

# バイオイメージングに向けたフィルタフリー蛍光イメージセンサの検討

## Design of a filter-free fluorescence image sensor for bioimaging

豊橋技科大, °(M1C)井出 智也, 崔 容俊, 木村 安行, 高橋 一浩, 石井 仁, 野田 俊彦, 澤田 和明

Toyohashi Univ of Tech., °Tomoya Ide, Yong-Joon Choi, Yasuyuki Kimura, Kazuhiro Takahashi,

Hiromu Ishii, Toshihiko Noda, and Kazuaki Sawada

E-mail : ide.tomoya.lt@tut.jp

### 1. 背景

蛍光検出法は生化学や医療分野において、高感度で容易に測定が可能のため広く用いられている<sup>[1]</sup>。この手法を用いて蛍光染色された特定の生体分子をイメージングすることで、その局在および動態といった情報が得られる。これらの蛍光イメージングを取得するには、一般的に蛍光顕微鏡が使用されている。しかし生細胞のイメージングは特定波長のみを透過するバンドパスフィルタである蛍光フィルタによって、複数の蛍光を同時に検出することが困難である。また、フィルタ、レンズ、ミラーなどの光学部品が多く含まれており、大規模かつ高価な装置となる問題がある。

本研究室では、光学部品を全く必要としないトリプルウェル構造のフィルタフリー蛍光センサに関する研究を行ってきた<sup>[2]</sup>。シリコン中に侵入した光が波長ごとに異なる減衰特性を持つことに着目して、複数の波長を検出している。光が透過するフォトゲート電極を用いてセンサ内のポテンシャル分布中に電位の鞍を形成しておく。そのピークを境に発生した光電子は、センサのフォトゲート側および n-well 側の 2 方向へ波長ごとに異なる比率で移動するため、それぞれの電流 ( $I_{PG}$ ,  $I_{n-well}$ )として検出し、その比率から波長を識別する。

本稿では、リアルタイムで蛍光イメージングが可能なトリプルウェル構造のフィルタフリー蛍光イメージセンサを提案する。また、電位の鞍で電流が分岐されるセンサの画素の設計とデバイスシミュレーションの結果について報告する。

### 2. フィルタフリー蛍光センサのアレイ化

蛍光イメージングを取得するため、各画素からの 2 種類の電流 ( $I_{PG}$ ,  $I_{n-well}$ )を考慮して 1 画素ずつ選択し、各電流をセンサアレイの外まで引き出して電流-電圧変換を行う。選択されていない画素においては、発生した光電子を電源に引き抜き、well 電位が安定するよう工夫した。1 画素の回路図およびレイアウトを図 1(a), (b)に示す。

フィルタフリー蛍光センサのアレイ化を行うため、 $100 \times 100 \mu\text{m}$  のセンシングエリアを持つ 1 画素のセンサの電流特性を評価し、電流値のレベル、セトリング時間を考慮して電流-電圧変換回路を設計を行った。センサのアレイは  $16 \times 16 \text{ px}$  で、1 画素あたり  $80 \mu\text{s}$  以上の積分時間を想定し

て設計を行った。

イオン注入の条件によるシリコン基板の不純物濃度の最適化を行うため、3 種類の半導体プロセスシミュレーター(Technology CAD)を用いてデバイスシミュレーションを行った。図 1 (c)はシリコン基板の深さに対するドーパ量の結果を示し、リンのドーパ量およびドライブイン時間は  $1 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ , 1530 分、同様にボロンでは  $2 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ , 270 分の条件で p-well と n-well の深さはおよそ 2.5 および  $7 \mu\text{m}$ , 濃度は最大でおよそ  $1.35 \times 10^{16}$ ,  $1.8 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$  が得られた。

以上のフィルタフリー蛍光イメージセンサの提案によって、光学部品を必要としない蛍光イメージングの実現が可能になると考えられる。

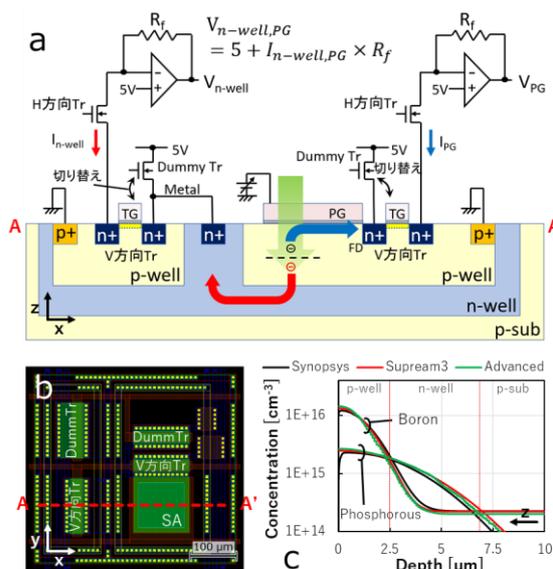


図 1. 設計した 1 画素のセンサの (a) 断面図 (b)レイアウト(c)デバイスシミュレーションの結果

### 謝辞

本研究の一部は、JST CREST JPMJCR14G2, OPERA JPMJOP1834 及び JSPS 科研費 JP18H03778, JP20K14790 の支援を受けたものである。

### 文献

- [1]R. L. Joseph, Analytical and Bioanalytical Chemistry, vol.390, pp.1223-1224 (2008)
- [2]Y. J. Choi, K. Takahashi, N. Misawa, T. Hizawa, T. Iwata, and K. Sawada, Sensors and Actuators B: Chemical, vol.256, pp.38-47 (2018)