

## Nobel 2014

Mniej więcej co piąta Nagroda Nobla z Fizyki jest przyznawana bardziej za wynalazek niż za odkrycie. W zgodzie z ostatnią wolą fundatora proporcja ta mogłaby (powinna?) być nawet większa, a tym samym stać w sprzeczności z powszechnym odbiorem nagrody jako najbardziej prestiżowego wyróżnienia naukowego. Z dzisiejszego punktu widzenia chyba najbardziej zaskakujący pozostaje werdykt z 1912 roku. Nagrodę przyznano wtedy Nilsowi Gustawowi Dalénowi za „wynalezienie automatycznych regulatorów używanych wraz ze zbiornikami gazowymi do oświetlania latarni i pław”. Należy tylko dodać, że sposób przechowywania acetyleny (bo to o ten bardzo wybuchowy, ale też bardzo jasno palący się gaz chodziło) też został przez laureata wynaleziony (i jest nadal stosowany), a regulatory były mechanicznymi zaworami blokującymi dopływ gazu przy dziennym świetle (mechaniczne wyłączniki zmiernikowe) [1]. Tym samym laureat przyczynił się znacząco do bezpieczeństwa żeglugi poprzez obniżenie kosztów utrzymywania systemu światła o ponad rząd wielkości.

Jakże podobnie brzmi tegoroczna sentencja. Laureatami Nagrody Nobla z Fizyki w roku 2014 zostali Isamu Akasaki, Hiroshi Amano i Shuji Nakamura „za wynalezienie wydajnej niebiesko świecącej diody, umożliwiającej uzyskanie jasnych i energooszczędnych źródeł światła białego”.

Pomysł na niebieską diodę był gotowy już na przełomie lat sześćdziesiątych i siedemdziesiątych. Należało wykorzystać azotek galu (GaN), który ma przerwę energetyczną odpowiedniej wielkości. Trzeba było jednak poczekać dwie dekady na jego realizację wymagającą całego szeregu innowacyjnych pomysłów. Jednym z problemów było uzyskanie samych kryształów GaN odpowiedniej jakości. Choć obecnie najlepsze kryształy są wytwarzane w Polsce [2], to, niestety, nie one pozwoliły na zbudowanie pierwszej niebieskiej diody (warto nadmienić, że jeden z noblistów przez kilka lat regularnie przyjeżdżał do Polski). Z kryształami GaN problem jest taki, że nie tylko ich w naturze nie ma, ale nie ma nawet podłoża krystalicznego o odpowiednim skoku siatki krystalicznej. W dodatku potrzebne są (standardowo) bardzo wysokie temperatury i olbrzymie ciśnienia. Sam kryształ jest typu n, potrzebne jest domieszkowanie w celu uzyskania typu p, co znów okazało się drogą pod górkę. W końcu uzyskanie wysokiej wydajności wymagało wytworzenia odpowiednich tzw. heterostruktur, w których dostępne stany elektronowe (i dziurowe) są skwantowane (ze względu na dwuwymiarowość warstw, tzw. studnie kwantowe). Sukces wyglądał na gwarantowany, ale droga okazała się długa i wyboista. Za jej zwieńczenie można uznać skonstruowanie pierwszej niebieskiej diody laserowej [3, 4].

Zupełnie inaczej, jeżeli chodzi o początkową perspektywę, wyglądała historia serii innowacji, które przyniosły tegoroczną Nagrodę Nobla z Chemii. Dostali ją Eric Betzig, Stefan W. Hell i William E. Moerner

„za rozwinięcie wysoko-rozdzielczej mikroskopii fluorescencyjnej”.

Było to dążenie do czegoś, co było uznawane za niemożliwe – dążenie do uzyskania rozdzielczości (mikroskopu optycznego) lepszej niż granica dyfrakcyjna (która jest rzędu połowy długości fali). To naturalne ograniczenie nie pozwala np. na dostrzeżenie szczegółów budowy organelli żywych komórek, wirusów, białek.

Mikroskopia fluorescencyjna polega na rejestrowaniu świecenia znaczników (fluoroforów), które wcześniej trzeba do badanej próbki wprowadzić oraz wzbudzić. Niestety, samo to nie poprawia rozdzielczości, bo nawet jeżeli wiemy, gdzie znajduje się dany fluorofor, to jego obraz i tak podlega dyfrakcyjnemu ograniczeniu.

Pomysł Hella polegał na wyciszeniu prawie wszystkich uprzednio wzbudzonych fluoroforów poprzez wymuszoną emisję za pomocą fali o radialnie rosnącym natężeniu (STED ang. *stimulated emission depletion*). W ten sposób uzyskuje się dowolnie wąski gaussowski rozkład tych, które nie zostały wygaszone. Należy go przeskanować za pomocą mikroskopu (nanoskopu) o dokładnie rejestrowanym położeniu. W ten sposób uzyskano [5] (2000) obraz o rozdzielczości o rząd wielkości lepszej od granicy dyfrakcyjnej.

Innym pomysłem jest obserwowanie pojedynczych fluoroforów. Pierwszy sukces na tym polu odniósł Moerner [5] (1989), w jego laboratorium odkryto również istnienie fluoroforów, które można aktywować, dezaktywować oraz całkowicie wyłączyć [5] (1997). Jak z tego zrobić – mówiąc w dużym uproszczeniu – użytek, Betzing najpierw wymyślił [5] (1995), a następnie pomysł zrealizował [5] (2006). Metoda PALM (ang. *photoactivated localization microscopy*) polega na użyciu gęsto rozmieszczonych fluoroforów, których małą część się aktywuje (za pomocą światła o odpowiednio dostrojonej energii i niskiej intensywności), a następnie rejestruje około tysiąca cykli ich fluorescencji, po których stają się one już do niej niezdołne („wyblaknięte”). Ponieważ odległości między aktywnymi znacznikami są większe od długości fali, to fotony przez nie wyemitowane można rozróżnić, a dzięki temu pomiar pozycji poprawić o czynnik równy pierwiastkowi z liczby fotonów (wysłanych przez pojedynczy fluorofor). Cykl powtarza się wielokrotnie i uzyskuje się obraz o rozdzielczości blisko dwa rzędy wielkości lepszej niż granica dyfrakcyjna.

Warto tylko zauważyć, że jest to kolejna nagroda z chemii, przyznana za coś bardzo bliskiego fizyce (oraz biologii).

Piotr ZALEWSKI

- [1] [www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/laureates/1912/press.html](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1912/press.html).
- [2] R. Stevenson, *The World's Best Gallium Nitride*, IEEE 2010, [spectrum.ieee.org/semiconductors/materials/the-worlds-best-gallium-nitride](http://spectrum.ieee.org/semiconductors/materials/the-worlds-best-gallium-nitride).
- [3] I. Akasaki, H. Amano i inni, *Stimulated Emission By Current Injection from AlGaIn/GaN/GaInN Quantum Well Device*, Jpn. J. Appl. Phys. **34** (1995) 1517.
- [4] S. Nakamura i inni, *InGaIn-Based Multi-Quantum-Well-Structure Laser Diode*, Jpn. J. Appl. Phys. **35** (1996) 74.
- [5] referencje można łatwo odnaleźć tu: [www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/chemistry/laureates/2014/advanced-chemistryprize2014.pdf](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/2014/advanced-chemistryprize2014.pdf).