20a-E14-6

軟 X 線照射による H_3PO_4 塗布 Si 中の P 原子活性化

Activation of phosphorous in silicon by soft x-ray irradiation using H_3PO_4 solution

兵庫県立大工 [1]，兵庫県立大高度研 [2]
○部家 彰 [1]，平野 翔大 [1]，草壁 史 [1]，松尾 直人 [1]，神田 一浩 [2]
Dept. Mat. Sci. Chem. Univ. of Hyogo[1], LASTI Univ. of Hyogo[2]
°Akira Heya[1], Shota Hirano[1], Fumito Kusakabe[1], Naoto Matsuo[1], Kazuhiro Kanda[2]
E-mail: heya@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℃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 P 不純物源として H_3PO_4 水溶液を用い、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】

p 型 Si(100)基板（抵抗率 10Ωcm）をホットプレートにて 50℃に加熱しながら、85% H_3PO_4 を 500 倍に希釈した H_3PO_4 水溶液を滴下し、Si 基板に塗布した。放射光施設 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50, 100, 115, 250eV、蓄積リング電流 300 mA、照射量 50mA・h の条件で H_3PO_4 塗布 Si 基板に軟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。比較のため、電気炉にて 600～1000℃で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 線照射した試料の照射時の飽和温度とシート抵抗の照射光子エネルギー依存性を Fig. 1 に示す。Si 基板温度は 100eV で極大値を取った。これは Si2p エネルギー準位（99.8eV）の電子励起・緩和過程における温度上昇によるものであり、フェルミの黄金律による電子励起確率で説明できる。また、シート抵抗は照射光子エネルギーで変化し、試料温度が高いほど、低い傾向を示した。

シート抵抗の試料温度依存性を Fig. 2 に示す。熱処理した試料では処理温度の増加に伴い、シート抵抗が減少し、処理温度により、シート抵抗を制御できることが示された。一方、軟 X 線照射した試料のシート抵抗は高いが、200～500℃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 線照射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、H_3PO_4 の P 原子が Si 基板へ拡散し、Si 原子との置換を起こしたためだと考えられる。

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

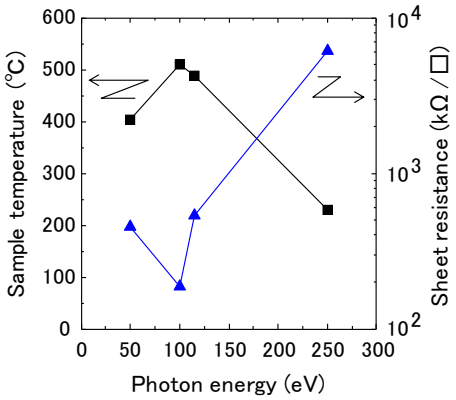

Fig. 1. Photon energy dependence of sample temperature and sheet resistance of H_3PO_4 coated Si substrate.

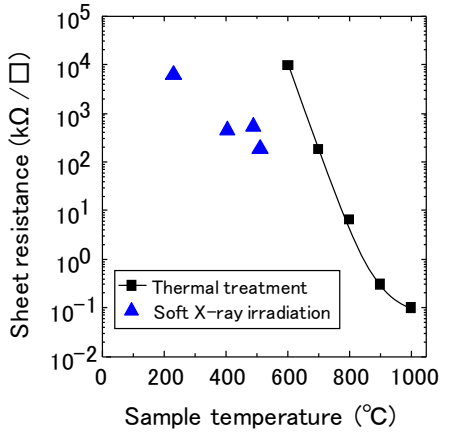

Fig. 2. Sheet resistance of H_3PO_4 coated Si substrate subjected to soft X-ray irradiation or thermal treatment as a function of sample temperature.

© 2014 年　応用物理学会