



分光分析に向けた フィルタフリー波長センサの製作と検証



Abstract

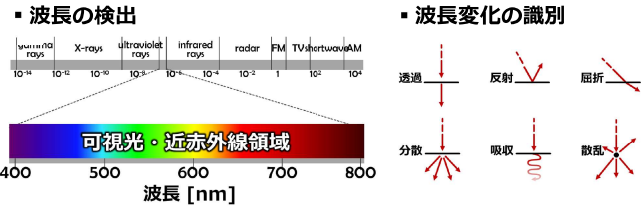
光学部品を使用せず、単一画素で分光分析が可能な受光素子の開発に向けて、エビ構造のフィルタフリー分光センサを提案した。提案センサは本学 VBL 施設の CMOS 集積回路技術を用いてセンサの製作を行い、開発したセンサの応用に向けて IRES²施設のバイオ実験室により、複数の蛍光色素から放出する波長の分光を目指して研究結果を報告する。

電気・電子情報工学系 崔 容俊

9 産業と技術革新の基盤をつくろう



■ 光の波長と強度の検出



光検出技術の進化により、

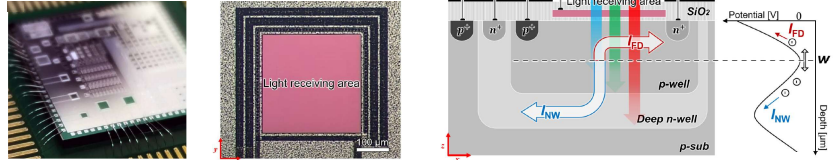
私たちの生活が変わって行く



小型化された波長検出システムが求められている

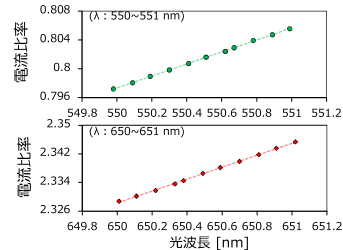
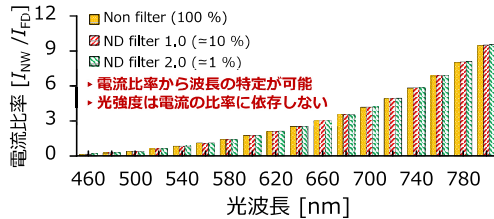
■ フィルタフリー波長センサ [1, 2]

■ センサの顕微鏡画像と断面模式図



シリコンの吸収係数を用いて波長を検出可能なセンサを実現

■ 光の波長と強度依存性

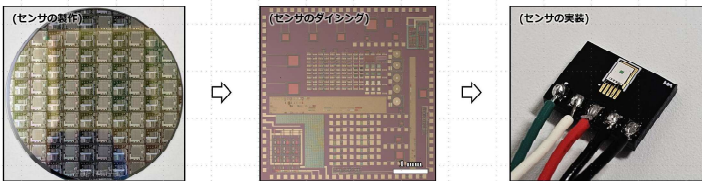


光学部品を使用せず可視光帯域の波長を 0.1 nm 以上の分解能で計測

■ センサの製作および実装

■ 分光センサの製作および実装

■ センサの実装



単一画素の分光センサの製作プロセス確立およびデバイスの動作確認



- ・ウチハ: 4 inch T1 層基板 (100)
- ・工程数: 57
- ・マスク数: 14 枚
- ・チップサイズ: 9.2 × 9.2 mm²
- ・プロセス: 1-poly, 2-metal, 5 μm CMOS

本学の CMOS プロセスより提案のセンサを製作

■ 分光計測システムの開発

■ 機械学習用の計測システム

■ システムの改善



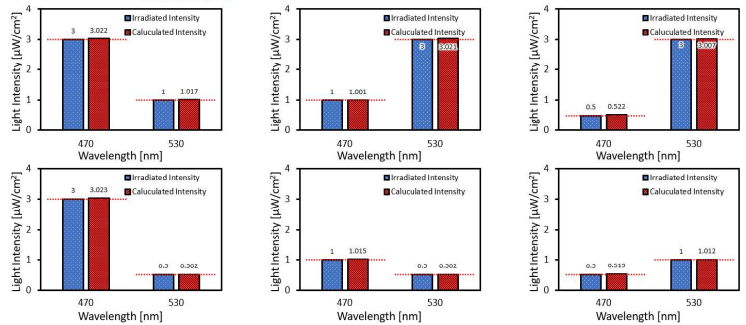
- Electrical Specifications**
 - Supply Voltages: Internal **5.0 V** and **3.3 V**, External input USB-C **5.0 V** (Max 1.0 A).
- Sensor and Measurement Specifications**
 - Number of Measurement Channels: 2
 - ADC: **24-bit resolution**, dual single-ended channels
 - Signal Processing: Analog and digital filtering using noise reduction
 - Measured Quantities: Channel currents (converted from ADC codes)
- Data Output & Communication**
 - Wireless Output: Bluetooth Serial Port Profile (**1.4 - 1.6 Mbps**, **0.175 - 0.2 MB/s**).
 - Data Format: Uses the same data format as UART for compatibility with PC terminals.
 - Interface: Simple text command interface for configuration and mode control.
- User Interface**
 - Display: Shows FD, NW values, and LED status.
 - Control: 3 LEDs and photo-gate voltage controlled with **10-bit resolution (> 3 mV)**.
- Environmental & Mechanical**
 - Operating Temperature: -40 ~ 85 °C.
 - Storage Temperature: -40 ~ 105 °C.

改善された分光計測システム(v2)の設計完了

機械学習に向けた計測システムの設計・製作

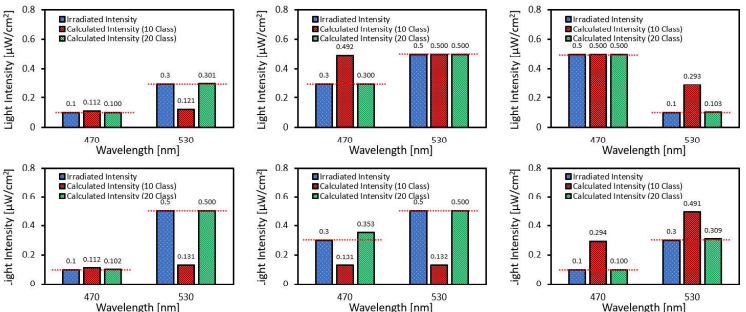
■ 3波長分離実験の結果

■ 2波長分離実験 (逆行列方式)



2波長の分離および光強度を誤差2.3%以内で算出 (既存: 約20%)

■ 2波長分離実験 (機械学習)



2波長分離の有効性を実証し、学習データ量の依存性を確認

提案のデバイスより、3波長の分離を実証した

■ 謝辞

本研究は、文部科学省革次世代 X-nics 半導体創生拠点形成事業 JPJ011438, JSPS 科研費 JP23H00182, JP23KK0070, JP24K17321, JST さきがけ JPM1JR24L8, IRES²プロジェクトの研究推進の助成を受けたものです。

Reference

- [1] "Demonstrating a Filter-Free Wavelength Sensor with Double-Well Structure...", *Biosensors*, vol. 12, no. 11, p. 1033, 2022.
- [2] "Detection of Wavelength Information by Filter-Free Wavelength Sensor and Its Applications", *ECS Transactions*, 2023.



技術を究め、技術を創る

国立大学法人 豊橋技術科学大学

