

HVPE 及びスマートスタックによるⅢ-V族多接合太陽電池の低コスト作製技術

Low-cost fabrication technology for III-V multijunction solar cells using HVPE and smart stack

産総研、○菅谷武芳

AIST, ○T. Sugaya, E-mail: t.sugaya@aist.go.jp

【序論】現在最も変換効率の高い太陽電池は、無機系のⅢ-V族化合物半導体多接合太陽電池である。用途として主に宇宙用で使われており、その高性能性、信頼性、耐久性についても最も優れていると言って良い。しかしながら製造コストも最も高いと思われ、用途拡大のためにはコストの低減が最も重要な課題である。高コストの主な要因としては、①Ⅲ-V族化合物半導体の結晶成長コスト、②GeあるいはInGaAsを用いるボトムセルのコスト、③結晶成長を行う基板コスト、の3点が挙げられる。我々は、①について、Ⅲ-V族の低コスト成長法として期待されているハイドライド気相成長法(HVPE)の研究開発を行っている。②については、低コストのボトムセルであるSi、あるいはCIGSとⅢ-V族化合物半導体を簡便に接合可能なスマートスタック技術を開発している。現在、NEDOの移動体プロジェクトにおいて、③の基板再利用技術の開発と合わせ、製造コスト200円/Wを目指した研究開発が行われている。本講演では、①と②のそれぞれについて、我々のこれまでの研究成果や今後の展望を含め、現状のⅢ-V族太陽電池の低コスト化技術の進展について述べる。

【本論】現在Ⅲ-V族化合物半導体の結晶成長技術として広く使用されている有機金属気相成長法(MOVPE)に比べて、HVPEはⅢ族原料に安価な金属塩化物を用いることができ、また高速成長が可能である。加えて低V/Ⅲ比での結晶成長も可能であり、MOVPE法と比較して成長コストを格段に下げることができる。我々はこれまで、GaAs、InGaPでそれぞれ成長速度500 μm/h、220 μm/hを達成しており、特にInGaPについては通常のMOVPEの20倍以上の高速成長が可能となっている。HVPEの問題点としては、Al系材料の成長が困難であることが挙げられたが、AlとHClガスを500°C程度の低温で反応させることでそれを克服し、AlInGaP層を導入することで変換効率28.3%を達成した²⁾。この値は、HVPEで成長した太陽電池では世界最高の変換効率で、MOVPEで成長したものとほぼ遜色ない性能が得られつつある。

また、スマートスタック技術の特徴は導電性金属ナノ粒子配列を利用していることであり、様々な種類の半導体を簡便な方法で直接接合することができる³⁾。これまで、本技術を用いて作製したInGaP/AlGaAs/Si 3接合太陽電池で30.8%⁴⁾、InGaP/GaAs/CIGS 3接合太陽電池で29.3%⁵⁾の変換効率を達成している。CIGSをボトムセルとした3接合では、この効率は世界最高記録として承認されている。また最近では大面積化も進んでおり、2インチ以上の接合も可能となっている。

当日は上記二つの技術を詳細に述べると共に、有機系太陽電池に関しても言及する予定である。

【謝辞】本成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託業務(JPNP20015)の結果得られたものである。【参考文献】1)大島他, 応用物理, 89, 333 (2020). 2)庄司他, 応用物理, 92, 540 (2023). 3) H. Mizuno et al., Appl. Phys. Lett., 101, 191111 (2012). 4)Makita et al., Prog. Photovolt., 28, 16 (2020). 5)Makita et al., Prog. Photovolt., 31, 71 (2023).