

表面プラズモンアンテナによるフォトダイオードの高感度化と屈折率測定への応用

Keyword： 表面プラズモン(SP)アンテナ、フォトダイオード、波長選択性、バイオセンサー、SOI

研究の概要

格子状の表面プラズモン(SP)アンテナと絶縁膜(SiO₂)上の横型pn接合フォトダイオードを組み合わせることにより、感度が1桁高く、波長フィルタ特性や偏光フィルタ特性をレイアウト設計のみで変えることができる光検出器を実現した。また、光が斜めに入射すると感度のピークが分裂し、分裂幅はアンテナ近傍の屈折率に対応して増加するため、屈折率測定やバイオセンシングに利用できる。異なった特性のフォトダイオードを1チップ上に集積可能で、分光画像センサー、偏光画像センサー、多種類の物質を効率良く検出できるバイオセンサーなどへの応用が考えられる。

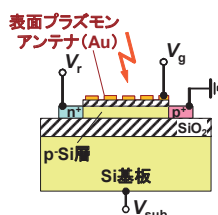


図1 表面プラズモンアンテナ付きフォトダイオードの断面図。

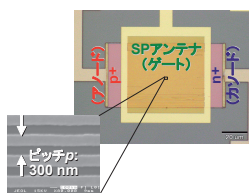


図2 作製したフォトダイオードの顕微鏡写真。

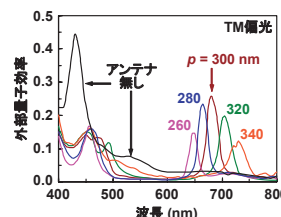


図3 フォトダイオードの分光感度特性。ピッチpを変えることでピーク波長を任意に設定できる。

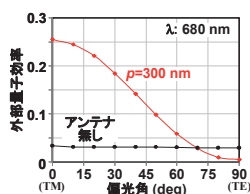


図4 フォトダイオード感度の偏光角依存性。
TE/TM偏光の弁別比×46が得られている。

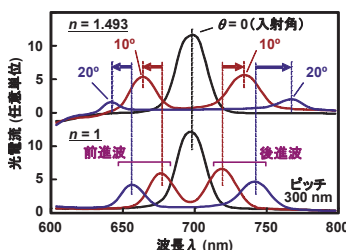


図5 分光特性の入射角θと屈折率nへの依存性。

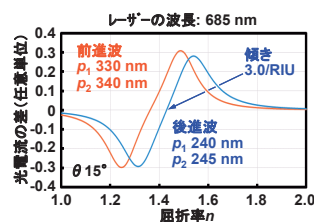


図6 光電流差の屈折率依存性。

・特筆すべき研究ポイント:

動作機構がシンプルで、SPアンテナからの回折光とSiO₂に挟まれた薄いシリコン中の導波路モードとの結合を考慮する事で、感度が最大となるピーク波長やその入射角・屈折率依存性などが明確に説明できる。

・新規研究要素:

薄いシリコン層としては世界最高レベルの量子効率を実現している。高性能プロセッサに広く使われているSilicon On Insulator (SOI) 集積回路に光検出の機能を付加する画期的な技術である。

異なるアンテナ・ピッチを持つ2つのフォトダイオードの光電流差を測る方式により(図6)、集積化できる屈折率センサーとしては最小の検出限界 6.6×10^{-7} RIU(屈折率単位)/VHzが見込まれる。

・従来技術との差別化要素・優位性:

従来の波長フィルタでは特性を変えるためには多層膜の構成や材料を変えたりする必要があり、多数の異なった特性を持つフィルターを同時に作製することは不可能だったが、本技術によれば、レイアウト設計(形状、寸法)の変更のみで、異なった特性の光検出器を作ることができる。また、従来の屈折率測定を利用したバイオセンサーは、寸法が大きく光学系が複雑で、多数の生化学物質を同時に分析する事は困難であったが、本技術によれば、多くのフォトダイオードを集積し並列に測定することで分析のスループットを大幅に向上させることが可能である。

・特許等出願状況:

フォトダイオードおよび屈折率測定に関する特許出願4件

(特願2012-214745号、特願2013-187478号、特願2015-027423号、特願2015-027772号)

アピールポイント

■ 技術相談に応じられる関連分野

- ・シリコン集積回路
- ・単電子デバイス
- ・高感度光検出器
- ・高感度電荷検出器

■ その他の研究紹介

- ・SOI MOSFETによる単一フォトン検出
微細化したSOI MOSFETが単電子レベルの高い電荷感度を持つことを利用して、光励起により発生しFET内部に蓄積されたホールを1つ1つ検出するタイプの単一フォトン検出器を研究している。
- ・SOI MOSFETを用いたボロメータ
SOIを用いると熱絶縁構造が容易に作製できることと、FETが増幅作用のある温度センサーとして使えることを利用した、THz検出用アンテナ結合ボロメータを研究している。



猪川 洋

電子工学研究所
教授