29p-B8-10

軟 X 線照射による B 活性化の照射光子エネルギー依存性

Photon energy dependence of boron activation by soft X-ray irradiation

兵庫県立大工 [1]，兵庫県立大高度研 [2]，琉球大 [3]
○部家 彰 [1]，福岡 琢人 [1]，松尾 直人 [1]，神田 一浩 [2]，野口 隆 [3]
Dept. Mat. Sci. ＆ Chem. Univ. of Hyogo[1], LASTI Univ. of Hyogo[2], The Univ. of Ryukyu[2]
°Akira Heya[1], Takuto Fukuoka[1], Naoto Matsuo[1], Kazuhiro Kanda[2], Takashi Noguchi[3]
E-mail: heya@eng.u-hyogo.ac.jp

【背景】

我々は軟 X 線照射による Si 中不純物の低温活性化を検討し、軟 X 線照射による B 不純物の活性化では活性化エネルギーが熱活性化に比べ 1 桁減少すること[1]、B の異常拡散を抑制できること[2]を報告している。本研究では軟 X 線の照射光子エネルギーを変化させた時のシート抵抗（活性化率）の変化を評価し、軟 X 線照射による B 不純物の活性化機構について検討した。

【実験方法】

注入エネルギー5keV、ドーズ量 2×10^{15}cm^{-2} の条件で B イオン注入された n-Si(100)基板に NewSUBARU の Short undulater-BL07A を用い、蓄積リングエネルギー1.0GeV、光子エネルギー90～115eV、蓄積リング電流値 50～250mA、照射量 50mA・h の条件で軟 X 線照射を行った。照射時の Si 基板温度をサーモビュアー（放射率 0.6）にて測定した。シート抵抗は 4 探針法、また、B 原子の深さ方向の分布は二次イオン質量分析（SIMS）測定により評価した。

【結果と考察】

Si2p の電子エネルギー準位（99.8eV）付近の 90, 100, 105, 115eV の軟 X 線を照射した時のシート抵抗と B 深さ方向分布を Fig. 1,2 にそれぞれ示す。なお、未処理試料のシート抵抗は 25 k Ω/□であった。光子エネルギー100eV においてシート抵抗は極小値となった。これは Si2p の電子励起確率と関係していると考えられる。照射光子エネルギーを微調整し、軟 X 線と Si 内殻電子との相互作用を強めることで、シート抵抗の低減（不純物の活性化）を促進できることが明らかとなった。また、軟 X 線照射による B 深さ方向分布に大きな変化は見られず、光子エネルギー依存性も見られなかった。

光子エネルギーを 115eV に固定し、光子フラックス密度（蓄積リング電流値）を変化させた時のシート抵抗と試料温度を Fig. 3 に示す。光子フラックス密度が増加するにつれ試料温度は増加し、シート抵抗は減少した。シート抵抗のアレニウスプロットから見積もった活性化エネルギーは 0.13eV であり、熱処理時の活性化エネルギーに比べて、低い値となった。これは軟 X 線照射による不純物活性化が熱エネルギー以外の影響を受けていることを示している。

[1]福岡琢人他、第 72 回応用物理学会学術講演会、1a-M-7（2011）
[2]福岡琢人他、第 73 回応用物理学会学術講演会、11a-PB2-10（2012）

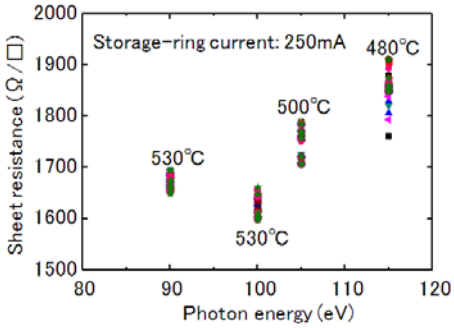

Fig.1 Dependence of photon energy on sheet resistance.

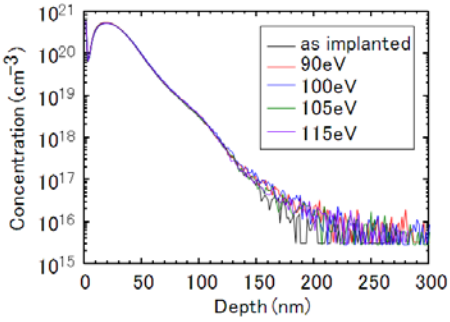

Fig.2 Depth profile of B in Si substrate irradiated at various photon energies.

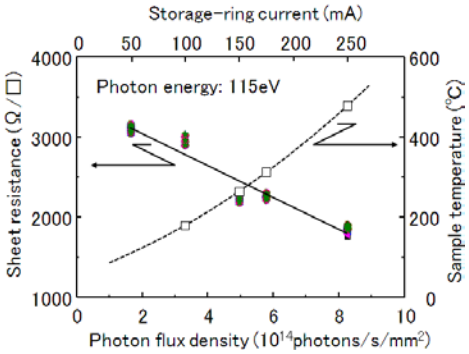

Fig.3 Sheet resistance and sample temperature as a function of photon flux density.

© 2013 年　応用物理学会