## 液浸ラマン分光法による極薄膜 GOI pMOSFET の異方性二軸応力評価 Evaluation of Anisotropic Biaxial Stress in Extremely-thin-body GOI p-type MOSFET by Oil-immersion Raman Spectroscopy

<sup>•</sup>横川 凌<sup>1,2</sup>、Chia-Tsong Chen<sup>3</sup>、 Kasidit Toprasertpong<sup>3</sup>、竹中 充<sup>3</sup>、高木 信一<sup>3</sup>、小椋 厚志<sup>1,2</sup> (1.明大理工、2.明大 MREL、3.東大院工)

°R. Yokogawa<sup>1,2</sup>, C.-T. Chen<sup>3</sup>, K. Toprasertpong<sup>3</sup>, M. Takenaka<sup>3</sup>, S. Takagi<sup>3</sup>, and A. Ogura<sup>1, 2</sup>

(1. Meiji Univ. 2. MREL 3. Univ. of Tokyo)

E-mail: r\_yokogawa@meiji.ac.jp

【背景と目的】 極薄膜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応用に 期待されている。様々な極薄膜GOI作製方法が 提案されている中、酸化濃縮法は極薄膜GOI を容易に作製できる。また、適切に圧縮、引張 り歪を導入でき、優れたデバイス動作をするこ とが報告されている[1,2]。しかしながらGOI薄 膜化、デバイス加工に伴い、チャネル内の歪状 態は複雑に変化し、有効質量およびキャリア移 動度の観点から高精度な歪・応力およびその緩 和の観測が重要となる。

上記背景を鑑み、本研究では酸化濃縮法で作 製された極薄膜GOI pMOSFETに対し、液浸ラ マン分光法による異方性二軸応力評価を検討 したので報告する。

【実験】10 nmの(100)SOI基板上に60 nmの Sio.75Geo.25エピタキシャル層を形成した後、酸 化濃縮し面内圧縮歪GOIを準備した。熱酸化膜 除去後、電子ビームリソグラフィとプラズマド ライエッチングで[110]方向にパターニングし た。その後、デジタルエッチングにより極薄膜 化を行い、バックゲートpMOSFETを作製した [3]。

液浸ラマン分光法の測定条件は、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 とした。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 nm とした。GOI チャネル由来のGe-Ge振動モードにおける縦 光学(LO: Longitudinal Optical),横光学(TO: Transverse Optical)モードを励起し、各々のラマ ンシフトから異方性二軸応力を算出した。

【結果・考察】 液浸ラマン分光法で得た GOI チャネルの Ge-Ge 振動モードラマンスペクトル を Fig. 1 に示す(チャネル幅  $W_{ch} = 100 \text{ nm}$ 、チャネル厚  $T_{ch} = 10.6 \text{ nm}$ )。LO、TO モードの明確 な分離を観測し、両方のラマンスペクトルとも に無歪 Bulk Ge (301 cm<sup>-1</sup>)より高波数側に出現 した。この傾向は他のチャネル幅でも観測され、 GOI チャネルに異方性圧縮応力が印加されて いると考えられる。

異方性二軸応力(長軸、短軸方向)の GOI チャ ネル幅依存性を Fig. 2 に示す(T<sub>ch</sub> = 10.6 nm)。 長軸方向の応力は概ね維持している一方、短軸 方向はチャネル幅減少に伴い応力値は減少し、 明確な応力緩和を観測した。これはチャネル幅 が減少することで、GOI チャネルへ印加されて いる応力は二軸応力から一軸応力へ変化する ことを示していると考えられる。

チャネル厚 5 nm 以下の極薄膜 GOI pMOSFET でも同様の応力変化を観測され、非 常に薄い GOI チャネルでも異方性圧縮応力が 印加されていることが明らかとなった。また、 GOI チャネル幅減少に伴い移動度が向上し[3]、 これは応力変化に伴う有効質量減少による影 響が考えられる。以上、酸化濃縮法により導入 された圧縮応力は、効果的に pMOSFET の特性 向上に寄与することが明らかになった。

【謝辞】本研究は、科研費(17H06148)の支援により実施した。



Fig. 1 Oil-immersion Raman spectra for GOI channels (Ge-Ge vibration mode) at  $W_{ch} = 100$  nm and  $T_{ch} = 10.6$  nm.



Fig. 2  $W_{ch}$  dependence of the anisotropic biaxial stress obtained by the oil-immersion Raman spectra at  $T_{ch} = 10.6$  nm.

## 【参考文献】

[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, 11-173 (2020).

[2] K. -W. Jo *et al.*, Appl. Phys. Lett. **114**, 062101 (2019).

[3] C. -T. Chen *et al*, IEEE Trans. Electron Devices, **69** (1), 25 (2022).