

高効率多接合太陽電池の超汎用化に向けた 革新ボトムセルの開発



次世代の汎用デバイス

超スマート社会 (Society 5.0)

サイバー空間

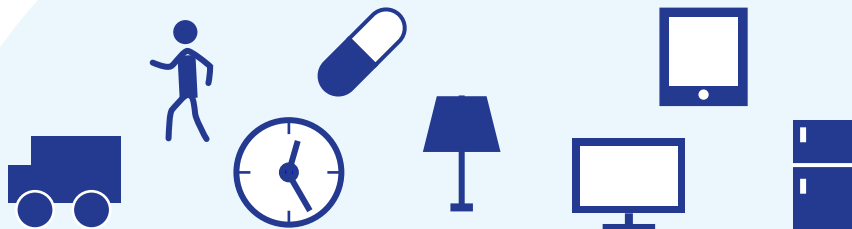
データベース **AI** 人工知能

情報

新たな価値

BIGデータ

IoT用デバイス、独立電源



フィジカル空間

従来の高機能デバイス

汎用性の低い単結晶基板



求められる新技術

様々なモノへの電子機能の付与



乗り越える
べき課題

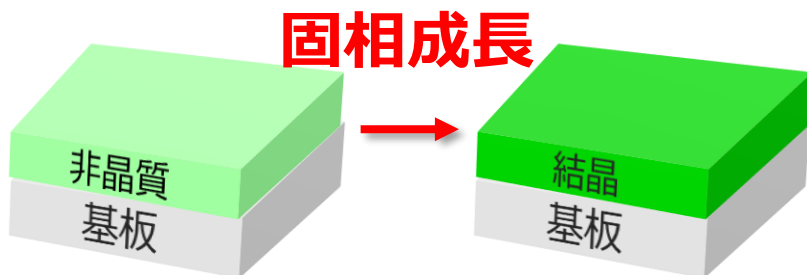
プロセス温度の制限。
非晶質体上では低品質な**多結晶**薄膜。

高機能薄膜の低温形成



低温で結晶化する材料

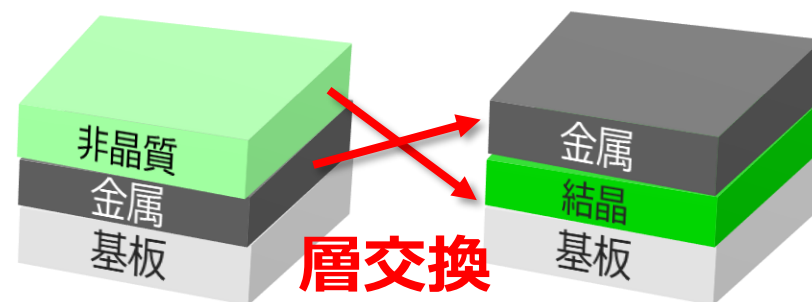
→ Ge, III-V族半導体



Appl. Phys. Rev. 12, 031318 (2025)

結晶化エネルギーを低減

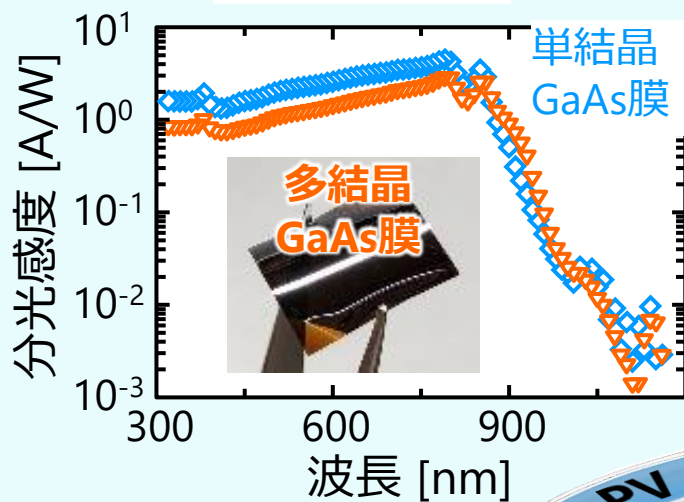
→ 金属触媒を利用



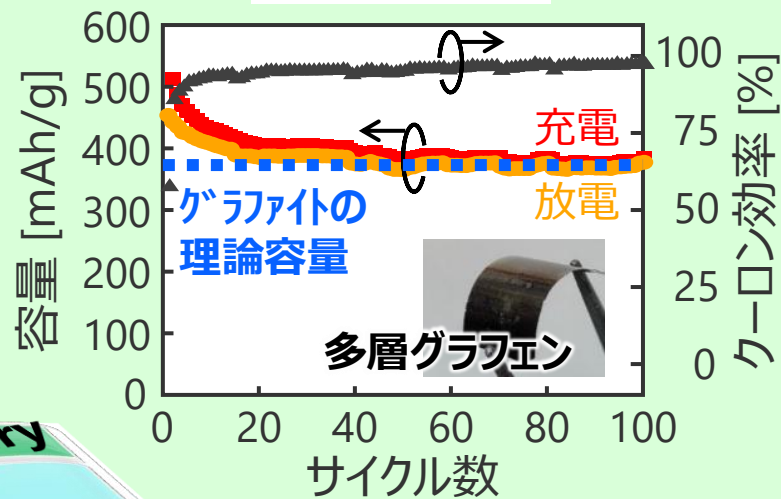
J. Phys. D: Appl. Phys. 53, 373002 (2020)
Nanotechnology 32, 472005 (2021)
Adv. Electron. Mater. 10, 2400130 (2024)

研究の紹介

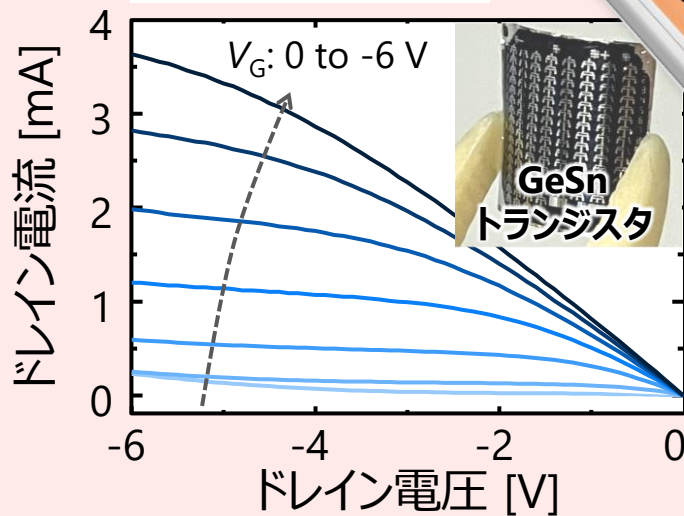
太陽電池



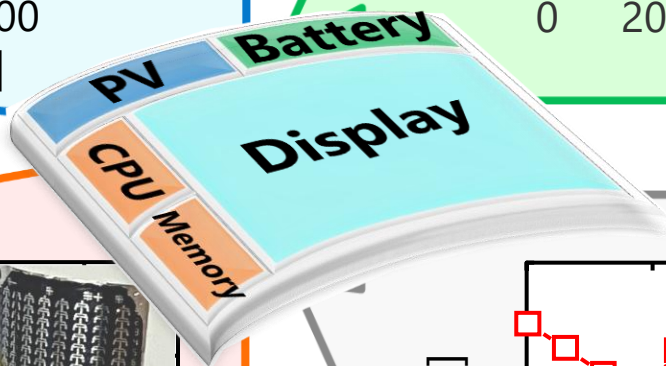
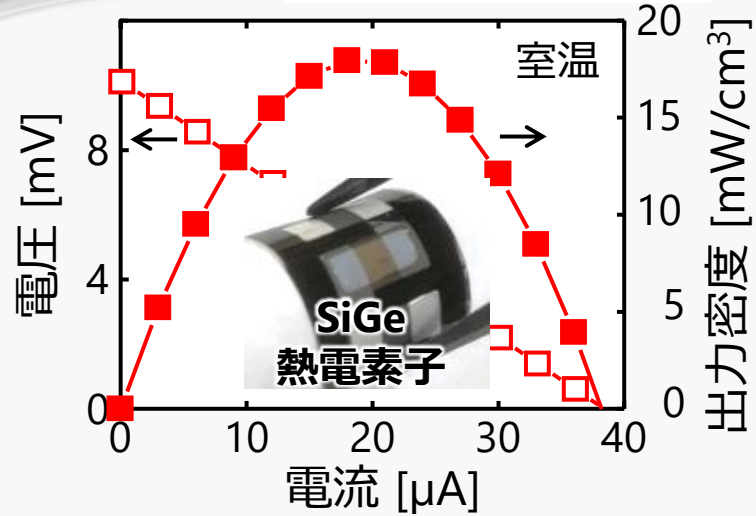
二次電池



トランジスタ

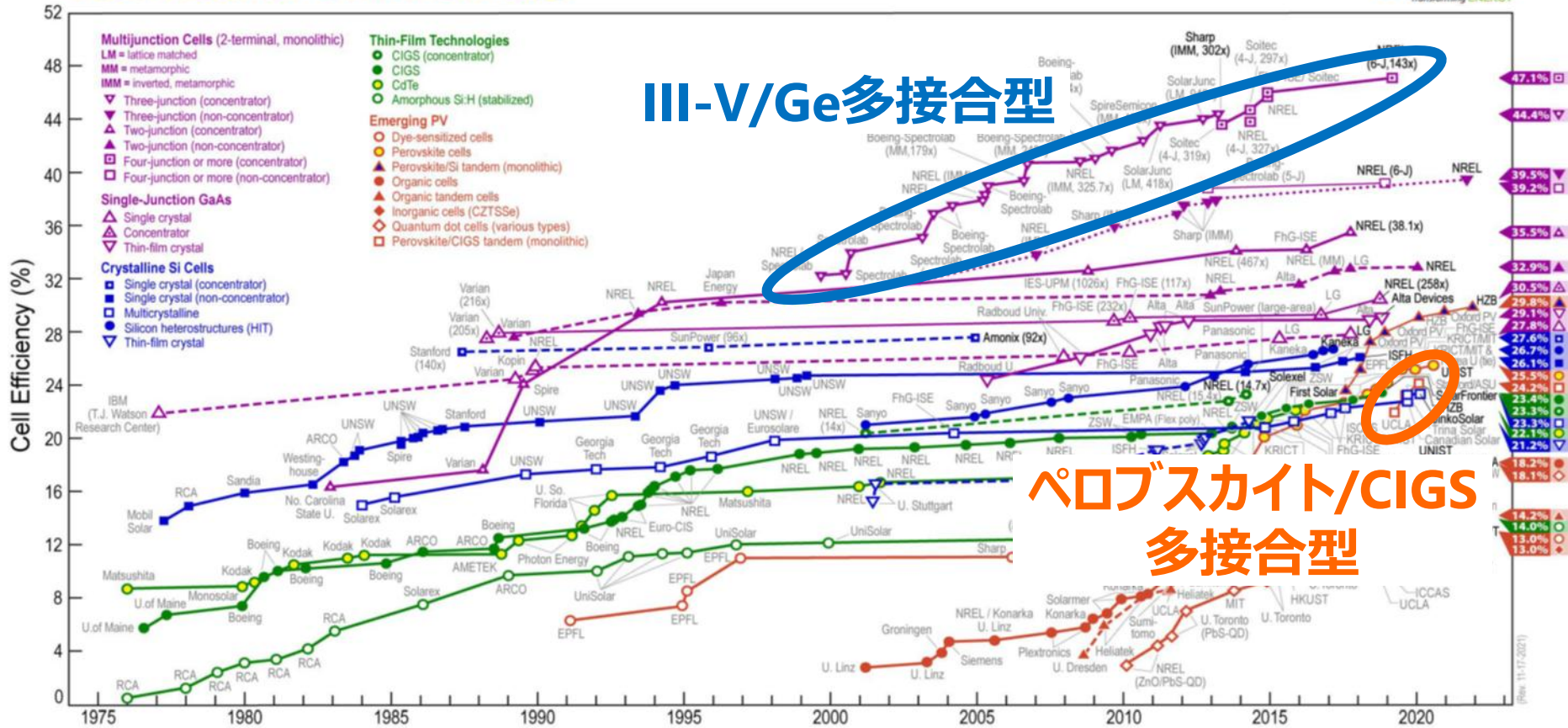


熱電変換素子



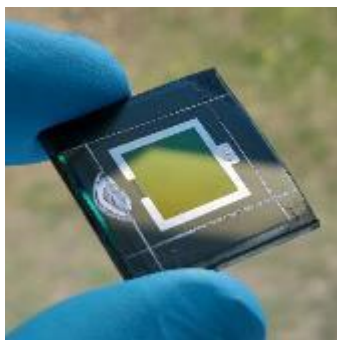
多結晶・多接合太陽電池の出現

Best Research-Cell Efficiencies



InGaP
GaAs
単結晶Ge
基板

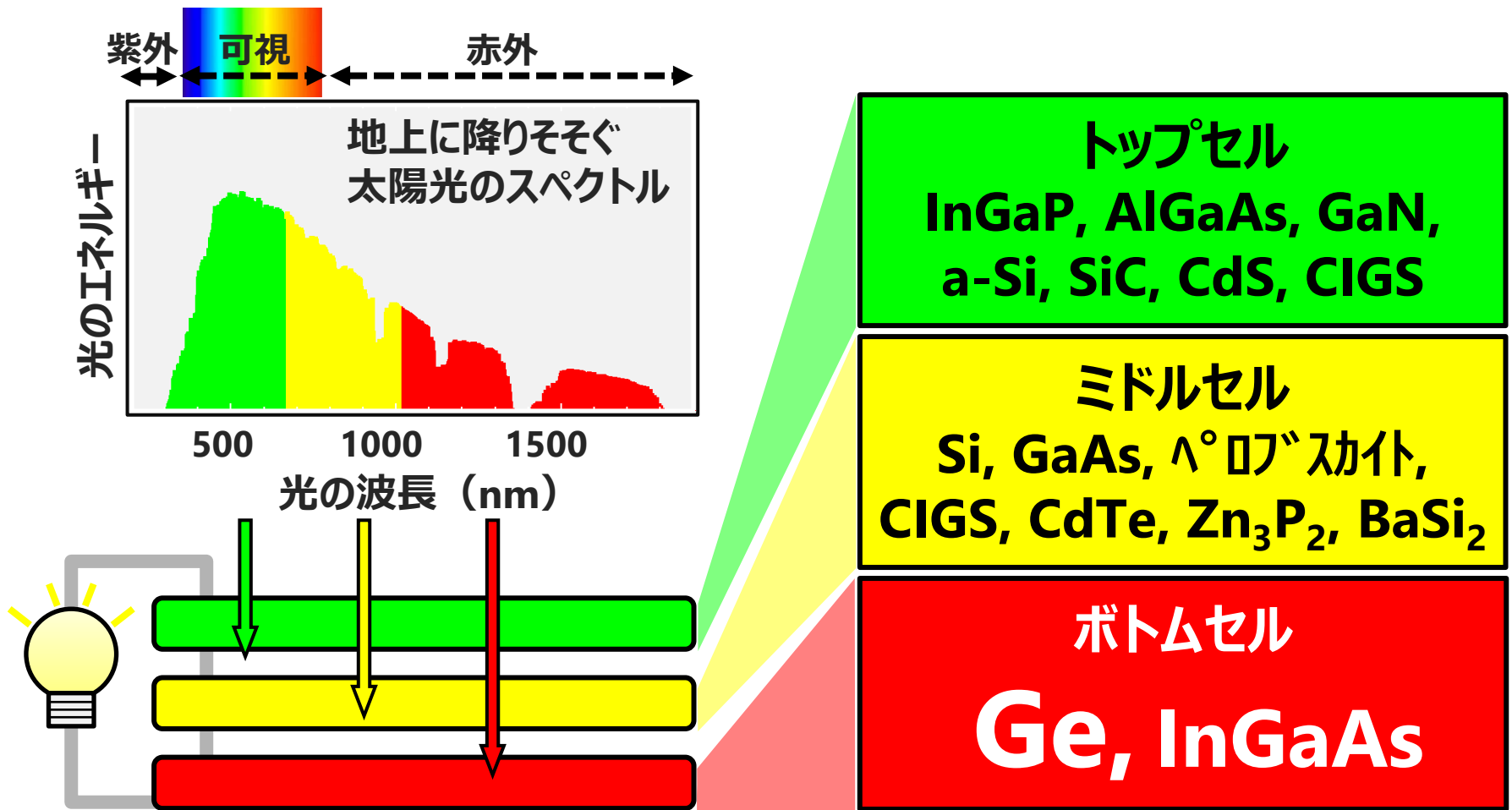
ペロブスカイト
CIGS
ガラス
プラスチック



Science 361, 904 (2018).
Joule 4, 1054 (2020).

汎用基板を用いた
多結晶膜の多接合

多接合太陽電池のボトムセル材料



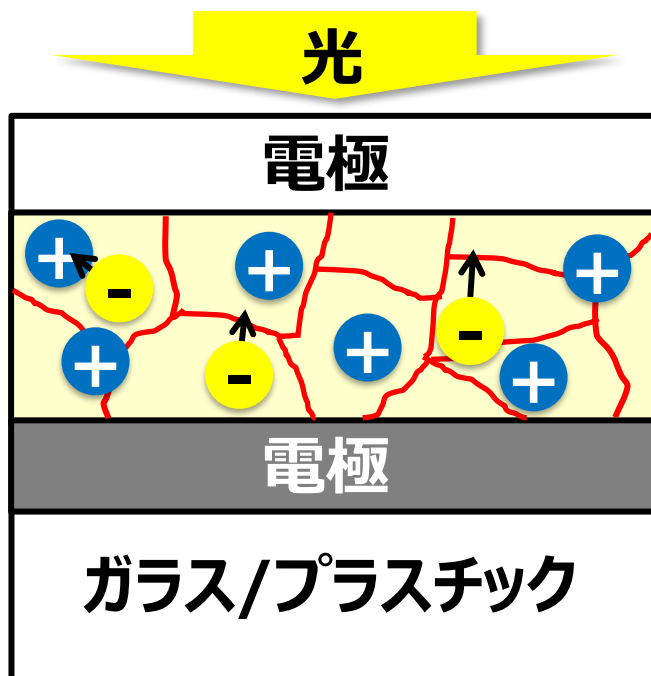
汎用基板上的Ge薄膜 → 変換効率を底上げ可能

結晶性劣悪、光励起キャリアを取り出せた例なし

求められる特性

従来膜

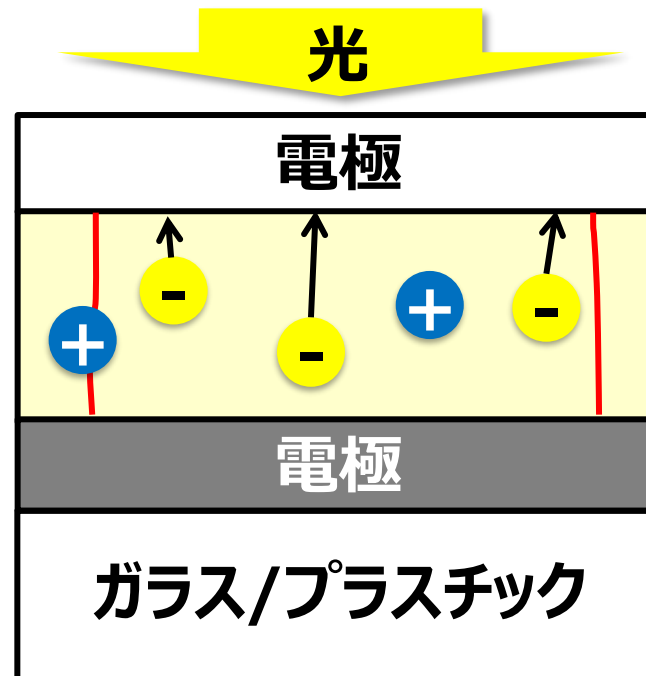
- 微結晶 (nmオーダー)
- アクセプタドナー欠陥



光励起キャリアが電極に
たどり着けない

求められる膜

- 大粒径 (μm オーダー)
- 低アクセプタドナー密度

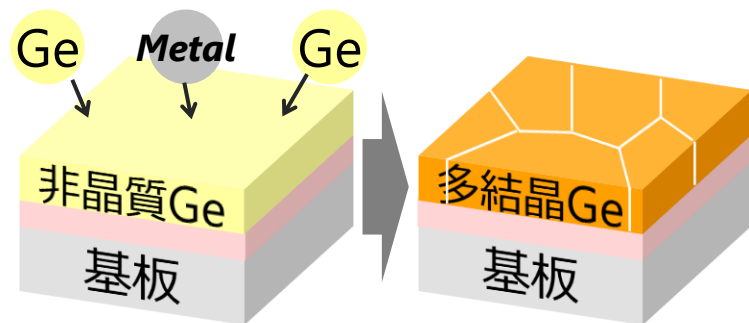


単結晶と同等性能
(モノライク薄膜)

粒径
∨
膜厚

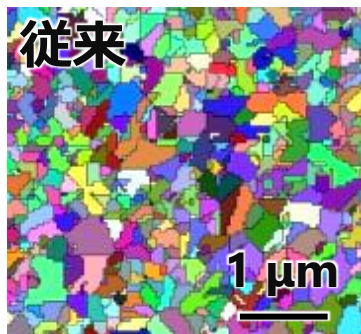
Ge薄膜の固相成長

Ge薄膜の低温固相成長



加熱堆積 (150 °C)
界面挿入、元素添加

結晶化熱処理
(350-500 °C)



☑ 劇的な大粒径・高品質化

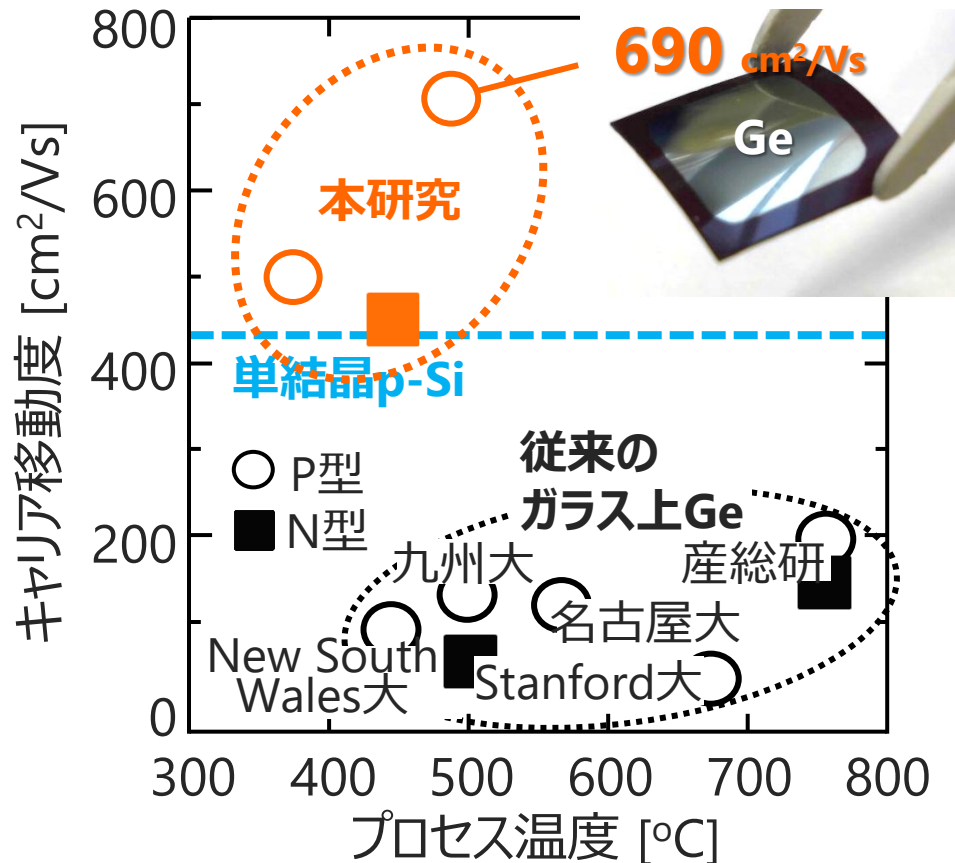
特許第6985711号; Sci. Rep. 7, 16981 (2017).

応物Siテクノロジー分科会研究奨励賞

ACS Appl. Mater. Int. 14, 54848 (2022).

Adv. Ele. Mater. 10, 2300875 (2024). **J. Cover**

性能の位置づけ



☑ プラスチックフィルム上で最高正孔移動度

ACS Appl. Ele. Mater. 4, 269 (2022). **J. Cover**

☑ n型制御に成功し、最高電子移動度

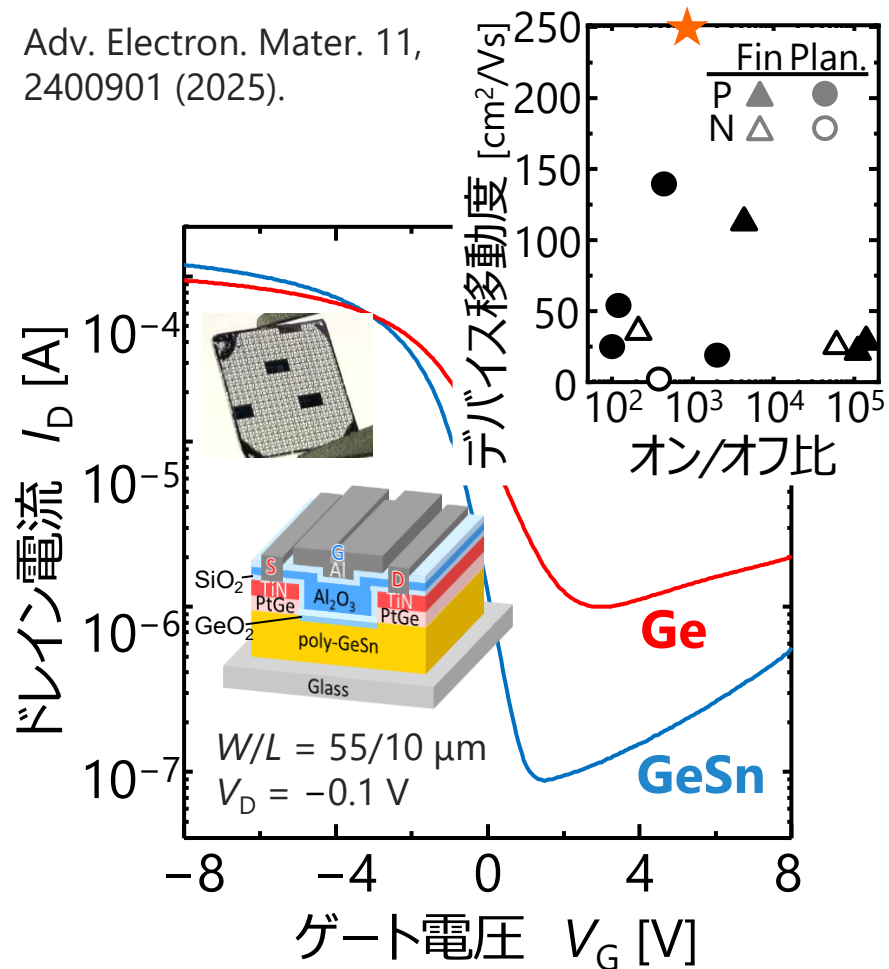
ACS Appl. Ele. Mater. 5, 1444 (2023). **J. Cover**

Appl. Phys. Lett. 122, 201901 (2023).

固相成長Ge膜を用いたデバイス

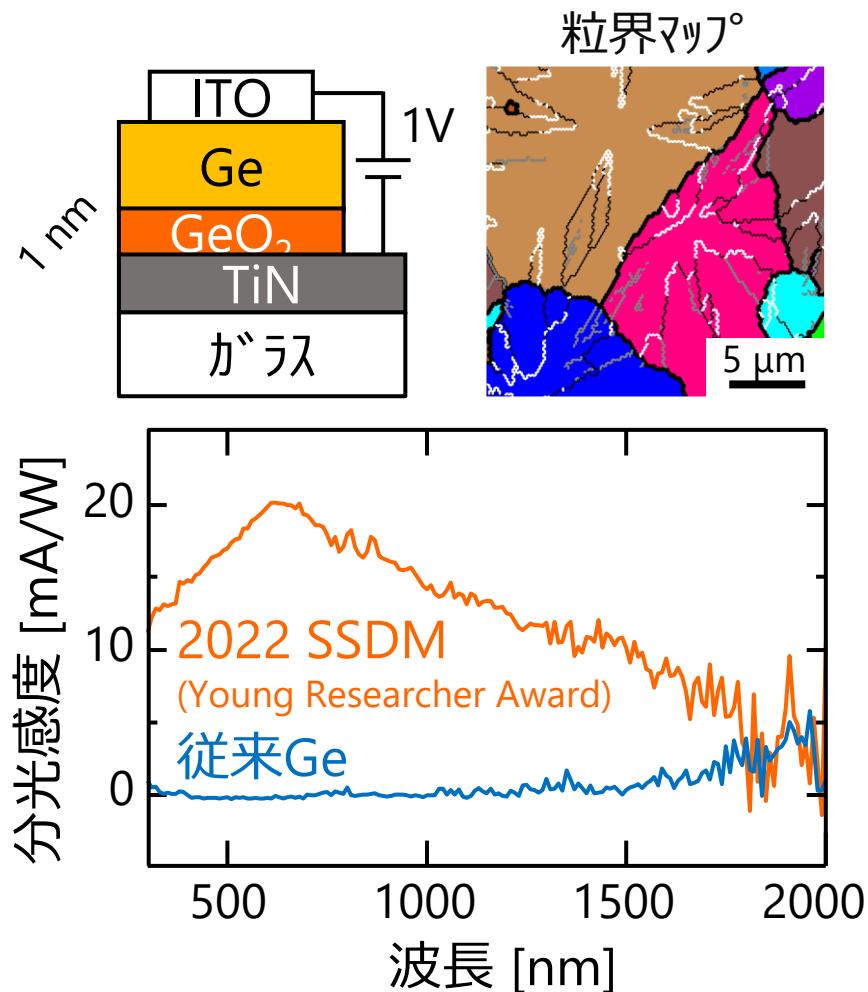
高速pチャネルTFTの実証

Adv. Electron. Mater. 11,
2400901 (2025).



- 低温多結晶TFTで最高移動度
- On/Off比に課題

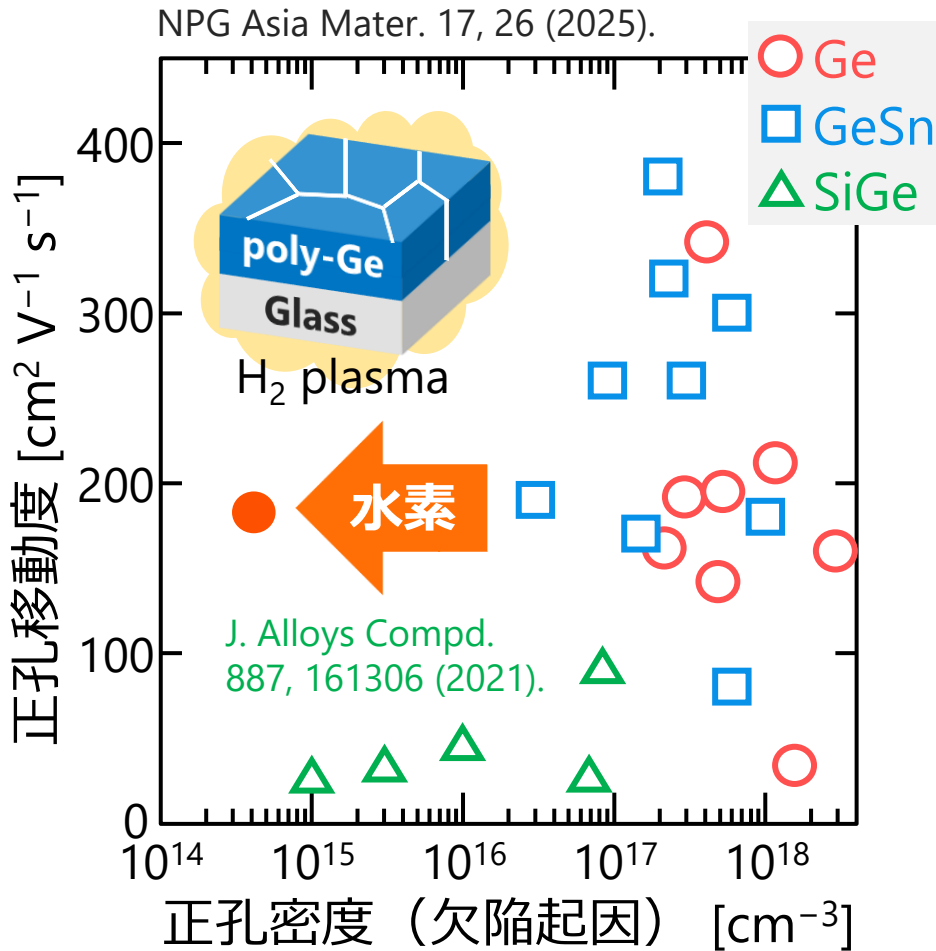
太陽電池応用



- 分光感度実証
(多結晶Ge薄膜として初)

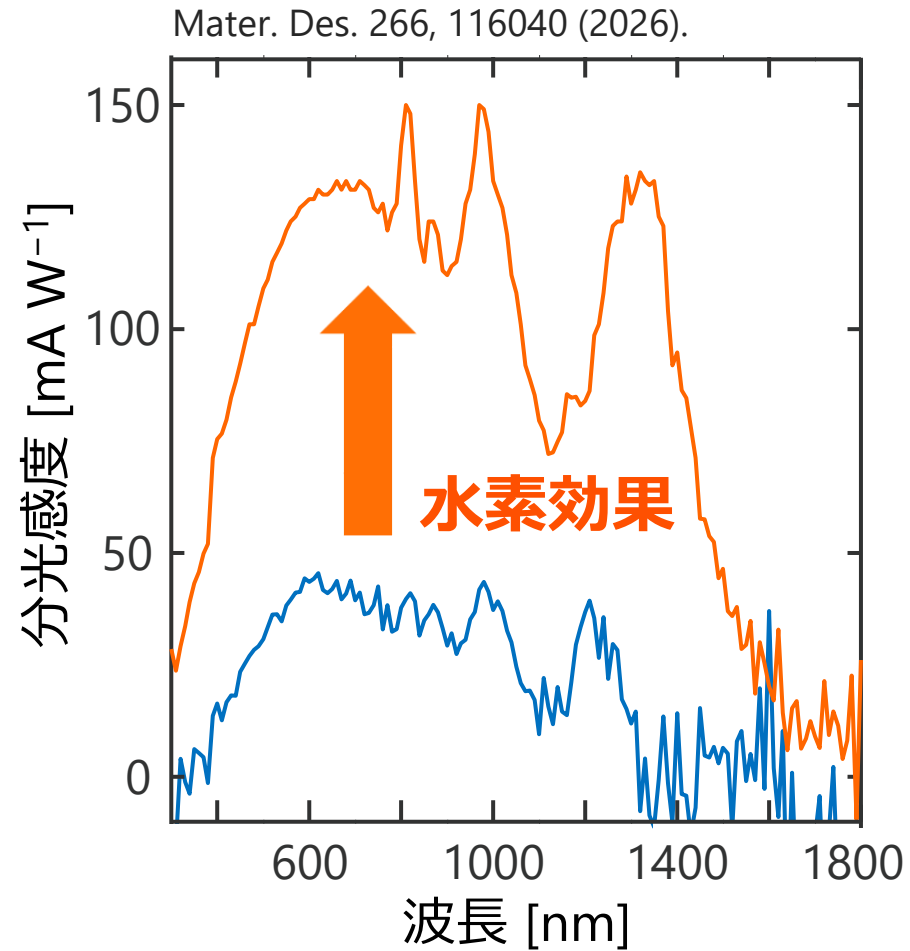
水素プラズマ効果

水素によるアクセプタ欠陥補償



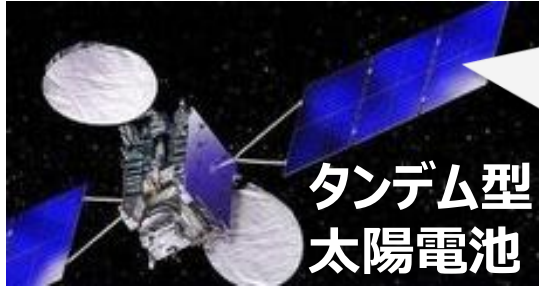
☑ 正孔密度を劇的に低減

太陽電池における水素効果



☑ 分光感度が向上

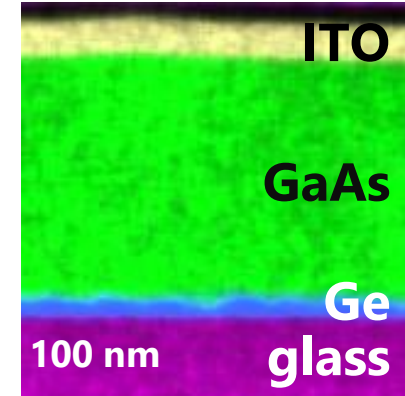
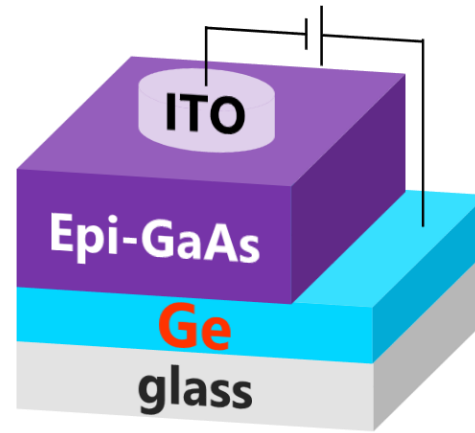
層交換Ge上のGaAs成長



タンデム型
太陽電池



層交換Ge上GaAs膜

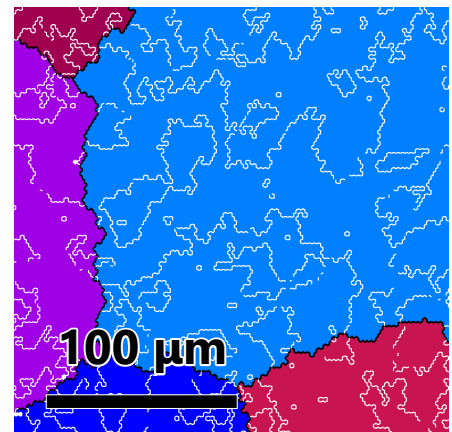
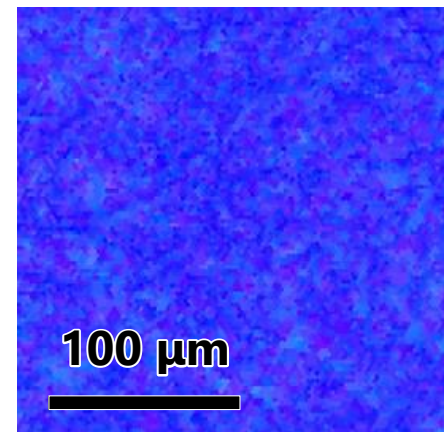


プラスチック上で初のGe薄膜

筑波大学数理解物質系の都甲薫助教、末益崇教授らは、プラスチックやガラスなど安価な基板の上に、大粒径ゲルマニウムの結晶薄膜を成長させる技術を開発した。アルタ。アルに使うこ長させたへの応用などのバて薄膜の換効率で100分できるど省資源のどにつな提案するニウムを

ゲルマニウム使用

筑波大が結



→ 安価で高効率な太陽電池

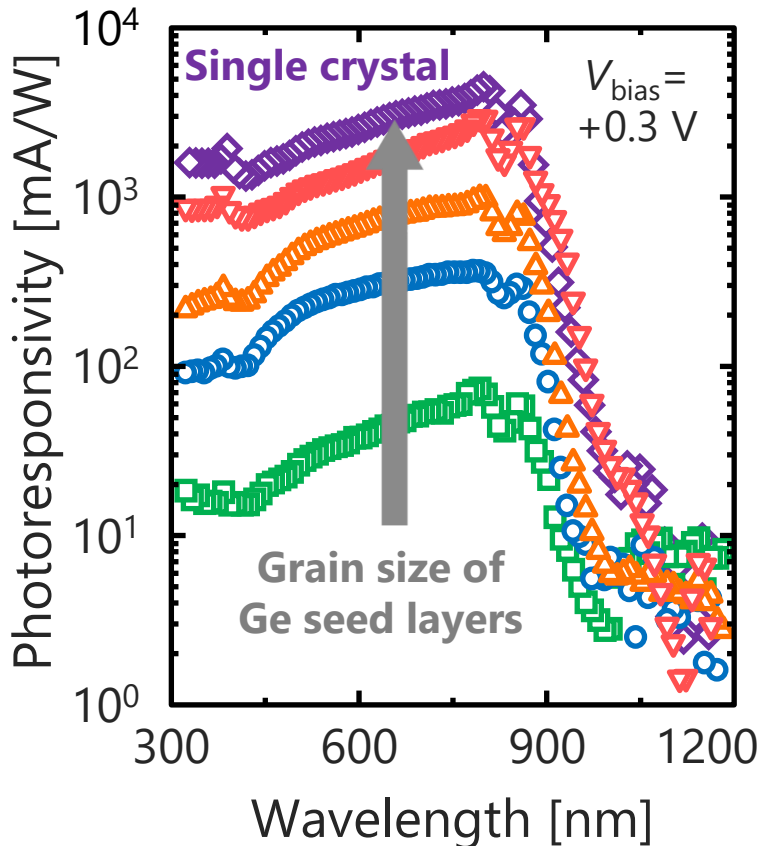
APL 101, 022106 (2012); APL 104, 262107 (2014) 等
Highly cited, rising star paper in APL in 2014 & 15
 都甲「Geの太陽電池応用と薄膜化への期待」
 (『次世代の太陽電池・太陽光発電』技術情報協会, 2018)

ガラス基板における大粒径GaAs(111)薄膜

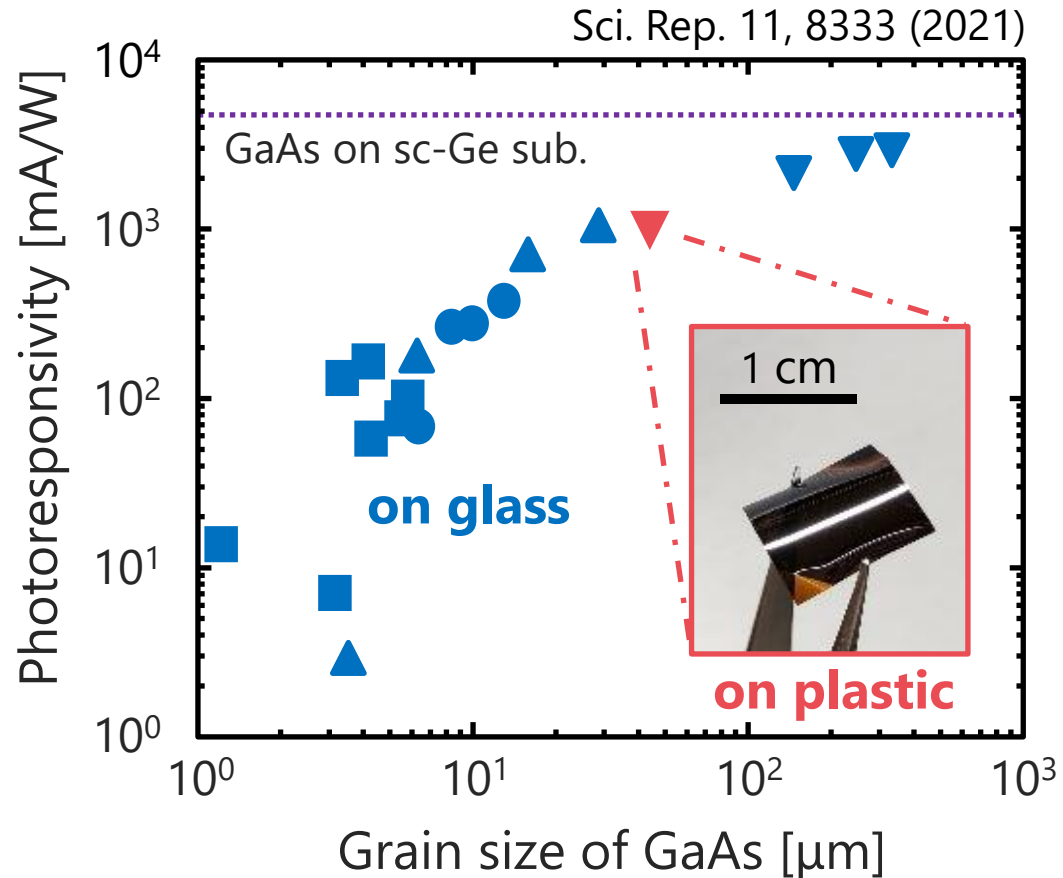
Appl. Phys. Lett. 114, 142103 (2019)

多結晶GaAs薄膜の性能

GaAs膜の分光感度



分光感度と粒径の相関

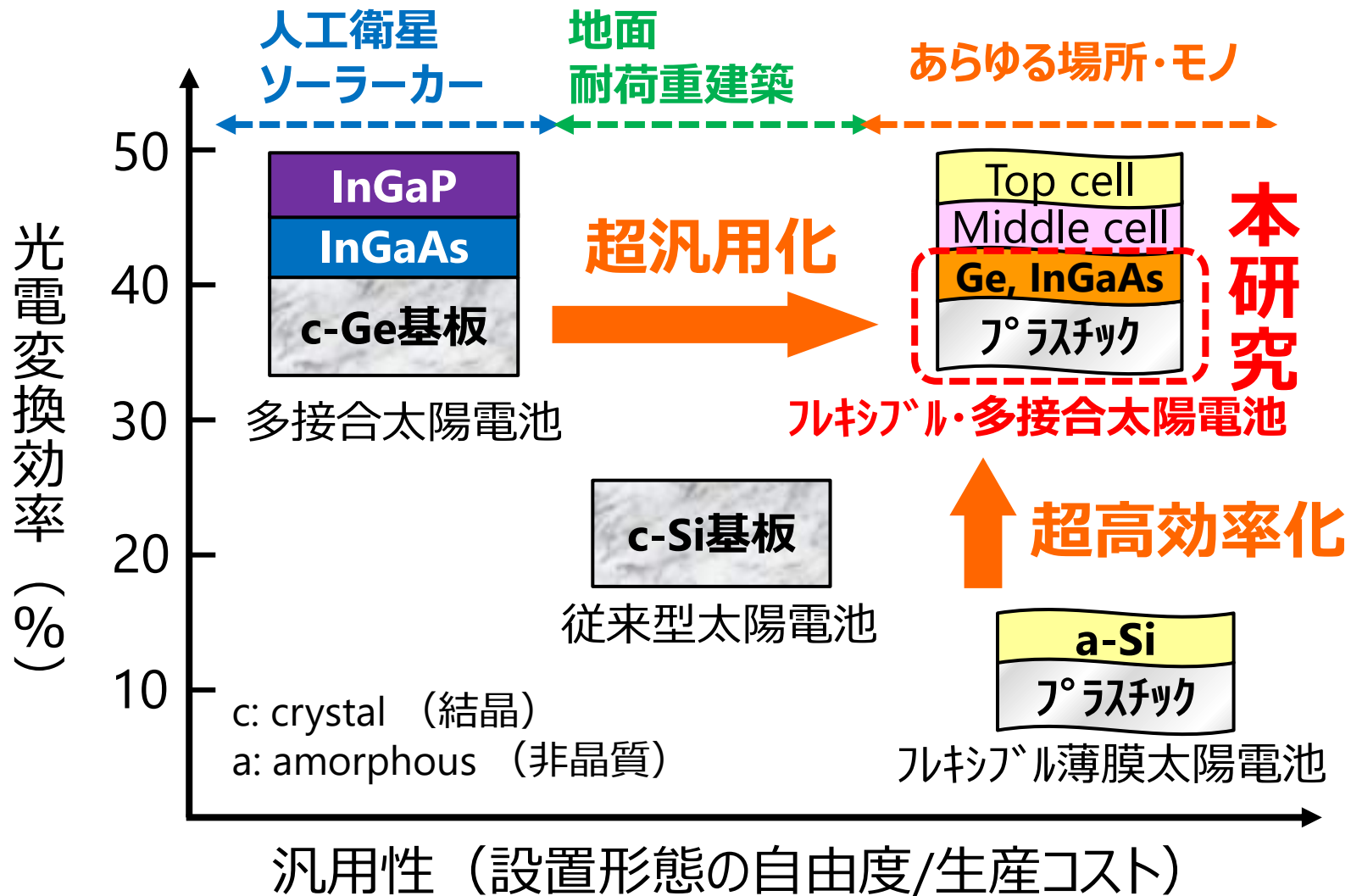


多結晶GaAs膜として最高の分光感度

InGaAs膜においても分光感度実証

J. Jpn. Solar Energy Society 48.
75 (2022). Paper Award

本研究の位置づけ



汎用基板上のボトムセル用薄膜として最高性能を実証

矢崎科学技術振興記念財団の助成に心より御礼申し上げます。