

エネルギー変換効率25%超の展望

ペロブスカイト型薄膜太陽電池の開発と最新技術

- 有機無機ハイブリッド化から生まれた全く新しい太陽電池
—日本発の技術として世界的に注目されている
- 非真空の溶液塗布法によって安価に製膜できるというメリットも産業界の関心の的
- 化合物半導体に近いセル特性、高電圧をひきだせる
(変換効率22%を超えるものも報告されている)
- 耐久性の向上や長寿命化も期待できる

- 発行:2014年12月
- 定価(本体54,000円+税)
- B5・224頁
(ISBN978-4-907837-25-9)

編集

宮坂力(桐蔭横浜大学)
瀬川浩司(東京大学)

◆出版のねらい(本書“はじめに”より)

有機無機ペロブスカイト結晶を光吸収材料に用いる光電変換が、シリコン太陽電池に迫る高いエネルギー変換効率に届き、太陽電池開発の新しい分野を確立している。この新しい光電変換方法は、桐蔭横浜大学と東京大学の共同研究として最初の論文発表(2009年、アメリカ化学会誌)を行ったのが始まりであり、日本発の技術としても世界的に注目されている。現在、高い効率で注目される固体薄膜型のペロブスカイト太陽電池の研究は2012年に始まり、わずか2年の研究期間を経て2014年にはこの太陽電池の技術限界に近い19%以上の変換効率に届いている。この急速に進化する技術の背景には、ペロブスカイト光電変換に参画する研究者と研究グループが世界的規模で急増している状況があり、その変化は論文数にも表れている。わが国では、光電変換材料として用いられる前に、有機無機ペロブスカイトの二次元、三次元の結晶作りとその光物性そして非線形光学素子への応用に関する学術研究がすでに90年代に行われ、貴重な基礎研究の基盤ができあがっている。光電変換の研究開発は、この基盤の上に立ちながら、質の高い日本独自の技術として今後大きく成長していくことが期待される。有機無機ペロブスカイトは、極めて学際的な研究対象であり、化学で作成による機能発現の自由度が高い材料であるとともに、固体物性としてGaAsなどの無機化合物半導体に劣らない電子物性を備えていることが解明されつつある。化学合成による構造変換は広い範囲で波長特性のチューニングを可能にし、一方で、無機半導体と同様な物理的ドーピングによる物性改変の可能性も広げている。このために、応用は光発電利用のみならず、ダイオードとして光エレクトロニクス分野にも広がりつつある。ここで、ペロブスカイトが非真空の溶液塗布法によって安価に製膜できるという特異なメリットも産業界の関心の的となっている。そこで、今回、ペロブスカイト薄膜太陽電池について最新の開発状況をまとめ、本分野の発展の一助となればと考えている。

◆構成と内容及び執筆者(詳細裏面)

| | | |
|------------------------------|---|--|
| 第1編 ペロブスカイト太陽電池の研究開発動向 | 第5章 有機金属ハライドペロブスカイト材料のX線結晶構造解析 | Nam-Gyu Park SKKU |
| 第1章 有機無機ペロブスカイト太陽電池の特徴と高効率化 | 若宮淳志・山田泰裕・金光義彦 京都大学 | 第4章 近赤外線に光電変換能を有するペロブスカイト太陽電池 |
| 宮坂力 桐蔭横浜大学 | 第6章 塩化メチルアンモニウムを用いたペロブスカイト太陽電池の作製方法と析出制御 | 早瀬修二 九州工業大学 |
| 第2章 ペロブスカイト型太陽電池の最新研究開発動向 | 野々村一輝・瀬川浩司 東京大学 | 第5章 無機ホール輸送技術を使用した鉛ハライドペロブスカイト型太陽電池の作製 |
| 中崎城太郎・瀬川浩司 東京大学 | 第7章 ペロブスカイト型太陽電池の物性評価と有機電導材料の開発 | 伊藤省吾 兵庫県立大学 |
| 第2編 ペロブスカイト太陽電池の材料技術 | 堀内保・川村裕・八代徹・田中裕二(株)リコー | 第6章 ペロブスカイト型太陽電池における高電圧化の要素技術 |
| 第1章 有機無機ペロブスカイトの作製法と光物性 | 第3編 ペロブスカイト太陽電池の高効率化に向けたセル作成技術 | 石井あゆみ 青山学院大学 |
| 江良正直 佐賀大学 | 第1章 高効率ペロブスカイト太陽電池の構造設計 | 宮坂力 桐蔭横浜大学 |
| 第2章 ハロゲン化鉛ペロブスカイト型半導体の基礎物性 | 宮坂力、池上和志、陳 信偉、呉 冠霖、古郷敦史、實平義隆、沼田陽平 桐蔭横浜大学 | 第7章 ペロブスカイト型太陽電池を用いたタンデムセルの作製 |
| 近藤高志 東京大学 | 第2章 塗布型ペロブスカイト型太陽電池のモフォロジー制御 | 木下卓巳・瀬川浩司 東京大学 |
| 第3章 有機無機ハイブリッドペロブスカイト材料の合成 | 第3章 Advanced technologies of perovskite-based thin film solar cells | 第8章 有機系太陽電池、ハイブリッド型太陽電池の性能評価法 |
| 竹岡裕子 上智大学 | | 斎藤英純・高木克彦 (公財) 神奈川科学技術アカデミー |
| 第4章 有機無機ハイブリッドペロブスカイト材料の光学特性 | | |
| 江馬一弘 上智大学 | | |

注文書をいただいた後、本を送料小社負担で請求書とともに御送付いたします。振込み手数料はご負担下さい。

お申し込みはFAXで

03-5913-8549

編集発行 技術教育出版社

〒166-0015 東京都杉並区3-3-14ニッパル106

☎ 03-5913-8548 (営業部宛)

http://www.kbsweb.org/Gijyutukyoku

注文書

| | | | | |
|--------------------------|-----------------------|---|--------|-----|
| 書名 | ペロブスカイト薄膜太陽電池の開発と最新技術 | 冊 | お支払予定日 | 年月日 |
| 会社名 | | | | |
| 部署名 | | | | |
| 氏名 <small>(ふりがな)</small> | | | | |
| 住所 | 〒 | | | |
| TEL | | | FAX | |
| E-mail | | | | |

※上記のご記入事項は新刊又は既刊のお知らせのために利用する場合がございます。※お支払いは、できるだけ請求書到着後1ヶ月以内をお願いいたします。

構成と内容及び執筆者

第1編 ペロブスカイト太陽電池の研究開発動向

第1章 有機無機ペロブスカイト太陽電池の特徴と高効率化

桐蔭横浜大学 宮坂 力

1. 色素増感から生まれた有機無機ペロブスカイト太陽電池
2. 全固体有機無機ペロブスカイト太陽電池の登場
3. 数 μm におよぶ電荷移動距離：励起子機構とバンド電導機構
4. 高い電圧に支えられた高効率化開発
5. 実用化へ向けて

第2章 ペロブスカイト型太陽電池の最新研究開発動向

東京大学 中崎城太郎・瀬川浩司

1. はじめに—日本の太陽光発電の現状
2. 有機系太陽電池の新展開—「ペロブスカイト太陽電池」の登場
3. 有機系太陽電池材料としての有機金属ハライドペロブスカイト
4. ペロブスカイト太陽電池に対する初期のアプローチ
5. 有機金属ハライドペロブスカイト太陽電池の本質
6. 有機金属ハライドペロブスカイト太陽電池の展開
7. ペロブスカイト太陽電池のさらなる高効率化に向けて
8. おわりに

第2編 ペロブスカイト太陽電池の材料技術

第1章 有機無機ペロブスカイトの作製法と光物性

佐賀大学 江良正直

1. はじめに
2. ハロゲン化鉛系層状ペロブスカイト化合物の作製法
 - 2-1. 単結晶材料の作製
 - (1) 溶媒蒸発法
 - (2) ゲル法
 - (3) 貧溶媒拡散法
 - 2-2. 薄膜試料作製法
 - (1) スピンコート法
 - (2) ディッピング法
 - (3) 二元共蒸着法
 - (4) 二段階蒸着法
 - (5) Langmuir-Blodgett(LB)法
3. ハロゲン化鉛系層状ペロブスカイトの自己組織性を用いた有機無機ナノハイブリッドの作製及びその光電子物性

第2章 ハロゲン化鉛ペロブスカイト型半導体の基礎物性

東京大学 近藤高志

1. はじめに
2. 結晶構造
3. 電子構造
4. キャリアの振るまい

第3章 有機無機ハイブリッドペロブスカイト材料の合成

上智大学 竹岡裕子

1. はじめに
2. 二〜三次元鉛系ペロブスカイト化合物の作製法
 - 2-1. スピンコート法
 - 2-2. 真空蒸着法
 - 2-3. 二段階浸漬法 (Two-step dipping 法)
 - 2-4. インターカレーション法 (Self-intercalation 法)

- 2-5. セルフアッセンブリー法 (Self-assembly 法)

- 2-6. Langmuir-Blodgett 法 (LB 法)
3. 低次元系 Pb ペロブスカイト化合物の作製法
4. おわりに

第4章 有機無機ハイブリッドペロブスカイト材料の光学特性

上智大学 江馬一弘

1. はじめに
2. 有機無機ペロブスカイト量子井戸構造
3. 2次元構造の励起子
4. 有機層・無機層間のエネルギー移動

第5章 有機金属ハライドペロブスカイト材料のX線結晶構造解析

京都大学 若宮淳志・山田泰裕・金光義彦

1. はじめに
2. ペロブスカイト型太陽電池の作製方法
3. 材料の純度が及ぼす影響
4. Pb 錯体のX線結晶構造解析
5. 鉛ハライド型ペロブスカイトの光物性と発電メカニズム
6. 今後の展望

第6章 塩化メチルアンモニウムを用いたペロブスカイト太陽電池の作製方法と析出制御

東京大学 野々村一輝・瀬川浩司

1. はじめに
2. ペロブスカイト太陽電池の構造及び典型的な作製方法
3. ペロブスカイト太陽電池の再現性
4. ペロブスカイト太陽電池の安定性向上に向けて
5. おわりに

第7章 ペロブスカイト型太陽電池の物性評価と有機電導材料の開発

株式会社リコー 堀内保、川村怜、八代徹、田中裕二

1. 物性測定
2. デバイス作製条件検討
3. スプレー製膜の検討
4. 前処理検討
5. $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{I}$ の塗布条件検討
6. spiro-OMeTAD 塗布条件検討
7. 異種金属化合物混合検討
8. ホール輸送材料の検討

第3編 ペロブスカイト太陽電池の高効率化に向けたセル作成技術

第1章 高効率ペロブスカイト太陽電池の構造設計

桐蔭横浜大学 宮坂 力、池上和志、陳 信偉、呉 冠霖、古郷敦史、實平義隆、沼田陽平

1. 有機無機ペロブスカイト太陽電池の高効率化
2. 塩素ドープ型ペロブスカイトを用いた太陽電池
3. 大気雰囲気下で作製する高効率ペロブスカイト太陽電池
4. 二段階製膜法による高効率ペロブスカイト太陽電池
5. 光電変換ヒステリシスに現れるペロブスカイトの強誘電性
6. 実用化への期待

第2章 塗布型ペロブスカイト型太陽電池のモフォロジー制御

(独)物質・材料研究機構 韓 礼元

1. まえがき
2. TiO_2 ブロッキング層のモフォロジーの制御
3. ペロブスカイト層のモフォロジーの制御
4. おわりに

第3章 Advanced technologies of perovskite-based thin film solar cells

Sungkyunkwan University Nam-Gyu Park

1. Historical background of organometal halide perovskite
2. Structure and opto-electronic properties of organometal halide perovskite
3. Technologies for high efficiency perovskite solar cells
 - 3-1. Size controlled growth of $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ crystals
 - 3-2. Phase-transition-free $\text{HC}(\text{NH}_2)_2\text{PbI}_3$
4. Hysteresis issue
5. Summary and outlook
6. Acknowledgments.

第4章 近赤外線に光電変換能を有するペロブスカイト太陽電池

九州工業大学 早瀬修二

1. はじめに
2. Sn/Pb カクテルペロブスカイト太陽電池
3. Sn ペロブスカイト太陽電池 (Pb free ペロブスカイト太陽電池)
4. 結論

第5章 無機ホール輸送技術を使用した鉛ハライドペロブスカイト型太陽電池の作製

兵庫県立大学 伊藤省吾

1. はじめに
2. 序論
3. 実験
 - 3-1. 酸化チタン電極の作製
 - 3-2. $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ ペロブスカイト層の形成
4. 結果
 - 4-1. $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ ペロブスカイト層構造に関する検討
 - 4-2. $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ ペロブスカイト太陽電池の光電特性
5. 結論

第6章 ペロブスカイト型太陽電池における高電圧化の要素技術

青山学院大学 石井あゆみ
桐蔭横浜大学 宮坂 力

1. キャリア輸送性有機材料の検討
2. 有機配位子による無機・有機半導体界面の制御
3. ハロゲン化鉛系ペロブスカイトを用いた全結晶ハイブリッド型太陽電池の開発と高電圧化

第7章 ペロブスカイト型太陽電池を用いたタンデムセルの作製

東京大学 木下卓巳・瀬川浩司

1. はじめに
2. 太陽光発電とタンデム型セル
3. ペロブスカイト型太陽電池を用いたタンデムセル
4. DSSCを用いたペロブスカイト型タンデムセル
5. その他の太陽電池を用いたペロブスカイト型タンデムセル
6. おわりに

第8章 有機系太陽電池、ハイブリッド型太陽電池の性能評価法

(公財)神奈川科学技術アカデミー 斎藤英純・高木克彦

1. 有機系太陽電池の性能評価の実態
2. 基本的な I-V 測定
3. D S C 特有の問題
4. 測定時の温度管理
5. 遮光マスクによる発電面積の規定
6. 被測定セルの固定と余分な光の排除
7. D S C の性能評価法(案)
 - 7-1. D S C 性能測定項目
 - 7-2. 測定の手順
8. 雰囲気制御が可能な試料固定台