

シリコンおよびサファイア基板上への規則配列 GaN ナノコラムの作製

Fabrication of regularly arrayed GaN nanocolumn on Silicon and Sapphire substrates

豊橋技科大工¹, EIIRIS², 上智大理工³○東幸幹¹, 関口寛人¹, 山根啓輔¹, 岡田浩^{2,1}, 若原昭浩¹, 岸野克巳³Toyohashi Univ. Tech.¹, EIIRIS², Sophia Univ.³,○Y. Higashi¹, H. Sekiguchi¹, K. Yamane¹, H. Okada¹, A. Wakahara¹, K. Kishino²E-mail: sekiguchi@ee.tut.ac.jp

InGaN/GaN 量子井戸では格子不整合に起因したミスフィット転位の発生やピエゾ電界による量子閉じ込めシュタルク効果により発光効率が低下する。一方で、我々が注目する GaN ナノコラムは欠陥屈曲効果により結晶中の貫通転位が取り除かれ[1], さらに GaN 上に薄膜ならば臨界膜厚となりうる InGaN 層を成長したとしてもミスフィット転位の発生が抑制されるため[2], InGaN 系を用いた長波長領域の発光デバイスの実現に寄与しうる。これまでにナノコラム間の組成バラツキを抑制することを目的に, Ti マスク選択成長法を用いた GaN テンプレート基板上の規則配列 GaN ナノコラムが報告されてきた[3]。様々な基板上へのナノコラム成長技術が開発されれば, フレキシブルデバイスへの応用やデバイスプロセスの自由度の向上につながると考えられる。本研究では, その第一歩としてシリコン基板上およびサファイア基板上への選択成長技術の開発を行ったので報告する。

本研究では, Fig. 1 に示す3つの異なるパターン基板を用意した。1つは(111)シリコン基板上に Ti/SiO₂(10 nm/20 nm)を EB 蒸着およびプラズマ CVD 法によって成膜したものであり, 残りの2つはシリコン基板上およびサファイア基板上に Al 薄膜を 20 nm 成膜後, アンモニア雰囲気下 600 °C にてアニールすることで AlN 薄膜を得た後, 同様の手法で Ti/SiO₂(10 nm/20 nm)を成膜した。いずれの試料においても EB 描画装置とドライエッチング装置によって三角格子配列したナノホールパターンを形成した。3つのパターン基板を同一のホルダへ設置して, MBE チャンバーへと投入し, 3つの試料を同時に 120 分間成長した。Ga フラックスは 1.5×10^{-4} Pa, 窒素流量は 1.0 sccm, RF パワーは 450 W である。またヒータ温度は 925 °C および 1000 °C (サファイア基板上での成長温度はそれぞれ 880 °C, 925 °C である)の2つ場合について行った。

Fig. 2 に直径 160 nm, 周期 600 nm のナノホールパターン上にヒータ温度 925 °C で成長したそれぞれのパターン基板の GaN 結晶の鳥瞰 SEM 像を示す。いずれの試料においても不十分であるものの, ナノホールパターンを起点に GaN ナノ結晶が成長している様子が観測された。シリコン基板上では AlN シード層の有無によって成長が大きく異なることが明らかとなり, AlN シード層が選択成長に大きく関与することが見出された。またこれまでに報告[4]があるようにシリコン基板上に直接選択成長を試みると, 1つのナノホールに複数の核形成がなされ, 複数のナノコラムが1つのナノホールから成長することが確認された。また Fig. 3 にヒータ温度 1000 °C において成長した GaN ナノ結晶の鳥瞰 SEM 像を示す。サファイア基板上では 400 nm/h 程度の十分な成長レートが得られ, 一部異常成長が見受けられるものの, 配列された GaN ナノコラム結晶が得られた。また 325 nm の He-Cd レーザを用いた PL 評価を行ったところ, いずれの試料においても 360 nm 付近からのバンド端発光が得られ, 六方晶の GaN 結晶が得られていることが確認された。

【参考文献】 [1] H. Sekiguchi *et al.*, Phys. Status Solidi C, **7**, 2374 (2010). [2] T. Oto *et al.*, AIP advances, **6** 115214 (2016). [3] H. Sekiguchi *et al.*, Appl. Phys. Express, **1**, 124002, (2008), [4] K. Kishino *et al.*, Electron. Lett., **44**, 819 (2008).

【謝辞】 本研究の一部は科研費補助金#24000013 および日比科学技術振興財団の援助を受けて行った。

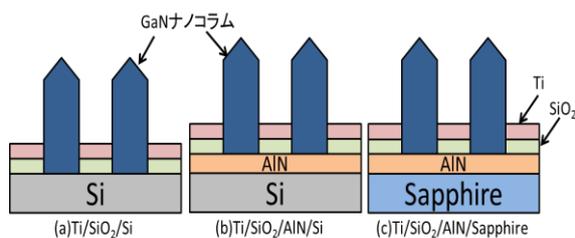
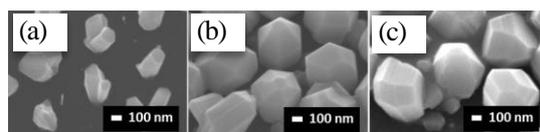
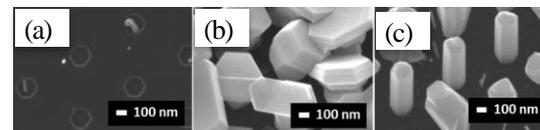


Fig. 1. Schematic diagram of sample structure

Fig. 2. Bird's-eye-view SEM image of GaN nanocrystals on different patterned substrate grown at 925 °C (a) Ti/SiO₂/Si, (b) Ti/SiO₂/AlN/Si, (c) Ti/SiO₂/AlN/SapphireFig. 3. Bird's-eye-view SEM image of GaN nanocrystals on different patterned substrate grown at 1000 °C (a) Ti/SiO₂/Si, (b) Ti/SiO₂/AlN/Si, (c) Ti/SiO₂/AlN/Sapphire