

窒素ブースト大気圧熱プラズマジェットを用いた 4H-SiC ウェハ中不純物のミリ秒高速活性化アニール

Millisecond Annealing for High Speed Activation of Impurity in 4H-SiC Wafer by Nitrogen-boosted Atmospheric Pressure Thermal Plasma Jet

広大院 先端研 ○河崎 星輝, 花房 宏明, 東 清一郎
Graduate School of Advanced Sciences of Matter, Hiroshima University
○Seiki Kawasaki, Hiroaki Hanafusa, and Seiichiro Higashi
Email: semicon@hiroshima-u.ac.jp

序 近年、パワーエレクトロニクスの発展が求められる中で、高耐圧・高耐熱であるシリコンカーバイド(SiC)が注目を集めているが、SiC 中不純物の活性化には約 1600 °C の高温アニールが必要である。我々は急速熱処理が可能な大気圧熱プラズマジェット(TPJ)を用いて P をイオン注入した 4H-SiC に対して約 30 秒間の TPJ アニールを行うことで基板の最高到達温度 1630 °C を達成し、抵抗率 3.1 mΩcm, キャリア濃度 $2.0 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$, 及び結晶性回復の指標となる Image Quality (IQ) 値 76% を過去に報告している[1, 2]。また、従来の TPJ と比べて 12.5 倍のパワー密度をもつ窒素ブースト TPJ(NB-TPJ)を開発した[3]。本研究では、NB-TPJ 用いて P 不純物の更なる高速活性化を試みた。

実験 厚さ 361 μm の p 型エピタキシャル層付き 4H-SiC 基板(エピタキシャル層の膜厚 4.96 μm, 不純物 Al, ドープ量 $2.67 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$)を用いて実験を行った。基板温度 300 °C, ドーズ量 $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-2}$ の条件で P⁺ をイオン注入した。NB-TPJ を用いた不純物活性化アニールは、投入電力 7.5 kW, Ar 流量 3.0 L/min, N₂ 流量 1.6 L/min の条件でプラズマを生成し、噴出口から基板までの距離(d) を 5 mm として Fig. 1 に示すように、スキャン速度(v)を 100, 150, 200 mm/s と変えて行った。NB-TPJ 処理後、Ni を堆積し、950 °C で 5 分間ランプアニールをすることで NiSi のオーミックコンタクトを形成した。本実験では、従来の TPJ アニールと比較するため、不純物活性化アニール以外のプロセスの条件は従来の条件と統一してある。また、ホール効果測定により P⁺ の注入領域の電気特性を、電子後方散乱回折法(EBSD)を用いて IQ 値により基板表面の結晶性を評価した。

結果及び考察 Fig. 2 に抵抗率と IQ 値のスキャン速度依存性を示す。各スキャン速度において約 1.5 mΩcm の抵抗率と約 60% の IQ 値が得られた。特に $v = 150 \text{ mm/s}$ においては最も低い抵抗率 1.3 mΩcm と高い IQ 値 72% を示し、処理時間が従来の約 1/150 である 0.1 ~ 0.2 秒であるにも関わらず、従来の TPJ での最高到達温度 1630 °C のアニールを 30 秒間したものと同様の結果が得られた[2]。一方、 $v = 100 \text{ mm/s}$ においては抵抗率の増大や IQ 値の減少が見られた。これは、熱処理時間が長く表面荒れが生じたためだと考えられる。

結論 NB-TPJ を用いた高速熱処理により非常に低い抵抗率 1.3 mΩcm と高い IQ 値 72% が得られた。これらのことから、NB-TPJ によるアニールを SiC の不純物活性化アニールに組み込むことで高速活性化が可能であることが示唆される。

謝辞 本研究の一部は広島大学ナノデバイス・バイオ融合科学研究所の支援の下に行われた。

参考文献 [1] K. Maruyama, et al., Jpn. J. Appl. Phys. **54** (2015) 06GC01.

[2] H. Hanafusa, et al., Mat. Sci. Forum, **821** (2015) 391-394.

[3] H. Hanafusa, et al., Jpn. J. Appl. Phys. **57** (2018) in press.

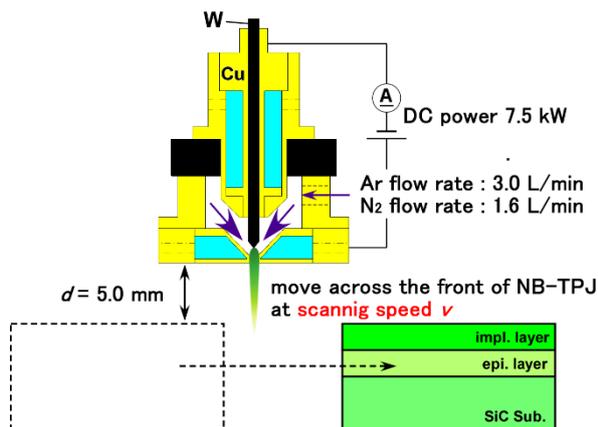


Fig. 1 Schematic of NB-TPJ annealing.

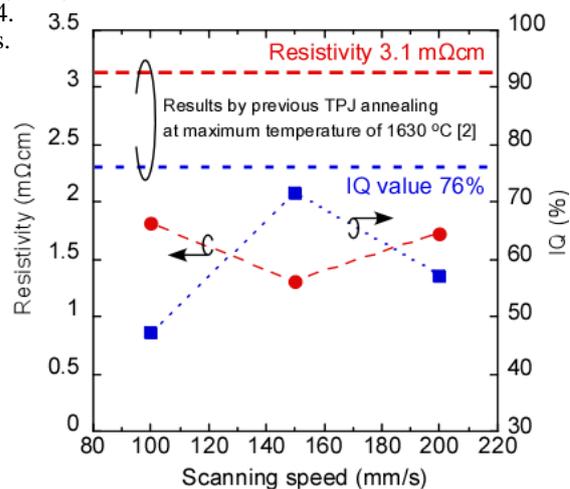


Fig. 2 Dependence of the resistivity and IQ on scanning speed.