

基板バイアス制御法によるフィルタレス蛍光センサの高性能化

High-performance filter-less fluorescence sensor with substrate bias control technique

豊橋技科大¹, JST-CREST² ◯森脇 優¹, 高橋 一浩^{1,2}, 秋田 一平¹, 石田 誠¹, 澤田 和明^{1,2}

Toyohashi Univ. of Tech.¹, JST-CREST² ◯Y. Moriwaki¹, K. Takahashi^{1,2}, I. Akita¹, M. Ishida¹, K. Sawada^{1,2}

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

1. はじめに

近年、細胞をはじめとする生体試料の蛍光観察に関する研究が盛んに行われている。これは、取り扱いが容易なうえ、情報量が多いためである。現在は、蛍光顕微鏡による観測が主流となっているが、蛍光顕微鏡は大規模な光学フィルタを使用しているため、サイズが大きく、生化学・臨床医療分野では小型化が求められている。そこで、本研究室では、小型で光学フィルタを必要としない蛍光センサを提案してきた[1] (図 1)。提案するセンサは、励起光強度対:蛍光強度比が 400:1 まで計測可能であることを報告してきた。しかし、実際の蛍光強度は励起光強度に比べ $10^{-3} \sim 10^{-6}$ 程度と非常に微弱であり、蛍光分別能力の向上が必要である。そこで、本研究では蛍光分別能力を向上させるために、センサの新しい駆動法の提案を行った。

2. センサの動作原理と基板バイアス制御法の提案

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。

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

蛍光分別能力が低い原因は、分離不良領域の存在によるものであることが分かっている[2]。この領域では、光電効果によって発生した電子が、室温における熱エネルギーの影響を受けることでポテンシャルピークを乗り越えてしまう。そこで、空乏層の広がりを用いてポテンシャル分布の急峻化を行う。これまでの研究でも、p-well および n-sub の不純物濃度を薄くすることにより分離不良領域の低減が行われている[2]。しかし、従来の方法では、 V_{PG} が小さい時、分離不良領域が大きくなってしまったことが分かった。この問題の解決法として、本研究では、基板電圧 V_{SUB} を変化させることによる分離不良領域低減を検討した。 V_{SUB} を変化させたときの分離不良領域の解析結果を図2に示す。 $V_{SUB} = 8\text{ V}$ を与えた時に、分離不良領域は $0.5\text{ }\mu\text{m}$ 以下まで低減できることが確認できた。

3. 測定結果

作製したフィルタレス蛍光センサを用いて2波長分離の測定を行った。測定は、疑似励起光(波長: 468 nm、光強度: 10^{-3} W/cm^2) および疑似蛍光(波長: 525 nm、光強度: $10^{-3} \sim 10^{-7}\text{ W/cm}^2$) をセンシングエリアに照射し、 V_{SUB} を変化させて行った(図3)。蛍光強度を弱めていった場合、蛍光による出力は励起光による出力に埋もれてしまい算出光強度が飽和してしまう。これにより、蛍光分別能力が決定される。図3から、 V_{SUB} の上昇に伴い蛍光分別能力が1/800に向上していることが分かる。また、1/800は従来の性能と比べても2倍に向上してい

る。この結果から、 V_{SUB} の上昇に伴い蛍光強度の飽和領域が向上しており、基板バイアス制御法による波長分別能向上が確認できた。

参考文献

- [1] Y. Maruyama, K. Sawada, H. Takao, and M. Ishida: IEEE Trans. Electron Devices, 53 (3), p.553 (2006).
- [2] H. Ishii, Y. Maruyama, H. Takao, M. Ishida, and K. Sawada, "Improvement in filter-less fluorescence sensor capability by optimization of potential distribution", The 4th Asia Pacific Conference on Transducers and Micro/Nano Technologies 2008

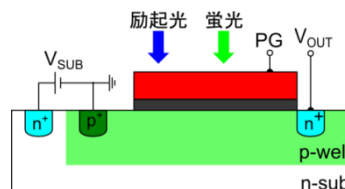


図1 センサの簡易断面図

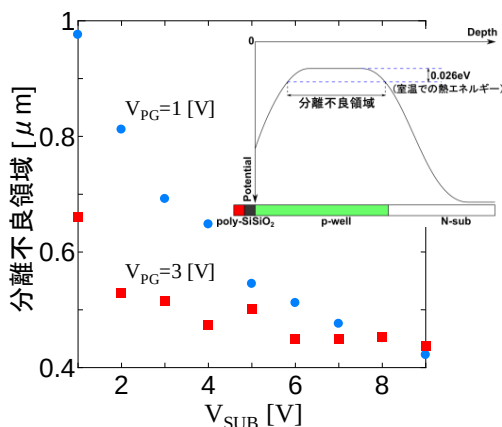


図2 V_{SUB} と分離不良領域の関係

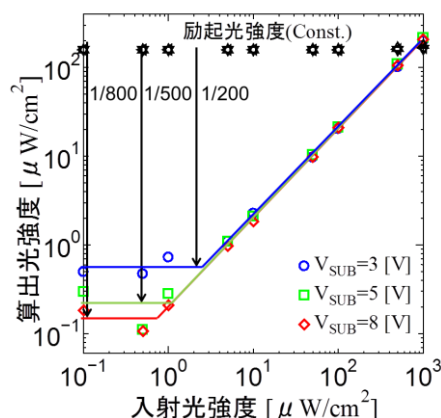


図3 2波長分離測定結果