Si 保護膜を用いた 4H-SiC への $AlCl_3$ 水溶液中レーザー照射による Al ドーピング

Al Doping to 4H-SiC with Si passivation films by laser irradiation in $AlCl_3$ acid solution

九州大学 ○(M1) 土屋知大, 池上浩, 諏訪輝, 池田晃裕, 中村大輔, 浅野種正

Kyushu Univ. °T. Tsuchiya, H. Ikenoue, A. Suwa, A. Ikeda, D. Nakamura, T. Asano

E-mail: tsuchiya@laserlab.ees.kyushu-u.ac.jp

1.序論

4H-SiC は高電圧耐圧、低電力損失などの特性を有するワイドギャップ半導体であり、パワーデバイス材料として注目されている。一方、その製造工程には様々な解決すべき課題が残されており、特にドーパントの形成時の複数回のイオン注入と超高温過程は、製造コストの高騰や基板欠陥形成によるデバイス特性劣化などを引き起こし、最も解決すべき課題として認識されている。本研究グループでは、溶液中レーザー照射により基板表面と溶液の界面近傍を局所的に瞬時アニールし、下地基板の温度上昇を抑制した状態で、不純物の注入と同時活性化が達成されることを示してきた[1]。しかしながら、レーザー光が SiC 表面で吸収されるため表面が僅かにアブレーションされることが問題となっていた。本研究では、4H-SiC 基板表面に Si 薄膜(膜厚 100nm)を形成し、レーザー光を Si 薄膜に照射することで 4H-SiC 上に Si と不純物の化合物を形成し、この化合物層を介して 4H-SiC 中へのドーピングを試みた。本報告では、Al ドーピングによる p 形化を目指し、溶液に $AlCl_3$ 飽和水溶液を用いた結果について報告する。

2.実験

用いたレーザーはXeFエキシマレーザー(波長351 nm、パルス幅約 22 ns)で、試料面上でのビーム形状は 200 μm × 170 μm であった。基板は n⁻エピタキシャル層を有する n-type 4H-SiC で、ドーピングを施した p 形領域と n 形基板で pn 接合ダイオードを形成し、二次イオン質量分析、電流-電圧(I-V)測定、EL(Electroluminescence)測定を行った。

3.結果

$AlCl_3$ 水溶液中にて Si(100 nm)/4H-SiC にレーザー照射（3.5 J/cm^2, 300 shots）を施した結果、表面でアブレーションが生じず、XPS 分析にて $AlSi_xO_y$ の化合物が形成されていることを確認した。Secco 溶液、CF_4 及び O_2 でのプラズマ処理、及び希弗酸洗浄にて表層の Si 及び $AlSi_xO_y$ の化合物はほぼ除去され、レーザー損傷のない 4H-SiC 表面が得られた。

洗浄後のSIMS法により測定されたAlの濃度分布(3.5 J/cm^2, 300 shots、3.5 J/cm^2, 100 shots)を Fig.1 に示す。4H-SiC 中に Al が拡散しており、表層付近で 10^{20} /cm^3 台の高濃度ドーピングが達成されていることが分かる。また、n 形基板とレーザー照射領域間の I-V 特性には±10 V での On/Off 比が約 9 桁の明瞭な整流性が確認された。

Fig.2 に順方向バイアス印可時に得られた EL スペクトルを示す。この時のレーザー照射条件は 3.5 J/cm^2, 300 shots であった。EL スペクトル中には約390 nm と約 520 nm にピークが確認され、390 nm のバンドギャップに相当する発光が生じたことから Al ドーピングによる p 形化が達成できたと考えられる。520 nm の発光は基板中の点欠陥により生じていると考えられる。これら欠陥の低減条件については講演にて述べる。

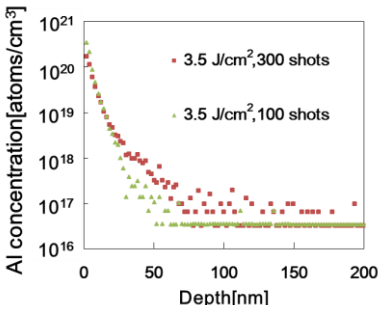

Fig.1 Al depth profiles measured by SIMS. (3.5 J/cm^2, 300 shots、3.5 J/cm^2, 100 shots)

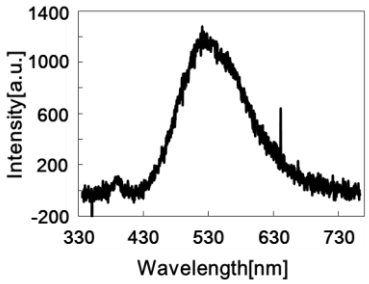

Fig.2 EL Spectrum (3.5 J/cm^2, 300 shots)

参考文献

[1] D. Marui et al., JJAP **53**, 06JF03 (2014).

© 2016年 応用物理学会