

Si 同位体周期構造を用いた end-of-range 欠陥に起因する 歪みによる Si 自己拡散増速の観測

Investigation of Si self-diffusion enhanced by the strain originated from end-of-range defects using isotope multilayers

慶大理工 磯田大河, 植松真司, 伊藤公平

Keio Univ. 〇Taiga Isoda, Masashi Uematsu, Kohei M. Itoh

E-mail: taiga405@z7.keio.jp

【はじめに】我々は Si 同位体周期構造を用いることで Si 中不純物拡散を評価してきた。Si 同位体周期構造を用いる利点は、Si 安定同位体を拡散のマーカースとして利用出来る点にある。熱処理による Si 安定同位体の深さ方向濃度プロファイルの変化を観察することで Si 自己拡散を直接評価することができ、さらにその Si 自己拡散から過渡的増速拡散で拡散を引き起こす元となる Si 格子間原子の挙動を観測することが出来る[1]。本研究は Si 同位体周期構造を用いてイオン注入誘因欠陥の一つである end-of-range 欠陥による Si 自己増速拡散を評価することで、従来の end-of-range 欠陥拡散モデルでは説明出来ない未知の増速拡散を観測した。この未知の増速拡散を end-of-range 欠陥による Si 結晶の局所的な引張歪み[2]に起因するものとしてモデルを構築し、拡散シミュレーションを行った。

【実験】本研究で使用した Si 同位体周期構造は固体ソース分子線エピタキシー法で作製された。周期構造は安定同位体 ^{28}Si 層 28nm と天然 Si 層 18nm を交互に成長したものを使用し、周期構造中の ^{30}Si を拡散のマーカースとして観察した。end-of-range 欠陥を形成させるため、作製した同位体周期構造サンプルに Ge をイオン注入 (150keV , $2 \times 10^{15}\text{cm}^{-2}$) し、サンプル表面をアモルファス化させた。サンプルを $800^\circ\text{C} \sim 1000^\circ\text{C}$ の範囲で熱処理し、二次イオン質量分析で拡散を評価した。950°C で熱処理したサンプルの二次イオン質量分析結果を Fig.1 に示す。1000°C で 30 秒熱処理したサンプルの透過電子顕微鏡像を Fig.2 に示す。Fig.1 より、深さ $0.2\mu\text{m}$ 付近で局所的な増速拡散が起こっていることがわかる。この増速拡散は従来の拡散モデルでは説明出来ない未知の増速拡散である。また、Fig.2 より深さ $0.2\mu\text{m}$ を中心に end-of-range 欠陥が分布している事がわかる。これらの結果より、未知の増速拡散は end-of-range 欠陥に起因する引張歪みによるものと考えられる。引張歪みは格子間原子による自己拡散を増速するため、end-of-range 欠陥の過渡的増速拡散により格子間原子が過飽和状態になっている状況を考えれば仮説と実験結果が整合する。従来の end-of-range 欠陥拡散モデルに引張歪みによる増速拡散を加えたシミュレーション結果を Fig.3 に示す。歪みを考慮することで未知の増速拡散を再現でき、より正確な end-of-range 拡散モデルの構築に成功した。

[1]Y. Shimizu et. al., J. Appl. Phys., 105, 013504 (2009)

[2] P. Zaumseil et. Al., phys. stat. sol. (a), 100, 95 (1987)

[3]M. Uematsu, Jpn. J. Appl. Phys., 38 (1999) pp.1213-1215

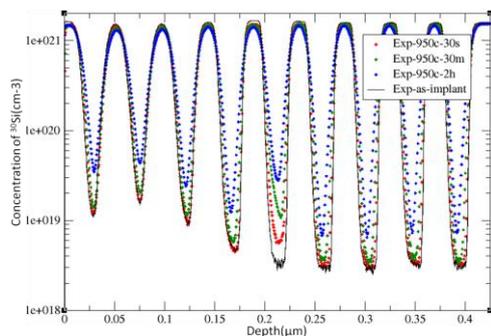


Fig.1 SIMS profiles of ^{30}Si in Ge implanted Si isotope multilayers after annealing.

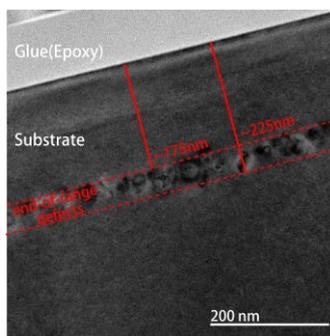


Fig.2 TEM image of end-of-range defects.

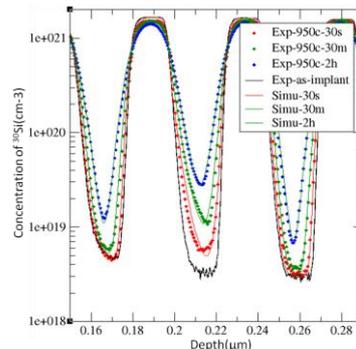


Fig.3 SIMS profiles of ^{30}Si in Si isotope multilayers and simulation profiles.