

Raman 分光法を用いたイオン注入 Ge 基板表面の結晶損傷評価 Characterization of crystalline damages near ion-implanted Ge surface using Raman spectroscopy method

○祖父江秀隆¹、福田雅大¹、柴山茂久¹、中塚理^{1,2}、財満鎮明³

1. 名大院工、2. 名古屋大学 未来研、3. 名古屋大学 未来社会創造機構

○Hidetaka Sofue¹, Masahiro Fukuda¹, Shigehisa Shibayama¹, Osamu Nakatsuka^{1,2}, and Shigeaki Zaima³

1. Nagoya Univ., 2. IMaSS, Nagoya Univ., and 3. IIFS, Nagoya Univ.

E-mail: nakatuka@alice.xtal.nagoya-u.ac.jp

【はじめに】 $\text{Ge}_{1-x-y}\text{Si}_x\text{Sn}_y/\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ ヘテロ界面構造は、発光素子や高移動度トランジスタ応用に期待されている^[1,2]。その実用化に向けては、 $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ の高 Sn 組成化および歪制御技術が必要不可欠であり、これを実現するためには Ge よりも大きな格子定数を有する下地基板をIV族混晶のみで形成することが重要である。前回我々は、ボロン (B) イオン注入を施した Ge 基板上において、 $\text{Ge}_{1-x-y}\text{Si}_x\text{Sn}_y$ エピタキシャル層の歪緩和を促進し、最大で 5.74 Å の格子定数を有する下地基板の形成を報告した^[3]。イオン注入による歪緩和促進の原理を定量的に理解するためには、イオン注入により導入される基板表面へのダメージの評価技術が必要不可欠である。本講演では、Raman 分光法を用いて、B イオン注入による Ge 基板表面へ導入されたダメージの評価を行った結果について報告する。

【実験手順】自然酸化膜除去後の p-Ge(001)基板に対し、加速電圧 20 kV、ドーズ量 1.0×10^{14} , $3.0 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$ の条件で B イオン注入を行った。H や Si のイオン注入によって、GaAs や GaP 基板表面において LO フォノンピークの低波数側へシフトおよびピーク幅の拡張が報告されている^[3,4]。本研究では、表面だけでなく、導入されたダメージ層の深さも調べるため、イオン注入後の Ge 基板に対して、 H_2O_2 によるエッチングを様々な時間で行った後、Raman 分光法によって Ge-Ge ピークの観察を行った。

【結果および考察】Fig. 1 に示すイオン注入直後のそれぞれ試料の Raman スペクトルから、ドーズ量の増大に伴い、Ge-Ge ピークの低波数側へのシフトが確認できる。Fig. 2 に深さ方向における Ge-Ge ピーク位置の変化を示す。B イオン注入を施した基板においては、約 35 nm の深さを境界として、イオン注入を施していない基板のピーク位置 ($\sim 301 \text{ cm}^{-1}$) に近づくことが確認できた。Fig. 3 にシミュレーションにより求めた欠陥の分布を示す。ピーク位置が約 35 nm であり、ラマンシフトの深さ依存の結果とよく一致している。これらの結果より、イオン注入によって導入されたダメージの影響を、Ge-Ge ピークのラマンシフトを用いて評価できると考えられる。このシフトが歪のみに由来すると仮定した場合、ドーズ量が $3.0 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$ の時においても、0.1 % と見積もられた。講演当日では、歪緩和率との関係も議論する予定である。

[1] B. Mukhopadhyay *et al.*, Phys. Status Solidi B. **254**, 1700244 (2017). [2] G. Sun *et al.*, Opt. Exp. **18**, 19957 (2010). [3] 祖父江秀隆 他, 2018年 秋季応用物理学会 18p-235-2. [4] D. R. Myers *et al.*, J. Appl. Phys. **54**, 5032 (1983). [5] G. Braunstein *et al.*, J. Appl. Phys. **66**, 3515 (1989).

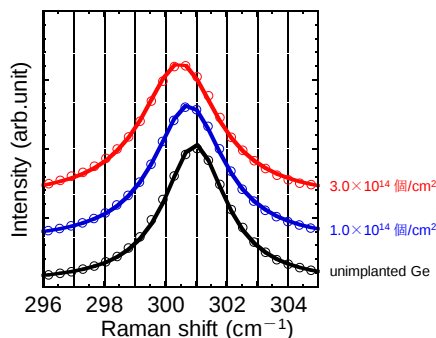


Fig. 1. Raman spectra of un-implanted and B-implanted Ge samples.

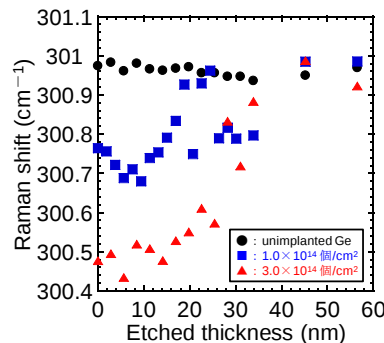


Fig. 2. Depth profiles of Raman Ge-Ge peak positions for un-implanted and B-implanted samples.

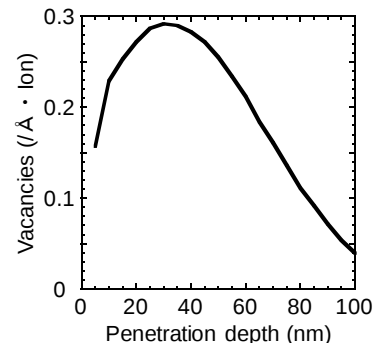


Fig. 3. SRIM simulation result for B-implanted Ge with ion energy of 20 kV and dose of $3.0 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$.