

広ダイナミックレンジ化を目指した 基板電位制御可能なフィルタフリー蛍光検出センサ

Wide dynamic range filter-free fluorescence sensor with triple well structure

豊橋技科大¹, JST-CREST² ◦森脇 優¹, 田中 清嗣¹, 高橋 一浩^{1,2}, 岩田 達哉¹, 秋田 一平¹,

太斎 文博¹, 木村 安行¹, 石田 誠¹, 澤田 和明^{1,2}

Toyohashi Univ. of Tech.¹, JST-CREST² ◦Y. Moriwaki¹, K. Tanaka¹, K. Takahashi^{1,2}, T. Iwata¹, I. Akita¹,

F. Dasai¹, Y. Kimura¹, M. Ishida¹, K. Sawada^{1,2}

E-mail: moriwaki-y@int.ee.tut.ac.jp

1. はじめに

我々の研究室では小型で光学フィルタを必要としないフィルタフリー蛍光検出センサを提案してきた[1]。光学フィルタが不要となるため、光学フィルタを使用した蛍光検出センサでは不可能だった複数種類の蛍光の同時検出や、検出波長の変化に対応可能となる。しかし、光学フィルタを使用しないためにセンサの蛍光検出能力が不十分であり、これまでの研究では様々な蛍光検出能力向上手法を提案してきた[2]-[4]。本稿では、全手法を取り入れたフィルタフリー蛍光検出センサを製作し、特性評価を行う。

2. フィルタレス蛍光センサの動作原理

本センサの原理は、シリコンの吸収係数の波長依存性を利用している。以下に示す光電流の連立方程式を解くことにより、励起光 ϕ_{ex} と蛍光 ϕ_{em} の2つの光を分別することが可能である。ここで、 I_1 と I_2 はSi基板表面からの深さの異なる光電流の出力である。

$$\begin{cases} I_1 = F_1(\phi_{ex}, \phi_{em}) \\ I_2 = F_2(\phi_{ex}, \phi_{em}) \end{cases}$$

3. Triple-well 構造の提案

基板電位制御によって本センサの蛍光検出能力が向上することが分かっている[3]。しかし本手法を採用する場合、基板バイアス効果により周辺回路の特性が変化してしまい、センサと周辺回路の集積化が困難となる。そこで新たに Triple-well 型フィルタフリー蛍光検出センサを提案する(図1)。Triple-well 構造では、deep nwellの電圧を変化させることにより、従来構造と同等の蛍光検出能力向上効果が期待できる。また、周辺回路は他のwell領域に製作することで基板バイアス効果が発生せず、センサとの集積化が可能となる。

4. 測定結果

まず、デバイスシミュレータ TCAD により Triple-well 構造を形成するためのプロセス条件を決定した。その結果、図2に示すような不純物濃度分布で Triple-well 構造が形成できていることが確認できた。

実際に図2の不純物濃度分布にてフィルタフリー蛍光検出センサを製作し、2波長分離の測定を行った。測定は、疑似励起光(波長: 470 nm、光強度: 5000 nW)および疑似蛍光(波長: 530 nm、光強度: 5000~0.1 nW)をセンシングエリアのみに照射し測定を行った。測定結果を図3に示す。励起光強度は一定値を示しており、蛍光のみが線形的に減少していることから、今回製作した

Triple-well 構造において従来構造と同様のセンシング動作が確認できた。また、蛍光検出能力も従来構造とほぼ同等の性能である励起光強度: 蛍光強度=2000:1を達成した。

参考文献

- [1] Y. Maruyama, et al., IEEE Trans. Electron Devices, 53 (3), p.553, 2006.
- [2] H. Ishii, et al., APCOT2008, 2C3-1, 2008.
- [3] Y. Moriwaki, et al., JJAP 54, 04DL03, 2015.
- [4] Y. J. Choi, et al., SSDM2015, pp.398-399, 2015.

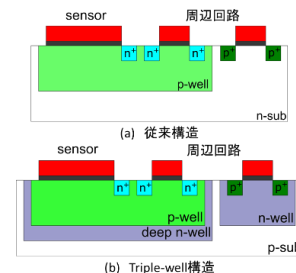


図1 センサの簡易断面図

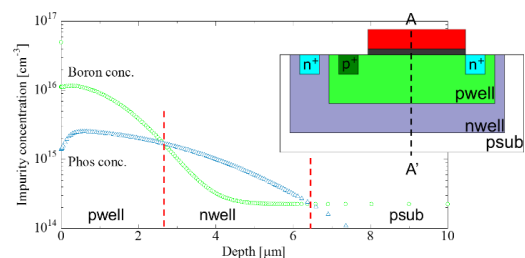


図2 不純物濃度分布シミュレーション結果

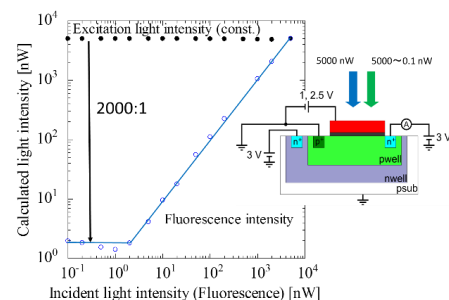


図3 2波長分離測定結果