

## 軟 X 線照射による B<sub>10</sub>H<sub>14</sub> 注入 Si 基板中の B 原子活性化 Boron activation in B<sub>10</sub>H<sub>14</sub> implanted silicon by soft x-ray irradiation

兵庫県立大工<sup>1</sup>, 兵庫県立大高度研<sup>2</sup>

○部家 彰<sup>1</sup>, 平野 翔大<sup>1</sup>, 草壁 史<sup>1</sup>, 松尾 直人<sup>1</sup>, 神田 一浩<sup>2</sup>

Dept. Mat. Sci. Chem., Univ. of Hyogo<sup>1</sup>, LASTI, Univ. of Hyogo<sup>2</sup>

°Akira Heya<sup>1</sup>, Shota Hirano<sup>1</sup>, Fumito Kusakabe<sup>1</sup>, Naoto Matsuo<sup>1</sup>, Kazuhiro Kanda<sup>2</sup>

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

### 【背景】

これまでイオン注入した Si 中 B 不純物の軟 X 線照射による低温活性化を検討し、従来の熱処理に比べ、シート抵抗の低減が 400°C 以下の低温領域で顕著になること、また、活性化エネルギーが熱処理に比べて減少することを報告した[1,2]。本研究では、B 不純物源として極浅接合形成が期待できる B クラスタ (B<sub>10</sub>H<sub>14</sub>) を用い、高輝度軟 X 線照射による極浅接合形成について検討した。

### 【実験方法】

注入エネルギー47.8keV (B1 個当たり 4.5keV)、ドーズ量  $6 \times 10^{15} \text{cm}^{-2}$ 、入射角 0° の条件で B<sub>10</sub>H<sub>14</sub> イオン注入された n 型 Si(100) 基板 (抵抗率 10~25 Ω cm) に NewSUBARU の BL07A (アンジュレータ光) において軟 X 線照射を行った。蓄積リングエネルギー1.0GeV、光子エネルギー50~250eV、蓄積リング電流値 300 mA、照射量 50mA・h の条件で、一部の試料は Cu 製試料ホルダに-20°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 (放射率 0.6) にて測定した。比較のため、電気炉 (窒素雰囲気) にて 100~800°C で 15min 熱処理した試料も作製した。軟 X 線照射および熱処理した Si 基板は、5%HF 水溶液にて表面酸化膜を除去した後、4 探針法によりシート抵抗を測定した。

### 【結果と考察】

軟 X 線照射した試料のシート抵抗の照射光子エネルギー依存性を Fig. 1 に示す。シート抵抗値は 100eV 付近で極小値を取った。フェルミの黄金律によると照射光子エネルギーが準位間のエネルギーに近づくにつれ、急激に電子の励起確率は増加する。このことからシート抵抗は光子エネルギーに依存し、Si2p エネルギー準位 (99.8eV) 付近で極小値を示したと考えられる。

シート抵抗の処理温度依存性を Fig. 2 に示す。軟 X 線照射した試料のシート抵抗は、140~500°C の低温にもかかわらず、熱処理に比べてシート抵抗の低減が確認され、軟 X 線の効果が見出された。これは、軟 X 線照射による電子励起・クーロン斥力発生および局所格子振動の合成による原子移動効果により、B<sub>10</sub>H<sub>14</sub> 注入時の Si ダメージ層の結晶性回復と B 原子の Si 格子位置への置換が生じたためと考えられる。

謝辞: B クラスタイオン注入 Si 基板をご提供いただいた日新イオン機器様に感謝いたします。

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

[2]部家彰他、信学技報、Vol. 113, No. 351 (2013) pp.67-72.

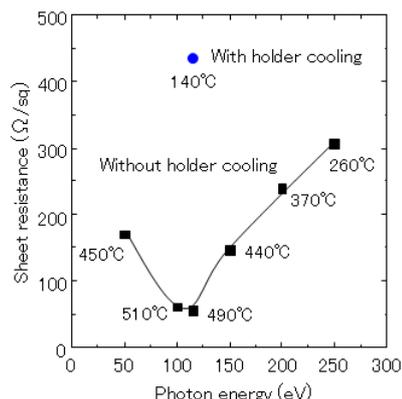


Fig. 1. Photon-energy dependence of sheet resistance for B<sub>10</sub>H<sub>14</sub>-doped Si substrate.

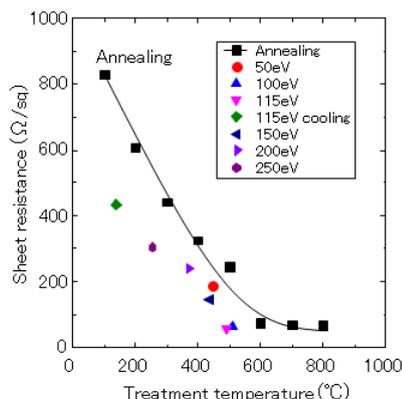


Fig. 2. Sheet resistance as a function of treatment temperature after soft X-ray irradiation or thermal annealing.