

新規薄膜太陽電池材料SnS: 低コスト太陽電池実現に向けて

山梨大学 工学域 物質科学系 応用化学
教授 柳 博

令和2年12月3日

従来技術とその問題点

既に実用化されている太陽電池には、Si系（結晶Si、アモルファスSi）、Cu(In,Ga)Se₂系、CdTe等があるが、

材料コスト（結晶Si, In, Ga）、

希少元素の使用（In, Ga, Te）、

毒性元素の使用（Cd）

等の問題があり、さらなる普及の妨げになっている。

従来技術とその問題点

これらの問題を解決する次世代太陽電池としてCZTS ($\text{Cu}_2\text{ZnSn}(\text{S}_{1-y}\text{Se}_y)_4$) が挙げられるが、その構成元素の多さからくる組成制御の難しさや変換効率の面で課題が残る。

より単純な次世代太陽電池材料としてSnSが注目されている。SnSはp型の電気伝導性を示す半導体材料である。

SnSの特徴

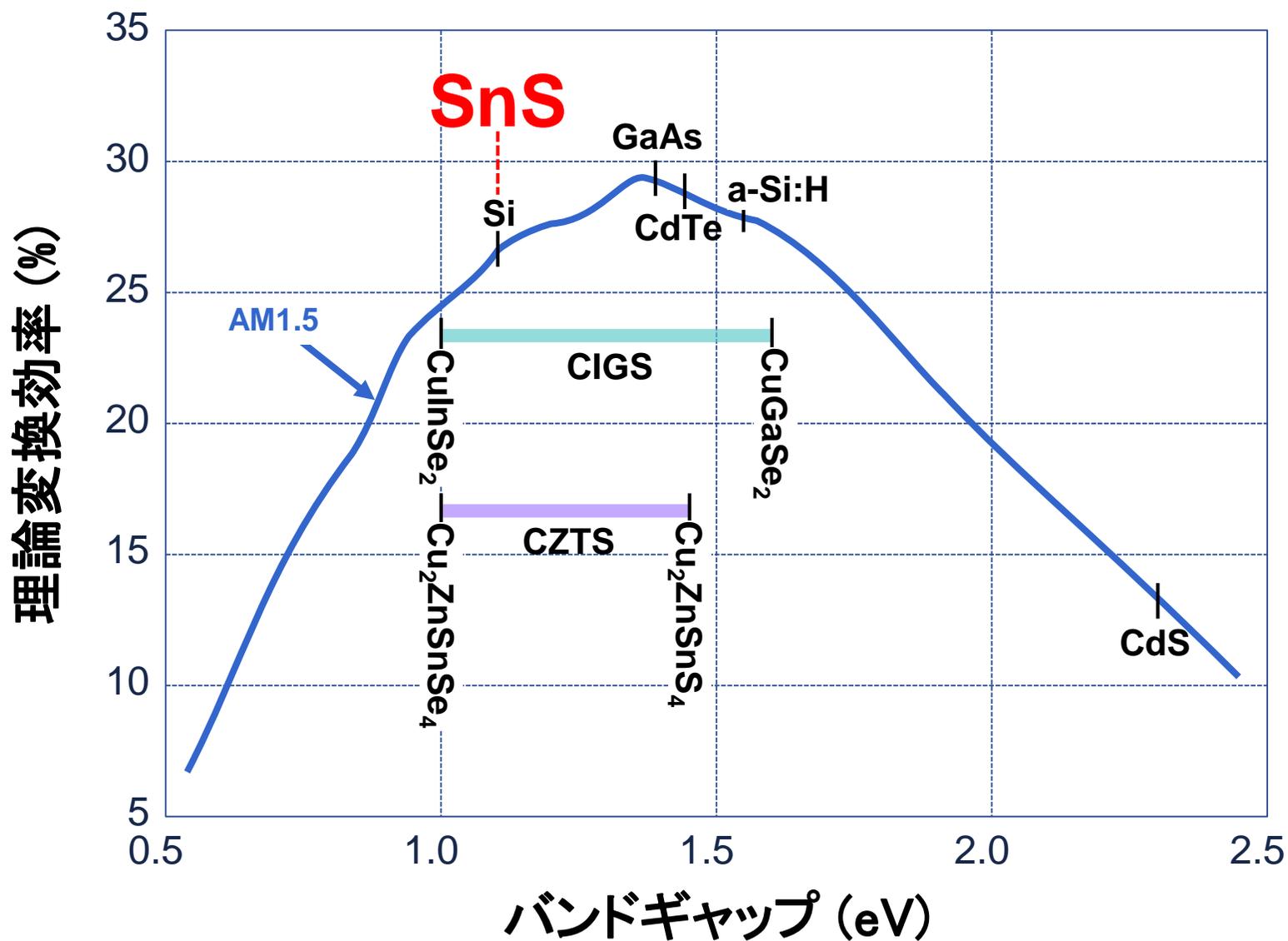
- **非毒性元素**
- **豊富な資源**
- **バンドギャップ: 1.1 eV**
- **吸収係数: $10^4 \sim 10^5 \text{ cm}^{-1}$**
- **伝導型: p型**
- **キャリア濃度: $10^{14} \sim 10^{18} \text{ cm}^{-3}$**
- **移動度: $\sim 10^2 \text{ cm}^2/\text{Vs}$**
- **拡散長: $\sim 1.5 \text{ }\mu\text{m}$**

高い変換効率が見込める
バンドギャップ (Siと同等)

薄膜太陽電池に適した
高い吸収係数

他の太陽電池材料と同等
かそれ以上の電気特性

SnSと他の太陽電池材料との比較



従来技術とその問題点

SnSは太陽電池材料として優れた電気・光学特性を有する。

太陽電池を作製するためにはp型半導体とn型半導体が必要である。

SnSを太陽電池材料として用いる最大の課題は、p型SnSと適切な界面を持つn型半導体がないことである。このため、現在までに得られている変換効率は5%未満である。

新技術の特徴・従来技術との比較

- 従来技術の問題点であった、p型SnSに適したn型半導体について別の材料を探すのではなく、SnS自身をn型化することに成功した。
- SnS自身がn型になったためにp型SnSとの理想的な界面が実現し、結晶Siと同等の変換効率を低コストで実現することが期待される。

新技術の特徴・従来技術との比較

- n型SnSは不純物としてClを添加した場合とBrを添加した場合で本発明者が世界に先駆けて実現した。
- Clを添加したn型SnSではキャリア濃度が高すぎる ($\geq 10^{17} \text{ cm}^3$) 問題があった。このキャリア濃度では高い変換効率が見込めない。
- これに対しBr添加SnSでは適切なキャリア濃度 ($\sim 10^{16} \text{ cm}^3$) を実現。

想定される用途

- 本技術の特徴を生かすためには、SnS薄膜太陽電池材料に適用することで低コスト高効率化のメリットが大きいと考えられる。
- 上記以外に、低仕事関数の効果が得られることも期待される。低仕事関数に着目すると、これからの市場拡大が見込まれる有機EL素子のカソード電極（電子注入電極）材料に展開することも可能と思われる。

実用化に向けた課題

- 現在、多結晶焼結体と単結晶についてn型SnSが可能なところまで開発済み。しかし、SnS薄膜のn型化の点が未解決である。
- 今後、Br添加SnS薄膜について実験データを取得し、n型化を阻害している要素を排除していく。
- 実用化に向けて、量産化可能な低コストな製膜手法による薄膜化技術を開発していく。

実用化に向けた課題

- 薄膜太陽電池としての実用化に向けて、p型SnS薄膜との接合を作製できるように技術を確立する必要もあり。
- 有機EL素子のカソード(電子注入電極)としての展開を見据えた場合、より低温での製膜技術の開発が必要である。

企業への期待

- 未解決のn型薄膜の実現については、薄膜組成を精密に制御する技術の開発により克服できると考えている。
- 薄膜作製の技術を持つ企業、新規太陽電池事業を企画している企業との共同研究を希望。
- また、有機EL素子を開発中の企業、有機EL分野への展開を考えている企業には、本技術の導入が有効と思われる。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : n型SnS半導体およびそれを用いた太陽電池
- 出願番号 : 特開2019-178012
- 出願人 : 山梨大学
- 発明者 : 柳博、井口雄喜、杉山太樹

産学連携の経歴

- 2018年度 JST A-STEP 機能検証フェーズ
試験研究タイプに採択

お問い合わせ先

山梨大学

研究推進・社会連携機構

社会連携・知財管理センター

TEL 055-220-8758

FAX 055-220-8757

e-mail renkei-as@yamanashi.ac.jp