

引張ひずみを増強した Si 上 Ge 層を用いた近赤外 pin 受光器

Near-infrared pin photodetectors using strain-enhanced Ge layer on Si

豊橋技科大[○](M1) 葛谷 樹矢, 園井 柊平, 石川 靖彦

Toyohashi Univ. of Tech., [○]Mikiya Kuzutani, Shuhei Sonoi, Yasuhiko Ishikawa

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

1. はじめに

Si 上 Ge エピタキシャル層を用いた受光器 (PD) は, O 帯 (1.260 - 1.360 μm) や C 帯 (1.530 - 1.565 μm) で高効率動作する. 一方, 長波長側の L 帯 (1.565 - 1.625 μm) では受光効率が低下する. 高効率化手法として Si-on-quartz (SOQ) ウエハ上 Ge 層の利用を提案した[1]. 石英を下地基板とすることで, Ge 層中の引張格子ひずみが 0.3%以上に増強される (熱膨張係数差に起因: 標準的な Si 基板では約 0.2%). 光吸収端が約 1.65 μm に長波長化する結果, L 帯受光の高効率化が期待できる.

本研究では, SOQ 上ひずみ増強 Ge 層を用いた縦型 pin PD を作製し, 受光特性を評価した.

2. 実験方法

初期ウエハには貼り合わせ SOQ ウエハを用いた. 上部 Si(001)層の膜厚は 200 nm であり, B 注入により高濃度 p 型化した. 超高真空化学気相堆積法により, アンダーの Ge 層 (500 nm) および Si 保護層 (50 nm) を成長した. Si 保護層に n 型領域 (P 注入) を形成し, Ti/TiN 電極を形成することで縦 pin 構造の PD とした. 表面あるいは裏面から近赤外光を垂直入射し, 受光特性を評価した. なお, 無反射膜は形成していない. 裏面照射では, 表面が電極で覆われた PD (表面側に受光窓がない構造) も測定した.

3. SOQ 上 Ge 層の受光特性

Fig. 1(a)に表面照射時の受光スペクトルを示す. Si 上 Ge PD に比べ, SOQ 上 Ge PD は測定した全波長域 (1.46 - 1.64 μm) で受光効率が増加した. Fig. 1(b)は反射スペクトルの計算結果であり, 1.50 μm 以上の波長域で SOQ 上 Ge PD の表面での反射率が大きいことがわかる. 従って, 1.50 μm 以上での受光効率増加はひずみ増強による光吸収増大の効果と考えられる. 1.50 μm 以下では, 多層構造による反射率抑制が寄与していると考えられる.

Fig. 2 に SOQ 上 Ge PD の裏面照射時の受光スペクトルを示す. 表面が電極で覆われていない構造では, 表面入射時と同様なスペクトルが得られた. 一方, 表面が電極で覆われた構造では, 1.57 μm よりも長波長域で効率が増加した. 表面電極での反射戻り光が再度光吸収に寄与したためと考えられる. ただし, 1.57 μm 以下の波長域では効率が低下した. 多層構造での反射

特性が電極の存在によって変化したためと考えられる. この点は膜構造の最適化が必要である.

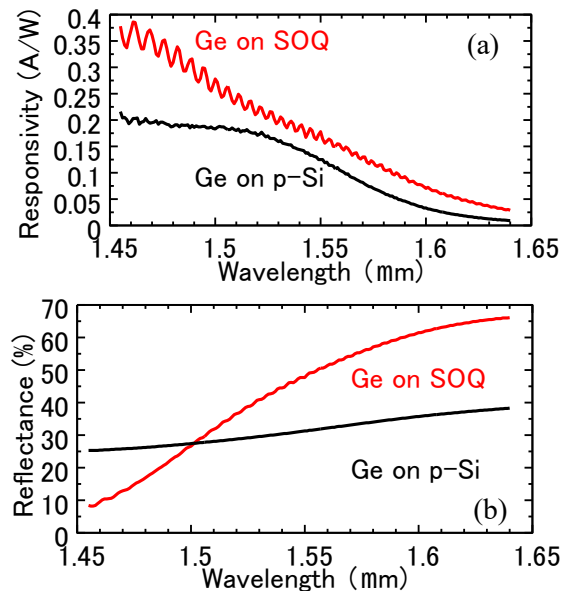


Fig. 1. (a) Responsivity spectra under top-side illumination and (b) simulated reflectance spectra.

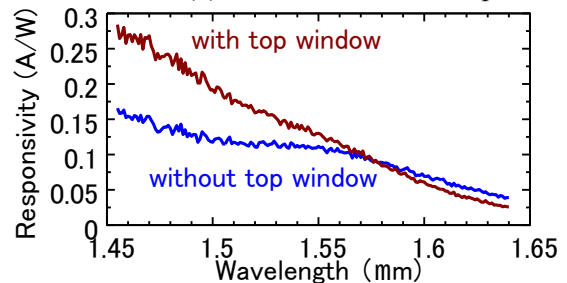


Fig. 2. Responsivity spectra for Ge-on-SOQ PDs under back-side illumination.

4. まとめ

SOQ ウエハ上のひずみ増強 Ge 層を用いることで, L 帯での受光効率を増大できることを示した. 膜構造・膜厚を最適化することで, 特性をさらに向上することが可能と考えられる.

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).