

プラズマ支援分子線エピタキシー法により成長した GaSmN の光学的・磁気特性に与える基板キャリア密度の影響 Effects of carrier-doping on optical and magnetic properties of GaSmN grown by plasma-assisted molecular beam epitaxy

阪大産研 ○宮崎 雄太、青松 裕美、長谷川 繁彦

ISIR-SANKEN, Osaka Univ ○Y. Miyazaki, Y. Aomatsu, and S. Hasegawa

E-mail: miyazaki21@sanken.osaka-u.ac.jp

窒化物系希薄磁性半導体(DMS)はスピントロニクスデバイスが実現可能な材料として、注目を集めている。我々は GaCrN、GaGdN、GaDyN のような GaN 系の DMS 検討しており [1, 2]、それらは室温でも $M-H$ 曲線においてヒステリシスを示すことを報告している。最近の GaN 中の不純物希土類(RE)の電子構造の計算では、Ga₁₅SmN₁₆の伝導帯の最小値(CBM)におけるスピン分裂が GaN 中の RE 不純物で最も高いことを示している。CBM の大きなスピン分裂は GaN の CBM 近くにアクセプター様トラップ準位 $\varepsilon(0^-)$ を誘発する RE と密接に関係している[3]。本稿では、GaSmN 薄膜の光学的、電気的、磁気的特性に対する基板キャリア密度の効果を調べ、トラップ準位 $\varepsilon(0^-)$ との関連性について検討したので報告する。

Sm 添加 GaN 試料はプラズマ支援分子線エピタキシー(PA-MBE)法によって、3 種類の基板上に成長させた。1 つ目は $n \sim 1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ を有す Si ドープ n-GaN(0001)テンプレート、2 つ目は $n < 5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ を有すアンドープ GaN(0001)テンプレート、3 つ目はサファイア(0001)基板である。Ga_{1-x}Sm_xN 層(200 nm)は Ga 分子線等価圧力(BEP)、Sm の BEP、成長温度を調整して成長を行い、GaSmN(0002) X 線回折ピークから推定した SmN のモル分率 x は 3 %前後であった[4]。

図 1(a), (b), (c)に、それぞれ n-GaN、アンドープ GaN、サファイア(0001)上に成長させた GaSmN 層に対して 5 K で測定した典型的なフォトルミネッセンス(PL)スペクトルを示す。いずれのサンプルでも 356 nm 近傍にウルツ鉱型 GaN バンド端近傍での発光が観測されている。また、Sm³⁺の内殻 4f 遷移に由来する発光ピークが、約 619.0 nm, 666.8 nm, 669.0 nm 付近で観察されている。これら f-f 遷移由来の発光ピークは、使用基板に依存した特徴的な振る舞いを示すことが分かる。第一に、n-GaN 上の GaSmN ではその発光強度は低いのにに対して、アンドープ GaN 及びサファイア上の GaSmN ではその発光強度は強い。第二に、n-GaN 及びアンドープ GaN 上の GaSmN では 3 つの f-f 遷移それぞれが、単一の発光ピークとして主に観測されている。一方、サファイア上の GaSmN では、それぞれがいくつかのピークにシュタルク分裂しているのが分かる。磁化測定では、アンドープ GaN とサファイア上の GaSmN は $M-T$ 曲線においてキュリー則に従う挙動を示したが、n-GaN 上の GaSmN ではほとんど温度に依存しなかった。これらの結果と、Sm 添加によりもたらされる準位 $\varepsilon(0^-)$ との関連性について議論する。

[1] H. Asahi et al., J. Phys.: Condens. Matter 16, S5555 (2004).

[2] S. Hasegawa et al., Phys. Status Solidi C 8, 2047 (2011).

[3] A.Svane et al., Phys. Rev. B 74, 165204 (2006).

[4] K. Dehara et al., Jpn. J. Appl. Phys. 55, 05FE03 (2016)

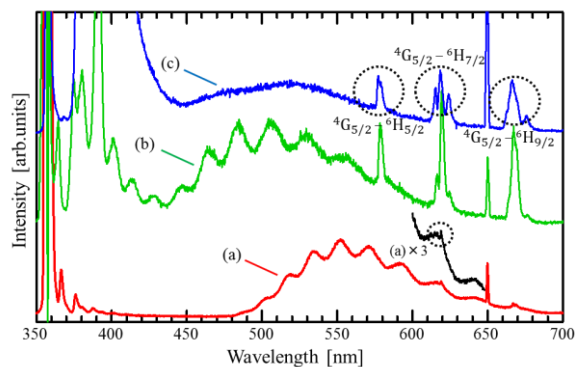


Fig. 1. PL spectra of GaSmN films grown on (a) n-GaN (0001) templates, (b) undoped GaN(0001) templates, and (c) sapphire (0001) substrates.