**Wytwarzanie struktur fotonicznych z kropkami kwantowymi  
za pomocą skaningowego mikroskopu jonowego**

**Maciej Jaworski**1,2**, Aleksandra Chudzyńska**2,3**, Paweł Mrowiński, Grzegorz Sęk**1

1 *Katedra Fizyki Doświadczalnej, Wydział Podstawowych Problemów Techniki,  
Politechnika Wrocławska,Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław*

2 *Nanores, Bierutowska 57-59, 51-317 Wrocław*

*3 Oddział Spektroskopii Optycznej, Instytut Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych Polskiej Akademii Nauk, Okólna 2, 50-422 Wrocław*

*\*autor korespondencyjny: maciej.jaworski@pwr.edu.pl*

Postęp w dziedzinie technologii kwantowych jest przyczyną rosnących wymagań wobec przyrządów elektronicznych i optoelektronicznych, w tym między innymi zapotrzebowania na wydajne źródła pojedynczych fotonów lub bardziej złożonych, splątanych stanów fotonicznych. Spośród kilku istniejących rozwiązań najbardziej obiecującym wydaje się wykorzystanie półprzewodnikowych kropek kwantowych. W niniejszym komunikacie koncentrujemy się na wytwarzaniu i charakteryzacji struktur fotonicznych z kropkami kwantowymi jako źródeł jednofotonowych mogących posłużyć realizacji schematów komunikacji kwantowej w sieciach światłowodowych. Prezentujemy wyniki badań struktur z kropkami kwantowymi dwóch różnych układów materiałowych, InGaAs/GaAs i InAs/InP, umożliwiających uzyskanie emisji w pożądanymi aplikacyjnie zakresie drugiego (1.3 µm) i trzeciego (1.55 µm) okna telekomunikacyjnego. Za pomocą skupionej wiązki jonów skaningowego mikroskopu jonowego (Xe-PFIB) wytworzyliśmy szereg cylindrycznych mikrostruktur o różnych rozmiarach, oraz w zależności od parametrów procesu technologicznego, mając na celu maksymalizację fotoluminescencji oraz poprawę wydajności ekstrakcji emisji. Podstawową metodą charakteryzacji były pomiary skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM) oraz niskotemperaturowej mikrofotoluminescencji (µPL). Proponowana metoda wytwarzania z wykorzystanie FIB oferuje dużą szybkość procesu wytrawiania połączoną z wysoką precyzją i jakością strukturalną uzyskanych mikrostruktur. Przetestowano różne grubości półprzewodnikowych warstw przykrywających warstwę kropek w zakresie od kilkudziesięciu nanometrów do blisko mikrona oraz zastosowanie dodatkowej warstwy węgla zabezpieczającej powierzchnię, napylanej metodą GIS (gas injection system). Każdorazowa wytwarzano cylindryczne struktury o różnych średnicach (od 2 μm do 15 μm) i wysokości około 2 μm wykorzystując wiązkę jonów ksenonu, dla różnych prądów, energii oraz dawek jonów. Dla wybranych struktur, charakteryzujących poprawnymi parametrami morfologicznymi określonymi na podstawie danych z SEM, dokonano pomiarów µPL w temperaturze 5 K z pobudzaniem nierezonansowym powyżej przerwy wzbronionej materiału bariery. Najlepsze rezultaty, wydajną emisję z pojedynczych kropek kwantowych w telekomunikacyjnym zakresie widmowym, uzyskano dla warstw pokryciowych grubszych niż 500 nm i po zastosowaniu dodatkowego zabezpieczenia powierzchni w postaci cienkiej warstwy węgla. Rezultat ten wskazuje na potencjał praktyczny zastosowanego podejścia technologicznego jako odpowiedniego do tworzenia struktur fotonicznych o dobrej jakości krystalicznej i optycznej.

Badania realizowane w ramach Programu “Doktorat Wdrożeniowy” Ministerstwa Edukacji i Nauki (projekt nr DWD/4/50/2020) oraz w ramach Programu Akademickie Partnerstwa Międzynarodowe Narodowej Agencji Wymiany Akademickiej (projekt nr PPI/APM/2018/1/00031/U/001), w ramach którego otrzymano materiały do badań z Uniwersytetu Technicznego w Berlinie (prof. Stephan Reitzenstein) i z Uniwersytetu w Würzburgu (prof. Sven Höfling).