

## 冷却ホルダを用いた軟 X 線照射による Si 中 B 原子の低温活性化

Low-temperature activation of boron in silicon by soft X-ray irradiation  
using cooling sample holder兵庫県立大工<sup>1</sup>, 兵庫県立大高度研<sup>2</sup>, 琉球大<sup>3</sup>○部家 彰<sup>1</sup>, 草壁 史<sup>1</sup>, 丸山 裕樹<sup>1</sup>, 松尾 直人<sup>1</sup>, 神田 一浩<sup>2</sup>, 野口 隆<sup>3</sup>Dept. Mat. Sci. Chem. Univ. of Hyogo<sup>1</sup>, LASTI Univ. of Hyogo<sup>2</sup>, The Univ. of Ryukyu<sup>2</sup>°Akira Heya<sup>1</sup>, Fumito Kusakabe<sup>1</sup>, Yuki Maruyama<sup>1</sup>, Naoto Matsuo<sup>1</sup>, Kazuhiro Kanda<sup>2</sup>, Takashi Noguchi<sup>3</sup>

E-mail: heyaa@eng.u-hyogo.ac.jp

## 【背景】

これまで軟 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減少すること等を報告した[1]。本研究では冷却ホルダを用いることで、高輝度軟 X 線照射時の温度上昇を抑制しプロセスの低温化を試みると共に、入射光子の冷却試料中の振る舞いについて検討した。

## 【実験方法】

注入エネルギー5keV、ドーズ量  $2 \times 10^{15} \text{cm}^{-2}$  の条件で B イオン注入された n-Si(100)基板に NewSUBARU の BL07A (アンジュレータ光) において、蓄積リングエネルギー1.0GeV、光子エネルギー115eV、蓄積リング電流値 200, 300 mA、照射量  $50 \text{mA} \cdot \text{h}$  の条件で軟 X 線照射を行った。一部の条件では Cu 製試料ホルダに $-20^\circ\text{C}$ の冷媒を流すことで冷却を行った。照射時の Si 基板温度をサーモビューアー (放射率 0.6) にて測定した。比較のため、電気炉にて  $100, 500^\circ\text{C}$  で熱処理した試料も作製した。シート抵抗は 4 探針法、また、B 原子の深さ方向の分布を二次イオン質量分析 (SIMS) 測定により評価した。

## 【結果と考察】

各処理条件におけるシート抵抗の処理温度依存性を Fig. 1 に示す。リング電流 200mA (試料温度  $460^\circ\text{C}$ ) の試料と  $500^\circ\text{C}$  で熱処理した試料ではシート抵抗に差は見られなかった。一方、 $100^\circ\text{C}$  の熱処理ではシート抵抗の減少 (不純物の電気的活性化) が見られなかったが、冷却ホルダを使用し、 $35^\circ\text{C}$  (リング電流 200mA),  $125^\circ\text{C}$  (リング電流 300mA) で軟 X 線照射した試料では、わずかながらシート抵抗の減少が確認された。低温領域では不純物活性化における軟 X 線照射効果が顕著になり、これは軟 X 線照射による電子励起・クーロン斥力発生による原子移動効果によると考えられる。

B 深さ方向分布を Fig.1 に示す。120nm 程度までは  $500^\circ\text{C}$  の熱処理および軟 X 線照射 ( $460^\circ\text{C}$ ) でも注入後のプロファイルを維持しているが、冷却ホルダを使用し、軟 X 線照射した試料 (リング電流 200mA,  $35^\circ\text{C}$ ) では低温にもかかわらず、B 原子の拡散が促進されていることが示された。冷却による格子振動の吸い込み口の増加が、入射光子による運動量の増加を促進し、局所的に合成された格子振動を起源とした原子移動が促進されたためであると考えられる。

[1]部家彰他、第 60 回応用物理学会春期学術講演会、29p-B8-10 (2013)

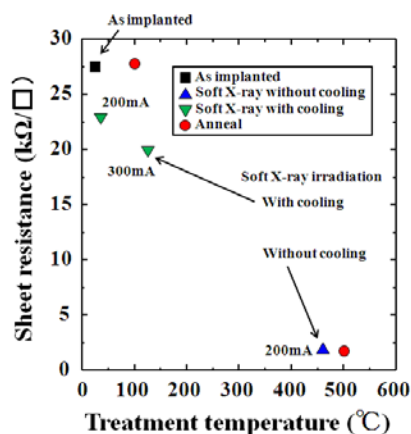


Fig. 1. Sheet resistance of B doped Si subjected to various activation treatments as a function of treatment temperature.

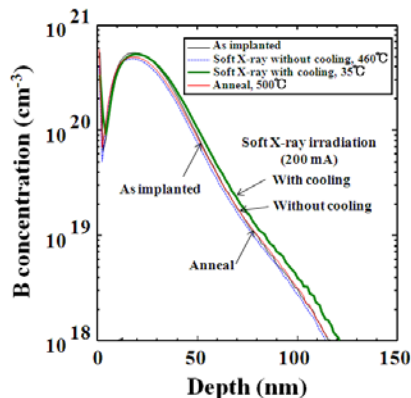


Fig. 2. Depth profile of B in Si substrate subjected to various conditions.