18a-D7-4

希土類添加半導体 AlGdN のバンドギャップ制御によるエネルギー移動のチューニング Tuning of the energy transfer in AlGdN controlling the band gap

神戸大院工¹,株式会社ユメックス²,兵庫県立工業技術センター³, ⁰石津勇太¹, 辻和真¹, 喜多隆¹, 千木慶隆²,西本哲朗²,田中寛之²,小林幹弘²,石原嗣生³,泉宏和³ Kobe Univ.¹, YUMEX Inc.², Hyogo Prefectural Institute of Technology.³, ⁰Yuta Ishizu¹, Kazuma Tsuji¹, Takashi Kita¹, Yoshitaka Chigi², Tetsurou Nishimoto², Hiroyuki Tanaka², Mikihiro Kobayashi², Tsuguo Ishihara³, and Hirokazu Izumi³ Mail; 124t203t@stu.kobe-u.ac.jp

【研究背景】我々は新規の面型水銀フリーナローバンド深紫外発光源の実現に向けて、内殻ff遷移由来のナローバンド深紫外発光特性を有する希土類イオンGd³⁺とIII-V族半導体AINとの合金半導体Al_{1-x}Gd_xNに注目している [14]。実用化を目指す上で重要な課題となるのが発光強度の向上である。ここで、我々はAlGdN 薄膜の励起・緩 和過程を調査し、発光特性との相関関係を見出すことを目的としている。本研究では、温度によるホスト半導体 結晶のバンドギャップを制御することによって、エネルギー移動過程の精密なチューニングを行い、どのような メカニズムでAINからGd³⁺へエネルギー移動が起こっているかを明らかにすることを目的とした。

【実験と結果】AlGdN 薄膜には反応性高周波マグネトロンスパッタリング法を用いて石英ガラス基板上に成長した。ターゲットには Al を用い、Al ターゲット上に Gd チップを配置した同時スパッタリングで Al_{1-x}Gd_xN 合金半 導体を成長した。Al と Gd の組成比は GdN モル分率 0.2 mol%とし、成長時の基板温度は 200 ℃とした。反応性 ガスには 6N の窒素とアルゴンを用いた。またアニール条件として窒素雰囲気下でアニール温度を 700 ℃、時間 を 30 min とした。

測定温度を変化させた励起・緩和過程を調べるため、フォトルミネッセンス(PL)測定、フォトルミネッセンス励起(PLE)測定を行った。図1には13 K時のAIGdN薄膜の発光スペクトルを示す。図1の挿入図には測定温度を13~300 K時のPLピーク強度(励起エネルギー:6.2 eV、励起光強度:0.7 µW)の傾向を示している。この結果より、100 Kと230 Kにおいて発光強度向上が見られた。また図2にはPLEスペクトルの測定温度依存性(検出エネルギー:3.9 eV)を示している。明瞭な共鳴的吸収ピークが6.0 eV付近(13 K時)に現れている。この共鳴ピークは吸収スペクトルで観測できずPLEスペクトルにのみ観測された。すなわち、バンド内局在準位からGd³⁺イオンへのエネルギー移動を示唆するものである。図2の挿入図にはPLEの共鳴吸収ピークの測定温度依存性を示している。共鳴吸収ピークは測定温度上昇に伴い低エネルギー側にシフトする。この傾向はバンド端と一致するため、共鳴吸収ピークの起源である局在準位はAINホスト結晶由来のものであることがわかる。100 Kと230 Kに観測された共鳴的なエネルギー移動は、ホスト半導体結晶の局在準位からそれぞれGd³⁺イオンの⁶G_{112,92,52}と⁶G₇₂準位へのエネルギー移動と考えられ、このエネルギー移動の共鳴状態は発光減衰特性における寿命にも影響することが分かった。これらの結果は、エネルギー共鳴時の電子状態の非局在化とそれに起因するバックトランスファーが生じていることを示唆している。

参考文献

[1] T. Kita *et al.*, APL **93**, 211901 (2008). [2] S. Kitayama *et al.*, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering **1**, 012001 (2009). [3] S. Kitayama *et al.*, JAP **110**, 093108 (2011). [4] S. Iwahashi *et al.*, JAP **111**, 083526 (2012).



図 1: AlGdN 薄膜の 13 K 時の発光スペクトル。

挿入図: Al₀₉₉₈Gd₀₀₀₂N 薄膜の PL ピーク強度の測定温度依存性。 (励起エネルギー:6.2 eV)



図 2: AlGdN 薄膜の PLE スペクトルの測定温度依存性。(検出エ ネルギー:3.9 eV) 挿入図: Al_{0.998}Gd_{0.002}N 薄膜の測定温度変化に よる PLE スペクトルのピークエネルギーシフト。