表面活性化接合と Si 基板剥離による GaN 極性反転構造の作製

Fabrication of Polarity-Inverted GaN by Surface-Activated Wafer Bonding and Silicon Removal

阪大院工¹,名城大理工²,三重大地域イノベ³,名大院工⁴,名大未来研⁵ ⁰小野寺 卓也¹,上向井 正裕¹,高橋 一矢²,岩谷 素顕²,赤崎 勇²,林 侑介³,

三宅 秀人 3. 久志本 真希 4. 鄭 惠貞 5. 本田 善央 5. 天野 浩 5. 片山 竜二 1

Grad. School of Eng., Osaka Univ.¹, Fac. Sci. & Tech., Meijo Univ.², RIS, Mie Univ.³,

Dept. of Electronics, Nagoya Univ.⁴ and Nagoya Univ. IMaSS⁵ ^OT. Onodera¹, M. Uemukai¹, K. Takahashi², M. Iwaya², I. Akasaki², Y. Hayashi³, H. Miyake³, M. Kushimoto⁴, H. J. Cheong⁵, Y. Honda⁵, H. Amano^{4,5} and R. Katayama¹ E-mail: onodera.t@qoe.eei.eng.osaka-u.ac.jp

ウエハ接合技術を用いると、格子定数や結晶方位の異なる層同士の新規な積層構造の実現が可 能である。特に AIN、GaN に代表される窒化物半導体は c 軸方向に大きな分極電界を有するため、 AIN 同士、GaN 同士のウエハ接合により極性を反転させた積層構造とすることで、高効率な波長 変換素子の作製が可能となる。本研究室ではサファイア基板上の AIN 同士、GaN 同士の低温での 表面活性化接合に成功した[1]が、AIN や GaN の積層構造から化学的・物理的に安定なサファイア 基板を剥離することが困難であり、高機能なチャネル導波路型光集積デバイスの作製に利用でき ないという問題があった。そこで本研究では、これを解決するために、シリコン基板上の GaN と サファイア基板上の GaN との表面活性化接合およびシリコン基板の剥離プロセスを試みた。

表面活性化接合においては、高真空中で試料表面に高速 Ar ビームを照射することで酸化物層や 不純物層を除去し、未結合手が剥き出しの活性化状態とする。その後、試料を向かい合わせに配 置し、加圧・加熱することで接合を行う。まず印加圧力 0.5 MPa、加熱温度 240℃、加時間 150 分 の条件において、サファイア基板上の膜厚 1.4 μm の+c 面 GaN 同士の高速 Ar 照射による表面活性 化時間を変化させて接合を試みたところ、135 秒以下、195 秒以上では接合できなかった。照射 時間が短い場合は試料表面の酸化物層や不純物層の除去不足となり、また照射時間が長い場合は 表面平坦性の劣化により、接合できないと考えられる。このことは、高速 Ar ビーム照射(パワー 360 W、照射時間 330 秒)前後の GaN 表面の AFM 像 (5×5 μm²) (Fig. 1) より、照射後の表面粗 さが増加したことからわかる。これらの結果から、最適な照射時間を 165 秒と決定した。

次に、Si(111)基板上の膜厚 2.0 µm の+c 面 GaN を用い、サファイア基板上 GaN との接合を試み た。活性化接合条件は上記と同一とした。接合試料の写真を Fig. 2 に示すが、干渉縞が発生して いないことから、約 5 mm 角の試料全面の接合に成功した。続いてフッ硝酸エッチング(HF:HNO3 =1:1、室温、30 分)によりシリコン基板の剥離を行った。シリコン基板上に成膜されていた GaN がサファイア基板上 GaN に転写されたことを確認するため、GaN(1-101)面の XRD 極点図を測定 した(Fig. 3)。二層の GaN の a 軸が互いに直交するよう接合したことを反映し、サファイア基板 上 GaN からの 6 個の回折ピーク(図中〇内)に加えて、90°回転した位置に 6 個の回折ピーク(図 中〇内)が観測できたことから、シリコン基板上 GaN の転写、つまり GaN 極性反転構造の形成 を確認できた。当日は試料の構造特性の評価結果について報告する。

[1]小野寺他,第78回応用物理学会秋季講演会,7p-A301-3 (2017). 謝辞:本研究の一部は、科研費 17H01063、17H05335、名古屋大 未来研共同利用・共同研究の助成のもと実施したものです。併 せて試料をご提供頂いた大阪大学藤原康文教授に感謝致します。





Fig. 1 AFM images of GaN surfaces (a) before and (b) after fast Ar beam irradiation for 330 s.



Fig. 2 Photograph of sapphire/GaN/GaN/Si.



Fig. 3 XRD pole figure of GaN/GaN/ sapphire sample after Si removal.