

熱力学的解析による p 型 GaN の HVPE 法におけるキャリアガスの特定

Determination of carrier gas in HVPE method of p-type GaN by thermodynamic analysis

名大工¹, 名大院工², 名大未来研³, 九大応力研⁴長嶋 佑哉¹, 木村 友哉², 洗平 昌晃^{3,2}, 長川 健太², 草場 彰⁴, 寒川 義裕⁴, 白石賢二^{3,2}
Eng., Nagoya Univ.¹, Graduate School of Eng., Nagoya Univ.², IMass, Nagoya Univ.³, RIAM,
Kyusyu Univ.⁴Yuya Nagashima¹, Tomoya Kimura², Msaaki Araidai^{3,2}, Kenta Chokawa², Akira Kusaba⁴,
Yoshihiro Kangawa⁴, Kenji Shiraishi^{3,2}

E-mail : Nagashima.yuya@f.mbox.nagoya-u.ac.jp

1. はじめに

GaN は優れた物理特性を有しており、そのため GaN のパワーデバイスはデバイスのさらなる小型化、高速動作、高周波動作等の実現の鍵として期待されている。しかし、n 型 GaN 結晶の作製技術は確立している一方で、p 型 GaN 結晶の作製技術は未だ確立していない。GaN 結晶の作製には、成長速度が速く、炭素不含有の原料を使用する HVPE 法が用いられ、2019 年に MgO をドーパント原料として用いることで初めて高品質な p 型 GaN 結晶の作製に成功したという実験結果が報告された。しかし、具体的な気相反応や表面反応などの成長機構は明らかになっておらずその解明が求められている。そこで本研究は、従来の HVPE 法とは異なり、キャリアガスに H₂ を用いた場合の MgO 原料ゾーンの気相反応を第一原理計算と熱・統計力学計算を用いて調べ、GaN にドーピングされる主な Mg プリカーサの形を明らかにした。さらに、その結果を踏まえて p 型 GaN の HVPE 法における最適なキャリアガスを特定した。

2. 結果と考察

キャリアガスに N₂ のみを用いた場合(先行

研究を引用)、H₂ のみを用いた場合、N₂ と H₂ を用いた場合の計算を行った。具体的には、起こりうる素反応の形成エネルギーを計算し、その値を用いて平衡定数を求めて、得られた平衡定数の式と制約条件の式を含めた連立方程式を解くことで各分子の平衡分圧を求めた。計算結果を Fig.1(a)-(c) に示す。キャリアガスに N₂ のみを用いた場合には MgCl₂ の平衡分圧が大きくなり (Fig.1(a))、H₂ を用いた場合には Mg の平衡分圧が Mg 化合物の中で最も大きくなった (Fig.1(b))。キャリアガスに N₂ と H₂ を用いた場合の 900°C 付近の Mg の平衡分圧は MgCl₂ の平衡分圧と比べると極めて大きくなる (Fig.1(c))。これは、H₂ キャリアガスを導入すると GaN 結晶中への Mg ドーパントの濃度制御が HVPE で困難になることを意味している。このことから、p 型 GaN の HVPE 法における最適なキャリアガスは N₂ であると考えられる。

3. 謝辞

本研究は、文部科学省革新的パワーエレクトロニクス創出基盤技術研究開発事業 JPJ009777 の助成を受けたものです。

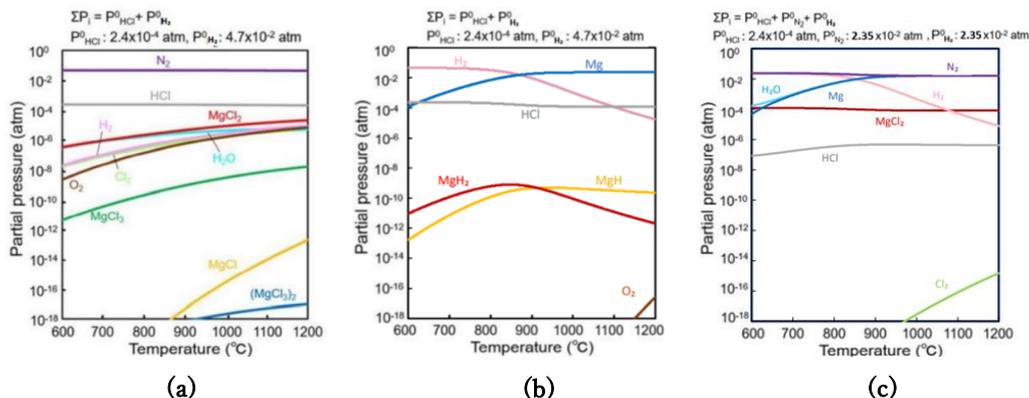


Fig.1: (Color online) Temperature dependence of Equilibrium partial pressure of vapor in MgO source zone. (a) N₂ carrier gas. (b) H₂ carrier gas. (c) N₂ and H₂ carrier gas.