

Nagroda Nobla 2009 z fizyki

Nagroda Nobla z fizyki w 2009 r. została przyznana za odkrycia głęboko już zakorzenione i powszechnie stosowane w codziennym życiu. Komitet Noblowski uhonorował połową nagrody **Charlesa Kuen Kho** za opracowanie światłowodów pozwalających na przesyłanie informacji na duże odległości, a drugą połową **Willarda Sterlinga Boyle'a** i **George'a Elwooda Smitha** za opracowanie cyfrowych czujników optycznych.

Od dawna było wiadomo, że dzięki zjawisku całkowitego wewnętrznego odbicia fal elektromagnetycznych na granicy dwóch ośrodków możliwa jest transmisja światła wewnątrz materiałów przezroczystych, jednak tylko na bardzo krótkich dystansach, nie pozwalających na praktyczne zastosowania. Żadnego z takich „przewodów świetlnych” nie można było nazwać światłowodem, bo jeśli dotykały czegośkolwiek, światło natychmiast „wyciekało” w miejscu styku. W latach 1950. nauczono się wytwarzać „przewody świetlne” z przezroczystego plastiku i szkła, a także chronić je przed stratami przez otoczenie ich specjalnym „płaszczem”. Tak powstały światłowody, ale pozwalały na transmisję światła na odległości rzędu zaledwie kilku metrów. To jednak wystarczyło do ogromnie ważnych zastosowań we wzornictwie medycznym (gastrokopy, itp.) i dostarczyło bodźców do dalszych badań.

We wczesnych latach prac nad światłowodami szczególnie ważne były badania, jakie prowadził Antoni Emil Karbowski, który, po służbie w RAF, ukończył studia w Wielkiej Brytanii i został kierownikiem grupy w laboratorium telekomunikacyjnym w Harlow pod Londynem. Wprowadził w te zagadnienia Charlesa K. Kho, młodszego kolegę urodzonego w 1933 r. w Szanghaju i wykształconego w Hong-Kongu. Gdy A. Karbowski wyjechał do Australii, Kho samodzielnie rozpoczął badania nad własnościami szkła, z którego robiono włókna szklane. Przełomem było odkrycie identyfikujące główne mechanizmy strat energii świetlnej we włóknach – rozpraszanie i absorpcję – oraz zbadanie ich zależności od długości fali, co pozwoliło znaleźć materiały i długości fali, dla których te straty są minimalne. Kolejnym sukcesem Kho było stwierdzenie, że straty na „wyciekaniu światła” z włókien stają się zaniedbywalne, jeśli średnica włókien jest porównywalna z długością fali światła; w takich warunkach włókno staje się falowodem, w którym fale elektromagnetyczne propagują się z bardzo małymi stratami. Dzięki badaniom C.K. Kho, można dziś przesyłać pojedynczymi włóknami kwarcowymi o średnicach kilku mikrometrów światło o długości fali 1,5 μm (niewidzialne dla oka, ale powszechnie stosowane w telekomunikacji światłowodowej) na odległości rzędu 100 km!

Druga połowa Nagrody została przyznana W.S. Boyle'owi i G.E. Smithowi za odkrycie, które zrewolucjoni-

zowało technikę rejestracji obrazów optycznych – czujnik typu CCD (*Charge-Coupled Device*). Za tą nazwą kryje się elektroniczne oko – macierz (matryca) elementów reagujących na światło i generujących impulsy elektryczne proporcjonalne do natężenia padającego światła. O ile stosunkowo łatwo skonstruowano elektroniczne światłoczułe czujniki, o tyle poważne problemy stwarzała konieczność miniaturyzacji i szybkiego przesyłania sygnałów od poszczególnych fotodiod do układu procesora, w którym miały zostać złożone w obraz.

Rozwiązanie pierwszego problemu stało się możliwe dzięki rozwojowi techniki produkcji miniaturowych układów półprzewodnikowych o wielkim stopniu integracji, tzw. *chipów* elektronicznych. Nadal jednak pozostawał nierozwiązany problem transportu ładunków elektrycznych wygenerowanych światłem w każdym z tych elementów.

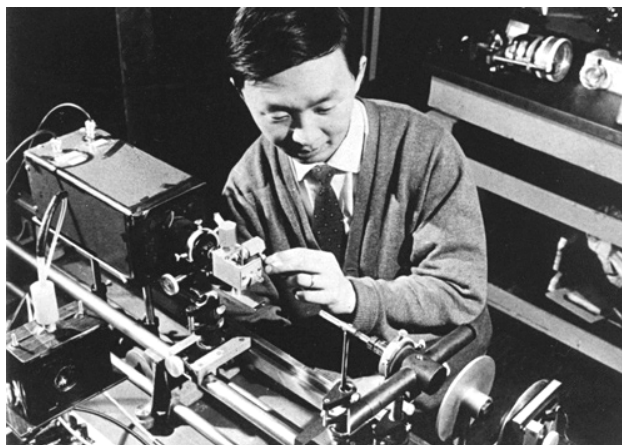
Pracujący w Bell Laboratories w Murray Hill, NJ, W.S. Boyle i G.E. Smith rozwiązali ten problem przez zastosowanie do sczytywania ładunków zasady „łańcucha strażackiego” (nazwa od szeregu strażaków przekazujących wiadomość wodą, jeden do drugiego). Później rozwinęli zastosowania do przestrzennych czujników fotoelektrycznych – sensorów kamer fotograficznych. W czujniku CCD, ładunki wygenerowane w jednej linii macierzy fotoelementów przekazywane są za pomocą tranzystorów od diody do diody wzdłuż danej linii i odczytywane na brzegu macierzy.

Macierze CCD stawały się coraz powszechniejsze, ich jakość systematycznie poprawiała się, a ceny malały. Rychło pojawiły się macierze rejestrujące kolorowe obrazy cyfrowe. Do dziś powszechne jest użycie w tym celu filtrów transmisyjnych RGB (odpowiednio barwionych materiałów syntetycznych), które w formie mozaiki przykrywają macierz fotodiod.

Czujniki i kamery CCD zrewolucjonizowały fotografię i kinematografię. Poza „domowymi” i profesjonalnymi, zastosowań kamer CCD jest bez liku. Wymieńmy tu przynajmniej dwa. (i) Teleskop kosmiczny Hubble byłby mało przydatny, gdyby rejestrował obrazy na tradycyjnej kliszy fotograficznej, bez możliwości ich natychmiastowego przesyłania na Ziemię. (ii) W medycynie coraz powszechniej stosowane są miniaturowe kamery wprowadzane do organizmu pacjenta, aby śledzić zmiany chorobowe, nadzorować przebieg zabiegów chirurgicznych, a także rejestrować niewidoczne gołym okiem zmiany chorobowe.

Powszechność i ważność zastosowań wynalazków dokonanych przez tegorocznych Laureatów znakomicie odpowiada założeniom Fundatora Nagrody, który w swym testamencie zapisał, że nagroda powinna być przyznawana tym, którzy *przynieśli ludzkości największe korzyści*.

WOJCIECH GAWLIK
Zakład Fotoniki, Instytut Fizyki UJ



Retrospekcja z lat 1960. Młody wówczas uczynek Charles Kao przeprowadzający wczesny eksperyment nad światłowodami w Standard Telecommunications Laboratory w Harlow, United Kingdom. Copyright © The Chinese University of Hong Kong



Uczeni z Bell Labs Willard Boyle (po lewej) i George Smith (po prawej) z urządzeniem CCD, które transformuje wzory świetlne w użyteczne informacje cyfrowe i jest podstawą wielu form obrazowania, włączając kamery cyfrowe i satelitarne. Zdjęcie zrobione w 1974 r. (fot: Alcatel-Lucent/Bell Labs)