

Heksagonalny azotek boru (h-BN), to materiał znany już od 1842 r., kiedy to został zsyntetyzowany w laboratorium brytyjskiego chemika W. H. Balmaina. Dzięki swoim unikalnym właściwościom, takim jak warstwowa budowa, wysoka przewodność cieplna, odporność cieplna, obojętność chemiczna i wytrzymałość mechaniczna, znalazł szerokie zastosowanie w przemyśle (np. w smarach stałych). Składa się on z jonów boru i azotu tworzących silne wiązania o strukturze plastra miodu wewnątrz warstwy i słabych wiązań pomiędzy warstwami, tworząc trójwymiarowy kryształ z szeroką skośną przerwą wzbronioną ~6 eV odpowiadającą głębokiemu zakresowi widma UV, w przeciwieństwie do pół-metalicznego grafitu lub grafenu o podobnej strukturze.

Nowa era zainteresowania h-BN rozpoczęła się około 20 lat temu, kiedy postęp w technikach wzrostu spowodował poprawę jakości materiału i wyhodowano monokryształy o dużych rozmiarach, umożliwiając jego zastosowania w urządzeniach elektronicznych i optoelektronicznych. Pionierskie prace japońskich naukowców (Watanabe i in.) ujawniły wysoką wydajność emisji h-BN w głębokim UV w temperaturze pokojowej i doprowadziły do zaprojektowania pierwszego urządzenia na bazie h-BN z emisją w zakresie głębokiego UV. Jednakże fizyczne mechanizmy luminescencji h-BN pozostają nadal przedmiotem dyskusji.

Dodatkowo, obecnie hodowane kryształy objętościowe lub warstwy epitaksjalne h-BN są bogate w różne defekty. Wiele z nich działa jak mocne emitery o różnych energiach fotonów od 5,5 eV do ~1,5 eV, tworząc tak zwane źródła pojedynczych fotonów o ekstremalnej stabilności termicznej, które są ważnymi składnikami optycznych technologii kwantowych. Aby jednak w pełni kontrolować i rozwijać zastosowania h-BN o pożądanym unikalnym właściwościach, należy zidentyfikować naturę ośrodków rekombinacji promienistej. Pomimo intensywnych badań eksperymentalnych i teoretycznych, jest to wciąż jeden z nierozwiązanych problemów i żadne z obecnie proponowanych źródeł różnych defektów nie jest jednoznaczne.

Projekt „Kompleksowe badania centrów rekombinacji promienistej w monokryształach heksagonalnego azotku boru z zastosowaniem spektroskopii wysokociśnieniowej i czasowo rozdzielonej wspartej analizą teoretyczną” poświęcony jest innowacyjnemu i unikalnemu podejściu do rozwiązania zagadki centrów optycznie aktywnych, których emisję obserwuje się w fotoluminescencji kryształów h-BN. Głównym celem projektu jest wszechstronne zbadanie właściwości luminescencyjnych defektów punktowych w kryształach h-BN. Cel ten zostanie osiągnięty poprzez korelację parametrów wzrostu (tj. ciśnienia, temperatury, składu roztworu wzrostowego) z jakością kryształów oraz strukturą defektową, a następnie przeprowadzenie temperaturowo-zależnych pomiarów optycznych w ciśnieniu atmosferycznym oraz w wysokich ciśnieniach hydrostatycznych, w tym rozdzielczości fotoluminescencji spektralnie i czasowo rozdzielonej oraz zaawansowanego modelowania teoretycznego, aby uzyskać dokładny opis i pełne zrozumienie obserwowanych efektów.

Końcowym efektem projektu będzie nowa wiedza na temat otrzymywania wysokiej jakości kryształów h-BN, struktury energetycznej wybranych domieszek w h-BN oraz ich wpływu na właściwości optyczne badanego materiału, prowadząca do lepszego zrozumienia i poprawienia kontroli ich własności emisyjnych, których obecnie nie można kontrolować w wystarczającym stopniu. Wyniki te pozwolą na zaprojektowanie kryształów h-BN o zadanych właściwościach emisyjnych wymaganych dla konkretnych zastosowań, np. w opracowaniu nowatorskich, wydajnych urządzeń optoelektronicznych w głębokim UV.

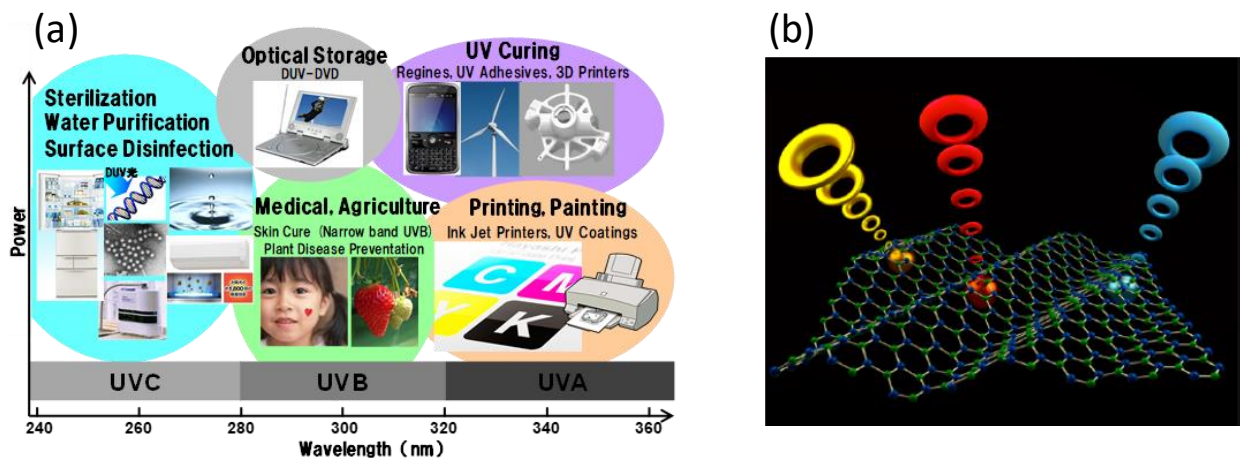


Fig.1. (a) Zastosowania emiterów UV [źródło: A. Yadav, H. Hirayama, E.U. Rafailov, Light Emitting Diodes, in *Nitride Semiconductor Technology*, F. Roccaforte & M. Leszczynski (eds), Wiley-VCH Weinheim 2020, pp. 253-300], (b) obraz poglądowy mocnych pojedynczych źródeł fotonów o różnych możliwych energiach [źródło N.R. Jungwirth, B. Calderon, Y. Ji, M.G. Spencer, M.E. Flatté, G.D. Fuchs, *Nano Lett.* **16**, 6052 (2016)].