

Spektroskopia wzbudzeniowa pojedynczych kropek kwantowych emitujących w zakresie spektralnym bliskiej podczerwieni

Paweł Podemski¹, Aleksander Maryński¹, Anna Musiał¹, Jan Misiewicz¹, Artem Bercha², Witold A. Trzeciakowski², Nicole Srocka³, Tobias Heuser³, David Quandt³, André Strittmatter³, Sven Rodt³, Stephan Reitzenstein³, Grzegorz Sęk¹

¹ *Laboratorium Optycznej Spektroskopii Nanostruktur, Katedra Fizyki Doświadczalnej, Wydział Podstawowych Problemów Techniki, Politechnika Wroclawska, Wrocław, Polska*

² *Instytut Wysokich Ciśnień PAN, Warszawa, Polska*

³ *Instytut Fizyki Ciała Stałego, Uniwersytet Techniczny w Berlinie, Berlin, Niemcy*

Obecna wiedza na temat struktury energetycznej kropek kwantowych oraz mechanizmów transferu energii (zwłaszcza na poziomie pojedynczych nanostruktur), dostępna doświadczalnie za pomocą spektroskopii wzbudzeniowej, ograniczona jest głównie do nanostruktur o długości fali emisji poniżej 1 μm . Związane jest to między innymi z brakiem wydajnych przestrajalnych źródeł pobudzających dla dłuższych fal. W zakresie spektralnym bliskiej podczerwieni na szczególną uwagę zasługują tak zwane okna telekomunikacyjne 1,3 μm oraz 1,5 μm , które odpowiadają najbardziej pożądanym długościom fal urządzeń optoelektronicznych oraz światłowodowej transmisji danych.

W prezentowanych badaniach spektroskopia wzbudzeniowa została zastosowana do określenia właściwości optycznych pojedynczych kropek kwantowych $\text{In}_{0,75}\text{Ga}_{0,25}\text{As}/\text{GaAs}$, emitujących w zakresie spektralnym okna telekomunikacyjnego 1,3 μm . Samorosnące kropki kwantowe zostały wytworzone metodą epitaksji z fazy gazowej przy wykorzystaniu związków metaloorganicznych (MOCVD). Warstwa kropek kwantowych została dodatkowo przykryta cienką warstwą materiału $\text{In}_{0,2}\text{Ga}_{0,8}\text{As}$ redukującego naprężenia, która pozwoliła na otrzymanie emisji z kropek przy 1,3 μm . Badana struktura zawiera dodatkowo zwierciadło Bragga poniżej warstwy kropek kwantowych oraz wytrawioną powyżej soczewkę z GaAs, co pozwala na badanie pojedynczych kropek kwantowych dzięki zwiększonej wydajności ekstrakcji promieniowania ze struktury oraz uzyskanej rozdzielczości przestrzennej. W eksperymencie wykorzystany został układ do pomiarów fotoluminescencji z dużą rozdzielczością przestrzenną (rzędu 1 μm) i detekcją za pomocą monochromatora o długości ogniskowej 550 mm sprzężonego z wielokanałowym detektorem InGaAs. Układ eksperymentalny został dostosowany do przestrajalnego źródła laserowego, pobudzającego badane kropki kwantowe. Źródłem tym była laserowa dioda półprzewodnikowa z zewnętrzną wnęką rezonansową w konfiguracji Littmana. Przeprowadzone badania skupiają się na stanach wzbudzonych pojedynczych kropek kwantowych. Dzięki spektroskopii wzbudzeniowej, wyznaczone zostały wartości energii stanu wzbudzonego (70-80 meV powyżej stanu podstawowego) oraz ich zależność od energii emisji danej nanostruktury. Uzyskana relacja pozwoliła wywnioskować, że w badanych kropkach kwantowych wraz z rozmiarem zmienia się zawartość indu, co wpływa na ich strukturę elektronową, w szczególności na zależność położenia energetycznego stanu wzbudzonego od energii emisji ze stanu podstawowego kropki.

Autorzy dziękują za wsparcie finansowe Narodowemu Centrum Nauki w ramach projektu nr 2014/15/D/ST3/00813, jak również w ramach projektu FI-SEQR finansowanemu przez Europejski Fundusz Rozwoju Regionalnego Unii Europejskiej w ramach programu promowania badań, innowacji i technologii (Pro FIT) oraz Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (grant nr 2/POLBER-2/2016).