

選択成長 Si キャップ層適用低暗電流 Ge 受光器の開発

Low dark current Ge photodetector with selectively grown Si capping layer

技術研究組合光電子融合基盤技術研究所 ○奥村 滋一, 木下 啓藏, 藤方 潤一, 下山 峰史,
小野 英輝, 田中 有, 森戸 健, 堀川 剛, 最上 徹

PETRA, °Shigekazu Okumura, Keizo Kinoshita, Junichi Fujikata, Takasi Simoyama, Hideki Ono,
Yu Tanaka, Ken Morito, Tsuyoshi Horikawa, and Tohru Mogami

E-mail: s-okumura@petra-jp.org

はじめに Ge 受光器は、CMOS プロセスとの親和性の観点からシリコンフォトニクス集積素子への適用が期待されている。Ge 表面ではフェルミレベルが価電子帯近傍にピンニングされるため[1]、金属電極/Ge 接合部からの電流リークが大きい。そこで、金属電極との間にショットキーバリア (SB) が形成される SiGe もしくは Si キャップ層 (CL) を適用することで、Ge 受光器の暗電流の低減が報告されている[2]。しかし、SB 高さ (SBH) は SiGe/Ge 界面よりも Si/Ge 界面が大きいにも関わらず、Si-CL 適用の Ge 受光器の暗電流値が大きかった[2]。今回、Ge 表面への選択成長 Si-CL の形成を詳細に検討し、低暗電流の Ge 受光器を開発したので報告する。

実験 300 mm p 型 Si (001) 基板上に、減圧化学気相成長法 (RP-CVD 法) によって図 1 に示す構造を選択成長した。Ge 成長に GeH_4 を、Si-CL 成長に SiH_2Cl_2 (DCS) を適用した。厚さ 1 μm の Ge を選択成長し、続いて、Si-CL を成長後、Ti/TiN/Al 電極を形成した。今回は、Si-CL (16 nm 厚) の成長温度をパラメータとした。また、成長温度 670 °C の下、Si-CL の膜厚を 10 nm、5 nm とした試料も作製した。評価は、電気、光学測定、および断面 TEM 観察を行った。

結果と考察 上部電極と Si 基板間にバイアスを印加した時の電気特性より暗電流の成分を調べるため、電極面積一定の下、電極周辺長を変えて 5 V 印加時の暗電流をプロットした (図 2)。図 2 から算出した表面電流密度 (d_s) と接合電流密度 (d_j) と、順方向電流値の温度依存性から算出した SBH を表 1 に示す[2]。いずれの電流成分も Si-CL の成長温度上昇、膜厚減少に従い増加していると同時に SBH が減少しており、両者に明瞭な関係性が見られる。また、Si-CL が 16 nm の試料の断面 TEM 観察 (図 3) からは、Si-CL 成長温度上昇に伴い、上部平坦部、ファセット部共に Si/Ge 界面のラフネスが増大している。これは、Si-CL 成長時に Si/Ge の相互拡散によって発生したものと考えられる。特に、730 °C 時のファセット部では凹凸が大きく、Si-CL の一部が薄くなっている。これらより、ラフネスの大きい Si/Ge 界面に形成された局在準位が電流リークパスとなり、暗電流が増大していると考えられる。膜厚 16 nm、成膜温度 670 °C の Si-CL を適用した metal-semiconductor-metal (MSM) 型受光器の光学応答特性を図 4 に示す。暗電流密度は 1.28 nA/ μm^2 と低く、波長 1.31 μm と 1.55 μm の光に対して、量子効率がそれぞれ 33% と 20% であり、デバイス構造を考慮すると妥当な値が得られた。[謝辞] 本研究は NEDO の「超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発」により委託を受けたものである。本研究の一部は産総研スーパークリーンルーム棟で行われた。[参考文献] [1] T. Nishimura *et al.*, APL **91**, 123123 (2007)., [2] M. Miura *et al.*, Opt. Express **21**(20), 23295 (2013).

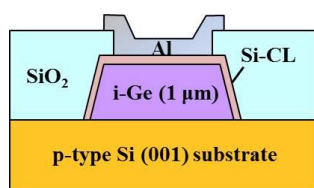


図 1 素子構造

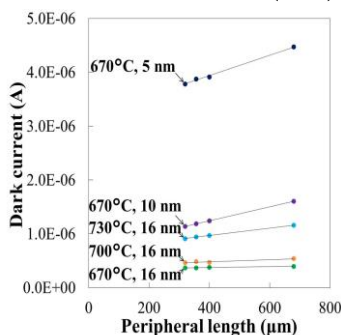


図 2 暗電流 vs. 電極周辺長

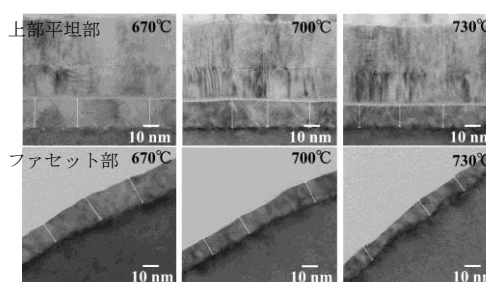


図 3 Si-CL 断面 TEM 像

表 1 暗電流密度および SBH のまとめ

Si-cap condition	670 °C 16 nm	700 °C 16 nm	730 °C 16 nm	670 °C 10 nm	670 °C 5 nm
d_s (nA/ μm)	0.078	0.20	0.68	1.29	1.90
d_j (nA/ μm^2)	0.054	0.063	0.11	0.11	0.50
SBH (eV)	0.48	0.48	0.43	0.34	0.25

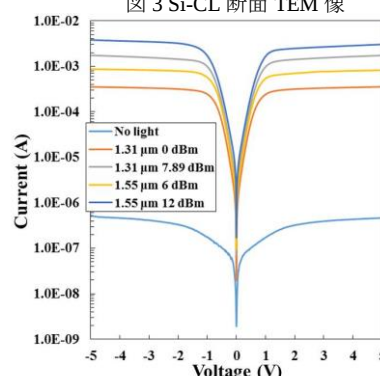


図 4 光応答特性