

極浅高濃度ボロンドーピングにおける深さ方向の結晶性測定 Measurement of crystal quality depth profile in ultra shallow B⁺ doping high concentration

小椋厚志¹, 小瀬村大亮¹, 吉田哲也¹, 武井宗久¹, 上林弘和¹, 小金澤智之²

Atsushi Ogura¹, Daisuke Kosemura¹, Tetsuya Yoshida¹, Munchisa Takei¹, Hirokazu Kanbayashi¹,
Tomoyuki Koganezawa²

¹ 明治大学, ² JASRI

¹ Meiji University, ² JASRI

微小角入射 X 線回折を用いて極浅高濃度ボロンドーピングした Si 基板を基板表面からの深さ方向の結晶性の測定を行った。結果は、FLA、spike RTA のいずれの加熱処理による結晶性は良好な分布が得られた。このことから、いずれの熱プロセスにおいても十分な結晶回復していると考えられる。

キーワード： 極浅接合、微小角入射 X 線回折、プラズマドーピング、FLA

はじめに（背景と研究目的）

トランジスタにおいてソース・ドレイン接合を形成するためには、まず B などの不純物を Si 基板に注入を行う。ドーピングされたままでは不純物は不活性である上、結晶性も著しく悪く、不純物の活性化と結晶性を回復させるために熱処理が行われる。この際、不純物の拡散を一定レベルに抑える spike RTA と呼ばれる急速かつ高温で加熱処理が行われている。しかし、トランジスタの微細化の進展とともにソース・ドレイン接合が浅くなることに対応して、注入イオンのエネルギーを下げると、供給イオン電流（打ち込むイオンの量）も同時に低下してスループットが落ちてしまう。さらに、現在行われている spike RTA でも不純物の拡散を十分抑制することができない。

一方、プラズマドーピングは、イオン注入法と比較して低エネルギーイオンの注入でもイオン電流の低下が少なく、高濃度の注入が可能であり高いスループットが期待される。また、spike RTA の熱源 W ハロゲン・ランプの代わりに Xe フラッシュ・ランプを用いる FLA (Flash Lamp Anneal) は、spike RTA よりも加熱時間を短縮でき、より高い温度での加熱も可能である。このため、上記の接合形成技術の課題を解決する方法としてプラズマを用いたプラズマドーピングや spike RTA よりも急速に加熱処理ができる FLA がソース・ドレインの極浅接合を形成する技術として盛んに

研究されている。特に FLA は spike RTA と比較してソース・ドレイン間の抵抗も低く優れた手法ではあるが、更なる抵抗の低減が必要とされている。この抵抗の発生原因として、我々はドーピングにより劣化した結晶性の回復が現在の FLA では不十分なためと推定している。そこで、微小角入射 X 線回折により FLA 処理された表面近傍のドーピング領域の結晶性の深さ分布を測定し、抵抗発生の原因を明らかにすることを通じて、最適なプラズマドーピング、FLA 処理条件開発に寄与することを目的とする。

測定試料

- ① 高濃度ボロンドーピングした Si 基板 + spike RTA ドーズ量： $1 \times 10^{15} \text{cm}^{-2}$ 温度：1075°C
- ② 高濃度ボロンドーピングした Si 基板 + FLA ドーズ量： $1 \times 10^{15} \text{cm}^{-2}$ 温度：1350°C
- ③ 高濃度ヒ素ドーピングした Si 基板 + FLA ドーズ量： $1 \times 10^{15} \text{cm}^{-2}$ 温度：1075°C
- ④ Cz-Si 基板 (reference)

実験方法

これまでラマン分光法を用いて結晶性の深さ分布測定を行ったが、その実験手順は浸入長が 5nm であるため結晶性の深さ分布を得るには試料にエッチングをしなければならず、そのエッチングによってボロンの組成及び結晶性を変化させる可能性がある。そのため、精密に測定するには非破壊で入射角度を制御することで浸入長を変えることが可能な SPring-8 の微小角入射 X 線回折を採用した。

実験条件

波長：1.00Å

入射角：臨界角近傍

X 線回折面：(220)

ロックンクカーブ (Φ スキャン)

スリット：ソーラーズスリット

結果

図 1 に試料番号①～④の深さ方向の結晶性の分布の結果を示す。縦軸が半値幅、横軸が入射角度である。入射角度は、全反射臨界角（およそ 0.14° ）近傍を測定することで試料最表面の結晶性分布を得た。

この図において、いずれの試料も Cz-Si 基板とほぼ同程度であり良好な結晶性が得られ分布も見られなかった。

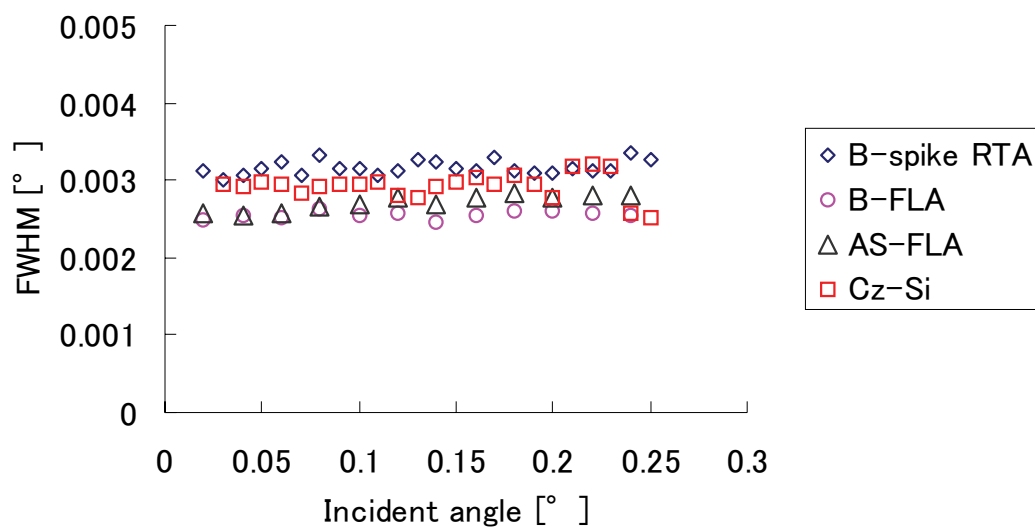


図 1. 深さ方向の結晶性分布

結論

種々の熱処理過程により再結晶化された高濃度ボロンドーピング Si 基板の基板最表面の結晶性分布を得た。

謝辞

本研究は廣沢一郎氏 (JASRI)、小金澤智之氏 (JASRI) に多大なご協力を得た。