

アレイ化に向けたフィルタフリー波長センサの画素構造の検討と製作

Examination and fabrication of pixel structure for filter-free wavelength sensor array

豊橋技科大, °(B)松原 稜弥, 崔 容俊, 井出 智也, 木村 安行, 飛沢 健, 高橋 一浩,

野田 俊彦, 澤田 和明

Toyohashi Univ of Tech., ° Ryoya Matsubara, Yong-Joon Choi, Tomoya Ide, Yasuyuki Kimura,

Takeshi Hizawa, Kazuhiro Takahashi, Toshihiko Noda, and Kazuaki Sawada

E-mail : matsubara.ryoya.cc@tut.jp

1. 背景

蛍光検出法はバイオサイエンス分野において細胞やウイルスなどを解析する手法の一つで、得られる情報量が多く取り扱いも容易であるため注目されている^[1]。蛍光顕微鏡を用いた観測では、多種多様な光学部品によって特定の蛍光の画像情報を選択的に検出できる一方で、装置が大規模かつ複雑な構成となる。そこで、本研究室では光学部品を必要としないフィルタフリー波長センサの研究を行ってきた^[2]。これまで、単画素での波長識別動作を確認し、多くの応用的な計測システムを実証してきた。本研究では、二次元の波長情報を取得可能なフィルタフリー波長センサのアレイ化に向けて画素構造の検討、製作および評価を行う。

2. フィルタフリー波長センサの原理と製作

提案するセンサは p 型シリコン基板上的の deep n-well と p-well の二重拡散構造とその上の光を透過するフォトゲート電極から構成される。フォトゲート電極に電圧を印加することでセンサの深さ方向に対するポテンシャル分布に電位の鞍を形成する。ここに光が照射されると、発生した電子はこの鞍の深さ W を境に、センサの表面側及び基板側の 2 方向へ分かれて移動する。シリコンへの光の侵入深さが波長ごとに異なることから、発生する電子の比率は波長ごと異なる。これらの電子による電流(I_{PG} , I_{n-well})を検出し、その比率から波長を特定する。

センサのアレイ化に向けて一画素を読み出す際の画素構造を図 1 に示す。トランジスタを用いた行と列の制御で各画素を選択して電流を読み出すことが可能な構成にした。周辺回路として、画素の内部に行の選択トランジスタを、画素の外側に列の選択トランジスタを配置した。表側と裏側の電流を同時に検出するため、行および列の選択トランジスタごとにゲート端子を共通とした。この構造を用いて、 3×3 画素のセンサを標準 CMOS 準拠のカスタムプロセスで本学 LSI 工場にて製作を行った。

3. センサの特性評価

製作したセンサの全面素に光 (λ : 470-660 nm) を照射し、電流の比率が 0.671 - 2.17 の範囲で変化することから波長応答を確認した。光スポット

中の一部に異なる波長が照射された場合にその波長と空間的な違いを識別可能か評価を行った。画素全体に 470 nm の光を照射し、中心画素に 590 nm または 660 nm の光を照射した。この時の周辺と中心の電流比率を図 2 に示す。周辺画素は 0.66 の電流比率であるのに対し、中心画素 (2, 2) に 590 nm または 660 nm の光を照射した際の電流比率は、0.86, 1.1 となっている。中心に照射する波長を変化させると、中心の画素のみ電流比率が変化している。照射された光の空間的な違いおよび波長の違いを識別することに成功した。

以上より、提案する画素構造を用いることで波長情報のイメージングが可能なアレイセンサの実現が示唆される。

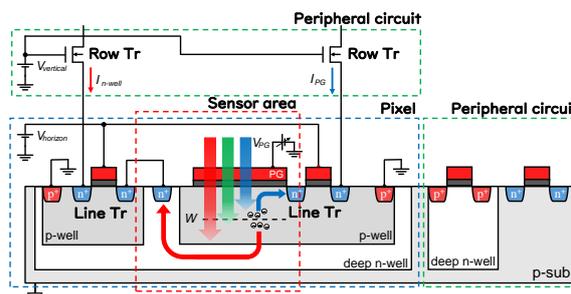


Fig.1 Pixel structure for reading out electrons moving in two directions at a single pixel in an array

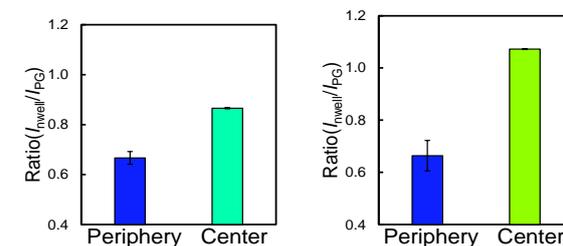


Fig.2 Current ratio when only the central pixel is irradiated with (a) 590 nm or (b) 660 nm light

謝辞

本研究は、JST OPERA, JPMJOP1834 及び JSPS 科研費 JP18H03778, JP20K14790 の支援を受けたものです。

文献

- [1] J. Yin, et al., *Biosens. Bioelectron.*, 153, 112026 (2020)
 [2] Y. J. Choi, et al, *Biosensors*, 12(11), 1033 (2022)