液浸ラマン分光法で観測される GOI 極薄膜ラマンスペクトルのブロードピークと 歪の関係に関する考察

Study on Correlation between Broad Peaks in Raman Spectra of Extremely Thin GOI Observed by Oil-Immersion Raman Spectroscopy and Strain States

°横川 凌 ^{1,2}、Chia-Tsong Chen³、 Kasidit Toprasertpong³、竹中 充 ³、高木 信一 ³、小椋 厚志 ^{1,2} (1.明治大理工、2.明大 MREL、3. 東大院工)

°R. Yokogawa^{1,2}, C.-T. Chen³, K. Toprasertpong³, M. Takenaka³, S. Takagi³, and A. Ogura^{1,2} (1. Meiji Univ. 2. MREL 3. Univ. of Tokyo)

E-mail: r yokogawa@meiji.ac.jp

【背景と目的】 GOI (Ge on Insulator)は寄生容量、リーク電流の低減およびSiより高電子・高正孔移動度を有し、次世代CMOSや光デバイス構造として期待されている。さらに引張り歪を有するGOI構造を薄膜化することで、電子移動度が増大することが見出されており[1]、極薄膜GOIの歪状態、およびキャリア散乱機構の解明は重要となる。

歪評価手法の一つとしてラマン分光法が挙げられ、GOI薄膜化に伴い、Geラマンスペクトルの低波数側に特徴的なブロードピークが出現することについて報告されている[2]。しかしながら、極薄膜GOIで検出されるブロードピークに関しては未だ不明瞭であり、さらにキャリア移動度を考える上で重要な歪状態との関係も不明である。

本研究では、酸化濃縮法で作製された圧縮・無歪・引張り歪を有するGOI極薄膜を準備し、液浸ラマン分光法によりブロードピークと歪状態との関係を詳細に検討した。

【実験】 10 nm の(100)SOI 基板上に60 nm の Si_{0.75}Ge_{0.25}エピタキシャル層を形成した後に酸化濃縮を行い、面内圧縮歪GOI構造を形成した。酸化濃縮後、さらに850℃で追加酸化を行い、歪緩和および面内引っ張り歪GOI構造を形成し[1]、プラズマ酸化でGeO_x形成後ALD-Al₂O₃を10 nm堆積した。計3種類(面内圧縮歪、歪緩和、面内引っ張り歪)のGOI構造を準備し、X線回折法(XRD)で面外方向の歪量を算出した。面内圧縮歪、歪緩和、面内引っ張り歪GOIの膜厚はそれぞれ5.7,12.3,3.7 nmであった。

液浸ラマン分光法は、、偏光配置 $z(x,x)\bar{z}$ で行い、Ge-Ge mode を得た。測定条件として、液浸レンズの開口数、オイルの屈折率はそれぞれ1.4、1.5とし、また励起光源の波長、分光器の焦点距離はそれぞれ 532 nm、2000 mm とした。

【結果・考察】 XRD で得た GOI の 004 回折 ピークを図1に示す(Si 基板 004 ピークも含み、点線は Bulk Ge の 004 ピーク位置を示している)。 歪緩和 GOI は Bulk Ge の 004 ピーク位置 とおおよそ一致しており、歪緩和していることを確認した。一方で面内圧縮、引っ張り歪 GOI は Bulk Ge004 ピーク位置と比較してそれぞれ 低角、高角側にシフトしており、面外方向では面内と逆向きの歪が印加されていることが明らかになった。

液浸ラマン分光法で得た GOI ラマンスペクトルを図 2 に示す(点線は Bulk Ge のピーク位置を示している)。面内引っ張り、圧縮歪 GOIでは Bulk Ge と異なり低波数側にブロードピークが確認され、ブロードピークのスペクトル強度は膜厚減少に伴い増加することを確認した。これらの振舞いから、このブロードピーク

の起源は表面極近傍に局在する表面フォノンに起因する mode だと考えている[3,4]。さらに面内方向の歪状態に伴い、ブロードピークもGe-Ge mode と同じ方向にシフトしていることが明らかとなった。ゆえにこのブロードピークは面外ではなく面内歪の影響を受けており、このブロードピークは GOI 極薄膜表面近傍の歪状態を理解する上で重要な要素の一つであると考えている。

【謝辞】 本研究は、科研費 17H06148 の支援 により実施した。

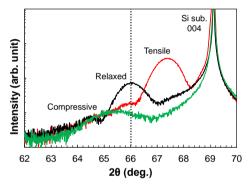


Fig. 1 GOI 004 profile obtained by XRD.

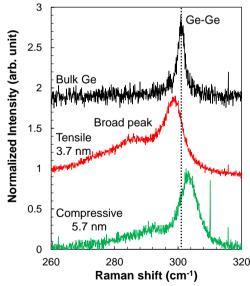


Fig. 2 Oil-immersion Raman spectra of GOI and bulk Ge in the $z(x, x)\bar{z}$ configurations.

- [1] K.-W. Jo 他, 第 67 回応用物理学会春季学術講演会演予稿集, 17-173 (2020).
- [2] V. Poborchii et al., Appl. Phys. Lett. 108, 083107 (2016).
- [3] V. A. Gaisler et al., JETP Lett. 45, 441 (1987).
- [4] K. Takeuchi et al., Appl. Phys. Express 9, 071301 (2016).