

プロジェクト名 大気圧マイクロプラズマ源の開発とその応用

研究代表者 理工研・教授 白井肇
協同研究者 埼玉県産業技術総合センター (SAITEC) 清水宏一
理化学研究所 (RIKEN) 小林知洋
産業技術総合研究所 (AIST) Jia Haijun

1. 研究の目的

本研究は、大気圧プラズマの生成法の開発とそれらに基づいたディスプレイ駆動用薄膜トランジスタ (TFT) および太陽電池デバイス製造用プロセス技術開発を目的とする。

2. 研究の進め方

大気圧プラズマトーチを生成し、アモルファスSiの結晶化過程の実時間その場診断を通して結晶化過程の理解と接合界面の電子物性を制御しながら、TFTおよび太陽電池素子の駆動制御因子を明らかにする。同時にそれらの制御に基づいた素子の設計と性能評価を通して、実用化技術への展開を計る。

3. 研究の成果

これまで大気圧マイクロ・プラズマジェットによる水素化アモルファスシリコン(a-Si:H)の結晶化技術を提案し、液晶駆動用多結晶シリコン薄膜トランジスタ (TFT) および太陽電池用多結晶シリコンの製造技術への展開を検討してきた。特に結晶化過程の表面温度、透過・反射率の実時間その場診断を通してTFT、太陽電池用poly-Si製造プロセスの詳細を調べた。その結果350°Cまでの昇温過程において前駆体のa-Si:Hの脱水素が終了し、750°Cにおいて、100msの時定数でアモルファスから結晶相への転移(固相成長:SPC)後、最高到達温度に至る昇温速度に応じて結晶相の合体過程を経て多結晶化が完了することを実験的に明らかにした(図1)。基板ステージ速度、電極間距離、前駆体の膜厚を変数として上記その場診断評価を組織的に実施した。その結果平均結晶粒径300nmまで実現できた。この結果は従来のエキシマレーザー結晶化(ELA)とほぼ同等な大きさである。これらの結晶化SiによるTFTでは、移動度がELAによるTFT性能には及ばないものの、50-60cm²/Vsを実現し、有機EL駆動用TFTへの展開が可能であることを実証した(図2)。さらに太陽電池製造プロセスに適用できる膜質であることを明らかにした。またpoly-Si膜を用いた薄膜太陽電池を試作し、初期的な結果ではあるが、変換効率:3.7%を得た(図3)。今後企業との協同研究、JST等の補助金獲得によるプロセス技術の面積化への検討により実用化技術

への展開が期待されることがわかった。

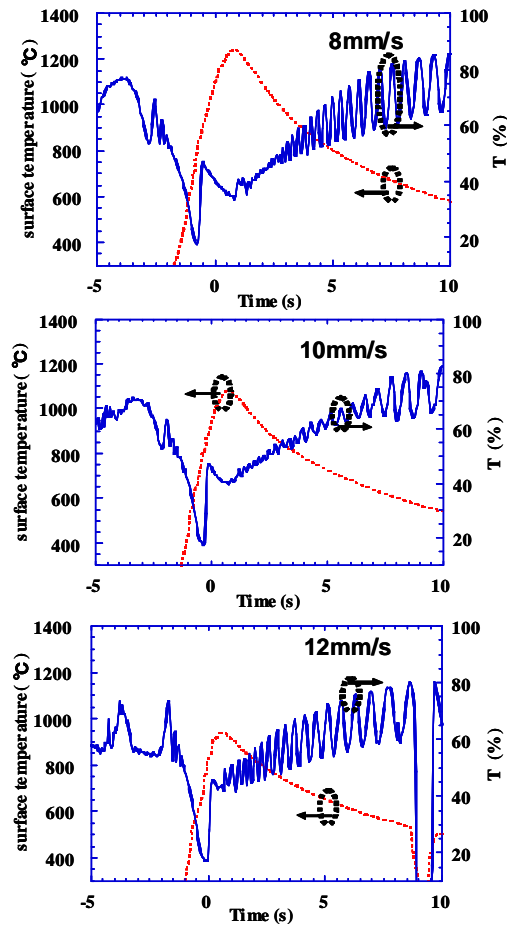


図1 異なる基板ステージ速度で結晶化した際の表面温度、透過率 (655nm)の時間変動 (t=0付近の透過率変化が、SPC過程を示す)

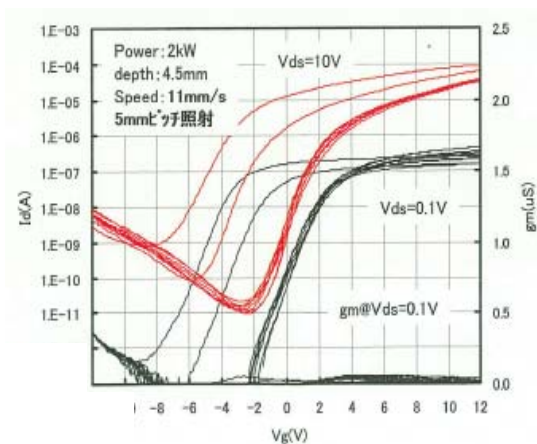


図2 TFTのトランスファ特性

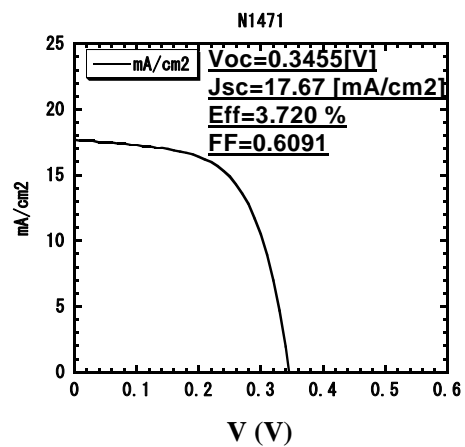


図3 太陽電池のI-V特性

4. 本研究に関する成果

○論文発表

Yi Ding, and H. Shirai, “White light emission from silicon oxycarbide films prepared by using atmospheric pressure microplasma jet”

J. Appl. Phys. **105**,043515 (2009)

Yi Ding, D. He, and H. Shirai, “Deposition of low dielectric constant SiOC films by using an atmospheric pressure microplasma jet”

J. of Phys. D: Appl. Phys. **42**, 125503 (2009)

Yi Ding, J. Jin, H. Jia, and H. Shirai, “Silicon oxide synthesized by using an atmospheric pressure microwave plasma jet from a tetraethoxysilane and oxygen mixture” Thin Solid Films (印刷中)

Yi Ding, and H. Shirai, “Local are deposition of SiOC films by using a very-high-frequency atmospheric pressure microplasma jet from tetraethoxysilane” ECS Transactions, 25, (accepted)

N. Ohta, Y.Imamura, H. Shirai, “Real time monitoring of transmittance/reflectance during the plasma annealing of a-Si” ECS Transactions, 25, (accepted)

N. Ohta, H. Shimizu, H. Jia, T. Kobayashi, and H. Shirai, 「大気圧プラズマによるa-Si結晶化過程の実時間その場計測」 プラズマ応用科学(2009)10月掲載予定

○学会発表

第23回アモルファス・ナノ結晶の物理とその応用に関する国際会議 (ICANS23) (平成21年8月) オランダ・ユトレヒト大学

Y. Ding, H. Shirai, “Microstructure and dielectric properties of silicon oxycarbide films deposited by using an atmospheric pressure microplasma jet” ID57

第23回アモルファス・ナノ結晶の物理とその応用に関する国際会議 (ICANS23) (平成21年8月) オランダ・ユトレヒト大学

H. Shirai, “Real time monitoring of the transmittance and reflectance during the plasma annealing of amorphous silicon.

EU-CVD国際会議 (ウィーン) 平成22年10月

第22回プラズマ材料科学シンポジウム (SPSM-22) (東京大学)

Amorphous SiOC films synthesized by an atmospheric pressure microplasma jet: Characterization and its application as a gate insulator of ZnO-TFTs” Y. Ding,

J. Jin, H. Jia, and H. Shirai, A4-2 (pp-82)

第70回応用物理学会学術講演会 (富山大学)

5. 外部資金

科学技術振興機構 (JST) : 平成18-21年度

科学研究費補助金 : 平成21-23年度