

プラズマCVDを用いた高効率低劣化Si薄膜太陽電池の作製
**Fabrication of a-Si Thin Film Solar Cells
with High Efficiency and Low Light Induced Degradation using Plasma CVD**

古閑 一憲
Kazunori Koga

九州大学システム情報科学研究所
Faculty of Information Science and Electrical Engineering, Kyushu University

埋蔵量の多さ、原材料費の低さなどの理由から将来の電力用太陽電池として期待されている水素化アモルファスシリコン(a-Si:H)薄膜太陽電池における最大の課題は、太陽電池への光照射による発電効率の低下、いわゆる光劣化の解決である。a-Si:H薄膜は、SiH₄ガスを主材料として用いた反応性プラズマを用いて作製される。プラズマ中では、電子衝突解離によりSiH₃などの化学的に活性な中性ラジカル分子と共に、ナノ粒子が発生する。我々は、薄膜堆積中にサイズが10nm程度以下のa-Si:Hナノ粒子（クラスタ）が膜中に混入することが光劣化の主要な原因の1つであることを明らかにした[1]。また、プラズマ中のクラスタに関する知見を基に、クラスタ混入を極限まで抑制することが可能なプラズマCVD法を開発して、世界で最も高い光安定性を持つa-Si:H薄膜太陽電池を作製することに成功した。本講演では、反応性プラズマ中のクラスタ成長機構とクラスタの抑制について我々が得た知見と、太陽電池応用研究の成果について概説する。

プラズマ中クラスタの抑制のため、我々はまず、クラスタの成長機構について明らかにした。サイズが1nm程度までその場計測可能なレーザー散乱法を開発し、SiH₄プラズマ中に発生するクラスタの核発生からサブミクロンの成長までの一貫した成長モデルを明らかにすることに成功した。また、ナノ粒子成長に対するガス流、熱泳動力等の影響を明らかにした。次に、得られた知見を基に、クラスタ抑制プラズマ化学気相堆積(CVD)法を開発した。この方法の特長は、プラズマ中のクラスタをガス流により排気系へ輸送し、製膜領域における膜中クラスタ取込量を抑制することである。そのため、直径5mmの穴（ホロー）内でプラズマを多数生成するマルチホロー放電電極を開発した。従来のプラズマCVD法では、ラジカル分子やクラスタが

拡散により薄膜へ共堆積するが、マルチホロー放電電極では、ホロー内を流れる材料ガスが、ガス流速よりも遅い拡散速度のクラスタを下流領域へ輸送するため、上流領域に設置した基板にクラスタ混入を抑制したa-Si:H膜を堆積できる。

我々は、クラスタ抑制プラズマCVD法を用いa-Si:H薄膜太陽電池において主要な発電層である真性a-Si:H膜を基板温度250℃で作製し、光誘起欠陥生成が無いことを明らかにした[2]。次に太陽電池セル作製温度である180℃で薄膜を堆積し、ショットキーセルを作製して劣化率5%の高い光安定性を確認した。クラスタ堆積を抑制した薄膜を用いたショットキーセルの5%の劣化は、堆積温度に敏感なラジカルと膜の表面反応、または、ガス流では除去できない小さなサイズのクラスタの混入が原因であると考えた。そこで我々は、クラスタの付着率とラジカルの表面反応確率の違いを利用してクラスタを除去するフィルタを新たに開発し、これをクラスタ抑制プラズマCVD法と併用して、クラスタの膜中取込みを極限まで抑制した薄膜を作製した。この膜を真性層として用いたa-Si:H薄膜PIN太陽電池を作製し、安定化後発電効率9.11%、劣化率2.43%という高い光安定性をもつPIN太陽電池を世界で初めて作製することに成功した。

更なる光安定性の向上には、クラスタ取込の更なる抑制とラジカルと薄膜の表面反応及び界面に起因した光劣化の抑制が課題であり、現在検討中である。

[1] K. Koga et al., J. Vac. Sci. Technol. A 22 (2004) 1536.

[2] K. Koga et al., Jpn. J. Appl. Phys. 44 (2005) L1430.