

革新デバイスチームの概要

Research Activities of
Next Generation Device Team

発表者: 松原 浩司

Koji Matsubara

目的とアプローチ

- 将来の太陽電池の変換効率の大幅な向上(40%超)や発電コストの大幅な低減(7円/kWh以下)の達成に資する新しい概念や原理に基づく太陽電池技術を開発する。
- 既存の材料や技術にとらわれない新しい概念や原理を用いることで、太陽電池の飛躍的な効率向上、低コスト化を目指す。このために新原理の検証のような基礎的な研究から、材料開発、新しい作製方法の開発など広い範囲にわたって取り組む。

研究内容

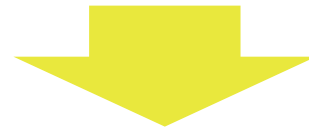
- ・ 量子ドット型太陽電池
- ・ シリコンナノ結晶材料
 - MEG太陽電池、量子ドット増感太陽電池
- ・ 交互積層有機薄膜太陽電池
- ・ 単結晶有機薄膜太陽電池
- ・ 次世代化合物系太陽電池(CZTS系)
- ・ スマートスタック技術
- ・ その他（新規アイデアなど）

量子ドット型太陽電池

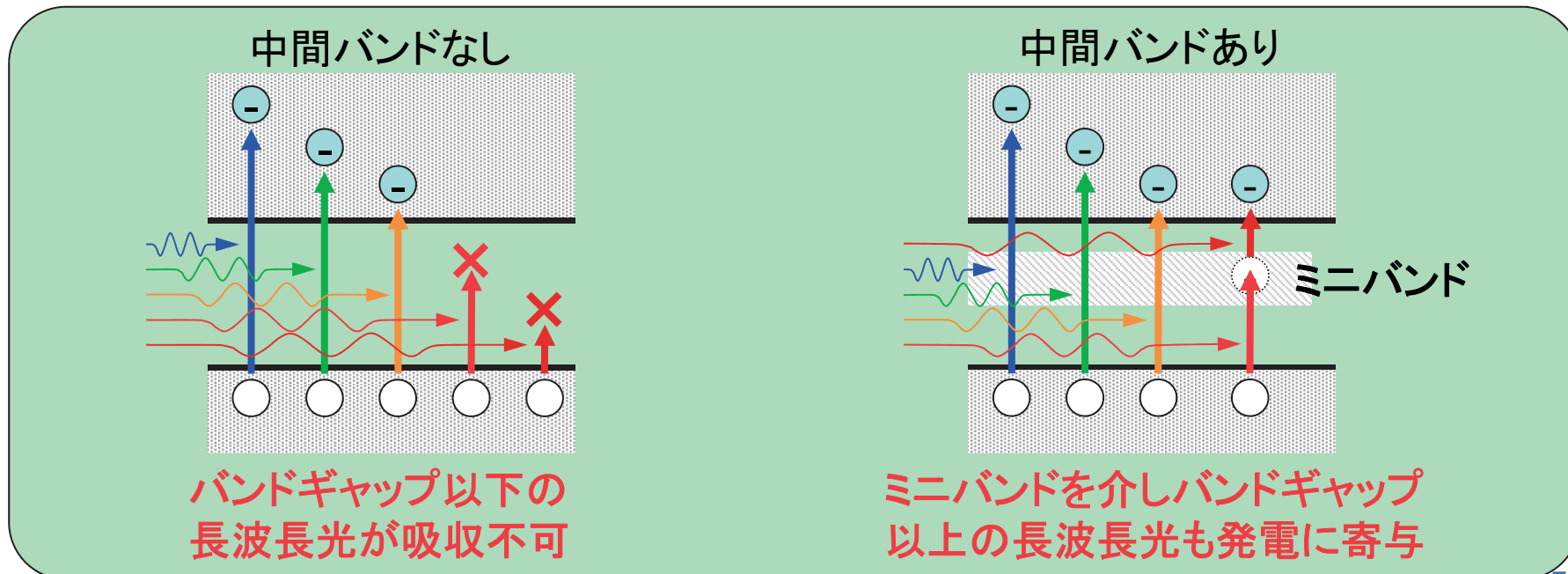
10/4 15:00～ トピックス講演

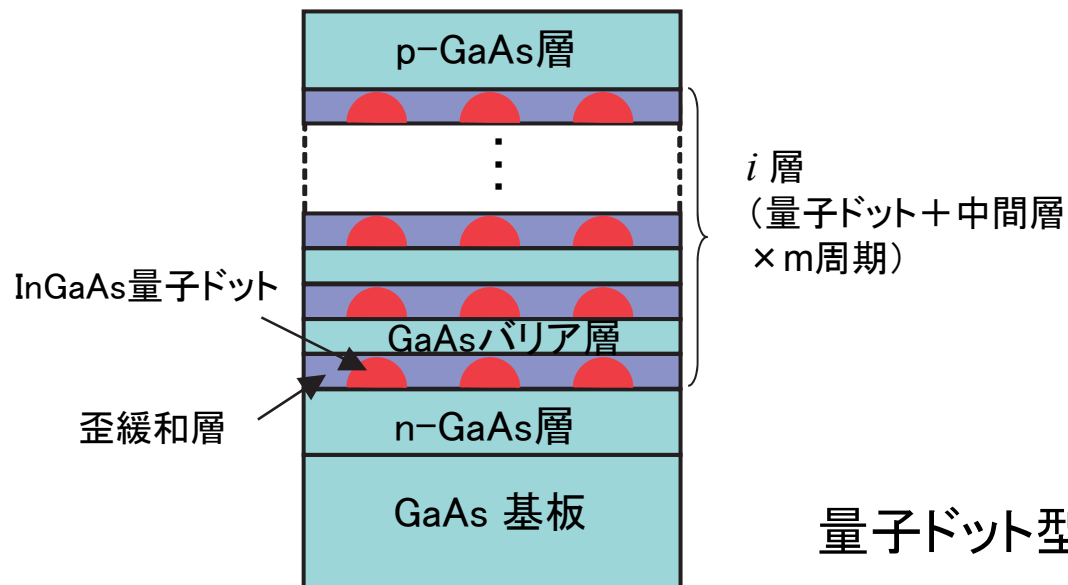
ターゲット

量子効果により中間バンド(ミニバンド)を生成

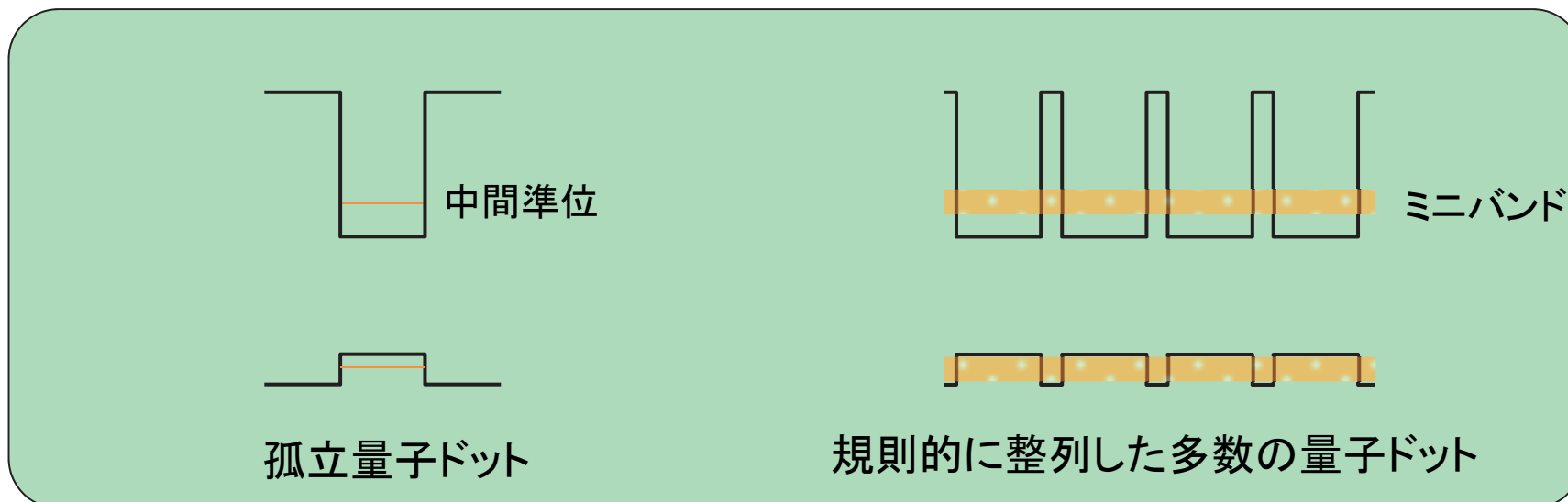


単一接合で多接合と同じ働きをさせて高い効率を達成する





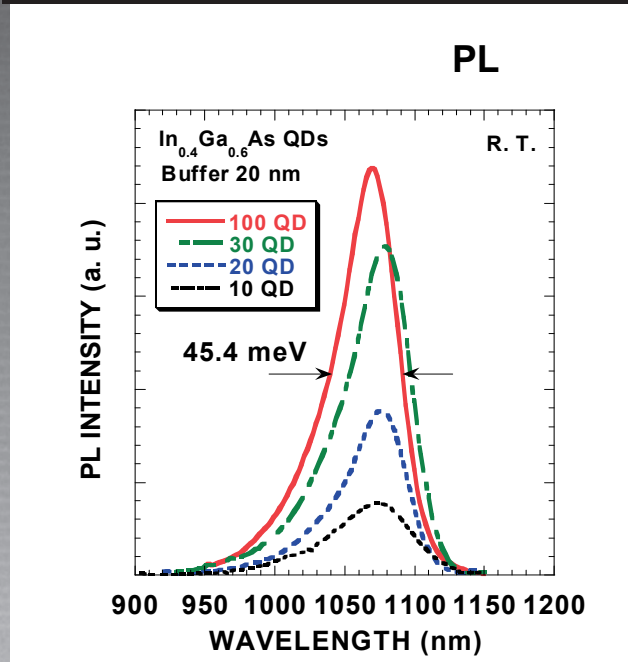
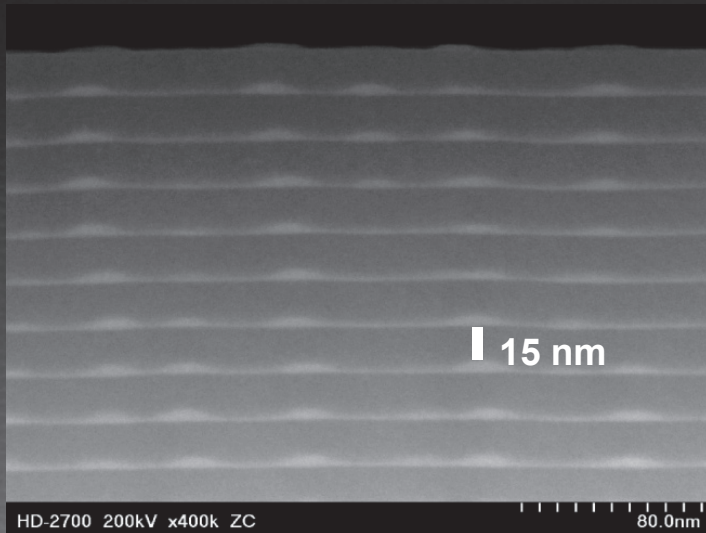
量子ドット型太陽電池の構造



100 stack $\text{In}_{0.4}\text{Ga}_{0.6}\text{As}$ QD structure

G. R. $1\mu\text{m}/\text{h}$
2.5 hours for 100 stack

バリア層: 20nm



★成長方向に整列した100層の高品質
 $\text{In}_{0.4}\text{Ga}_{0.6}\text{As}$ 量子ドット構造の作製に成功。

HD-2700 200kV x40.0k ZC

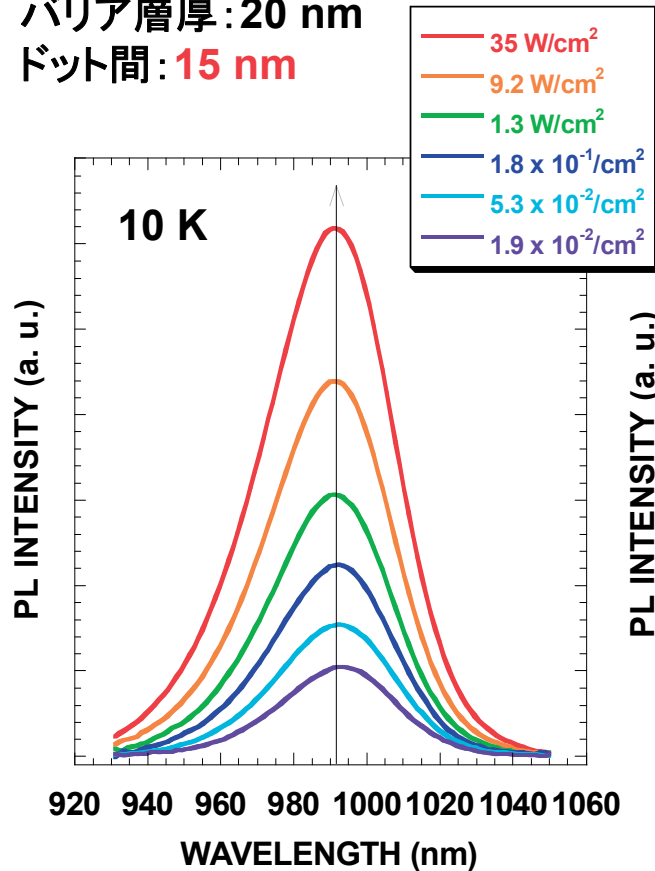
STEM

800nm

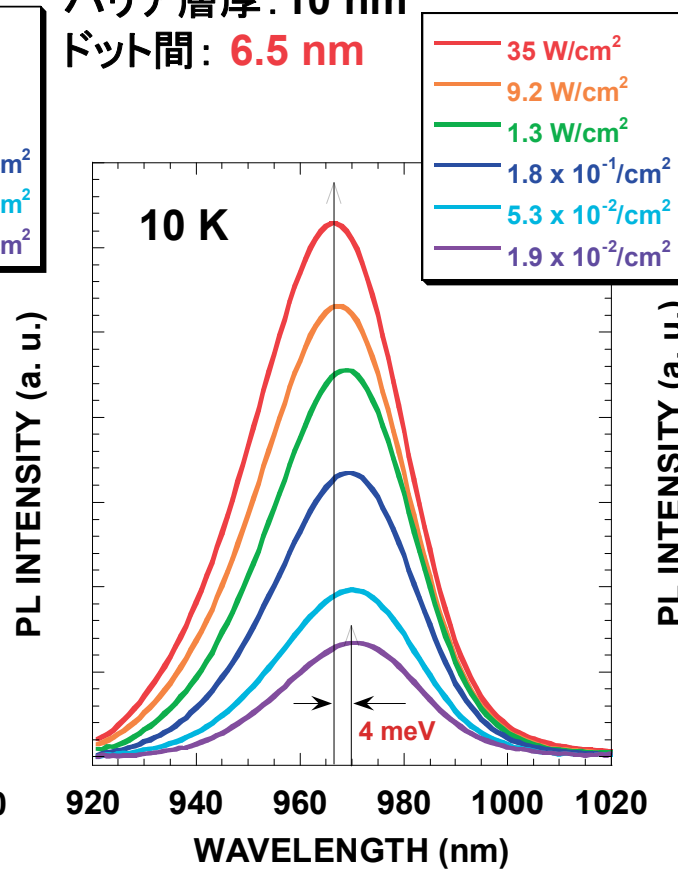
InGaAs量子ドットのPL励起強度依存性

量子ドット: 20層

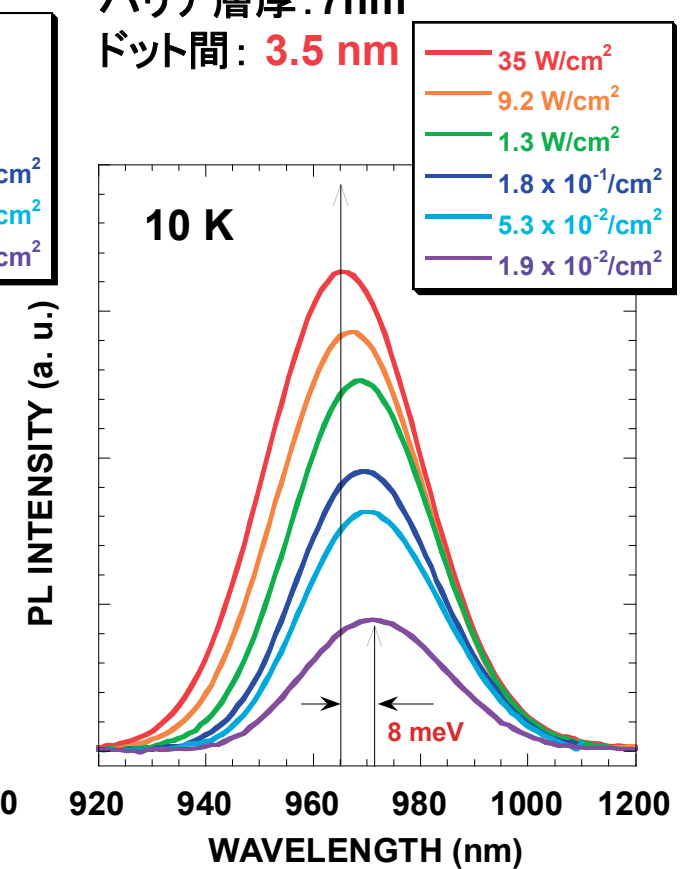
バリア層厚: 20 nm
ドット間: 15 nm



バリア層厚: 10 nm
ドット間: 6.5 nm



バリア層厚: 7 nm
ドット間: 3.5 nm



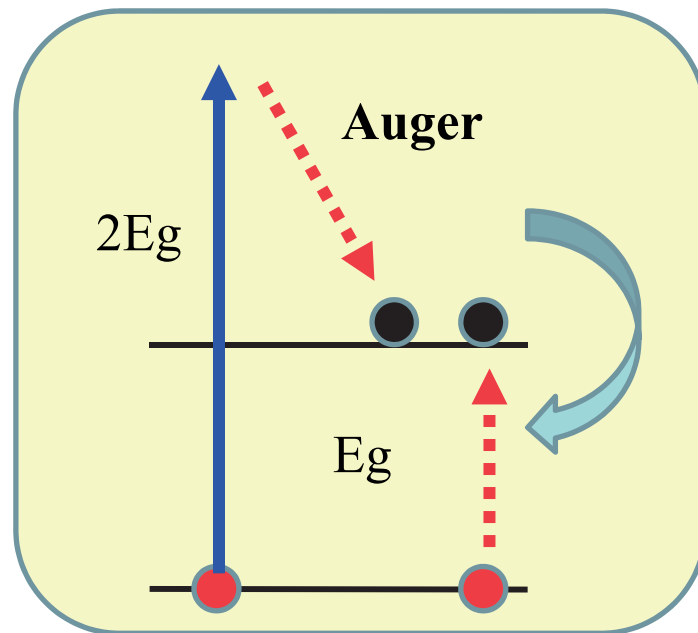
ドット間距離が小さくなると、ブルーシフト: 大

量子ドット超格子のミニバンド形成確認

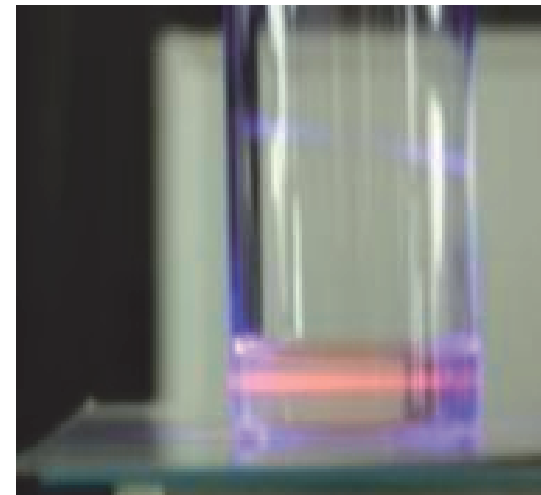
シリコンナノ結晶材料

ターゲット

1. ナノ結晶シリコンでの多重励起子生成(MEG)
2. 量子ドット増感太陽電池

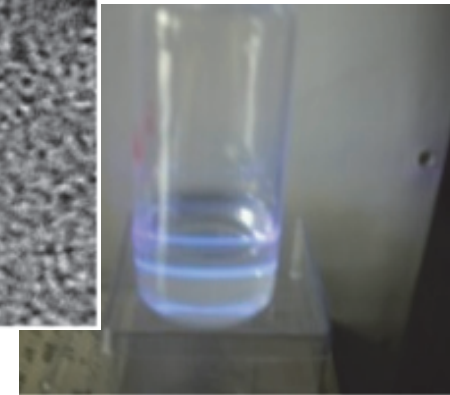
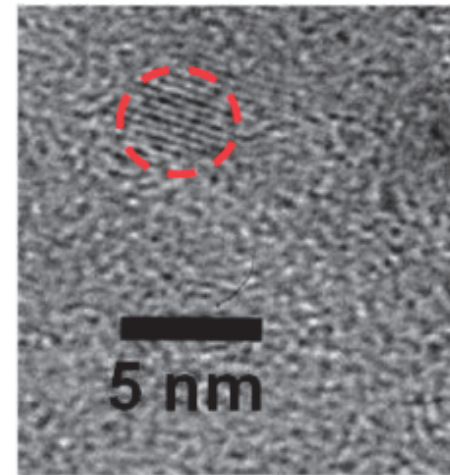
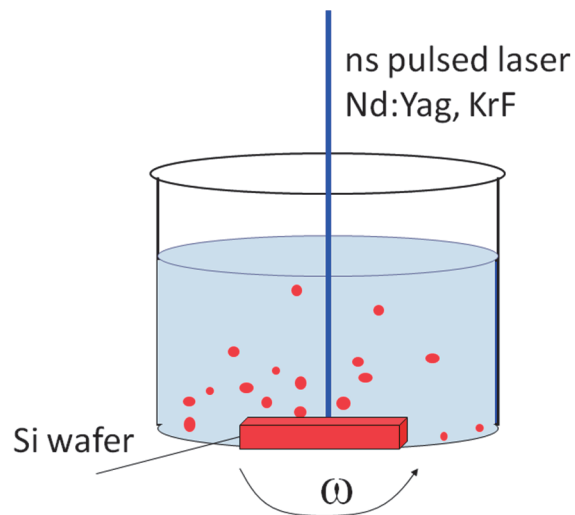


多重励起子生成過程



シリコンナノ結晶作製法

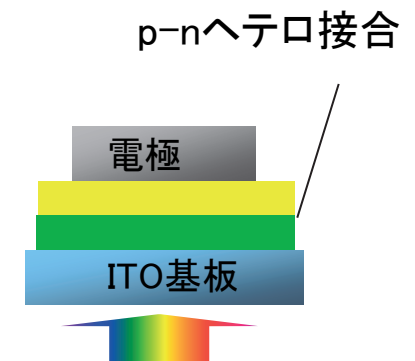
・液体中でのレーザアブレーション



・ウエハの電気化学エッチング

有機薄膜太陽電池

有機半導体では励起子拡散長が短い
 ため単純なpn積層構造では多くの励
 起子がpn界面まで到達できずに発電
 に寄与しないため変換効率に限界が
 ある。



バルクヘテロ構造で対応

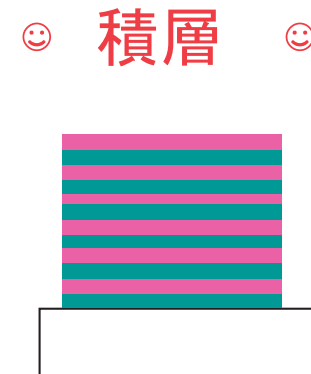
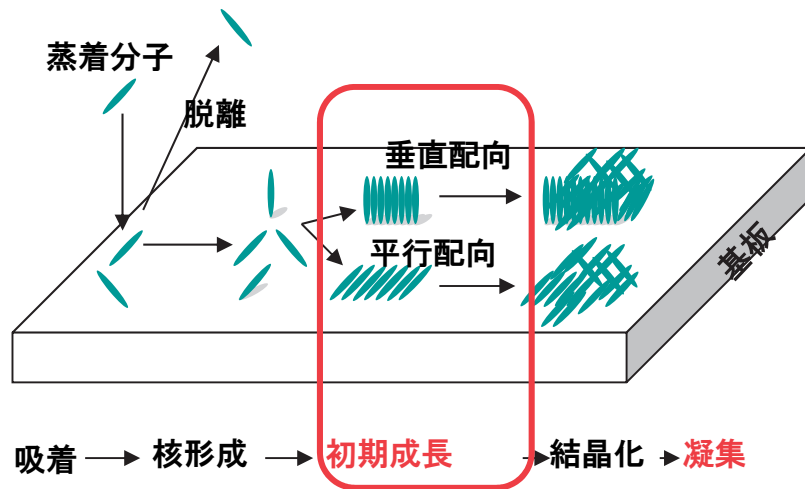
バルクヘテロ接合
 薄膜



バルクヘテロ構造の問題点

- 材料によってはバルクヘテロ構造が形成されない。
- バルクヘテロ構造は材料の凝集・結晶性を利用している
 のでコントロールができない！

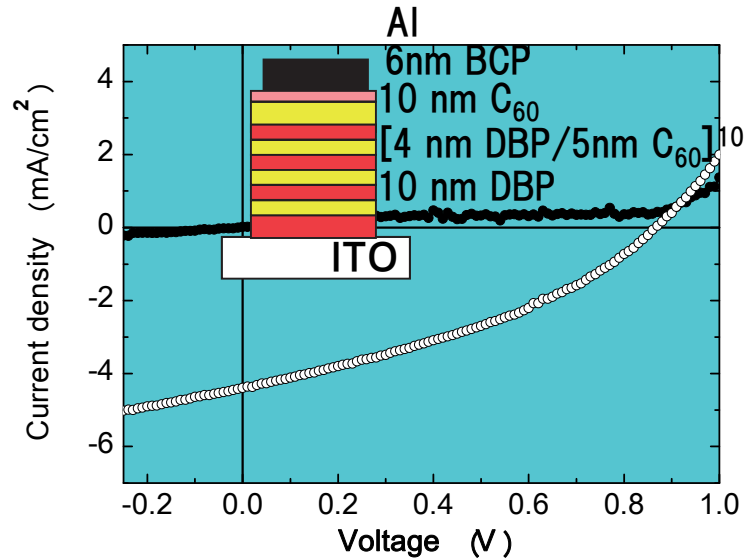
交互積層有機薄膜太陽電池



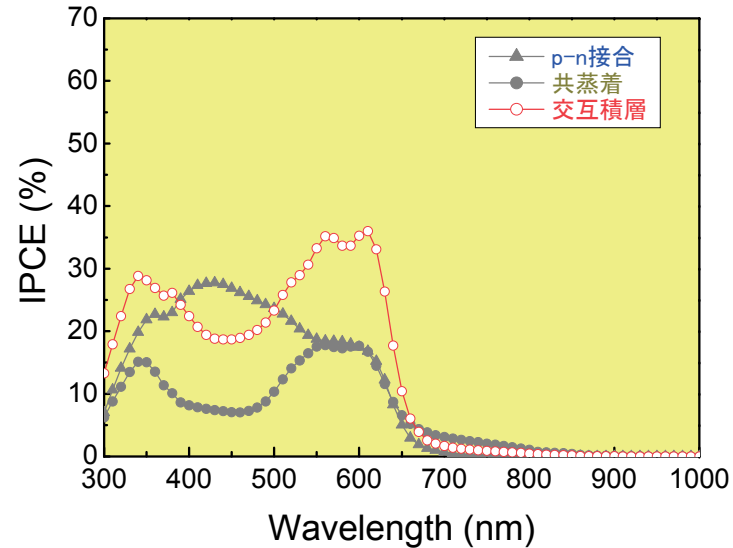
交互積層によって

- p-n接合界面面積が大きくなり J_{sc} の向上が期待できる。
- 膜質(結晶性・凝集性)をコントロールするので、どんな材料でも適応できる可能性あり。

DBPの交互積層セルの試作



交互積層セルのJ-V特性.

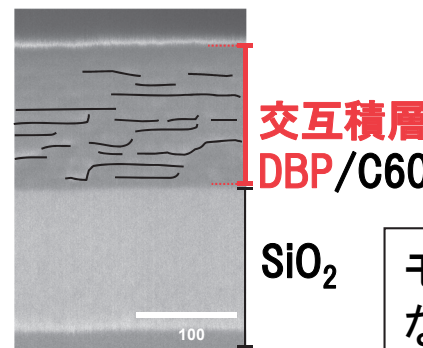


交互積層セルのIPCE特性.

交互積層により電流値向上



本手法の可能性を示唆



モフォロジー、結晶性
などの制御が不可欠

有機単結晶太陽電池

10/4 11:45～ トピックス講演

ターゲット

単結晶薄膜によって、大きな励起子拡散長



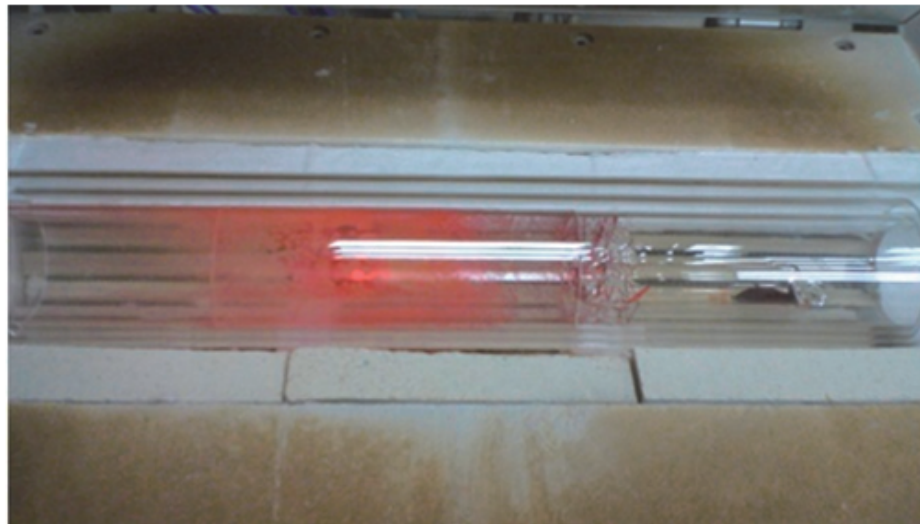
従来の有機薄膜太陽電池の常識を覆す高い変換効率

必要な技術

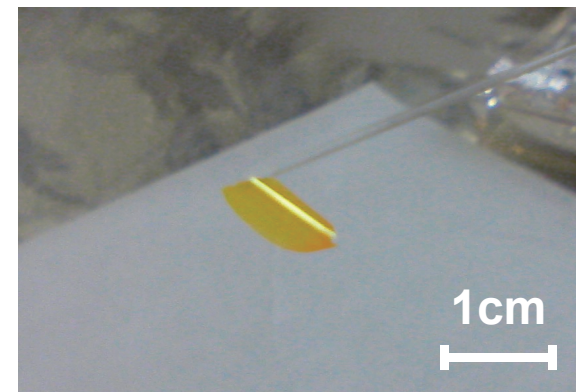
- 単結晶作製技術
- ヘテロ接合作製技術
- ドーピング技術 etc.

有機単結晶の作製

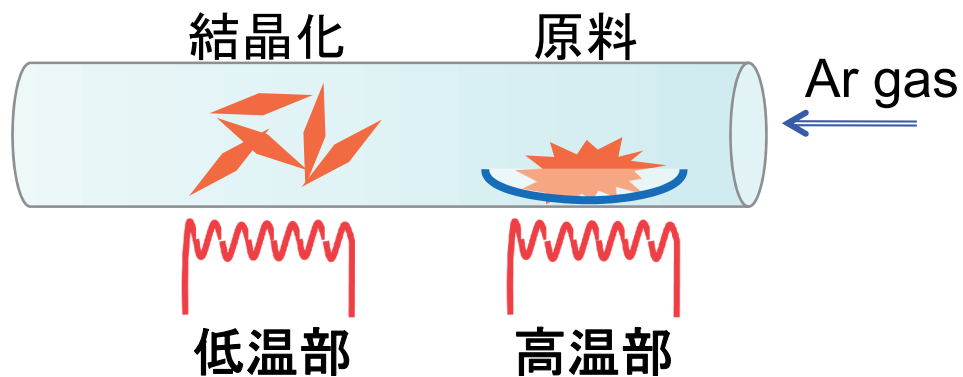
トレインサブレーション法



得られたテトラセン結晶



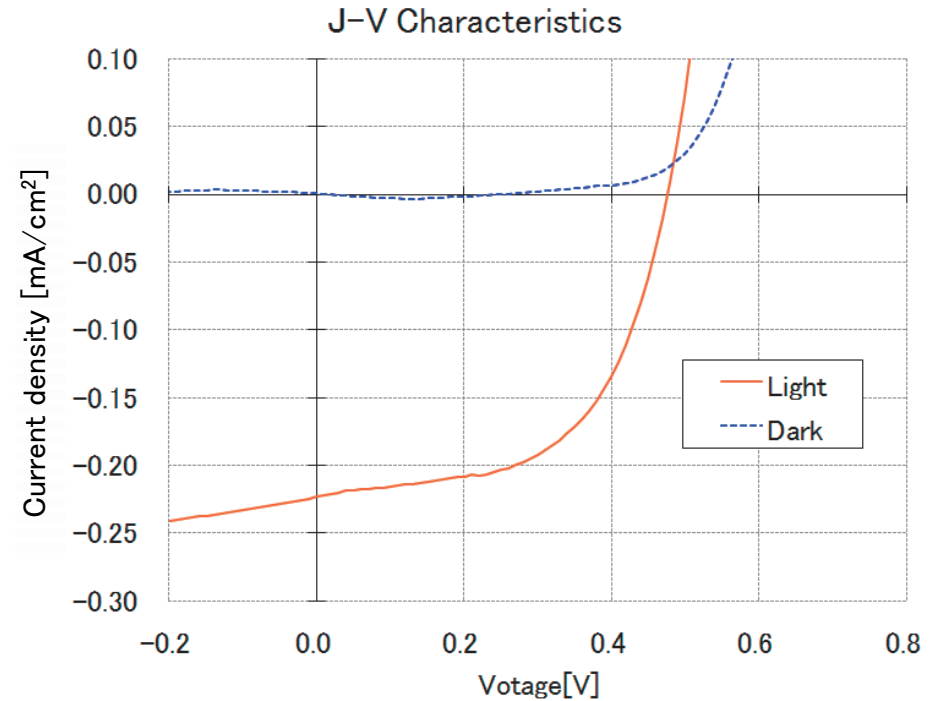
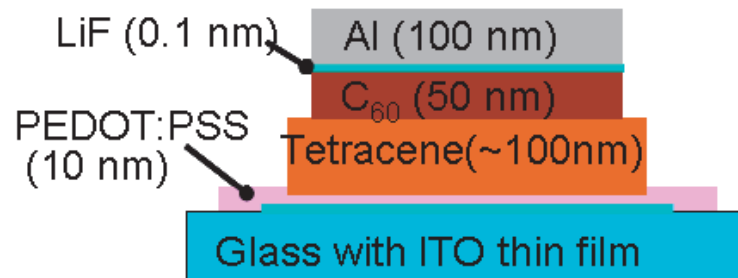
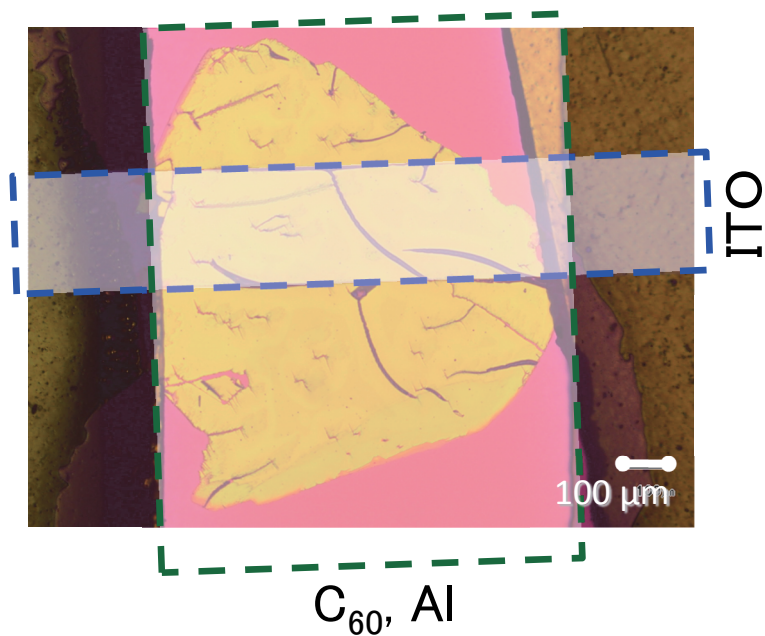
数mm角
厚さ: 100 nm ~ μm



偏光顕微鏡を用いて単結晶であることを確認。
励起子拡散長 ~ 170 nm

テトラセン単結晶素子特性

テトラセン膜厚: **150 nm**



J_{sc}	0.22 mA/cm ²
V_{oc}	0.48 V
PCE	0.060 %
FF	0.56

スマートスタック技術

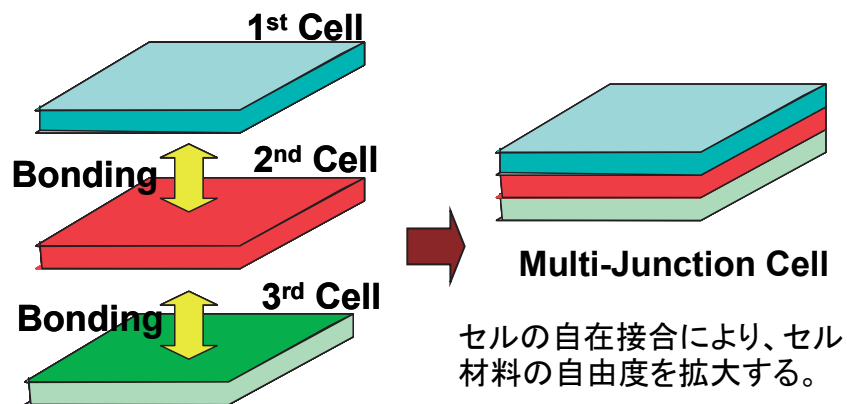
ターゲット

メカニカルスタック技術の先進化(スマートスタック技術)により、

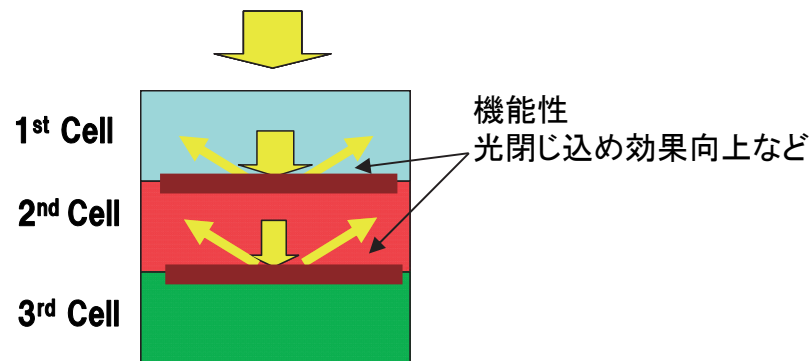
- ・ 異種セル間の自在接合
- ・ 接合界面に機能性(高度閉じ込め構造等)導入



高効率多接合太陽電池の実現

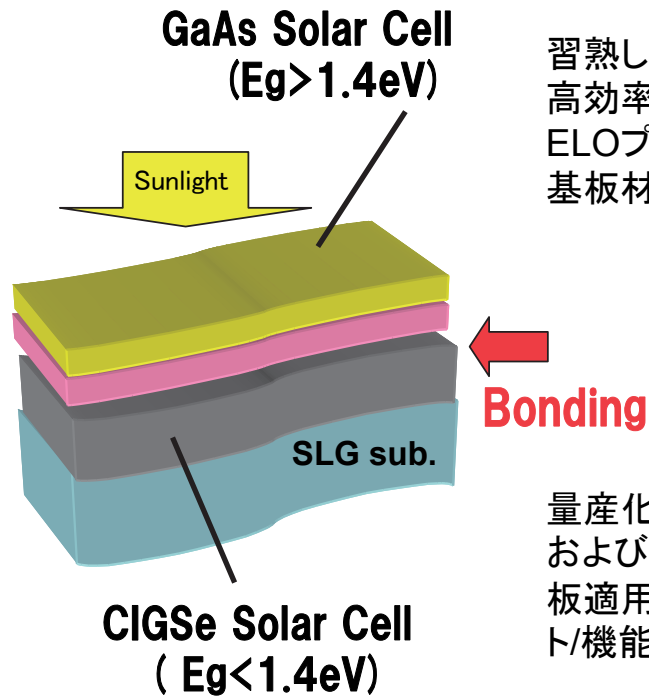


異種セルの自在接合



接合界面に機能性導入

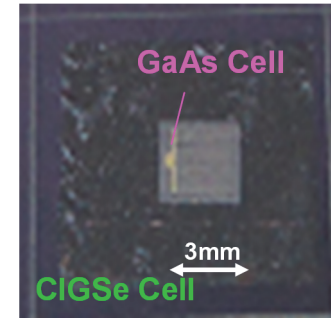
化合物系セル接合技術



習熟した材料技術により
高効率化が容易。GaAs基板の
ELOプロセス*適用により、GaAs
基板材料の循環利用が可能。

量産化実績構造。広波長感度
およびガラス/フレキシブル基
板適用により、高効率、低コス
ト/機能化に優位

GaAs/CIGSe系メカニカル多接合太陽電池



CIGSeセル上に
GaAsセルをスタック

化合物系太陽電池に求められる接合技術

接合品質	接合抵抗 $< 10\Omega\text{cm}^2$ 光透過率 $> 80\%$
プロセス	低温度 $< 200^\circ\text{C}$ 、低圧着力、 接合界面の清浄性 ELOプロセスに対応

まとめ

- ・ 量子ドット太陽電池
 - 100層以上の量子ドット形成に成功
 - ミニバンド(中間バンド)の形成を確認。
- ・ シリコンナノ結晶材料
- ・ 交互積層有機薄膜太陽電池
 - 交互積層の可能性を確認
- ・ 単結晶有機薄膜太陽電池
 - 各種の有機単結晶作製に成功
 - テトラセン単結晶の励起子拡散長170nmを観測
- ・ 次世代化合物系太陽電池(CZTSe)
 - 蒸着法によるCZTSe太陽電池作製に着手
- ・ スマートスタック技術
 - GaAs系とCIGS系のスタックに成功