

Pojedynczy foton jest najmniejszą cząstką światła, a światło, odpowiednio przetworzone, może być wykorzystywane w przesyłaniu informacji. Tą właściwość wykorzystuje się w sieciach światłowodowych, w których nieskończenie wielka ilość fotonów przemierza glob w każdej najmniejszej części sekundy przenosząc informacje z miejsca na miejsce. Między innymi, sieci światłowodowe wykorzystywane są do przesyłania chronionej informacji między komputerem a systemem bankowym w czasie procesu korzystania z bankowości elektronicznej. Można zadać pytanie, czy ta informacja jest bezpieczna? Informacje kodowane w zbiorze fotonów są szyfrowana klasycznie i można ją łatwo przechwycić. Póki co, istniejące szyfrowanie jest bardzo skuteczne, ale wraz z postępem nauki tracimy tę pewność. Rozwój mechaniki kwantowej, może doprowadzić to zbudowania takich komputerów, dla których złamanie wielobitowego klasycznego klucza szyfrującego może zająć jedynie chwilę, a wtedy stajemy przed problemem bezpieczeństwa każdej informacji. Mechanika kwantowa przychodzi nam z pomocą. Foton to cząstka, która posiada kwantowe właściwości. W związku z tym, podlega pewnym szczególnym prawom. Jeśli Alicja wyprodukuje kwant fotonowy i zawrze w jego stanie kwantowym informację oraz prześle ją do Banku, to ktoś może ten foton przechwycić i próbować odczytać. Niestety, bez znajomości właściwości urządzenia, które posiada Alicja do generowania i szyfrowania informacji w fotonie, operacja odczytu skradzionej informacji kwantowej ze skradzionego fotonu jest niemożliwa. Co więcej, jeśli będzie chciał to przywłaszczenie danych zachować w tajemnicy, to będzie musiał wytworzyć w swoim urządzeniu foton identyczny do fotonu Alicji i przesłać go do Banku. Taka operacja w świecie mechaniki kwantowej jest niemożliwa. Bank natychmiast poinformuje Alicję, że ktoś podsłuchuje i zamknie połączenie, ustalając nowy sposób kodowania informacji w stanie kwantowym fotonu generowanego przez Alicję.

Światłowody są kanałami przesyłania fotonów, tworzą one sieci optyczne oplatające całą planetę. Potrafimy wytwarzać lasery, które generują ogromne ilości fotonów dla takich sieci. Ale interesującym jest, że mamy ograniczone możliwości, w generowaniu dokładnie jednego fotonu, dokładnie wtedy kiedy chcemy i o parametrach wystarczających do zastosowania w szyfrowanej komunikacji kwantowej między terminalem Alicji a Bankiem.

W tym projekcie skupiamy się na próbie opracowania technologii wytwarzania urządzeń generujących pojedyncze fotony dających się zastosować w szyfrowaniu informacji kwantowej. Po pierwsze chcemy, aby fotony podróżowały w sieciach optycznych na duże odległości. Stąd urządzenie ma generować fotony o konkretnym „kolorze”. W sieciach światłowodowych takie fotony podróżują w tak zwanym paśmie C, niewidocznym dla ludzkiego oka. Po drugie chcemy, aby urządzenie produkowało dokładnie jeden foton w ściśle określonym czasie po wyzwoleniu urządzenia (czystość emisji jednofotonowej). Po trzecie chcemy, aby generowane fotony były zawsze identyczne w kolorze i w innych właściwościach (nierozróżnialność). Po czwarte, fotony mają być generowane bardzo szybko jeden po drugim (duża szybkość emisji), i wreszcie po piąte, generator ma być jasny (jasność), to znaczy optymalnie produkować foton po każdym wyzwoleniu urządzenia. Do tej pory urządzenie o takich właściwościach nie istnieje.

Urządzenie będzie oparte o technologie półprzewodnikowe oraz będzie wykorzystywać oddziaływanie światła z materią. Źródłem światła będzie wyspa złożona z atomów indu (In) i arsenu (As), otoczona atomami indu (In) i fosforu (P) lub materiałów pochodnych. Wyspa taka, w konfiguracji materiałowej InAs/InP o wielkości około 100 nanometrów zwana jest kropką kwantową i ma możliwości generować fotony, jeśli zaświecić na nią odpowiednim światłem. Dla naszego urządzenia to za mało, aby miało żądane właściwości. Emitowane fotony muszą odpowiednio reagować z otoczeniem kropki oraz otoczenie musi w odpowiedni sposób modyfikować sposób generacji fotonów przez kropkę. Ten proces modyfikacji można kontrolować przez umieszczenie kropki kwantowej w ściśle określonej przestrzeni zwanej wnęką rezonansową. W naszej propozycji, wnękę tworzą koncentryczne ringi z otworami wokół kropki kwantowej InAs/InP. Takie ringi tworzą tzw. rezonator kołowy przypominający słońce, który można modyfikować celem uzyskania odpowiednich parametrów generatora fotonów. Wytworzenie takich ringów nie jest proste. Najpierw trzeba znaleźć kropkę pod powierzchnią materiału, aby w tym miejscu, współczesnymi narzędziami litografii elektronowej, wytworzyć ringi co wiąże się z pracą w skali nanometrowej. Co więcej, biorąc materiał z kropką InAs/InP nie wiemy, gdzie ta kropka się znajduje, gdyż jest ona ukryta pod powierzchnią. Zatem kropkę najpierw należy znaleźć a następnie wykonać ring. Do znajdowania kropek chcemy wykorzystać narzędzie obrazowania emisji za pomocą mikroskopu. Badając miejsce z którego wychodzi światło z materiału, można określić położenie źródła z rozdzielczością <math>< 50\text{ nm}</math>. Taka nowatorska metoda daje przewidywalne, czyli deterministyczne możliwości wytwarzania wielu źródeł pojedynczych fotonów o podobnych właściwościach, przez co pozwala na skalowanie procesu produkcji z miarą sukcesu >math>> 50\%</math>.

Spodziewamy się, że zaproponowana technologia dostarczy Alicji odpowiedni generator fotonów do wymiany informacji z serwerem bankowym za pomocą sieci światłowodowej w paśmie C. Urządzenie będzie produkować czyste stany jednofotonowe, o dużej nierozróżnialności, z wysoką jasnością i dużą szybkością emisji regulowanej sprzężeniem światła z materią.