

自由キャリア吸収を用いた電気-プラズモン変調器

Electro-Plasmonic Modulator Using Free Carrier Absorption

豊工大¹ ○樋口 竣一^{1*}, 伊藤 基¹, 石井 佑弥¹, 福田 光男¹Toyohashi Univ. of Tech.¹ ○Shunichi Higuchi^{1*}, Motoki Ito¹, Yuya Ishii¹, Mitsuo Fukuda¹

*E-mail: higuchi@photon.ee.tut.ac.jp

緒言 近年, 電子集積回路では微細化に伴う配線遅延や消費電力の増大が問題となっている. 解決策の一つとして, 光子と電子を相補的に信号キャリアとして用いる光・電子集積回路が注目されている. 表面プラズモンは伝搬光よりも微小領域に光を局在化できるため, より高密度に集積された光・電子集積回路を実現できる可能性がある. 本研究では, 表面プラズモン・電子集積回路に必要な不可欠である電子回路と表面プラズモン回路を接続する電気-プラズモン変調器の開発を行った. これまでに電気-プラズモン変調器の開発例はあるが^[1], 本発表ではより CMOS に近い構造・プロセスで作製可能な電気-プラズモン変調器を報告する.

設計 提案する電気-表面プラズモン変調器は, 半導体層のキャリア密度制御により自由キャリア吸収量を増減させることにより, 金属界面を伝搬する SP の強度を変化させる. Figure 1 に同変調器の概略図を示す. p-Si/SiO₂/Si 基板上的金属-酸化半導体(MOS)構造をベースとして設計した. Au 電極上のナノスリットに波長 1550 nm のレーザ光を照射することにより表面プラズモンが励起され, Au 層と SiO₂ 層の界面を表面プラズモンが伝搬する. 伝搬する表面プラズモンは p-Si 層にしみ出しをもつ. ここで, MOS 構造に電圧(V_g)を印加することで p-Si 層の電子密度を制御する. 電子密度と自由キャリア吸収による吸収係数は線形関係にあるため, 伝搬する表面プラズモンの強度を V_g により制御可能となる.

実験結果 目標とする ON 時と OFF 時のプラズモンの強度比を 3 dB と設定した. この強度比を実現するために必要な変調器のパラメータ(膜厚, キャリア濃度, 変調器長等)を, 時間領域差分法を用いた電磁界解析と Gummel 法を用いて求めた. 求めたパラメータに基づいて, 電気-プラズモン変調器を CMOS 互換プロセスで作製した. SiO₂ 層の膜厚は 40 nm, p-Si 層の膜厚は 150 nm, 励起-検出スリット間距離は 300 μ m とした. 波長 1550 nm のレーザ光により表面プラズモンを励起し, 検出スリットで放射される表面プラズモンの強度を光スペクトルアナライザで測定した. Figure 2 に, 作製した電気-表面プラズモン変調器で測定した検出表面プラズモン強度の V_g 依存性を示す. Figure 中の表面プラズモン強度は, $V_g=0$ V のときの表面プラズモン強度で規格化している. V_g の増加に伴い, 伝搬する表面プラズモンの強度が減少していることが分かる. 特に, $V_g=20$ V 印加時には 3 dB の減少量が得られた. 従って, 提案した電気-表面プラズモン変調器において, 電気信号による表面プラズモン強度の制御の可能性が示された.

結言 MOS 構造と自由キャリア吸収を利用した, 電子回路とモノリシックに集積可能な電気-表面プラズモン変調器を提案し, 電気信号による表面プラズモンの強度変調の可能性を示した.

謝辞 本研究の一部は科研費 26289103 の助成を受けて実施された.

参考文献 [1] A. Jennifer et al. *Nano Lett.* **9**, 897-902 (2009).

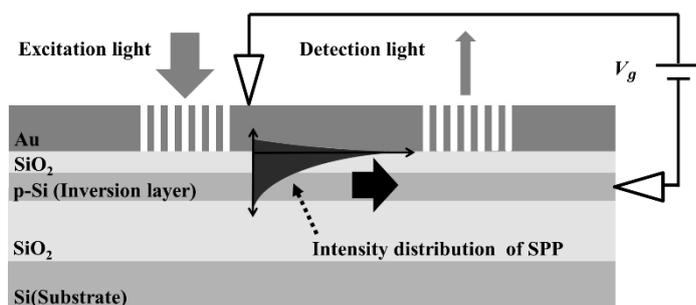


Fig. 1 Schematic cross-sectional view of the SP modulator.

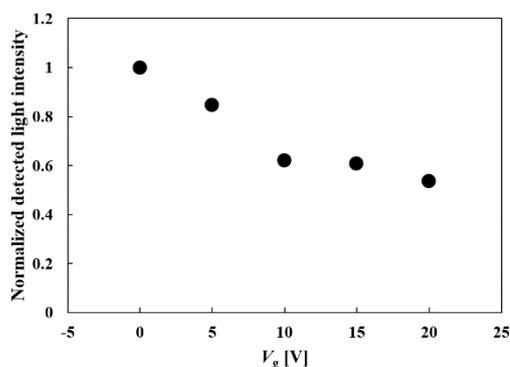


Fig.2 Normalized detected light intensity as a function of V_g .