

# 【基盤研究(S)】

## 理工系(工学Ⅱ)



### 研究課題名 ウェーハ等価薄膜太陽電池の直接製造を可能とするメゾプラズマ次世代シーメンス法開発

東京大学・大学院工学系研究科・教授 **よしだ とよのぶ**  
**吉田 豊信**

研究分野：材料工学

キーワード：プラズマ処理、太陽電池

#### 【研究の背景・目的】

エネルギー・環境問題に対応する高性能太陽電池製造技術開発の世界的要請を受けて、革新的高純度シリコン原料製造に向けた新機軸展開が精力的に進められている。特に、現行のシーメンス法は高純度シリコン原料製造法としてある意味では完成された技術ではあるが、原理的に反応率は高々30%を越えず、また基体加熱電力コストが高いなどの欠点もある。近年、種々の改良シーメンス法が検討されているが、何れも  $\text{SiHCl}_3$  の水素還元過程を流動床や炉壁を利用した反応表面積向上により不均化反応の効率化を図ったものでしかなく、著しい需要拡大が予測される太陽電池開発に対応するためには、この反応率を飛躍的に向上させる技術に期待が寄せられている。

ここに我々が10年来継続展開して来た熱プラズマと低圧プラズマの中間に位置する新規メゾプラズマの、熱・イオン衝撃が抑制された環境下での高速輸送の特徴に着目すれば、高フラックス励起水素原子の利用により、シーメンス法の速度論的限界を新たな反応パスによって収率を高められる可能性が見えてくる。他方、メゾプラズマ CVD による高品質エピタキシャル薄膜の高速成長も実証しており、これら技術の統合により、ウェーハ等価品質の薄膜を高速で直接製造しうる画期的な太陽電池製造技術の可能性が顕わとなる。

以上を背景に、本研究では、メゾプラズマ環境下での  $\text{SiHCl}_3$  の励起水素原子高効率還元を特徴とした高品質 Si 薄膜の直接堆積を可能とする次世代製造技術開発を目指し、Si 結晶太陽電池の将来展開基盤技術確立の一端を担う事を目的とする。

#### 【研究の方法】

「メゾプラズマ次世代シーメンス法」の中核を成す要素技術は、 $\text{SiHCl}_3$  の励起水素原子による高効率還元と、高品質 Si 薄膜の直接高速堆積とに大別され、この技術確立に向けて追求すべき学術的課題は、メゾプラズマフロー理解の深化に基づく水素原子の有効利用とメゾプラズマ/基板相互作用に基づく高速シリコンエピタキシー制御となる。以上より、段階的研究項目として、1)メゾプラズマ CVD 装置基本設計、2)メゾプラズマフロー制御、3)動的プロセス制御に基づく高速・高品質化、4)次世代シーメンス法提案を設定し、各項目を材料プロセス工学的指標(収率、品質、速度)に注視しつつ、プラズマ流体と薄膜・結晶成長の視点より、以下の研究フローに基づき進める。

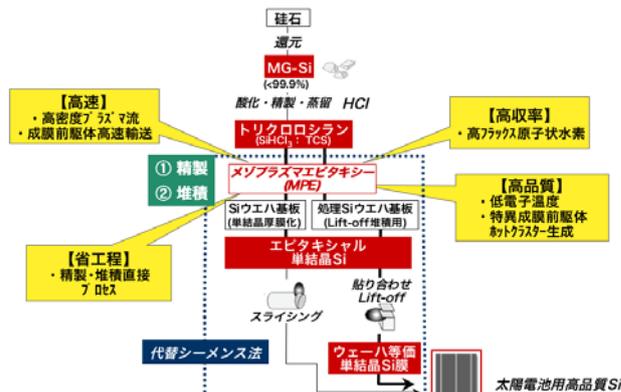


図 本研究フローの概念図

#### 【期待される成果と意義】

$\text{SiH}_4$  を原料としたメゾプラズマ CVD によって最速 1000nm/s の Si 多結晶膜堆積、並びに 70nm/s 程度の高堆積速度でのエピタキシャル膜の低温堆積を先行研究により既にも実証している。また、メゾプラズマ条件下では低圧プロセスに比して3桁程度高い水素フラックスが予測される。従って、メゾプラズマの利用により高効率還元と同時に単結晶に近い Si 膜が得られる可能性が高く、リフトオフ技術の導入により幾つかのプロセスを省き  $\text{SiHCl}_3$  から直接太陽電池を製造しうることとなり、産業的観点からも研究の意義は極めて大きい。

#### 【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- J. M. A. Diaz, M. Kambara, T. Yoshida, Detection of nanoclusters by x-ray scattering during silicon film deposition by mesoplasma chemical vapor deposition, J. Appl. Phys., 201 (2008) 013536-5.
- J. M. A. Diaz, M. Sawayanagi, M. Kambara, and T. Yoshida, Electrical properties of thick epitaxial silicon films deposited at high rates and low temperatures by mesoplasma chemical vapor deposition, Jpn. J. Appl. Phys., 46(8A), (2007) 5315-5317.

#### 【研究期間と研究経費】

平成21年度－24年度

124,000千円

ホームページ等

<http://www.plasma.t.u-tokyo.ac.jp/>