eksploatacyjnej (co najmniej 10000 godzin) i jasności świecenia (powyżej 50 lumenów na wat). Ponadto, potrzebne są także źródła światła białego o różnych temperaturach barwy i wysoko wydajne procesy produkcji elementów OLED. Te właśnie cele zamierza osiągnąć zintegrowany projekt badawczo-rozwojowy OLLA, w którym współdziała ponad 20 czołowych europejskich firm i ośrodków naukowych

zajmujących się organiczną elektroniką, materiałami i urządzeniami oświetleniowymi. Nadrzędnym technicznym celem projektu jest opracowanie oraz zaprezentowanie do 2008 r. emitujących światło białe segmentów OLED wysokiej jasności, przeznaczonych do ogólnych zastosowań oświetleniowych i odznaczających się nakreślonymi powyżej parametrami technicznymi.

Projekt OLLA obejmuje wszystkie dziedziny istotne z punktu widzenia technologii OLED, w tym także badania procesów i materiałów wykorzystywanych w diodach organicznych. W ramach projektu prowadzone są badania podstawowe kilku sposobów wytwarzania światła białego. Równolegle prowadzone badania mają na celu dostosowanie rozwoju technologicznego do oczekiwań przyszłych użytkowników takiego oświetlenia. Osobny pakiet działań, obejmujący szkolenia i popularyzację wiedzy na temat diod OLED i ich potencjalnego zastosowania jako źródeł światła, będzie adresowany do projektantów oświetlenia, architektów i innych odbiorców tej technologii.

Projekt OLLA jest jednym z największych na świecie projektów typu *joint research*, związanych z opracowywaniem białych diod OLED i jest częściowo finansowany w ramach Priorytetu IST (Technologii Społeczeństwa Informacyjnego) Szóstego Programu Ramowego UE. OLLA uzupełnia inicjatywy i programy realizowane na innych kontynentach, takie jak „Next-Generation-Lighting Initiative” w USA czy program „Lighting 21” w Japonii.

Z naukowego punktu widzenia najistotniejszym elementem diod OLED są substancje organiczne, zdolne do świecenia pod wpływem przyłożonego potencjału. Oprócz wielkiej liczby cząsteczek organicznych, kandydatów na emitery szuka się wśród kompleksów metali z grupy lantanowców i platynowców, a także kompleksów boru, jonów cynku, kadmu, miedzi, srebra, glinu, złota. Jony metali są zazwyczaj otoczone starannie dobranymi ligandami - związkami chemicznymi z grupy pochodnych heterocyklicznych. Kilka grup badawczych zajmuje się w ramach projektu OLLA kompleksami jonów metali z grupy platynowców i lantanowców. Uczestniczący w realizacji projektu jedyny polski zespół badawczy kierowany przez doc. dr. hab. Marka Pietraszkiewicza z Zakładu Spektroskopii i Fotochemii Instytutu Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk zajmuje się syntezą i spektroskopią luminescencyjnych kompleksów europu. W kompleksach tych następuje przeniesienie energii ze wzbudzonego liganda na jon europu trójwartościowego, który emituje światło czerwone w kilku wąskich liniach spektralnych. Istotnym wyzwaniem stojącym przed chemią i fizykochemią kompleksów europu jest uzyskanie jak największej wydajności emisji światła w obszarze czerwonym, co jest sztuką dość trudną. Trzeba projektować ligandy organiczne, w których elektronowe poziomy energetyczne zapewniają optymalny przepływ zaabsorbowanej energii z liganda do emitującego poziomu energetycznego jonu europu. Inne emitery

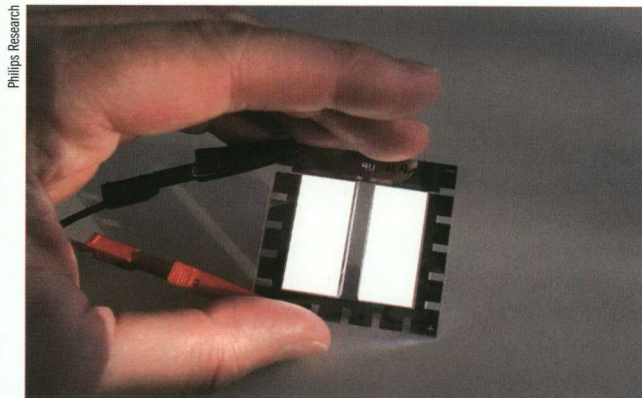
światła czerwonego, np. organiczne kompleksy irydu, odznaczają się wprawdzie znacznie silniejszym świeceniem niż kompleksy europu, jednak są stosunkowo nietrwałe chemicznie i znacznie droższe niż związki europu, a ich świecenie nie jest monochromatyczne. Ponadto ich widmo emisyjne sięga w bliską podczerwień, co oznacza stratę energii w postaci wydzielanego ciepła.

Projekt OLLA jest zarządzany przez zespół menedżerów z koncernu Philips. Oprócz witryny internetowej ([www.olla-project.org](http://www.olla-project.org)), stanowiącej oś komunikacyjną projektu i zawierającej m.in. ogólnodostępne informacje dla wszystkich zainteresowanych, swobodną wymianę informacji między uczestnikami projektu umożliwia środowisko [groove.net](http://groove.net), które pozwala na pracę on-line tak, jakby wszyscy znajdowali się w jednym biurze. Sprawozdawczość jest uproszczona i nie stanowi szczególnego obciążenia. Warto ten styl zarządzania wykorzystywać przy okazji realizacji innych projektów.

W projekcie OLLA przewiduje się intensywną działalność edukacyjno-szkoleniową. Składają się na nią warsztaty dla członków konsorcjum projektu, wizyty robocze, a także konferencje i szkoły letnie. Ta ostatnia forma upowszechniania wiedzy jest dostępna także dla uczestników spoza Projektu. W latach 2005–2007 Instytut Chemii Fizycznej PAN jest organizatorem trzech kolejnych szkół letnich. Pierwsza z nich odbyła się we wrześniu 2005 roku. Następna, poświęcona tzw. emiterom trypletowym z grupy platynowców, odbyła się w Krutyni w dniach 26 maja – 2 czerwca 2006 roku ([http://ichf.edu.pl/summer\\_school2006/index.html](http://ichf.edu.pl/summer_school2006/index.html)). Trzecia szkoła letnia odbędzie się w dniach 18–25 czerwca 2007 roku w Krutyni i będzie ona dotyczyć cienkich warstw molekularnych i ich zastosowań w technice. ■

#### Chcesz wiedzieć więcej?

[www.olla-project.org](http://www.olla-project.org)  
[summerschool.olla-project.org](http://summerschool.olla-project.org)



**Optyka stanowi bardzo istotny element wydajności OLED.**  
**Zaledwie 25% generowanego światła wyświetlane jest na zewnątrz**