

Analysis of a Molten Region on Amorphous Silicon Film By High-Speed Camera and Contactless Temperature Measurement during Atmospheric Pressure Thermal Plasma Jet Annealing

H30海自66

派遣先 AiMES 2018 (メキシコ・カンクン)

期 間 2018年9月29日～2018年10月5日 (7日間)

申請者 広島大学 大学院先端物質科学研究科 助教 水 川 友 里

海外における研究活動状況

研究目的

本研究の発表目的は、薄膜トランジスタ作製を目的として、ガラス基板上に低温堆積させたアモルファスシリコンを大気圧熱プラズマジェット照射による急速熱処理によってポリシリコン化させる様子を高速度カメラでリアルタイム観測し、かつ基板表面の温度測定によってシリコン溶融域の温度分布を今回初めて明らかにしたという研究成果を世界的に公表すると共に、今の研究内容をさらに発展させるための有意義なディスカッションを行うことである。また私自身の活躍する研究分野が、生体磁気分野から半導体に去年から変わったため、研究者としてのキャリア形成や、新しい人脈形成の構築ができることは非常に大きな意義がある。さらに半導体分野でも規模の大きい国際学会で自身の研究を発表することによって、日本人研究者として社会貢献の義務を果たすことができる。

海外における研究活動報告

概要

2018/09/30～10/04にカンクン (メキシコ) で開催されたAiMES 2018にて招待講演を行った。この国際学会はThe Electrochemical Society (ECS) と La Sociedad Mexicana de Electroquímica (SMEQ) が主催する合同国際会議であり、薄膜トランジスタやパワーデバイス、量子光学などの半導体分野を中心としたシンポジウムが計59個開催される大規模な会合である。本助成に採択されたためこの会合に参加することができ、本研究の発表の際には大きな反響を得る事ができ、講演後には参加者と有意義なディスカッションを行うことができた。

研究内容・発表内容

フレキシブルディスプレイ等に使用される薄膜トランジスタ作製のための、低温プロセスによるポリシリコン膜作製におけるアモルファスシリコン (amorphous silicon: a-Si) 薄膜の溶融・固化現象のメカニズム解明のために、ナノ秒時間分解X線回折測定や実時間コンダクタンス・反射率測定などによって格子温度やシリコン

層の熔融深さの情報を得るアプローチが行われてきた。しかし熔融シリコンの温度分布と熔融・固化過程とを同時に得ることは実現していない。

そこでレーザーによる非接触温度測定と高速度カメラによる実時間観察を組み合わせ、大気圧熱プラズマジェット (Thermal Plasma Jet: TPJ) 照射時の熔融シリコンにおける実時間映像・温度分布情報を同時に得る試みを行い、シリコン熔融域内温度分布の2次元的な可視化を行った。そのために非接触温度測定ユニットとカメラユニットを固定するための同時測定用ステージをアルミ材料で作製し、これらユニットを同時に横方向に高速走査させて各々のサンプルにTPJ照射しつつ、シリコン結晶化過程と温度情報とを同時に得た。サンプルにTPJ照射した際、サンプル裏面からレーザーを照射して多重反射・干渉による実時間反射率を得た後に熱伝導・光学シミュレーションを行い、サンプル基板表面の温度分布を明らかにした。また同時に、高速度カメラで熔融シリコンの結晶化過程を観察した。

まずシリコン熔融温度のキャリブレーションを行った。サンプルにはa-Si膜堆積サンプルを使用し、同じ個所に繰り返しTPJ照射をしつつ徐々にステージ走査速度を落としてシリコン熔融直前・直後の温度測定を行った。シリコン熔融直前・直後の反射率において、熔融シリコンによる金属反射から得たピーク波形と石英基板の温度変化による波形が重なった状態で観測された。ピークの始点・終点からシリコン熔融時間は約612 μ sであることが判明した。熱伝導シミュレーションで基板表面温度の経時変化を求め、シリコン熔融温度を1680 Kとして、熔融時間が612 μ sとなるように熱光学係数補正によりキャリブレーションを行った。

次に温度測定側サンプルに石英基板、カメ

ラ観察側サンプルにa-Si膜堆積サンプルを設置し、TPJ照射中の熔融シリコン内温度分布解析を行った。測定で得た反射率に対して実験条件に合わせてシミュレーションした反射率をフィッティングし、その結果から得た基板表面温度の経時変化から、12~13msで最大到達温度は約1730 Kと判明した。この結果から得た1680 K付近の等温線図とカメラ観察画像を重ねることで、熔融シリコン内の温度分布を可視化することに成功した。これより熔融域前方に約40 K、後方に約50 Kの過冷却領域が存在することを明らかにした。熔融域前方の過冷却は微結晶領域の融点の低さから生じるため、結晶化領域に再度TPJ照射した際の熔融域には前方の過冷却領域は観察されないとの仮説を立て、再結晶化時の熔融シリコン温度分布解析を試みた。結果、仮説の通り前方の過冷却領域は観察されず、微結晶領域の融点の低さから生じることを実験的に証明した。これより熔融域前方に過冷却領域が存在し、約40 Kであることが本研究で初めて明らかとなり、本研究がa-Si膜結晶化メカニズム解明のための有用なツールであることを示した。

謝辞

AiMES2018での発表機会を与えて頂き多大なご支援を賜ったことについて、公益財団法人村田学術振興財団に厚く御礼申し上げます。

この派遣の研究成果等を発表した 著書、論文、報告書の書名・講演題目

Yuri Mizukawa, Hiroaki Hanafusa, Seiichiro Higashi, H03-1196: (Invited) Analysis of a Molten Region on Amorphous Silicon Film by High-Speed Camera and Contactless Temperature Measurement during Atmospheric Pressure Thermal Plasma Jet Annealing, Conference: the AiMES 2018 Meeting (September 30 - October 4, 2018, Cancun) (査読有・招待講演)