

三元系疑似 III 族窒化物の合成と特性

Synthesis and Characterization of Novel Ternary Nitrides

中部大工¹, 物材機構² ○山田 直臣¹, 川村 史朗²

Chubu Univ.¹, NIMS², °Naoomi Yamada¹, Fumio Kawamura²

E-mail: n-yamada@isc.chubu.ac.jp

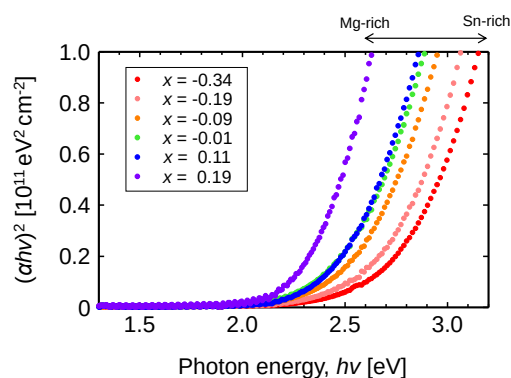
新しい化合物半導体群として, III 族窒化物の III 族元素を 2 価元素と 4 価元素で置換えた三元系疑似 III 族窒化物 (II-IV-N₂ 系) が研究されている. なかでも, 4 価元素が Sn の II-Sn-N₂ 系は歴史が浅く, ZnSnN₂ の合成が初めて報告されたのは 2013 年, MgSnN₂ に関しては 2019 年である [1]. II-Sn-N₂ 系の伝導帯の底は, 空間的な広がりが大きく等方的な Sn-5s 軌道によって構成されるので, 伝導電子の有効質量が小さく, 高移動度な半導体であることが計算によって予測されている [2]. 本講演では, 我々が行っている II-Sn-N₂ 系 (II = Zn, Mg, Ca) の合成とその特性について紹介する.

p ブロックの 2 価元素を用いた II-Sn-N₂ 系は専らウルツ鉱型ベースの構造をとるのに対し, s ブロックの 2 価元素を用いた II-Sn-N₂ 系は, カチオンの大きさに応じて様々な結晶構造をとり得る. 例えば, MgSnN₂ はウルツ鉱型構造 (wz-MgSnN₂) と岩塩型構造 (rs-MgSnN₂) の多形を有し, より大きな Ca を用いた CaSnN₂ は層状岩塩型構造 (α-NaFeO₂ 型構造) をとる.

MgSnN₂ と CaSnN₂ はともにバンドギャップ (E_g) が 2.2–2.5 eV の直接ギャップ半導体で, カソードルミネッセンスにより室温でバンド間遷移による緑色発光することも確認している [3]. さらに, wz-MgSnN₂ は GaN 上へのエピ成長も可能である [4]. III 族窒化物上にエピ成長可能な $E_g \approx 2$ eV の半導体は限られており, 緑色発光半導体として興味深い.

II-Sn-N₂ 系は三元系ならではの物性チューニング, すなわち, II/Sn 比による E_g や電気伝導性のチューニングが可能である. 一例として, wz-Mg_{1+x}Sn_{1-x}N₂ エピ層の E_g vs x 図を示す ($x = -0.4 \sim 0.2$ の広範囲で単相膜が得られるのも特徴). 組成が Sn 過剰 ($x < 0$) から Mg 過剰 ($x > 0$) になるにつれて, E_g は小さくなる. 電気伝導性に関しては, $x < 0$ では金属的な n 型伝導を示し, $x > 0$ では高抵抗の n 型半導体になる.

講演当日は, データの詳細を示し, メカニズムについても議論する.



wz-Mg_{1+x}Sn_{1-x}N₂ エピ膜の E_g の組成 (x) 依存性

参考文献

1. 川村, 山田, 応用物理 **2020**, 9, 92–96.
2. Lambrecht et al, Heterovalent Ternary II-IV-N₂ Compounds: Perspectives for a New Class of Wide-Band-Gap Nitrides. In *III-Nitride Semiconductors and their Modern Devices*; Gil, B., Ed.; Oxford University Press: Oxford, 2013; pp 519–585.
3. Kawamura et al. *Eur. J. Inorg. Chem.* **2020**, 446 (2020).
4. 松浦, 川村, 井村, 村田, 谷口, 山田, 第 80 回応用物理学会秋季学術講演会予稿集, 18a-E206-6 (2019).