

O308

金属ナノ粒子分散膜の塗布による半導体太陽電池の高効率化要因の検討

(東工大・炭エネ研) ○(学)田中 佑宜・鉢村 浩徳・(正)伊原 学*

【緒言】 太陽電池は多大なエネルギー資源を供給し、尚且つ低炭素社会の実現に貢献し得るエネルギーシステムとして注目されている。しかし、その広い普及のためには、更なる高効率化・低コスト化が必要とされる。当研究室では、金属ナノ粒子の局在表面プラズモンによる電場増強効果を利用して、半導体や色素の吸光度を増大させることで、太陽電池の変換効率を向上させることを目標としている。これまでに、金属ナノ粒子の局所電場増強効果を半導体太陽電池に応用させるため、スピコートによって銀ナノ粒子を分散させた膜をシリコン基板上に作製したことを報告している。¹⁾特に、分散した銀ナノ粒子の粒子半径が大きく、濃度が高い分散膜(表1中のAgNP11_240_2.5)は導入した銀ナノ粒子の局在表面プラズモンに由来するピークを持ち、そのピーク波長よりも長波長領域での顕著な反射率低下が見られた。よって、プラズモンの電場増強効果と反射防止効果による半導体太陽電池の高効率化が期待される。²⁾ここで、これら二つの効果をより効率良く利用するためには、膜中のナノ粒子の種類や粒径等を変化させて二つの効果を制御することが課題となる。

本研究では、スピコート法による金属ナノ粒子分散膜作製において、金属ナノ粒子の種類や粒径、濃度を変えて、吸光度と反射率を測定し、分散膜による太陽電池の高効率化の要因について検討した。

【実験】 今回使用したチオール系修飾物保護金属ナノ粒子は液相法によって合成し、動的光散乱法による粒径測定を行った(ELS-Z2、大塚電子株式会社)。合成には硝酸銀と塩化金酸を用い、それぞれから銀ナノ粒子と金ナノ粒子を得た。合成した金属ナノ粒子をエタノール中に分散させ、そこに増粘剤としてポリエチレングリコール(PEG)を加えることで塗布液を調製した。これをスピコート法によって塗布することで、金属ナノ粒子分散膜を作製した。このとき、溶媒であるエタノールの量を変えることで銀ナノ粒子の濃度を変化させた。光吸収スペクトルを測定し、作製した分散膜の評価を行った。

【結果と考察】 今回合成した銀ナノ粒子と金ナノ粒子の粒径を動的光散乱法によって測定した結果を表1に示す。これらの金属ナノ粒子を用いて、分散膜を作製した。また、各分散膜の石英上での光吸収スペクトルと単結晶シリコン基板上での反射スペクトルを図2、3に示す。

光吸収スペクトルでは、それぞれプラズモンに由来するピークが見られた。ピーク波長は、銀ナノ粒

サンプル名	金属	粒径 (nm)	EtOH (μl)	PEG (mg)
AgNP11_240_2.5	銀	11.2	240	2.5
AgNP152_240_2.5	銀	151.8	240	2.5
AgNP152_1000_25	銀	151.8	1000	25
AuNP16_240_2.5	金	15.5	240	2.5

表1 金属ナノ粒子分散膜作製条件

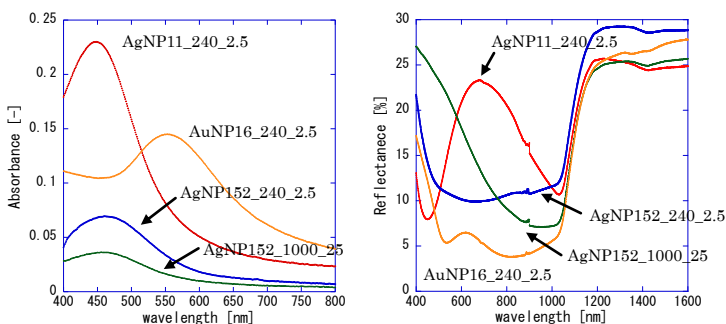


図2 石英板上に塗布した金属ナノ粒子分散膜の光吸収スペクトル

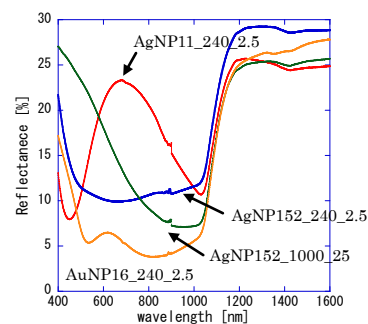


図3 Si基板上に塗布した金属ナノ粒子分散膜の反射スペクトル

子よりも金ナノ粒子の方がより長波長側に見られた。このことから、金ナノ粒子分散膜の方が太陽光スペクトルのピーク波長である550 nmにおいて、高い電場増強効果を示すものと期待される。

反射スペクトルから分かるように、すべての分散膜で反射防止効果が現れた。詳細を以下に述べる。まず石英板上での吸収ピークとほぼ同じ波長域における反射率低下が見られた。これは、金属ナノ粒子の局在表面プラズモンによって、本来反射すべき光が吸収されたことが原因であると考えられる。よって、このプラズモンに吸収された光を局所電場増強効果によってシリコン基板内に導入することができれば、シリコン基板の光吸収増大が期待される。また、AgNP152_240_2.5だけでなくAuNP16_240_2.5においても、吸光度におけるピーク波長以外の領域での反射率低下が顕著であった。この原因としては、金属ナノ粒子の粒径が凝集により大きくなることで光散乱の寄与が生じた、もしくはナノ粒子の凝集により形成された分散膜表面の微細な凹凸が反射防止効果を引き起こしたことの2点が挙げられる。

【謝辞】 本研究の一部は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の革新型太陽電池国際研究拠点整備事業「低倍率集光型薄膜フルスペクトル太陽電池の研究開発」により行われました。関係各位に深く感謝いたします。

【参考文献】

- 1) 田中 他 2009年化学工学会春季大会講演要旨集 L202
- 2) 田中 他 2009年化学工学会秋季大会講演要旨集 A115

*E-mail:mihara@chem.titech.ac.jp Tel&Fax:03-5734-3337