

Azotkowe diody elektroluminescencyjne emitujące pojedyncze fotony do zastosowań w technologiach kwantowych

Technologie kwantowe, takie jak nowoczesna kryptografia, obliczenia kwantowe i pamięci kwantowe, z pewnością w niedalekiej przyszłości będą miały ogromny wpływ na nasze codzienne życie. Obietnica ogromnej szybkości obliczeniowej, jaką oferują komputery kwantowe, narzuca jednocześnie potrzebę udoskonalenia metod szyfrowania. Wiele grup badawczych jest obecnie zaangażowanych w wykorzystanie mechaniki kwantowej do opracowania nowych koncepcji i architektur w celu wdrożenia komunikacji kwantowej w urządzeniach. Celem tego projektu jest opracowanie jednego z kluczowych komponentów potrzebnych w technologiach kwantowych: źródeł pojedynczych fotonów, np. dla protokołu dystrybucji kluczy kwantowych w sieciach telekomunikacyjnych. Idealne źródło pojedynczych fotonów (ang. single photon source - SPS) do tych zastosowań powinno ściśle zapewniać generowanie na żądanie tylko jednego fotonu w ultrakrótkich odstępach czasowych, z predefiniowaną i deterministyczną optyczną polaryzacją liniową, w temperaturach pracy czipu. Na potrzeby obliczeń kwantowych te pojedyncze fotony powinny być również nierozróżnialne pod względem właściwości optycznych. Wśród różnych rozwiązań służących do wytwarzania SPS, półprzewodnikowe kropki kwantowe (ang. quantum dot - QD) znalazły się w ostatnich latach w obszarze zainteresowań ze względu na ich wyjątkowy potencjał integracji w szybkich SPS. Istotną zaletą kropek kwantowych opartych na materiałach azotkowych jest ich praca w wysokich temperaturach, w przeciwieństwie do innych systemów materiałowych.

Celem projektu jest wytworzenie i zbadanie monolitycznych, zasilanych elektrycznie SPS opartych na azotkowych diodach LED (ang. single photon LED, SP-LED) wytwarzanych metodą epitaksji z wiązki molekularnych z użyciem plazmy azotowej (ang. plasma assisted molecular beam epitaxy - PAMBE) przy zastosowaniu rozwiązania, które ilustruje poniższa grafika.

SP-LED opiera się na emisji z pojedynczej kropki kwantowej QD znajdującej się w obszarze aktywnym mikro-diody LED, gdzie emisja pojedynczego fotonu jest efektem rekombinacji elektronów i dziur bezpośrednio w kropce kwantowej QD. Proponujemy skalowalny proces wytwarzania urządzeń w których pojedyncza kropka kwantowa zintegrowana jest w deterministyczny sposób z pojedynczą diodą elektroluminescencyjną.

Doświadczenie w technikach epitaksjalnych i zaawansowanym processingu, poparte dogłębnym zrozumieniem stojącej za tym fizyki, będzie kluczowym atutem do osiągnięcia postawionego celu.

