

薬液中レーザー照射による 4H-SiC の n 形化と不純物の拡散特性

N-type Doping in 4H-SiC by Laser Irradiation in Chemical Solutions and its Diffusion Properties of Impurities

九大 ○井上祐樹, 池上浩, 池田晃裕, 中村大輔, 岡田龍雄, 浅野種正

Kyushu Univ., ○Y. Inoue, H. Ikenoue, A. Ikeda, D. Nakamura, T. Okada, T. Asano

E-mail: ikenoue@ees.kyushu-u.ac.jp

1. 序論

SiC はワイドギャップ半導体であり, 耐電圧性, 耐熱性, 熱伝導特性に優れパワーデバイスや環境デバイスとしての優れた材料物性を有することが知られている. 一方, ウエハ製造時の欠陥低減など解決すべきプロセス技術の課題が残されており, 特に不純物ドーピングに関しては不純物濃度の向上及び活性化率の改善, プロセス温度の低減などが求められている. 我々は, 不純物注入時の欠陥生成を低減し低温でドーパントを活性化し得る技術として, 薬液中レーザー照射による不純物のドーピング技術に注目している. これまでの実験で, リン酸溶液中でのレーザー照射により SiC 中へのリンの注入と SiC の n 形化が同時に達成されることを示してきた[1]. 本報告ではアンモニア水溶液中でのレーザー照射により SiC 中への窒素ドーピングと n 形化を試みた. さらに pn 接合ダイオードを形成しその電気特性評価と, 二次イオン質量分析法を用いて不純物の注入深さの測定を行ったのでその結果を報告する.

2. 実験

用いたレーザーはギガフォトン社製 KrF エキシマレーザーであり, 波長は 248 nm, パルス幅は約 55 ns であった. p-epi /n⁺ 4H-SiC(1000)基板をアンモニア水溶液中に浸しレーザーを照射することで p-epi 層への窒素のドーピングと n 形化を試みた. アンモニア水溶液の濃度は 10 wt% であった. レーザービームは 340 μm×150 μm の矩形形状であり, 照射フルエンス 1.0 J/cm²~3.5 J/cm², 照射回数 1 shot~20 shots の範囲で照射を行った. p 形領域へのコンタクト電極は, Ti/Al 膜を物理気相蒸着法にて成膜し 850 °C で 5 分間, 真空中でアニールすることにより形成した. この電極蒸着した p 形領域とレーザー照射した領域で pn 接合ダイオードを形成し, 電流-電圧(I-V)特性と逆回復特性を測定した.

3. 結果及び考察

図 1 は, フルエンス 2.5 J/cm², 照射回数 1 shot でレーザーを照射した領域と, p-epi 層上の電極間で測定された電流-電圧(I-V)特性を示している. 図 1 より, レーザー照射を施すことで明確な整流特性が生じることが分かる. p-epi 層に形成された電極及びレーザー照射領域ではオーミックコンタクトが得られることを確認しており, このダイオードの逆回復特性を調べた結果, 回復時間は 260 ns であったことから, この整流特性は pn 接合により得られていると考えられる.

さらに, この I-V 特性から求められたダイオード理想係数 n は, フルエンス 2.5 J/cm², 照射回数 1 shot の場合において n = 1.1 であり, 理想ダイオード(n = 1)に近い値を示すことが分かった. このことから拡散電流が支配的であり, pn 接合領域の欠陥を介した再結合電流は少ない事が分かる.

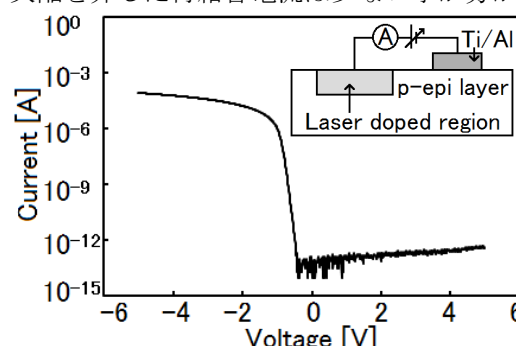


図 1 レーザー照射領域と p-epi 層間の I-V 特性. 2.5 J/cm², 1 shot.

図 2 は, 窒素濃度の深さ分析の結果を示している. この時の照射レーザー条件は, フルエンス 2.5 J/cm², 照射回数 1 shot 及び 10 shots であった. 図 2 より, 照射回数 1 shot の場合において, 表面から 27 nm の深さまで窒素が拡散しており, 照射回数 10 shots の場合には, 96 nm の深さまで窒素が拡散している事が分かる.

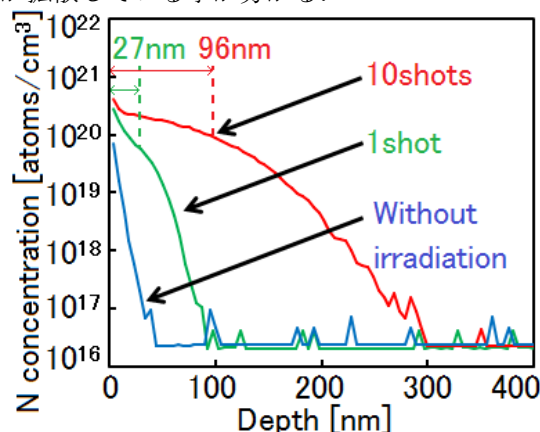


図 2 SIMS 測定による N のプロファイル. 2.5 J/cm².

以上の結果からアンモニア水溶液中で SiC にレーザー照射を施すことにより窒素の注入と同時に活性化を低温で行うことが可能であると結論する. リン酸溶液を用いたリンの注入による n 形化特性との比較については講演にて説明する.

[1] A.Ikeda et al., Appl. Phys. Lett. **102**, 052104 (2013)