

研究成果最適展開支援事業 (A-STEP) FS ステージ (シーズ顕在化) 事後評価報告書

プロジェクトリーダー (企業責任者) : 三井造船 (株)

研究責任者 : 高知工科大学 古田 守

研究開発課題名 : 次世代薄膜トランジスタ実現に向けた大面積基板対応ナノ結晶シリコン製膜プロセス・装置化技術の開発

1. 研究開発の目的

現在、大画面液晶 (LCD) のスイッチング素子には非晶質シリコン (a-Si:H) 薄膜トランジスタ (TFT) が用いられているが、次世代ディスプレイ実現のためには、電子移動度・信頼性の両面から a-Si:H TFT の限界が指摘されている。大面積・高移動度の実現が期待できる高密度プラズマ気相成長 (PCVD) 法によるナノ結晶 Si 製膜は太陽電池分野向けには活発に研究されているが、TFT 応用においては技術課題が多く未だ事業化成功事例はない。TFT 応用におけるナノ結晶 Si 製膜技術 (PCVD 法) の現状課題は、1) 大面積化が可能な高密度プラズマ源の開発、2) 製膜初期層 (核形成) 層の結晶性制御であり、これまでも多くの高密度プラズマ源を用いた提案がなされているが、製膜初期層の結晶制御技術に関しては未確立である。高密度プラズマ源に加えて製膜初期層の結晶制御に関する新たなシーズ技術の確立が必要である。

2. 研究開発の概要

①成果

本研究開発において目指すべき目標として 1) 薄膜トランジスタにおいて、電子移動度 $2.5\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}$ 以上を示す高性能ナノ結晶 Si 製膜プロセス技術の確立、2) 製品機の雛形となるスケールアップ可能な装置コンセプトの完成、高密度プラズマ源の大型化の可能性検討、を設定した。成果として 1) では、基板パルスバイアス印加による欠陥補償などの技術を適用し、製膜初期層の結晶性を高めるプロセス技術を開発することで、結晶化率 70% を達成し、電子移動度については目標には届かなかったものの $2.1\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}$ を得て、実用に使える装置としてのめどが立った。2) については、プラズマ源の電極構造の最適化を行い、膜厚均一性 $\pm 3\%$ を達成、また最適化されたプラズマ生成電極において大面積プラズマシミュレーションを行い、装置を大型化する場合の知見を得た。

②今後の展開

大型フラットパネルディスプレイ向けのスイッチング素子として、非晶質シリコンに代わる材料として、ナノ結晶シリコンと酸化物半導体が精力的に研究されているが、非晶質シリコンを使ったディスプレイの製造ラインがそのまま流用できるナノ結晶シリコンは、現実的に見て非常に有力である。我々としては、本研究開発で得られた成果をもとに、大面積基板対応など製品化に向けた研究開発を着実に進めていきたいと考えている。また、高密度プラズマ源と低周波両極性パルス基板バイアス技術を用いて、高品質なナノ結晶シリコンを成膜できる技術を確立できたので、これらの技術を用いた新たな応用展開も図っていききたいと考えている。

3. 総合所見

当初の目標に対して、一定の成果は得られた。

パルスバイアス印加による製膜初期過程の結晶性改善の効果を新規製膜装置作製により実機で実証するという産学連携による進展が見られ、装置の特許出願に繋がった。競合優位性のある薄膜トランジスタ実現に向けて、総合的な要求性能向上を目指しての継続的研究が期待される。