

Nanofotonika – Technologia Społeczeństwa Informacyjnego

Prof. dr hab. Maciej Bugajski
Instytut Technologii Elektronowej, Warszawa
Wydział Fizyki, PW
bugajski@ite.waw.pl

Technologie Informacyjne są siłą napędową współczesnej cywilizacji. Niespotykane dotychczas tempo wzrostu w tym obszarze techniki, obserwowane w ostatnich paru dekadach, ma swoje źródło w eksplozji badań interdyscyplinarnych na pograniczu fizyki, chemii i inżynierii materiałowej, które doprowadziły do ukształtowania się nowej dyscypliny wiedzy – nanotechnologii. Najlepsze laboratoria uniwersyteckie i przemysłowe na świecie angażują znaczne środki w badania kwantowych zjawisk decydujących o własnościach fizycznych nanostruktur i leżących u podstaw działania wytwarzanych z nich przyrządów. Nanotechnologia to obecnie – po badaniach biomedycznych - najdynamiczniej rozwijająca się dyscyplina nauki i techniki.

Wiele klasycznych dziedzin nauki i techniki korzysta z postępów nanotechnologii. Jednym z przykładów może być tu fotonika - dział nauki zajmujący się kontrolą własności światła oraz wykorzystaniem wiązki świetlnej do przesyłania i przetwarzania informacji. W obszarze jej zainteresowań pozostają: tworzenie optoelektronicznych układów scalonych oraz struktur z fotoniczną przerwą zabronioną, gromadzenie danych (pamięci optyczne), wyświetlanie obrazów, pomiary i monitorowanie wielkości fizycznych oraz śledzenie różnego rodzaju procesów (optyczne sensory). Do wyzwań przyszłości, które rozbudzają wyobraźnię badaczy należą niewątpliwie komputery optyczne.

Niezależnie od rozlicznych zastosowań fotoniki w nauce, medycynie i technice jej najważniejszym segmentem i motorem rozwoju pozostaje nadal komunikacja optyczna. Użycie elektronów do celów długozasięgowej komunikacji datuje się od roku 1837, kiedy to Morse i Wheatstone wynaleźli telegraf. Kolejnym krokiem był wynalazek telefonu przez Grahama Bella w 1877 r. i lampy elektronowej przez Lee D. Foresta w 1906 r., który umożliwił rozwój komunikacji radiowej. Późniejsze wynalazki tranzystora i układów scalonych doprowadziły telekomunikację wykorzystującą elektrony do przesyłania sygnałów do poziomu szybkości rzędu 10^9 bit s^{-1} . Nowe technologie foniczne, które polegają na wykorzystaniu fal świetlnych zamiast elektronów do przesyłania i przetwarzania sygnałów elektronicznych powinny umożliwić szybkości transmisji na poziomie terabitów a nawet petabitów (jedynek z 15 zerami) na sekundę.

Zaletą wykorzystania fotonów do przesyłania informacji jest wynikająca z częstotliwości światła olbrzymia przepustowość informatyczna łączy optycznych. Posługując się fotonami zyskujemy na szybkości transmisji, która dla elektronów ograniczona jest rezystancją, pojemnością i indukcyjnością przewodów. Istotna jest także możliwość krzyżowania wiązek fotonowych bez występowania wzajemnych oddziaływań ze względu na to, że fotony nie mają ładunku.

Główną przeszkodą na drodze szerszego wykorzystania systemów fotonicznych w technice, ochronie środowiska i medycynie są w chwili obecnej problemy materiałowe. Różne długości fal wymagane przez specyficzne zastosowania narzucają każdorazowo konieczność opracowywania źródeł światła i detektorów z nowych materiałów. Jest tak ponieważ współczesne lasery półprzewodnikowe i detektory prawie wyłącznie oparte są na strukturach ze złączem p-n (bipolarnych), w których charakterystyczne energie fotonów zdeterminowane są szerokością przerwy energetycznej materiału. To ograniczenie można pokonać stosując przyrządy półprzewodnikowe nowej generacji, których działanie oparte jest na innych zasadach. Przyrządy te wykorzystują kwantowe efekty rozmiarowe w nanostrukturach półprzewodnikowych wytwarzanych w kontrolowany sposób technikami epitaksji. W ten sposób wytwarzać można unipolarne lasery półprzewodnikowe (tzw. kwantowe lasery kaskadowe), oparte na przejściach wewnątrzprzasmowych i supersieciowe detektory promieniowania. Charakterystyczne długości fal pracy tych przyrządów osiągane są przez zmianę geometrii struktury w ramach danego, dobrze opanowanego, systemu materiałowego. Kaskadowe emitery promieniowania umożliwiają generację promieniowania laserowego w zakresie od paru mikrometrów do ponad 100 μm , wypełniając przerwę pomiędzy częstotliwościami optycznymi i zakresem mikrofal.

Na wykładzie przedstawione zostaną aktualne kierunki badań w dziedzinie nanofotoniki ze szczególnym uwzględnieniem prac prowadzonych w Centrum Fizyki i Technologii Nanostruktur Fotonicznych CEPHONA w Instytucie Technologii Elektronowej.