

オプトジェネティクスのための CMOS ベース光・電気神経インターフェイスデバイス CMOS-based Opto-Electronic Neural Interface Device for Optogenetics

奈良先端大 物質創成¹, JST-さがけ²

○神山 直也¹, 竹原 宏明¹, 野田 俊彦¹, 笹川 清隆¹, 徳田 崇^{1,2}, 太田 淳¹

NAIST¹, JST-PRESTO²

○Naoya Kamiyama¹, Hiroaki Takehara¹, Toshihiko Noda¹, Kiyotaka Sasagawa¹, Takashi Tokuda^{1,2}, Jun Ohta¹

E-mail: ohta@ms.naist.jp

[はじめに]

脳機能ネットワークを解明するツールの 1 つとして、オプトジェネティクス分野が注目されている。オプトジェネティクスとは、チャネルロドプシン 2 (ChR2) 等の光感受性タンパクを遺伝子操作により生体細胞に導入し、光反応性を付与する技術である。ChR2 は光を吸収すると神経細胞の興奮を誘発する。

我々は、CMOS 集積回路技術を用いて、オプトジェネティクスに応用可能な光刺激機能搭載の神経インターフェイスデバイスを提案してきた [1]。今回、電気刺激・計測機能を搭載した。光・電気神経インターフェイスデバイスを試作し、機能検証を行った。

[デバイスの概要]

本デバイスは、CMOS イメージセンサと GaInN LED を装着した Si 貫通電極 (Through Silicon Via) TSV アレイウェハから構成される。これらを組み合わせることで、局所多点光刺激に加え、電位計測機能を実現する。Fig. 1 に提案するデバイスのコンセプト、Fig. 2 CMOS チップのレイアウトとブロック図を示す。CMOS イメージセンサ部は、0.35 μm , 2-poly, 4-metal 標準 CMOS プロセスを用いて試作した。Table.1 に CMOS イメージセンサの諸元を示す。

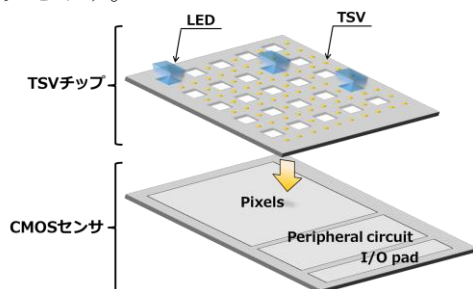


Fig. 1 提案するデバイスのコンセプト

本デバイスの外観と構造を Fig. 3 に示す。CMOS イメージセンサと TSV ウェハの接合にはフリップチップ接合を用いた。デバイスの光・電気刺激計測機能はアドレス指定選択により駆動可能である。TSV チップは、シリコン基板をベースに TSV アレイを形成し、励起光源である

LED が挿入できるキャビティがある。デバイス実装時には、フリップチップ接合の前にキャビティに LED を埋め込み、エポキシ樹脂で固定する。

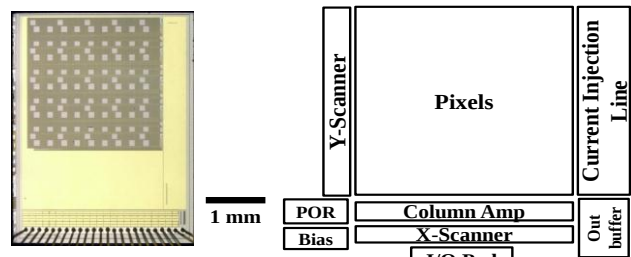


Fig. 2 CMOS チップのレイアウトとブロック図

Table.1 CMOS イメージセンサの諸元

プロセス	0.35 μm , 2-poly, 4-metal 標準 CMOS
チップサイズ	2400×3600 μm^2
画素数	260×244
画素サイズ	7.5×7.5 μm^2
画素回路	3-Tr アクティブピクセルセンサ
電源電圧	3.3 V(光計測)、5 V(LED 駆動)

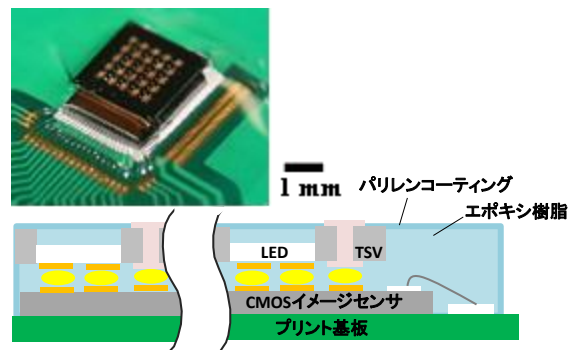


Fig. 3 デバイスの外観と構造

[デバイス機能の検証]

光刺激機能の検証には、デバイス内の LED アドレス回路を駆動させ、80 個ある LED アレイの中から任意の LED 点灯を行った。その結果、4 mW/mm^2 以上の光強度を確認した。今後はチャネルロドプシンを遺伝子導入した細胞を用いて生体外 (in vitro) での実証実験を行う。

[謝辞]

本研究の一部は JST-さがけにより行われた。

[参考文献]

[1] T. Tokuda *et al.*, Electronics Letters, **48**, 312 (2012).