



分光分析に向けたエピタキシャルウェハ上の フィルタフリー波長センサの提案と実証

Abstract

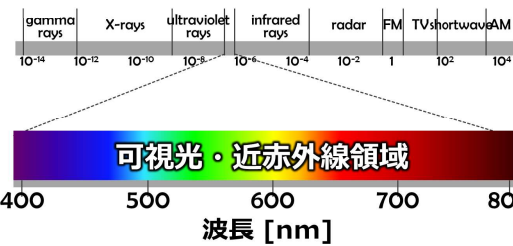
単一画素で分光分析が可能な受光素子の開発に向けて、エピタキシャルウェハ上のフィルタフリー分光センサを提案した。提案のセンサは本学 VBL 施設の CMOS 集積回路技術を用いてセンサの製作を行い、開発したセンサの応用に向けて IRES²施設のバイオ実験室により、複数の蛍光色素から放出する波長の分光を目指して研究結果を報告する。

電気・電子情報工学系 崔 容俊

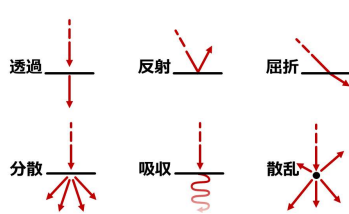


■ 光の波長と強度の検出

■ 波長の検出



■ 波長変化の識別



光検出技術の進化により、

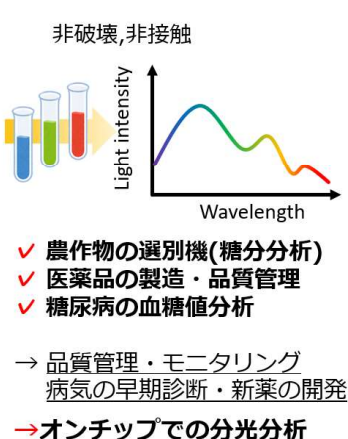
私達の生活が変わって行く



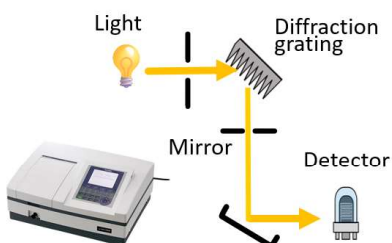
小型化された波長検出システムが求められている

■ 分光分析法および波長検出システム

■ 分光分析の応用例

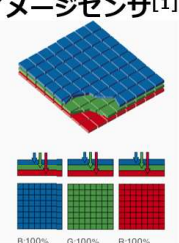


■ 分光光度計



- 高感度・高い波長選択性
- × 光学部品により高価で複雑
- × 大規模な構造
- × ポイント計測

■ 多段pn接合型のイメージセンサ^[1]



- 3つの層で色を識別
- 高い空間分解能
- × プロセスが難化
- × 分光感度の調節

→ 品質管理・モニタリング
病気の早期診断・新薬の開発

→ オンチップでの分光分析

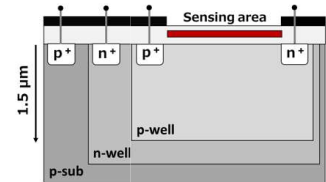
→ 小型分光デバイスの開発

→ 光学部品を使用せず
分光感度調節可能なセンサの開発

分光分析システムの小型化により様々な分野への応用が期待される

■ センサ構造の比較

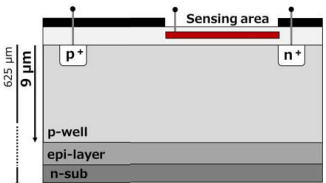
✓ 先行研究のセンサ



- ✓ p型基板にDeep n-wellとp-wellを形成した二重拡散well構造
→ p-well 内でのピーク遷移

- × p-wellの不純物濃度が高い
→ 表面でのみピーク遷移(最大1.3 μm)
- × 2層のwell形成のためプロセスの難化

✓ 本研究で提案するセンサ

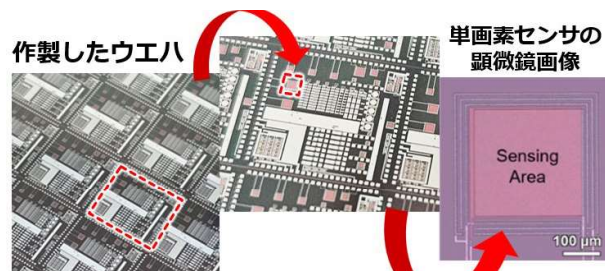
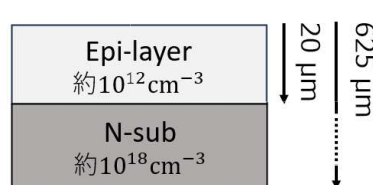


- ✓ n型エピタキシャル基板にp-wellを形成した構造
→ p-well内でのピーク遷移

- Epi-layerの不純物濃度が低い
→ 深くまでピーク遷移が期待
- 最大6.56 μmまでピーク遷移可能

■ センサの製作

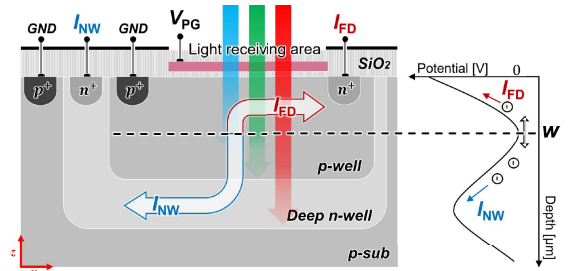
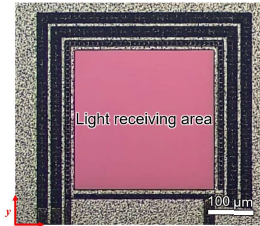
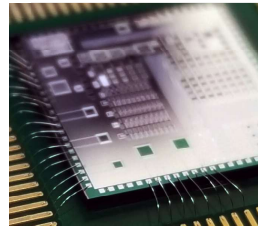
■ ウエハの仕様



本学のVBL施設で、提案のフィルタフリー波長センサを製作

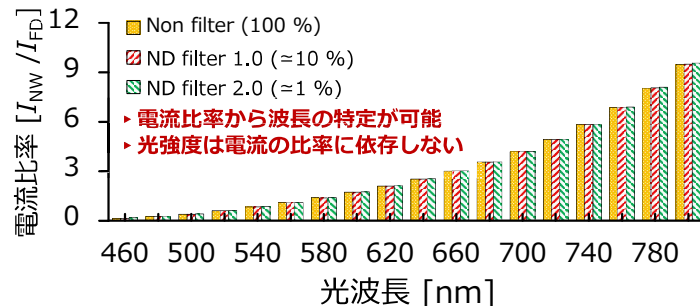
■ フィルタフリー波長センサ^[1, 2]

■ センサの顕微鏡画像と断面模式図

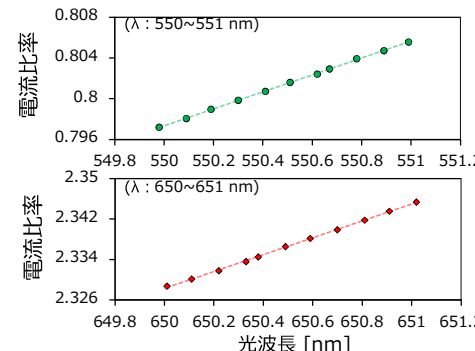


シリコンの吸収係数を用いて波長を検出可能なセンサを実現

■ 光の波長と強度依存性



- ▶ 電流比率から波長の特定が可能
- ▶ 光強度は電流の比率に依存しない



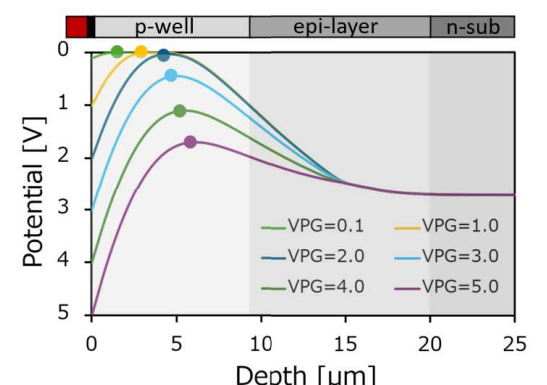
光学部品を使用せずに可視光帯域の波長を 0.1 nm以上の分解能で計測

■ ウエハの仕様・シミュレーション結果

■ エピウエハ仕様

	Epi-layer 約 10^{12} cm^{-3}	N-sub 約 10^{18} cm^{-3}
Resistivity	>1000 $\Omega \cdot \text{cm}$	0.01-0.02 $\Omega \cdot \text{cm}$
Thickness	20 μm	625 μm
Dopant	intrinsic	Antimony

■ SPECTRAによる電位シミュレーション

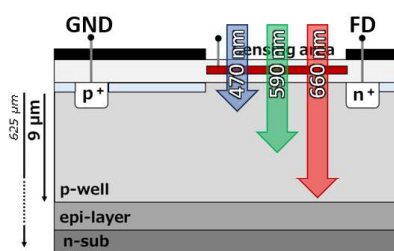


- ✓ 低濃度・深いpwellを形成
- ✓ 最大深さ6.56 μmのピーク遷移
(従来構造では最大1.3 μm)

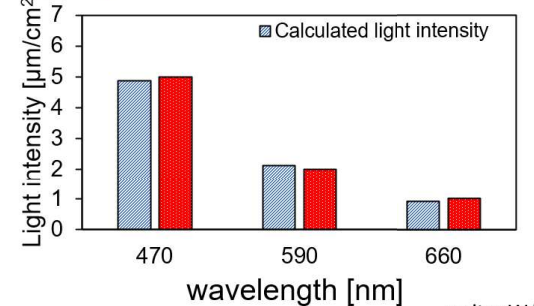
ポテンシャルピークが 6.56 μmの遷移が推定された

■ 3波長分離実験の結果

■ 複数波長の分離検証

FD= 4.0 V, sub= 1.0 V
p+= 0 V, PG = 1.0 ~ 4.0 VSensing area : 300×300 μm
波長λ : 470, 530, 660 nm
光源 : 直径 150 μm

■ 3波長分離結果



	Irradiated intensity	Calculated intensity
470 nm	4.981	4.8795 (-0.101)
590 nm	2.003	2.1224 (+0.119)
660 nm	1.0146	0.9303 (-0.084)

提案のデバイスより、3波長の分離を実現した

■ 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 JPMJPR24L8, 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.



Integrated Green-niX



技術を究め、技術を創る

国立大学法人 豊橋技術科学大学

