

論文要旨

Abstract

パネル上高性能薄膜素子をめざしたスパッタシリコン膜の結晶化に関する研究

Advanced Crystallization of Sputtered Si Films for System on Panel technology

In this work, novel processes to realize advanced poly-Si TFTs and Si thin film photo-sensors for new generation displays as well as for photovoltaic devices for the futuristic System on panel (SoP). Si thin films were deposited by radio frequency (rf) sputtering and the effect of the deposition parameters of rf power, pressure and gas species (Ar or Ne) on properties of the Si film were investigated. The precursor a-Si film deposited on high-temperature durable glass (Jade[®]) was crystallized by using a two-steps rapid thermal annealing (RTA) method to obtain fine grained poly-Si suitable for active matrix organic light emitting diode displays (AM OLED). Owing to the thermally durable glass, a poly-Si films of uniform grains of average grain size of 30 nm with a smooth surface could be obtained after annealing at 750°C. The internal stress in the Si on Jade glass was 100 times lower than that observed in the Si film deposited on conventional glass. A more controllable and uniform laser crystallization method -Blue multi-laser diodes annealing (BLDA) - was also introduced and studied intensively for the crystallization of sputtered Si thin films deposited on low cost glass and on plastic substrates. On the glass substrate, the results of spectroscopic ellipsometry (S.E.) show that Si films ranging from 0.02 to 1 μm can be successfully crystallized by BLDA using continuous wave mode (CW) at laser power around 4 W. The grain size increased with increasing laser power while the crystal orientation can be controlled by the laser power or the scanning speed. The results by atomic force microscopy (AFM) and of x-ray diffraction (XRD) of thinner film ($< 0.2 \mu\text{m}$) show poly-Si of smoothness and of determined crystal orientation plane promising for high performance TFTs, while BLDA for thicker Si films ($\sim 1 \mu\text{m}$), poly-Si of columnar structure favorable to-both photo-sensors and photovoltaic devices is obtained. Lateral large grains on the surface and fine grains columnar structure in the underlying layer are shown by cross-section transmission electron microscopy (x-TEM). The photoconductivity is also observed in the poly-Si films and the photosensitivity can be multiplied by 6 times after an additional hydrogenation. Furthermore, conspicuous crystallinity in 50 nm-thick Si films on polyimide (PI) substrates was confirmed by Raman spectroscopy. By using ATLAS devices simulator photo electrical performance was evaluated and new structure lateral photodiodes is proposed for higher conversion and quantum efficiency integrated poly-Si photodiode.

High performance poly-Si TFTs and thin film photovoltaic devices for next generation system SoP can be expected.

Mugiraneza Biregeya Jean de Dieu

(様式第5-2)

2011年8月9日

琉球大学大学院
理工学研究科長 殿

論文審査委員

主査 氏名 野口隆

副査 氏名 葉文昌

副査 氏名 比嘉晃

印

印

印



学位（博士）論文審査及び最終試験の終了報告書

学位（博士）の申請に対し、学位論文の審査及び最終試験を終了したので、下記のとおり報告します。

記

申請者	専攻名 生産エネルギー工学専攻 氏名 Mugiraneza Biregeya Jean de Dieu 学籍番号 088602F	
指導教員	野口隆	
成績評価	学位論文 合格	最終試験 合格
論文題目	Advanced Crystallization of Sputtered Si Films for System on Panel Technology パネル上高性能薄膜素子をめざしたスパッタシリコン膜の 結晶化に関する研究	
審査要旨（2000字以内） 将来のシステムオンパネルとして次世代ディスプレイ駆動に用いられる薄膜トランジスタ（TFT）、薄膜光センサおよび光電変換素子集積を実現すべく、有効なSi製膜と、結晶化法、結晶化機構に関する研究がなされた。 高耐熱ガラス上に薄膜Siを堆積させた後、急速加熱処理（RTA）法を用いて結晶化を行った。その膜の電気的、光学的特性および結晶性を解析した結果、有機EL（AM-OLED）ディスプレイの駆動用TFT素子に要求される微細な結晶粒が得られて、その平均粒径は約30nmであることがわかった。新しい高耐熱性ガラス基板を用いることで、通常ガラス上に対しては困難であった750°Cまでの加熱が可能となり、表面平坦性がよく、既存ガラス上のSi膜に比べて低い内部応力を有する膜を得ることができた。 次に、より制御性がよくて有効な結晶化法として、青色半導体レーザによ		

るアニール研究を共同研究として推進した。将来のフレキシブルディスプレイ実現を念頭に、室温製膜可能なスパッタ法によりガラス上にSi膜を堆積させた。この膜に対して、連続発振 (CW) で、455nmの波長のレーザービームを照射させ、結晶化前後の膜物性を解析した。分光エリプソメトリ (SE) 解析の結果では、レーザーパワーとそのスキャン速度の条件を選ぶことにより良好で安定な結晶化が実現された。レーザーパワー出力を増加させることで、 $0.02\mu\text{m}$ から $1\mu\text{m}$ まで結晶粒径を増大、変化させることができることを見出された。Si膜厚の変化させて結晶化実験を行った結果では、 500mm/s のスキャン速度で、照射パワーを制御してアニールを行えば、 $0.2\mu\text{m}$ の厚さまでは表面が比較的平坦で、(111)結晶面方位が優先である微細な結晶粒が得られることが、X線回折法 (XRD) および透過電子顕微鏡観察 (TEM) より明らかになった。さらに、 $0.5\mu\text{m}$ 厚以上 ($<1\mu\text{m}$ 厚) の膜厚を厚くしたSi薄膜に対しても膜全体を結晶化させることが可能であり、微小粒径ではあるが柱状構造の結晶化膜が実現されることを見出した。上記の実験結果に対して有効な熱計算を適用することで、より正確にSi膜結晶化機構を解析した。薄いSi膜 ($<200\text{nm}$) に対するレーザー結晶化の研究成果は、有機ELや液晶 (LCD) パネルの駆動のための高性能TFT素子実現が期待される一方、厚い膜に対しての結果は、高性能太陽電池や光センサなど次世代光電パネルへの応用が期待される。

最後に、フレキシブル基板上のSi膜に対しても結晶化を試みた。耐熱性の優れたポリイミド (PI) を採用し、その下地膜構造を工夫して、 50nm 厚のSi膜を堆積させた後、青色レーザーアニール (BLDA) を施した。この結果、下地基板を变形させないで、結晶性のよい微細結晶粒Si膜が実現できた。

現在、ガラス上につくる高性能平面ディスプレイ製造において、パルスの紫外光によるExcimer Laser Annealing (ELA) 法による低温ポリシリコン (LTPS) プロセスが採用されている。ELA法に替わり、青色レーザーを使ったSi薄膜結晶化の研究成果は、次世代のガラスやプラスチック上に作るシステムオンパネル (SoP) 実現のための新しい低温プロセス結晶化として期待される。

このように、今後の低温ポリシリコン製造プロセスにおいて重要な結晶化機構を解明することを目的に、共同研究を有効に活用し、実験を中心に研究をすすめ、重要な知見を得た。さらに、熱解析を用いてシリコン薄膜の温度上昇の計算シミュレーションと実験結果を比較させることで結晶化機構のより正確な知見を得た。

以上、得られた知見は、将来のTFT、光電パネルシステム実現に期待でき、製造プロセスの指針となると考えられる。

したがって、本研究成果は工学的に有用であり、提出された学位論文は博士の学位論文に相当するものと判断し、学位論文の審査を合格とする。また、論文発表会における発表ならびに質疑応答において、申請者は専門分野および関連分野の十分な知識ならびに琉球大学大学院理工学研究科博士後期課程修了者として十分な研究能力を有していることが確認できたので最終試験を合格とする。