

有機-無機ハイブリッド型ペロブスカイト光センサー

～金属錯体層を利用した光電流増幅により、低電圧駆動・超高感度を実現～

石井あゆみ（早稲田大学先進理工学部化学・生命化学科）

背景

弱い光を高感度に検出するために、光により生成した電子（電流）を増幅するアバランシェフォトダイオードや光電子増倍管が一般に用いられている。材料としてはSiやGaAsなどの無機半導体を用いられており、光電流増幅現象を促すためには高い電圧（～数百V）が必要となる。高電圧印加は環境や装置への負荷が大きいだけでなく、ノイズを増大させるなどセンサー性能を悪化させる原因となる。本研究では、高感度・高効率な光検出を低電圧駆動で実現可能な、有機-無機界面で光電流増幅を促す新しい光センサーを開発した。

発明の概要

光電流増幅機能を持つ超高感度光センサーの開発：

酸化チタン(TiO_2)多孔膜表面にペロブスカイトナノ粒子($\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$)とEu錯体薄膜からなる受光層を形成

→可視光（400～800nm）に対し、
光電流増幅率2900倍、受光感度1000A/Wを達成。
駆動電圧は乾電池レベルの1V以下。

【発明のポイント】

薄膜界面を利用した光電流増幅：

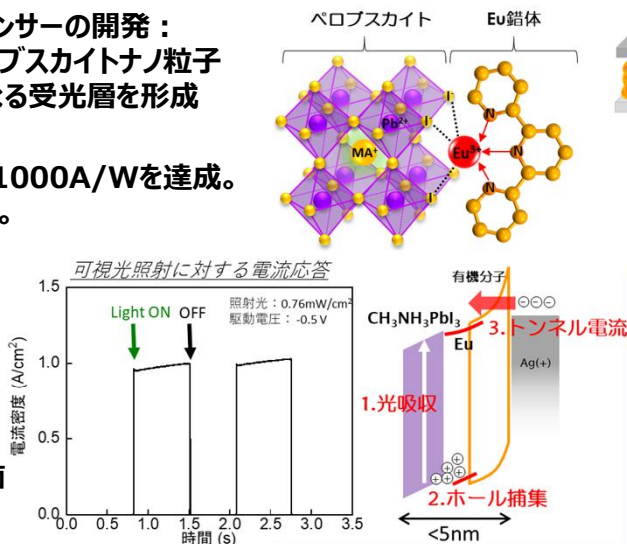
1. 光吸収（受光）層である有機ペロブスカイト（ $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ ）が可視光を効率よく吸収し、キャリア（電子およびホール）を形成
2. 形成したホールが TiO_2 およびEu膜界面に蓄積され、薄膜層に電界が集中
3. 外部電極（Ag）から電子が注入され（トンネル電流）光電流が増幅

低電圧駆動：

5nm以下の薄膜層で電流増幅が生じるため、高い電圧が不要

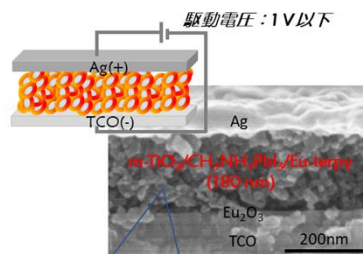
低い暗電流：

暗時では、金属錯体の有機配位子とEu酸化物層がブロッキング層として機能し、電流を 10^{-8} A/ cm^2 まで抑制（高いS/N比）

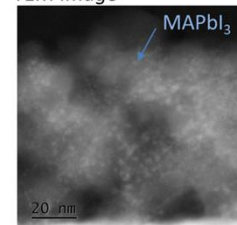


光電流増幅率(Gain)：2900倍
受光感度(R)：1289 A/W
駆動電圧：＜1 V
受光波長：400-850 nm
ノイズレベル：0.01-10 nA/ mm^2

＜参考＞ Si アバランシェフォトダイオード
駆動電圧：100～200V
Gain: 10^{-10} , R: 0.4-0.6 A/W



TEM image



EDS mapping



想定される用途

- ①微弱な光を明るく検出可能、ダイナミックレンジも広い（ $1\mu\text{W}/\text{cm}^2$ から $10\text{ mW}/\text{cm}^2$ の光にตอบสนอง）
⇒月光程度の光も感知！弱い光環境下で感度が要求される防犯カメラ、暗視カメラのセンサ素子としても利用可能
- ②低い駆動電圧、低いノイズ（低暗電流）
⇒高電圧回路が不要で素子、装置の簡便化、小型化が期待！ロボット用の視覚センサー、IoT機器（携帯、スマホなど）のセンサーなどへの応用
- ③光吸収層の選択により、受光波長は紫外から近赤外領域まで拡張可能
⇒あらゆる光に対応可能！衛星用光学センサーから小型のサーモメータ-非接触体温計など幅広く応用可能

ライセンス可能な特許

- ・発明の名称：光電変換素子、光電変換装置、光電変換素子前駆体、
光の検出方法、および光電変換素子の製造方法
- ・国際公開番号：WO2020/162317（日米欧中移行済み）
- ・登録番号：JP7356157

知財財産マネジメント推進部 知財集約・活用グループ

Tel: 03-5214-8486

e-mail: license@jst.go.jp

URL: <https://www.jst.go.jp/chizai/>