

## 六方晶 BN 微結晶の発光ダイナミクス評価(3) Luminescence dynamics of hexagonal BN microcrystals (3)

東北大多元研<sup>1</sup>, 静岡大電子研<sup>2</sup>

°秩父重英<sup>1</sup>, 石川陽一<sup>1</sup>, 小南裕子<sup>2</sup>, 原和彦<sup>2</sup>

IMRAM-Tohoku Univ.<sup>1</sup>, RIE-Shizuoka Univ.<sup>2</sup>

°S. F. Chichibu<sup>1</sup>, Y. Ishikawa<sup>1</sup>, H. Kominami<sup>2</sup>, and K. Hara<sup>2</sup>

E-mail: chichibu@tohoku.ac.jp

【はじめに】バンドギャップエネルギー( $E_g$ )の大きい BN には、安定相でグラファイト状の 2 次元網目構造六方晶 h-BN のほか、低温高圧相のウルツ鉱 w-BN、高温高圧相の閃亜鉛鉱構造立方晶 c-BN 等が存在する。h-BN は、上記のポリタイプの中では比較的明るい発光を呈する事が知られており[1-3]、AlN 同様に深紫外線(DUV)波長領域の発光素子用材料として期待されている。これまでに、波長 215nm の光励起レーザー発振[1]や電子線励起 DUV 発光素子[2]、また 320 nm 帯の蛍光体材料としての応用研究[3]が報告されているが、高品質バルク単結晶[1]は一般には入手し難く、物性研究の面でもコンセンサスが得られないデータや説明が多かった。例えば、直接遷移型であると報告されている[1]一方、第一原理計算の結果では殆どの報告例で間接遷移型と予測されており[4]、ごく最近の Cassabois らの報告[5]では、間接遷移型を実証するデータと説明がなされている。しかしながら、構造欠陥に關与するとされる発光群を含め、時間分解や実空間分解分光評価により発光ダイナミクスを吟味する必要がある。我々は、2010 年度末に静岡大原教授らの h-BN の光学特性評価を開始し[6]、微結晶やエピ成長 h-BN の評価を行ってきた。本講演では、h-BN 微結晶のカソードルミネッセンス(CL)スペクトルと時間分解フォトルミネッセンス(TRPL)信号を、単結晶 h-BN のデータ群[5,7]と比較し、発光の起源について考察する。

【実験】市販の h-BN 粉末(>99%)を、900°Cで 2 時間、酸素雰囲気中で熱処理を行った h-BN 微結晶[3]の X 線回折、赤外線吸収、CL、および TRPL 測定を行った。TRPL 測定には、フェムト秒 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:Ti レーザーの第 4 高調波 ( $\lambda=198$  nm, ~100 fs, 80 MHz) を用い、1 パルスあたり 40 nJ/cm<sup>2</sup> の弱励起条件でストリークカメラを用いた計測を行った。

【結果と考察】X 線回折測定により単相であることを確認した h-BN 微結晶(結晶面は揃っていない)の低温 CL スペクトルを図示する。高エネルギー側から、5.92eV テイル、5.86eV ダブルレット、5.75eV ダブルレット、5.5eV 帯、4eV 帯と記す発光が観測された。5.92eV テイル、5.86eV ダブルレット、5.75eV ダブルレットのエネルギー位置は、各々間接遷移バンドギャップ(電子は M 点、正孔は K 点)に由来する励起子(iX)の、T 点における ZA フォノン、LA/TA フォノン、LO/TO フォノンレプリカと同定された[5]ピークと一致する。これらの発光と 4eV 帯は低温から室温まで殆ど強度が変化しなかったが、5.5eV 帯は温度上昇に伴う強度クエンチが観測された。詳細は当日発表する。

【謝辞】計測に協力頂いた羽豆耕治、古澤健太郎、田代公則氏に感謝します。本研究の一部は、科研費 挑戦的萌芽研究 16K14222、新学術領域 16H06427、基盤研究(B)17H02907 の援助を受けた。

【文献】[1] 渡邊他 Nature Mater. 3 (2004) 404. [2] 渡邊他 Nature Photon. 3 (2009) 591. [3] 原他 PSS (c) 8 (2011) 2509. [4] Arnaud 他 PRL 96 (2006) 026402; Wirtz 他 arXiv:cond-mat/0508421. [5] Cassabois 他 Nature Photon. 10 (2016) 262. [6] 石川,秩父他 2012 年春季及び秋季応用物理学会 [7] Cassabois 他 PRB 93 (2016) 035207.

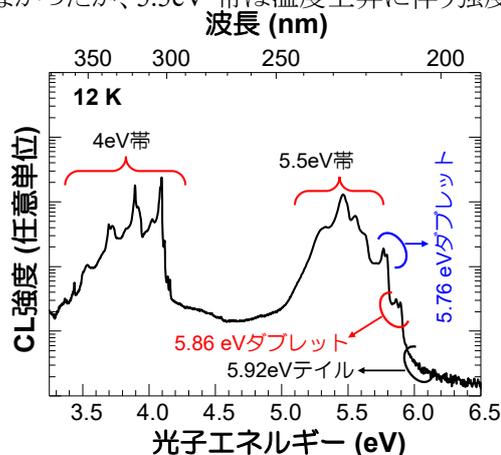


図 O<sub>2</sub> 熱処理後の h-BN 微結晶の CL スペクトル(12K)