

論文内容要旨 (和文)

平成24年度入学 大学院博士後期課程

有機材料工学専攻 有機デバイス分野

氏 名 杉本 重人



論文題目 大型ディスプレイ向けTFT基板のレーザーアニール処理に関する研究

近年、テレビ、モニタなどの情報表示デバイスは液晶や有機ELを用いた薄型パネルが主流となり、軽く、薄いパネルを採用することからフラットパネルディスプレイ (FPD) として広く採用されている。この FPD の原理はガラス基板上に形成された薄膜トランジスタ (TFT) を駆動して、液晶では液晶分子の配向方向を電氣的に制御してバックライトの透過率を調整し、一方、有機 EL では電極上に形成された有機 EL 膜に流れる電流を制御して自発光強度を調整して画像を表示する。どちらの方式においても表示を制御しているものは TFT ガラス基板である。

この TFT に使用されている半導体材料は、安定して量産できるアモルファスシリコン (a-Si) 膜であり、低温で形成できることからガラス基板に対して熱的負荷が少なく、大面積の成膜が容易に行える。しかし、TFT 電気特性としての電子移動度は $0.5 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ と非常に低く、今後のディスプレイの高精細化や大面積化に対応できない。また、有機 EL ディスプレイは電流制御のため、やはり a-Si 膜では対応できない。

そこで、一般的には高電子移動度が必要な場合は、多結晶シリコン (poly-Si) が採用される。poly-Si 膜は、a-Si の再結晶化プロセスでガラス基板に熱負荷を与えない低温 poly-Si プロセス (LTPS) にて形成される。LTPS では非常に短い数十ナノ秒の短パルスレーザーで瞬間的に a-Si 膜を局所的に加熱し、ガラスを加熱することなく、熔融、再結晶化 (poly-Si 化) させることができる方式であり、紫外エキシマレーザーが使われる (レーザーアニール処理)。しかしながら、この方法ではレーザーをライン状に集光してガラス基板全面を処理するため、画素内で高々数%しかない TFT チャネル部分の a-Si 膜をアニール処理するには非常に効率が悪い。

そこで本研究では TFT チャネル領域のみを直径数百 μm のマイクロレンズを TFT の配列ピッチでアレイ状に形成したマイクロレンズアレイ (MLA) により選択的にアニールすることで、アニール処理効率を飛躍的に向上させ、処理速度向上、ランニングコスト低減可能な技術を検討した。また、従来から使用されているエキシマレーザーはランニングコストが非常に高いことから、低コストで運用可能な Nd:YAG パルスレーザーを電氣的に制御可能なロングパルス化したレーザーアニール処理に適したレーザーシステムも検討した。

さらに MLA とロングパルス Nd:YAG レーザを使用したレーザーアニール装置を製作し、実際の TFT ゲートパターン上にある a-Si 膜を局所的に $\pm 1.5 \mu\text{m}$ の位置精度でレーザー照射して再結晶化できることを確認した。また、このレーザーアニール処理した TFT ゲートパターン基板を後工程に流し、ボトムゲート構造の TFT ガラス基板とし、TFT の電気特性を検証した。その結果、従来の a-Si 膜 TFT の電子移動度の約 10 倍の $5 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ であることを確認し、初めて局所的なレーザーアニール処理でも高電子移動度の高性能 TFT 素子構造が実現できることを実証した。

以上

学位論文の審査及び最終試験の結果の要旨

平成28年2月16日

理工学研究科長 殿

課程博士論文審査委員会

主査 中山健一



副査 時任静士

印

副査 夫 勇進



副査

印

学位論文の審査及び最終試験の結果を下記のとおり報告します。

記

論文申請者	有機材料工学専攻・有機デバイス分野		氏名 杉本重人
論文題目	大型ディスプレイ向け TFT 基板のレーザーアニール処理に関する研究		
学位論文審査結果	合格	論文審査年月日	平成28年2月12日～ 平成28年2月15日
論文公聴会	平成28年2月15日	場 所	工学部 11 号館 2 階大会議室
最終試験結果	合格	最終試験年月日	平成28年2月15日

学位論文の審査結果の要旨 (1,000 字程度)

本学位論文は全5章から構成され、液晶ディスプレイや有機 EL ディスプレイにおいて画素の輝度制御に用いられる薄膜トランジスタ (TFT) の新規な製造方法について記述しており、その内容及び審査結果について下記に示す。

TFT には非晶質シリコン (a-Si) や多結晶シリコン (LTPS) が用いられており、LTPS は高移動度のうえ、安定性にも優れ、高精細中小型ディスプレイに広く採用されている。しかし、エキシマーレーザーをもちいる従来のアニール法では大型化に課題を抱えており、本論文では従来のアニール法に比べて低コストでしかも大型化が可能な YAG レーザーを用いたアニール法について検討した。

第2章から3章にかけて、低温アニールに適した新規パルスレーザーの検討と a-Si のアニール処理について記載してある。a-Si は紫外から 500nm 程度までは光吸収率が高いが、YAG レーザーの 1064nm 付近には吸収がない。そこで、まず 532nm のパルスレーザー照射により a-Si を熔融し、急速冷却を防ぐ目的で引き続き熔融した Si を 1064nm のレーザー照射により継続加熱することにより結晶成長させることを試みたところ、結晶化は 1064nm パルスの照射時間に依存して結晶グレインが成長することがわかった。結晶がレーザー照射した中心より外側に向かって成長していることから、熱拡散の方向を制御することによりトランジスタのソース電極とドレイン電極のチャンネルに合わせて成長させることができることがわかった。

第4章では、マイクロレンズアレイを用いた高効率アニールプロセスについて検討している。トランジスタのチャンネル部分であるゲート電極上だけをレーザーアニールするために、マイクロレンズアレイを設計、試作して大面積かつ局所アニール法を検討した。レーザー光特有の干渉縞による照度ムラを防ぐために、ニオブ酸リチウム結晶を用いたレーザースクランブラを設置することにより、照度分布を一定にすることに成功し、大面積一括照射を可能にした。実際に、ボトムゲート型の薄膜トランジスタを作製したところ、1回のレーザー照射により 5 cm²/VS に達する移動度が観測され、アニール前の 0.5 cm²/VS に比べ 10 倍の高移動度化が見られた。

本研究の成果は、3報の査読付きの学術論文として発表されている。また、米国での国際学会において1報の口頭発表を行っており、成果については十分である。

以上を総合的に判断し、本論文に関する研究及びその成果は、博士 (工学) 学位論文の研究としての水準を満足しているため、合格と判定した。

最終試験の結果の要旨

本学の規定に従い、本学位論文および当該研究分野に関して口頭により最終試験を行った。本論文に関する45分の口頭発表の後、45分の質疑応答を行ったところ、論文申請者は質問に対して適切かつ具体的な説明を行った。学位論文の内容は独創的かつ斬新で、関連分野に関する理解度も十分であり、博士として必要とされる研究能力および専門知識を十分に備えているものと判断し、合格と判定した。