

簡易構造横 PIN 型 Ge 受光器の高速動作特性

High Speed Lateral PIN Waveguide Ge-PD with Easy Manufacturability

○下山 峰史¹、木下 啓藏¹、堀川 剛¹、田中 有¹、最上 徹¹ (1.PETRA)

°Takasi Simoyama¹, Keizo Kinoshita¹, Tsuyoshi Horikawa¹, Yu Tanaka¹, Tohru Mogami¹ (1.PETRA)

E-mail: t-simoyama@petra-jp.org

【はじめに】Si 基板上に形成した光回路を利用する Si-Photonics(Si-Ph)は、CMOS 製造技術の高精度性を活用出来るため、高密度・低消費電力の光インターコネクトを実現する有力な技術である。

Si-Ph 光回路の中の受光器(PD)には、光吸収媒質として、Si と同じく CMOS 製造工程との親和性が高い Ge を一般的に用いる。様々な Ge-PD が提案されているが、多くの場合 Ge と金属とのコンタクトが必要である。PD に加え変調器等を含む集積素子では、Si(SOI)と Ge とで複数種のコンタクト形成が必要となり、製造工程が煩雑化する。Ge と金属とのコンタクトを排した PD も提案されているが、光吸収層への効率的電界印加のために SOI 上のリセスに埋め込むなどの特殊な Ge 形成が必要であった[1, 2]。今回、作製が非常に簡易な構造の Ge-PD を試作し、32Gbps の高速信号受信に良好な特性が得られたので報告する。

【素子構造】図 1 に試作した簡易構造横 PIN 型 PD の断面模式図を示す。比較のため一般的な縦 PIN 型 PD の模式図も示した。本提案の構造では、SOI 層に p 型および n 型の不純物注入を行い、その境界を跨ぐ形で Ge メサを形成する。金属とのコンタクトは SOI 上にのみ形成され、Ge メサ部へはコンタクト形成も不純物注入も要しない非常に簡素な構造である。p/n ドーピングの間隔は $0.6\mu\text{m}$ 、これに被さる Ge メサは幅 $1\mu\text{m}$ と狭く設定し、キャリア輸送時間の抑制を狙った。上述の通り Ge 上へのコンタクトが不要であるため、Ge メサ幅が狭いことは製造上問題とならない。Ge メサ下の SOI 部の不純物濃度は $6 \times 10^{19} [\text{cm}^{-3}]$ と比較的高く設定し、光吸収領域の電界強度を確保する設計とした。以下では試作した PD のうち、光吸収長が $40\mu\text{m}$ の素子の評価結果を示す。

【評価】図 2 は簡易構造横 PIN 型 PD の静特性である。図 2 左は電圧-電流特性で、暗電流は逆バイアス-5V 時に 24nA と小さく、高速 PD として良好な S/N 比を確保可能である。図 2 右には、TE 偏光に対する受光感度の波長依存性を示した。図には 0V~3V バイアス時の結果を示したが、ほぼ重なって表示されており、バイアス依存性は小さい。-3V バイアス時の受光感度は波長 1310nm において 0.87A/W と良好であった。光導波層となる SOI 部の不純物濃度に依る自由キャリア吸収の影響は十分に小さいといえる。

図 3 に本試作 PD の動特性を示した。図左は光小信号応答特性で、-3V バイアス時の 3dB 帯域は 39.9GHz 、-1V 時でも 28.5GHz の広帯域特性が得

られ、狭幅 Ge メサ設計によるキャリア輸送時間短縮を確認した。図右は同素子の-1V バイアス時(図上)と-3V 時(図下)の 32Gbps 光信号受信波形である。-1V の低バイアスでも 32Gbps の良好なアイ開口が得られた。なお、動特性評価には波長 1310nm の光源を用いた。本構造は、波長 $1.3\mu\text{m}$ 帯のように Ge の光吸収が大きな波長での使用に適している。本構造ではメサの上部までは電界を印加し難い構造となっているが、光吸収係数が大きな波長帯であれば、メサ下方にフォトキャリアが集中するため、高速動作特性が得られる。

以上の結果は、簡易構造横 PIN 型 PD が、高速光インターコネクト用 Si-Ph 光集積回路における受信器として有望であることを示している。

【謝辞】本研究の一部は NEDO の委託を受けて技術研究組合光電子融合基盤技術研究所において実施したものである。

【参考文献】

[1] 下山他, 第 63 回春季応物, 20p-S621-8

[2] Y. Zhang, et al., Opt. Express, 22, 11367 (2014)

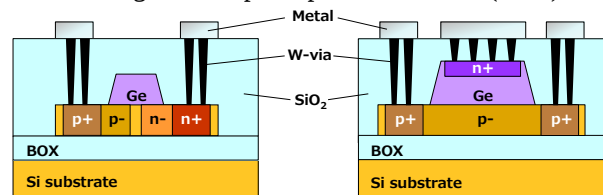


図 1 Ge-PIN-PD の構造断面図

(左: 簡易構造横 PIN 型 PD, 右: 縦 PIN 型 PD)

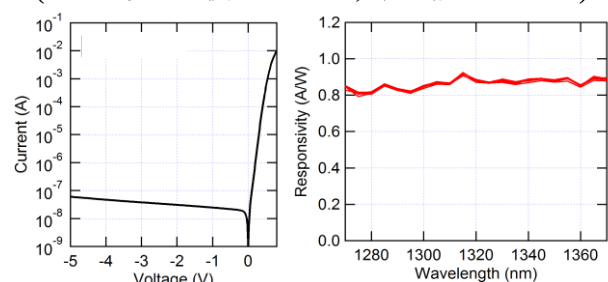


図 2 簡易構造横 PIN 型 PD の静特性

(左: 電圧-電流特性, 右: 受光感度の波長依存性)

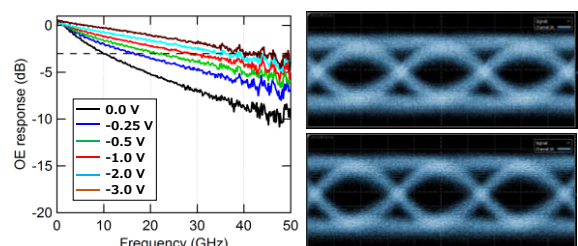


図 3 簡易構造横 PIN 型 PD の動特性

(左: 周波数応答特性, 右: 32Gbps 受信波形)