

表面保護膜を用いた液中レーザードーピング法により Al ドープされた 4H-SiC の電気特性評価 Electrical properties of Al-doped 4H-SiC fabricated by chemical wet laser doping with surface passivation films

九大 シス情¹, 九大 ギガフoton NextGLP 共同研究部門²

○(M2) 土屋知大¹, 諏訪輝², 池田晃裕¹, 中村大輔¹, 浅野種正¹, 池上浩^{1,2}

Grad. Sch. ISEE, Kyushu Univ.¹, Department of Gigaphoton Next GLP, Kyushu Univ.²

°T. Tsuchiya¹, A. Suwa², A. Ikeda¹, D. Nakamura¹, T. Asano¹, H. Ikenoue^{1,2}

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工程は、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、下地基板温度室温下で、不純物の注入と同時に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。これまでに、Si(100 nm)薄膜が形成された 4H-SiC を AlCl₃ 水溶液中に浸してレーザー照射すると、表層に AlSi_xO_y 層が形成され、この化合物層を介して 4H-SiC 基板に Al がドーピングされることを示してきた。本講演では、本方式により作製した pn 接合ダイオードの特性と、pn 接合界面の結晶性について報告する。

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、AlCl₃ 水溶液中にてレーザー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、SIMS(Secondary Ion Mass Spectrometry)測定、電流-電圧(I-V)測定、EL(Electroluminescence)測定を行った。

3.結果

Fig.1 に本研究で行ったレーザードーピング法及び pn 接合ダイオードの作製方法を示す。まず、表面保護膜として厚さ 100 nm のアモルファス Si(a-Si)を 4H-SiC 基板上に形成する。次に、この a-Si(100 nm)/4H-SiC を AlCl₃ 溶液中に浸してレーザーを照射する。レーザー照射により AlSi_xO_y 層が形成され、この化合物層を介して 4H-SiC 基板への Al ドーピングが施される。Secco 溶液、CF₄ 及び O₂ でのプラズマ処理、及び希弗酸洗浄にて表層の a-Si 及び AlSi_xO_y を除去し、レーザー損傷のない 4H-SiC 表面が得られる。最後に 4H-SiC 基板裏

面に Ni 電極を形成し pn ダイオードを作成する。照射フルエンス 1.0 J/cm²、照射回数 300 shots の場合、SIMS 測定により求められた 4H-SiC 基板中の Al の濃度は、表層付近で 10²⁰/cm³ 台であり、その侵入深さは約 100 nm であった。また、作製した pn 接合ダイオードに順方向電流を流した結果、SiC のバンドギャップ端からの紫外 EL 発光を確認した。±10 V での On/Off 比は約 9 桁であり明瞭な整流性が確認された。

Fig. 2 に I-V 測定の結果から算出した理想係数の照射回数依存性を示す。この時の照射フルエンスは 1.0 J/cm² であった。照射回数 1、2 shots では理想係数が 1 近傍であるが、100 shots まで照射を繰り返すことで 1.3 ~ 1.5 程度にまで悪化し、その後再び 1 近傍まで改善されることがわかる。4H-SiC 基板の n エピタキシャル層の n 型ドーパントは N であり、300 shots は 100 shots と比較して Al 拡散層への N の拡散がより顕著に生じていることが SIMS 測定により確認された。この Al と N の同時拡散が理想係数改善に寄与した可能性があると考えられる。

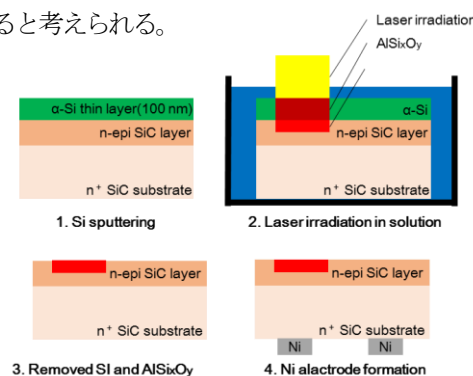


Fig.1 pn-junction diode formation process

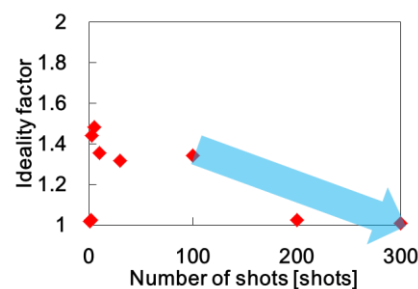


Fig.2 Ideality factor of the pn-junction diodes (1.0 J/cm²)

参考文献

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