

This is an sample image of online abstracts including program

企画講演

セッション名

Date:2017/9/26

Room

[No.] Title

Authors¹ (1. Affiliations)

Keywords: Keywords1, Keywords2, Keywords3, Keywords4

Abstract:(300 words max)

紫外光は、白色照明、樹脂硬化、光触媒、医療、有機物分解、各種センサーや分析装置など様々な分野で適用されている。UV-Cと呼ばれる波長 200-280 nm の深紫外領域の中でも 260 nm の紫外光は、デオキシリボ核酸 (DNA) の最大吸収帯であり、細菌やウイルスに対する殺菌効果を示す。現在、殺菌・浄化用の深紫外光源として、水銀ランプが広く用いられているが、高電圧が必要で、光源のサイズも大きい。2013年に熊本で採択された水俣条約では、2020年までに水銀を使用した製品の製造・輸出を禁止しており、一定含有量以上の水銀を含んだ蛍光灯や殺菌用光源としての水銀ランプもこの条約の規制対象となる。紫外光源の水銀フリー化が緊急の課題である。深紫外発光ダイオード (LED) は、低消費電力・長寿命・コンパクトという長所があり、水銀ランプの代替として普及していくことが期待される。

深紫外 LED は、AlGaIn 系窒化物半導体から構成される。AlGaIn 系発光素子の基板材料として、AlGaIn との格子整合性および光の取り出し効率の観点から、AlN が基板候補として最適であるが、AlN の融点の高さ、高温での解離圧の高さから、バルク単結晶を作製することは、極めて困難である。これまで昇華法¹⁻³⁾、ハイドライド気相成長 (HVPE) 法⁴⁾、Li₃N を窒素源として用いる溶液法⁵⁾、アルミナを原料とする昇華法^{6,7)}などの方法でバルク単結晶の作製が試みられているが、結晶品質およびサイズの両方を同時に満足する安価なプロセスは確立されていない。

一方、多くの研究者⁸⁻¹⁰⁾がサファイア基板をテンプレートとして用いた AlN 膜のヘテロエピタキシャル成長法の開発を行っている。近年、サファイア単結晶は大口徑化しており、6-8 インチ径も入手できるようになった。サファイア基板を用いることによって、大口徑の深紫外 LED プロセスの開発に期待が寄せられるが、サファイア基板を用いた AlN 膜のヘテロエピタキシャル成長では、格子不整合が大きな問題となる。有機金属気相成長法ではこの格子不整合を克服するため、Epitaxial Lateral Overgrowth (ELO) 法⁹⁾が用いられている。この手法の導入により 1-2 桁程度の貫通転位密度の低減は実現されているが、未だ結晶中には 10¹⁰ cm⁻²オーダーの貫通転位が存在している。この結晶層中の貫通転位は非発光再結合中心となり、LED の内部量子効果を著しく低下させるので¹²⁾、できる限り転位を低減する必要がある。

上記の背景に鑑み、当研究室では、図 1 に示すように AlN-Al₂O₃-C-N₂-CO 系熱力学的相安定図を中心にして、これに基づいた種々の AlN 結晶成長に関連するプロセスを考案した^{13,14)}。図 1 中には該当する参考文献も示したので、参考にされたい。本講演では、まず、AlN-Al₂O₃-C-N₂-CO 系熱力学的相安定図について概説し、相安定図から考案したサファイア窒化法の原理および実験結果について説明する。サファイア窒化法によってサファイア基板表面に得られた高品質 AlN 膜上に種々の成長法 (Ga-Al 液相成長 (LPE) 法、Pulsed laser deposition (PLD) 法、RF スパッタ法、DC バルススパッタ法など) によって、ホモエピタキシャル成長させた。本講演では、主として Ga-Al フラックスを用いた液相成長法の原理と得られた結晶膜の評価について説明する。その他、AlN 膜の転位密度を飛躍的に減少させる N₂-CO アニール法、およびバルクの AlN 結晶成長に関しては、Al₂O₃ を原料として用いた炭素熱還元窒化法を開発しているが、これらについても時間の許す限り紹介したい。

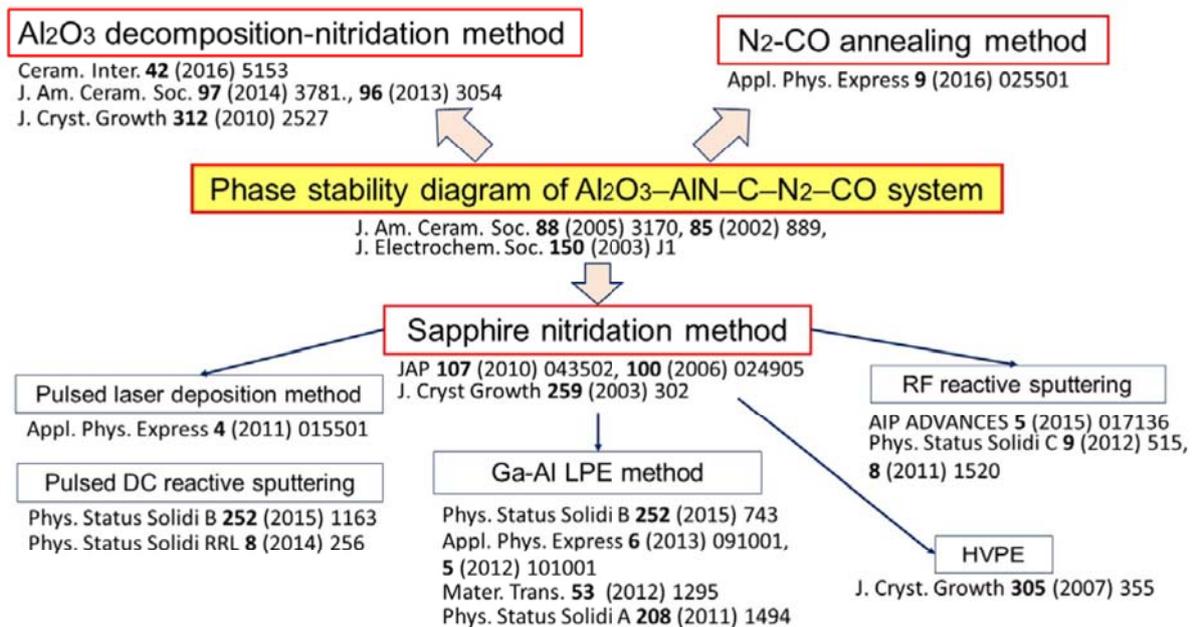


図 1 AlN-Al₂O₃-C-N₂-CO 系熱力学的相安定図に基づく種々の AlN 結晶関連するプロセス

参考文献

- 1) B. M. Epelbaum, M. Bickermann, S. Nagata, P. Heimann, O. Filip, and A. Winnacker: *J. Cryst. Growth*, **305** (2007) 317.
- 2) Z. G. Herro, D. Zhuang, R. Schlessler, and Z. Sitar: *J. Cryst. Growth*, **312** (2010) 2519.
- 3) R. R. Sumathi, R. U. Barz, P. Gille, and T. Straubinger: *Phys. Status Solidi C*, **8** (2011) 2107.
- 4) Y. Kumagai, Y. Kubota, T. Nagashima, T. Kinoshita, R. Dalmau, R. Schlessler, B. Moody, J. Xie, H. Murakami, A. Koukitu, and Z. Sitar: *Appl. Phys. Express*, **5** (2012) 055504.
- 5) Y. Kangawa, R. Taki, T. Yayama, B. M. Epelbaum, and K. Kakimoto: *Appl. Phys. Express*, **4** (2011) 095501.
- 6) K. Hironaka, T. Nagashima, S. Ikeda, M. Azuma, K. Takada, and H. Fukuyama: *J. Cryst. Growth*, **312** (2010) 2527.
- 7) Y. You, M. Kato, M. Ohtsuka, and H. Fukuyama: *J. Am. Ceram. Soc.*, **96** (2013) 3054.
- 8) H. Hirayama, T. Yatabe, N. Noguchi, T. Ohashi, and N. Kamata: *Appl. Phys. Lett.*, **91** (2007) 071901.
- 9) M. Imura, K. Nakano, T. Kitano, N. Fujimoto, G. Narita, N. Okada, K. Balakrishnan, M. Iwaya, S. Kamiyama, H. Amano, I. Akasaki, K. Shimono, T. Noro, T. Takagi, and A. Bandoh: *Appl. Phys. Lett.*, **89** (2006) 221901.
- 10) R. Miyagawa, S. Yang, H. Miyake, and K. Hiramatsu: *Phys. Status Solidi C*, **8** (2011) 2069.
- 11) S. A. Newman, D. S. Kamber, T. J. Baker, Y. Wu, F. Wu, Z. Chen, S. Namakura, J. S. Speck, and S. P. DenBaars: *Appl. Phys. Lett.*, **94** (2009) 121906.
- 12) K. Ban, J. Yamamoto, K. Takeda, K. Ide, M. Iwaya, T. Takeuchi, S. Kamiyama, I. Akasaki, and Hiroshi Amano: *Appl. Phys. Express*, **4** (2011) 052101.
- 13) 福山博之, 安達正芳: *日本結晶成長学会誌*, **41**, No. 3 (2014) 124.
- 14) 福山博之: *金属* **79**, No. 11 (2009) 985.