

# Epitaksjalny azotek boru – uniwersalna platforma dla nowatorskich struktur van der Waalsa

A. K. Dąbrowska, K. Pakuła, M. Tokarczyk, G. Kowalski, J. Binder, R. Bożek, J. Borysiuk, K. Korona, O. Szawcow, J. Iwański, P. Tatarczak, M. Wojtczak, A. Wójcik, M. Marecki, A. Wysmołek, R. Stępniewski

1920

1920-2020



100 LAT POLSKIEGO TOWARZYSTWA FIZYCZNEGO

Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski

2020

Badania nad azotkami na Wydziale Fizyki UW rozpoczęły się już w latach 90. Ważnym osiągnięciem było wyhodowanie przez Krzysztofa Pakułę, metodą MOVPE (Metal Organic Vapour Phase Epitaxy), pierwszych w świecie, homoepitaksjalnych warstw azotku galu o ekstremalnie wysokiej jakości [1]. Umożliwiło to uzyskanie wielu wartościowych wyników opublikowanych w ok. 100 publikacjach dotyczących właściwości azotków i występujących w nich defektów. Zdobyte przez lata doświadczenie postanowiono wykorzystać do podjęcia badań technologii wzrostu i właściwości kolejnego z rodziny azotków – azotku boru (BN) [2,3]. Materiał ten może krystalizować w różnych formach, ale największy potencjał pod względem przyszłych zastosowań ma BN o hybrydyzacji  $sp^2$ , popularnie zwany heksagonalnym azotkiem boru (hBN). Łączy on w sobie właściwości materiałów III-V (szeroka przerwa energetyczna - ok. 6 eV, duża odporność na warunki zewnętrzne) z właściwościami, popularnych ostatnio, materiałów warstwowych, których pojedyncze warstwy związane są ze sobą słabymi oddziaływaniami van der Waalsa. Wszystko to sprawia, że hBN mógłby znaleźć zastosowanie zarówno w optoelektronice w dalekim ultrafiolecie (DUV) jak również jako część składowa heterostruktur van der Waalsa.

Badanie optycznych i strukturalnych właściwości otrzymywanego azotku boru pomogło zrozumieć jak przebiega proces wzrostu. Spektroskopia ramanowska oraz dyfrakcja rentgenowska pozwoliły wstępnie zidentyfikować strukturę krystalograficzną powstałego materiału. Pierwsza z technik dodatkowo daje informacje o naprężeniach, a druga umożliwia wyznaczenie stałej sieci. Dzięki skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM) udało się zaobserwować w jaki sposób różne parametry procesu wpływają na morfologię powierzchni. Pomiar fotoluminescencji defektowej pozwolił skorelować jej występowanie z niedoborem amoniaku, nadmiarem boru, a także obecnością węgla i wodoru pochodzących z metaloorganiki borowej. Wszystkie wymienione techniki eksperymentalne pozwalają na bieżąco charakteryzować otrzymywany materiał i na podstawie uzyskanych wyników - optymalizować proces wzrostu.

Aktualny stan wiedzy pozwala na wytwarzanie azotku boru o zaplanowanych właściwościach. Jakość materiału powstającego na Wydziale Fizyki UW jest porównywalna do jakości najlepszych kryształów, otrzymywanych różnymi metodami, w innych ośrodkach na świecie. Przewagą, którą zapewnia technologia MOVPE, jest możliwość otrzymania azotku boru o dużej powierzchni, co w przyszłości znacznie ułatwi łączenie go z innymi materiałami 2D w heterostruktury van der Waalsa.

## Literatura:

1. K. PAKUŁA, ET AL. SOLID ST. COMMUN. **97**, 919 (1996)
2. A.K. DĄBROWSKA ET AL., ACTA PHYSICA POLONICA A **129**, 129 (2016)
3. K. PAKUŁA, ET AL. ARXIV 1906.05319 (2019)

Słowa kluczowe: azotek boru, MOVPE, heterostruktury van der Waalsa, defekty

