

面入射 PIN 型 Ge フォトダイオードの検討 Study on Vertically-Illuminated PIN Ge Photodiode

フォトンクス・エレクトロニクス融合システム基盤技術開発研究機構(PECST)¹,
光電子融合基盤技術研究所(PETRA)², 東京大学³

¹PECST, ²PETRA, ³University of Tokyo

野口 将高^{1,2}, 藤方 潤一^{1,2}, 三浦 真^{1,2}, 荒川 泰彦^{1,3}

Masataka Noguchi^{1,2}, Junichi Fujikata^{1,2}, Makoto Miura^{1,2}, and Yasuhiko Arakawa^{1,3}

E-mail: m-noguchi@petra-jp.org

1. はじめに

将来のコンピュータにおける省電力化、高速化、小型化の限界を打破するために、Si フォトニクスと CMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor)電子回路を融合した光電子集積技術が提案されている[1]. Si 光インターポーズに集積化される Ge フォトダイオード(Ge PD)に関しては、光ファイバとの光結合を考慮した場合、入射光に対して偏波無依存であり、高効率・高速化の両立が不可欠である[2].

本報告では、PIN 型接合からなる面入射型 Ge PD を検討し、高速化と高効率化の検討を行った. その結果、入射径が 30 μm の時、Ge 層厚が 1.6 μm の場合において、24 GHz の周波数帯域と 55% の量子効率を実証したので報告する.

2. 面入射 PIN 型 Ge PD の検討

図 1(a)に Si 導波路集積 PIN 型 Ge-PD の概念図を示す. 試料は、まず SOI(silicon-on-insulator)基板上に Ge 層の下地となる Si 層を加工後、下部電極として B ドープ層を形成した. 続いて、SiO₂ 開口パターンを形成し、RP-CVD(reduced-pressure chemical vapor deposition)法により Ge/Si 膜を選択エピ成長した. さらに、P ドープ層を形成後、Ti/TiN/Al 電極をリング状に形成した(図 1(b)).

図 2 は 1.31 μm 波長における面入射 PIN 型 Ge PD の周波数特性の受光径依存性である. 等価回路解析から、受光径 30 μm の場合、付加抵抗は 50 Ω 程度に低減されており、電気容量も 82.7 fF 程度であった. 従って、CR 時定数から求めた周波数帯域は、38.6 GHz 程度であり、キャリアドリフト帯域が周波数帯域を律速していることが

明らかとなった [2]. 一方、面入射型 Ge-PD に関しては、Ge 層厚によるキャリアドリフト帯域と受信感度がトレードオフの関係を示し、Ge 層厚を 1.6 μm とすることにより、24GHz の周波数帯域と 55%程度の量子効率を得られた. また、n+-SiGe/i-Ge/p+-Si ヘテロ構造により built-in 電場がエンハンスされ、バイアス電圧が 0V においても、8-11 GHz 程度の周波数帯域が得られた.

図 3 は V_{dc} を 3V とし、25 Gbps の PRBS(2³¹-1 pseudo random binary sequence)光信号を入力した時の出力アイパターンである. 良好な出力波形が得られており、光ファイバとの直接結合が可能であり、小型・低消費電力な Si 光インターポーズの実現にむけて有望であると考えられる.

参考文献

- [1] 荒川泰彦, 第 13 回 Si フォトニクス研究会 (2010).
[2] J. Joo et. al., Opt. Express 16, (2010) 16476.

謝辞 本研究は、総合科学技術会議により制度設計された最先端研究開発支援プログラムにより、日本学術振興会を通して助成されたものです. また、本研究は TIA-SCR で実施されました.

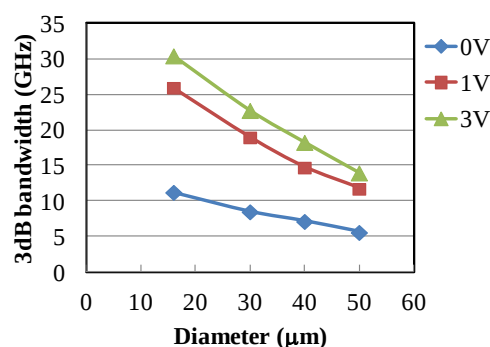


図 2: 周波数特性の DC バイアス電圧依存

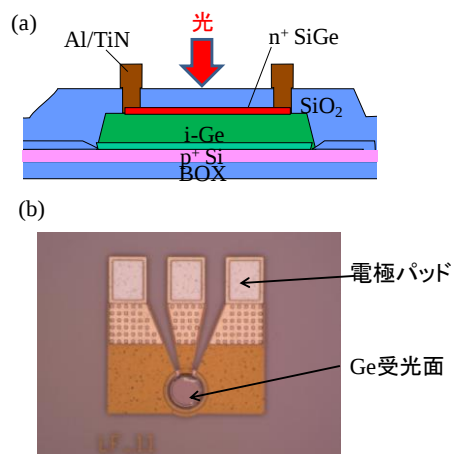


図 1: (a) PIN 型 Ge-PD の概念図と (b) 光学顕微鏡写真.

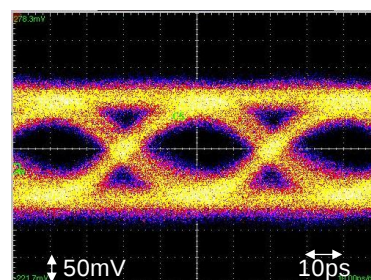


図 3: 受光径 30 μm の面入射 PIN 型 Ge 受光器の 25Gbps 出力アイパターン