

多元化合物半導体を材料とした宇宙用太陽電池の研究開発

Research and Development of Space Solar Cells Based on Compound Semiconductors

宇宙機構¹, シャープ², 量研³, 産総研⁴ ○今泉 充¹, 高本達也², 大島 武³, 菅谷武芳⁴

JAXA¹, SHARP², QST³, AIST⁴ ○Mitsuru Imaizumi¹, Tatsuya Takamoto², Takeshi Ohshima³,

and Takeyoshi Sugaya⁴

E-mail: imaizumi.mitsuru@jaxa.jp

1. 宇宙用太陽電池

宇宙機用太陽電池への要求特性は、変換効率が高いことに加え、放射線被曝による劣化が小さいこと(耐放射線性)である。これらに加え、近年は所要電力の高まりや搭載の自由度向上への要求から、薄く軽量であること、可撓性・柔軟性を有することなどが求められている。

2. 放射線耐性向上の歴史

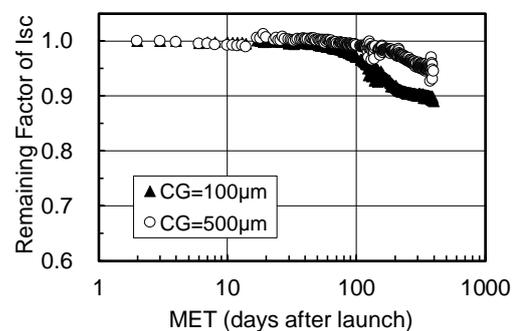
宇宙用太陽電池の材料は、2000年頃までは単結晶Siが主流であった。これは、最も材料品質が高かったこと、それに伴い変換効率も最も高かったこと、そして放射線欠陥を含む結晶欠陥評価・解析研究が進んでいたことが理由である。その後、III-V族化合物半導体材料の高品質化が実現し、またそのSiに勝る耐放射線性が示されて、GaAs, InPなどの太陽電池が宇宙用として開発された。さらに、化合物太陽電池は多接合構造による高効率化が比較的容易であるという特長があり、InGaP/GaAs/Ge構造の宇宙用3接合太陽電池が開発され、2000年以降短時間でSi太陽電池に取って代わった。耐放射線性に関しては、InGaPトップセルの高い耐性を活かし、電流をトップ律速とする多接合ならではの設計によって高耐性を実現している。現在ではAM0変換効率約30%の3接合セルが主流である。一方で、様々な材料による民生用太陽電池の放射線耐性を地上試験および宇宙実証試験で検討した結果、CuInGaSe(CIGS)太陽電池の極めて高い耐放射線性が見い出されている(Fig.1)[1]。

3. 宇宙用多元化合物太陽電池の研究開発状況

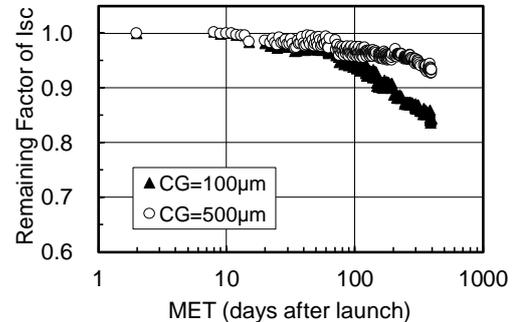
InGaP/GaAs/Ge3接合太陽電池よりも高い変換効率に加え、軽量化とフレキシブル化を同時に実現すべく、Ge太陽電池/基板をInGaAs薄膜太陽電池に置き換えたInGaP/GaAs/InGaAs構造を有する格子不整合型逆方向成長3接合太陽電池を開発した。変換効率はAM0で32%を実現している。現在、効率を維持しつつ膜厚を低減させることにより、耐放射線性の更なる向上を図っている。一方、最近の実験的検討でInGaAsは比較的放射線劣化が大きいことがわかり[2]、ボトムセルをCIGS太陽電池としたメカニカルスタック型3接合太陽電池の研究開発を開始した。この構造によって究極の放射線耐性の実現を目指す。

[1] M. Imaizumi et al., Prog. Photovolt.: Res. Appl., **13**, 1-10 (2005).

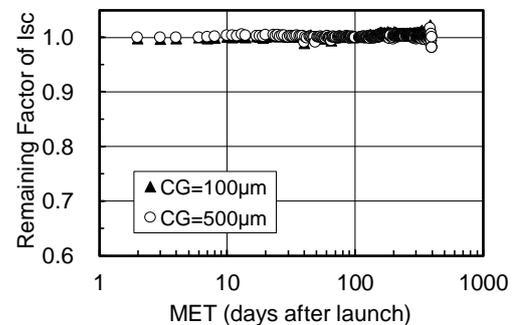
[2] M. Imaizumi et al., Prog. Photovolt.: Res. Appl., **25**, 161-174 (2017).



(a) Space Si solar cell



(b) InGaP/GaAs dual-junction solar cell



(c) CuInGaSe solar cell

Fig. 1 In-orbit radiation degradation trend data of short-circuit current (I_{sc}) of three terrestrial solar cells mounted on "Tsubasa" demonstration satellite [1].