

スパッタアニール AlN 上 GaN/AlN 2 次元正孔ガス構造の 電気特性評価と微細構造解析

Electrical characterization and microstructural analysis of GaN/AlN two-dimensional hole gas structure on sputter-annealed AlN

阪大院基礎工¹, コーネル大学², 三重大地創戦略企³, 三重大院地域イノベ⁴, 三重大院工⁵,
 °(B)西村海音¹, (M1)中西悠太¹, 林侑介¹, 藤平哲也¹,
 Reet Chaudhuri², Yongjin Cho², Huili Grace Xing², Debdeep Jena², 上杉謙次郎^{3,4}, 三宅秀人^{4,5}, 酒井朗¹
 Osaka Univ.¹, Cornell Univ.², SPORR³, Grad. Sch. RIS⁴, Grad. Sch. Eng.⁵, Mie Univ.
 °K. Nishimura¹, Y. Nakanishi¹, Y. Hayashi¹, T. Tohei¹,
 R. Chaudhuri², Y. Cho², H. G. Xing², D. Jena², K. Uesugi^{3,4}, H. Miyake^{4,5}, A. Sakai¹
 E-mail: sakai@ee.es.osaka-u.ac.jp

【背景】AlGaN/GaN デバイスでは高移動度・高密度の 2 次元電子ガス (2DEG) の存在が確認され、高周波帯域での実用化がなされている。一方で、GaN/AlN 構造において 2019 年にはじめて分極誘起由来の 2 次元正孔ガス (2DHG) が確認された[1]。本研究ではスパッタ AlN を対面式アニールで高品質化させた FFA Sp-AlN テンプレート[2]上に GaN/AlN 構造を形成し、電気特性評価および微細構造解析を行った。

【実験】まずサファイア基板上に 180 nm の Al 極性 (+c 面) FFA Sp-AlN を形成し、その上に有機金属気相成長法 (MOVPE) で AlN を 200 nm 成膜した。その後、分子線エピタキシー法 (MBE) で AlN 400 nm、ノンドープ GaN 8 nm、Mg ドープ (In)GaN 15 nm を成膜した。本試料に対して温度変化ホール効果測定 (van der Pauw 法) による正孔密度・移動度の温度依存性の測定と、透過型電子顕微鏡 (TEM) による欠陥構造解析を行った。

【結果および考察】温度変化ホール効果測定の結果を図 1(a)および 1(b)に示す。正孔密度ならびに移動度の温度依存性は先行研究で報告された結果[1]と同様の傾向を示した。300 K における正孔密度は $5.8 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ であり、MBE の成膜条件が最適化されていないにもかかわらず先行研究と同等の値であったが、正孔移動度は $5.8 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ と、先行研究の 1/3 程度に低下していた。本研究で用いた FFA Sp-AlN は 1700 °C の高温処理によって大きな圧縮歪を受けており、その上に成長した GaN の一部が格子緩和していることが逆格子マッピングによって明らかとなった。そのため、この正孔移動度の低下は GaN/AlN 界面において発生したミスフィット転位における散乱によるものと考えられる。図 2 に試料断面の明視野 TEM 像を示す。AlN テンプレートと MBE-AlN の界面から複数の転位が発生している様子が確認され、正孔移動度低下の要因となっていることが示唆された。これらの転位は Al 援用クリーニングで抑制できると考えられる[3]。

【謝辞】本研究は、文部科学省「地域イノベーション・エコシステム形成プログラム」、JSPS 科研費 (16H06415、16H06423、19K15045) の支援により行われた。

【参考文献】[1] R. Chaudhuri *et al.*, Science 365, 1454 (2019), [2] H. Miyake *et al.*, J. Cryst. Growth 456, 155 (2016), [3] Y. Cho *et al.*, APL 116, 172106 (2020).

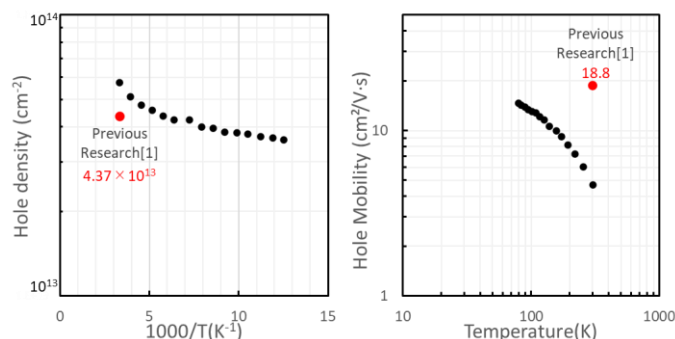


Fig 1. Temperature dependence of (a) hole density and (b) hole mobility.

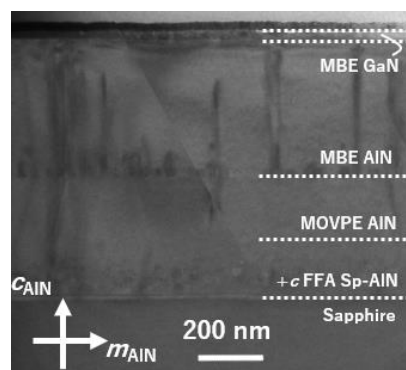


Fig 2. Cross-sectional TEM image of the sample.