

Si-on-quartz ウエハ上ひずみ Ge 層の近赤外吸収特性

Near-infrared optical absorption in strained Ge layer on Si-on-quartz wafer

豊橋技科大[○](M1) 葛谷 樹矢, 飛沢 健, 石川 靖彦

Toyohashi Univ. of Tech., [○]Mikiya Kuzutani, Takeshi Hizawa, Yasuhiko Ishikawa

E-mail: kuzutani.mikiya.gx@tut.jp, ishikawa@ee.tut.ac.jp

1. はじめに

Si 上 Ge 層を利用した近赤外受光器 (PD) は, Si フォトニクスに不可欠である. 光通信波長の O 帯 (1.260–1.360 μm) や C 帯 (1.530–1.565 μm) で高効率な受光が可能であるが, 長波長の L 帯 (1.565–1.625 μm) や U 帯 (1.625–1.675 μm) では受光効率が低下する. Si-on-quartz (SOQ) ウエハ上 Ge 層は高効率化に有効である[1,2]. 石英基板との熱膨張係数差により Ge 層に約 0.3%の面内引張格子ひずみが誘起され (Si 基板では約 0.2%), 光吸収端が約 1.65 μm に長波長化する. 今回は, 広い波長域 (1.260–1.700 μm) で SOQ 上 Ge 層の光吸収特性を評価した.

2. 実験方法

貼り合わせ SOQ ウエハの上部 Si(001)層 (膜厚 200 nm) を B 注入により高濃度 p 型化した後, 超高真空化学気相堆積法によりアンドープの Ge 層 (500 nm) および Si 保護層 (50 nm) をエピタキシャル成長した. Ge 層の格子ひずみを X 線回折 (XRD) により評価した. Si 保護層に n 型 (P 注入) 領域を形成し, Ti/TiN 電極を形成することで縦 pin 構造の PD を作製した. 波長 1.260–1.700 μm のレーザー光を垂直入射し, 受光特性を評価した.

3. SOQ 上 Ge 層の格子ひずみ

Fig. 1 に典型的な XRD カーブ ($\omega - 2\theta$ スキャン: 004 回折) を示す. SOQ 上 Ge は, Ge ウエハや Si 上 Ge よりも高角度側にピークが位置している. 膜厚方向の格子定数が小さく, 面内に引張ひずみが存在することを示している. 面内引張ひずみは SOQ 上 Ge では $0.33 \pm 0.01\%$ であり, Si 上 Ge の $0.14 \pm 0.01\%$ よりも大きい.

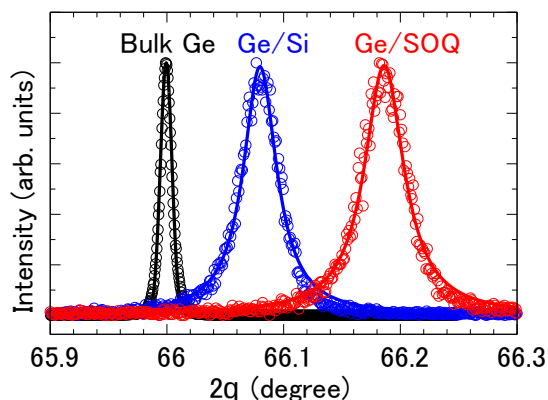


Fig. 1. XRD curves for 004 diffraction from Ge/SOQ, Ge/Si, and bulk Ge wafer.

4. SOQ 上 Ge-PD の受光スペクトル

Fig. 2 に典型的な受光スペクトルを示す. 丸印は実験, 実線は理論計算 (多層膜構造を考慮) の結果である. SOQ 上 Ge, Si 上 Ge とともに 1.55 μm 以下の波長域において計算結果とよく一致した. Si 上 Ge-PD に比べ, SOQ 上 Ge-PD は 1.60 μm 以上の波長で受光効率が低い. 引張ひずみが大きい効果と考えられる. 理論値よりも大きな効率が得られたが, Franz-Keldysh 効果によると考えられる. SiO_2 無反射膜 (1/4 波長: 280 nm) を形成し, さらに Si 保護層を 1/4 波長の膜厚 (120 nm) とした場合, 1.26–1.60 μm の広い波長域において 0.3 A/W 以上の高効率な垂直入射受光が可能である. L 帯の長波長端 1.625 μm でも 0.1 A/W が得られる.

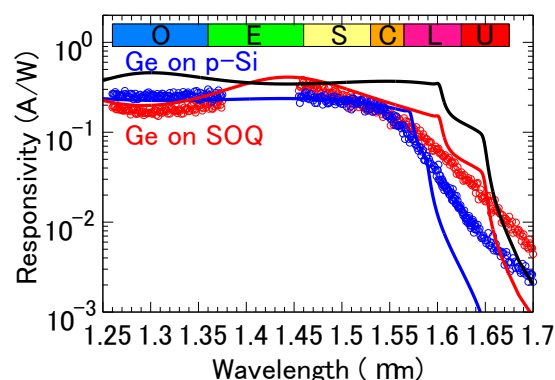


Fig. 2. Responsivity spectra for Ge-on-SOQ PD and Ge-on-Si.

5. まとめ

SOQ 上ひずみ Ge 層を利用することで, 光通信波長の超波長側, 特に L 帯での受光効率を増大できることを示した.

謝辞

SOQ ウエハは信越化学工業の関山有郎氏および秋山昌次氏に提供いただいた. 本研究の一部は, JSPS 科研費 JP21H01367, カシオ科学振興財団の助成を受けて実施した.

[1] Noguchi et al., J. Appl. Phys. 128, 133107 (2020).

[2] 葛谷他, 2021 年第 82 回応用物理学会秋季学術講演会, 11a-N207-8.