

### [Akceptuje](#)

W ramach naszej witryny stosujemy pliki cookies w celu świadczenia państwu usług na najwyższym poziomie, w tym w sposób dostosowany do indywidualnych potrzeb. Korzystanie z witryny bez zmiany ustawień dotyczących cookies oznacza, że będą one zamieszczone w Państwa urządzeniu końcowym. Możecie Państwo dokonać w każdym czasie zmiany ustawień dotyczących cookies. Więcej szczegółów w naszej [Polityce Prywatności](#)

[Portal](#) [Informacje](#) [Katalog firm](#) [Praca](#) [Szkolenia](#) [Wydarzenia](#) [Porównania międzylaboratoryjne](#)  
[Kontakt](#)



**[Laboratoria](#)**  
**[.net](#)**  
**[Innowacje](#)**  
**[Nauka](#)**  
**[Technologie](#)**

[Logowanie](#) [Rejestracja](#) [pl](#)

Newsletter

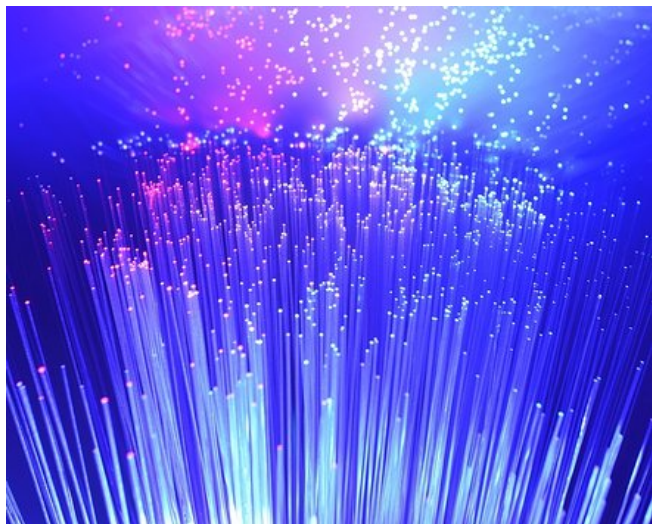
zapisz się



- [Nowe technologie](#)
- [Felieton](#)
- [Tygodnik "Nature"](#)
- [Edukacja](#)
- [Artykuły](#)
- [Przemysł](#)

[Strona główna](#) > [Felieton](#)

## Niebieska dioda białe światło



**Królewska Szwedzka Akademia Nauk przyznała ubiegłoroczną Nagrodę Nobla z fizyki trzem Japończykom: Isamu Akasakiemu, Hiroshiemu Amano i Shujiemu Nakamura za wynalezienie wydajnych niebiesko świecących diod, umożliwiających wytwarzanie jasnych i energooszczędnych źródeł światła.**

Alfred Bernhard Nobel, dziewiętnastowieczny przemysłowiec szwedzki, wynalazca dynamitu, zbił ogromny majątek na jego produkcji. Jak na ironię losu był zagorzałym pacyfistą, który uważał naiwnie, że jeżeli zdoła wytworzyć materiał wybuchowy o niewyobrażalnej do tej pory sile rażenia, ustaną wszelkie wojny, gdyż byłyby one zbyt niebezpieczne dla ludzkości. W 1895 r., na rok przed swoją śmiercią, Nobel ustanowił testament, w którym napisał m.in.: „Całość mojego pozostałego, nadającego się do spieniężenia majątku, ma być rozdysponowana w sposób następujący: kapitał, zainwestowany w bezpieczne papiery wartościowe przez wykonawców testamentu, ma stanowić fundusz, od którego odsetki mają być rozdzielane corocznie w formie nagród między tych, którzy w poprzednim roku przynieśli największą korzyść ludzkości. Wspomniane odsetki mają być podzielone na pięć części i przyznawane tak oto: pierwsza część – osobie, która dokona najważniejszego odkrycia lub wynalazku w fizyce (...)”. Testament ten nigdy nie został spełniony literalnie, gdyż na ogół nie sposób w ciągu roku ocenić korzyści, jakie dane odkrycie przyniesie ludzkości. Podobnie było w ubiegłym roku, w którym wyróżniono osiągnięcie, raczej technologiczne niż fizyczne, wykorzystujące zjawisko zwane elektroluminescencją.

Odkrył je w 1907 r. brytyjski uczony Henry Joseph Round. Zauważył, że kryształ węgla krzemu (SiC), do którego docisnął ostrze metaliczne i przez który przepuścił prąd elektryczny, świeci w obszarze wokół kontaktu. To zjawisko badał szczegółowo w latach 20. ub.w. Oleg Łosiew, radziecki uczony i wynalazca. W gruncie rzeczy to jego można uznać za ojca diody elektroluminescencyjnej, mimo że jego prace pozostały niewykorzystane praktycznie przez dekady. Łosiew zmarł z głodu w czasie oblężenia Leningradu przez Niemców w 1942 r.

Renesans diod elektroluminescencyjnych nastąpił w latach 50. ub.w., kiedy odkrycie tranzystora zapoczątkowało niezwykle gwałtowny rozwój fizyki i technologii półprzewodników. Opanowano wówczas technologię wytwarzania nowych kryształów półprzewodnikowych (poza wykorzystywanymi do tej pory germanem i krzemem). Były to tzw. związki międzymetaliczne, których sztandarowym przedstawicielem jest arsenek galu (GaAs). Związki te okazały się nadzwyczaj użyteczne do budowy diod elektroluminescencyjnych, zwanych dziś powszechnie diodami LED (od ang. Light Emitting Diode). Diody LED weszły do użytku na początku lat 60. ub.w. Początkowo emitowały promieniowanie podczerwone, później światło widzialne: czerwone, żółte, zielone, oraz barwy pośrednie; z niebieskim jednak wciąż były kłopoty. Diody podczerwone natychmiast znalazły zastosowanie w „pilotach” do zdalnego sterowania urządzeniami elektronicznymi. Diody kolorowe wykorzystano we wszelkiego rodzaju wskaźnikach świetlnych i wyświetlaczach, obecnych

w dzisiejszych urządzeniach i pojazdach, a także w sygnalizacji ulicznej. Wyższą formą rozwoju diody LED jest dioda laserowa, czyli laser półprzewodnikowy, który emituje spójną wiązkę promieniowania w ściśle określonym kierunku. Znajduje on różnorakie zastosowania, przede wszystkim w odtwarzaczach płyt kompaktowych i w medycynie.

Światło wysyłane przez diody LED jest „zimne” w tym sensie, że nie wymaga podgrzewania substancji świecącej do bardzo wysokiej temperatury, jak przez spalanie nafty lub rozżarzanie drucika wolframowego prądem elektrycznym. Ogromna nieekonomiczność dotychczasowych źródeł światła polegała na tym, że większość konsumowanej przez nie energii szła na wyprodukowanie ciepła, a nie światła. Dzięki „ledom” uzyskaliśmy energooszczędne źródła światła.

### **Kwantowe przeskoki Bohra**

W końcu XIX w. fizycy zauważyli, że rozrzedzone gazy różnych pierwiastków chemicznych, zamknięte w szklanej rurze i pobudzone elektrycznie, wysyłają światło złożone z pewnych charakterystycznych długości fal elektromagnetycznych, tzw. linii widmowych. Szczególnie proste widmo obserwowano w przypadku najlżejszego pierwiastka: wodoru. Atom wodoru składa się z masywnego jądra, niosącego dodatni ładunek elektryczny, i lekkiego, ujemnie naładowanego elektronu. 102 lata temu Niels Bohr w Kopenhadze zaproponował planetarny model atomu wodoru, który wyjaśniał pochodzenie linii widmowych. W modelu tym elektron okrąża jądro atomu po stabilnych orbitach kołowych o ściśle określonych promieniach. Im większy jest promień orbity, tym większa energia krążącego elektronu. Najbardziej istotne w tym modelu jest to, że gdy elektron przeskakuje z większej orbity na mniejszą, atom emituje porcję fali elektromagnetycznej w postaci fotonu. Energia tego fotonu jest równa różnicy energii elektronu na obu orbitach. W cięższych atomach, o większej liczbie elektronów, elektrony są rozmieszczone w pewien określony sposób na poszczególnych orbitach. (Model Bohra został później zastąpiony ścisłym opisem kwantowo-mechanicznym).

A jak to jest w kryształach? Atomy tworzące kryształ są rozmieszczone regularnie w przestrzeni i wiązane siłami pochodzącymi od elektronów. Elektrony, które znajdują się najbliższej jądra każdego z atomów, krążą po orbitach wokół swoich macierzystych jąder. Natomiast elektrony najbardziej zewnętrzne poruszają się po „orbitach” chaotycznych, obejmujących cały kryształ. Energie elektronów na takich orbitach nie są już ściśle określone, ale zawierają się w pewnym przedziale zwanym pasmem energii. Tu również działa reguła Bohra. Energia zostaje wypromieniowana w postaci fotonu, gdy elektron przeskakuje z wyższego (energetycznie) pasma na niższe. Energia emitowanego fotonu, czyli barwa wysyłanego światła, jest określona wielkością przerwy energetycznej pomiędzy pasmami.

### **Złącze p-n**

W wielu półprzewodnikowych związkach międzymetalicznych i ich stopach przerwa energetyczna pomiędzy najwyższym pasmem obsadzonym elektronami (pasmem walencyjnym) a kolejnym pasmem pustym (pasmem przewodnictwa) jest równa energii fotonów światła widzialnego. Takie półprzewodniki są odpowiednie do konstrukcji diod LED. Sercem każdej diody jest złącze p-n. Złącze p-n to jeden z najważniejszych elementów całej elektroniki półprzewodnikowej. Stanowi ono styk dwóch obszarów półprzewodnika, z których każdy jest domieszkowany atomami odmiennego pierwiastka chemicznego. Nazywamy je odpowiednio obszarami typu n i typu p. Do obszaru typu n wprowadzone są atomy, które mają nadmiarowy elektron w stosunku do atomów kryształu macierzystego. Ten elektron przekazywany jest do pasma przewodnictwa, gdzie może uczestniczyć w przewodzeniu prądu. Z kolei do obszaru typu p wprowadzone są atomy, które mają niedomiar elektronów i ten brak uzupełniają elektronem z pasma walencyjnego, pozostawiając po sobie puste

miejsce, „dziurę”. Dziura, która zachowuje się jak dodatni ładunek elektryczny, może przemieszczać się po kryształach, wnosząc swój wkład do przewodnictwa elektrycznego.

Przykładając napięcie elektryczne do złącza p-n, można spowodować, że elektrony i dziury z różnoimiennych obszarów półprzewodnika będą dążyć ku sobie i rekombinować w obszarze styku. Elektron z pasma przewodnictwa przeskakuje wówczas do pasma walencyjnego, zapelniając dziurę. Energia wyzwolona w każdym przeskoku równa jest przerwie energetycznej półprzewodnika i zostaje wyemitowana w postaci fotonu. Niestety, nie każdy akt rekombinacji elektronu z dziurą odbywa się w ten sposób. Przypadkowe zanieczyszczenia lub wady budowy kryształu powodują, że rekombinacja zachodzi bez emisji światła, a uwolniona energia pozostaje w kryształach, powodując jego rozgrzewanie.

## **Ujarzmiony azotek galu**

Choć na początku lat 90. ub.w. diody LED świecące na czerwono, żółto i zielono były już produkowane masowo, to wciąż brakowało diody niebieskiej. Tymczasem zmieszanie barw czerwonej, zielonej i niebieskiej daje kolor biały, użyteczny do oświetlenia. Od dawna też znano materiał, który mógłby emitować światło niebieskie – jest to związek półprzewodnikowy: azotek galu (GaN). Szkołuł w tym, że związek ten nie występuje w przyrodzie i bardzo trudno otrzymać go w postaci krystalicznej. Pierwsze na świecie kryształy azotku galu „wyhodowano” w Centrum Badań Wysokociśnieniowych PAN w Warszawie, metodą opracowaną przez profesora Sylwestra Porowskiego. Są to kryształy niemal doskonałe pod względem swojej budowy. Stanowią najlepszy obecnie materiał na podłoża laserów emitujących światło niebieskie. Prof. Porowski za swoje dokonania otrzymał w 2013 r. Nagrodę Fundacji na rzecz Nauki Polskiej (zwaną polskim Noblem) w dziedzinie nauk chemicznych i o materiałach. Obecnie kryształy GaN produkuje własną metodą polska firma Ammono Sp. z o.o. założona przez czterech absolwentów uczelni warszawskich, działająca z mniejszościowym udziałem Japończyków. Ich produkty są sprzedawane firmom zagranicznym.

Ubiegłorocznymi nobliści poszukiwali bardziej ekonomicznej metody wytwarzania kryształów GaN, odpowiednich do produkcji diod LED.

**Autor: Tadeusz Figielski**

**Więcej w miesięczniku „Wiedza i Życie” nr [03/2015](#) »**

<https://laboratoria.net/felieton/23164.html>

**Informacje dnia:** [Stypendia ministra nauki za znaczące osiągnięcia Doktor z TikToka: fajnie by było, gdyby w sieci to jednak naukowcy mówili o nauce](#) [Kierownik wyprawy polarnej Mikrolasery mogą wykrywać pojedyncze cząsteczki](#) [Duże teleskopy sfotografowały dwie formujące się planety](#) [Bakteriofagi mogą chronić żywność przed salmonellą](#) [Stypendia ministra nauki za znaczące osiągnięcia Doktor z TikToka: fajnie by było, gdyby w sieci to jednak naukowcy mówili o nauce](#) [Kierownik wyprawy polarnej Mikrolasery mogą wykrywać pojedyncze cząsteczki](#) [Duże teleskopy sfotografowały dwie formujące się planety](#) [Bakteriofagi mogą chronić żywność przed salmonellą](#) [Stypendia ministra nauki za znaczące osiągnięcia Doktor z TikToka: fajnie by było, gdyby w sieci to jednak naukowcy mówili o nauce](#) [Kierownik wyprawy polarnej Mikrolasery mogą wykrywać pojedyncze cząsteczki](#) [Duże teleskopy sfotografowały dwie formujące się planety](#) [Bakteriofagi mogą chronić żywność przed salmonellą](#)

**Partnerzy**