

論文内容の要旨

博士論文題目 高性能薄膜トランジスタの実用化をめざした
大粒径シリコン作製手法の研究

氏名 平松 雅人

(論文内容の要旨)

多結晶シリコン (poly-Si) は、非晶質シリコン (a-Si) と単結晶シリコンの中間に位置する結晶粒の集合した材料であり、a-Si よりも高移動度を示す。そのため poly-Si を用いて作製した薄膜トランジスタ (TFT) は、液晶ディスプレイの液晶駆動素子のみならず、その液晶駆動素子を動作させるために外周部に設置された回路部分にも適用可能であり、実装されている IC チップの代替機能を担うことが期待されている。結晶半導体デバイスに適用されている縮小則を TFT に適用して poly-Si TFT の電気特性向上を目指す、電気特性向上のみならず外周部回路の小型化が可能であることから、配線部分の電力損失の低減・ディスプレイ全体のサイズ低減にも貢献することができる。

本研究においては、TFT のチャンネルサイズを小型化した場合のトランジスタ特性変化を調べるために、チャンネル長 $0.5\mu\text{m}$ の TFT を作製し特性評価を行なった。チャンネルサイズが小さくなるにつれ、電気特性の平均値は向上するものの、バラツキは大きくなることがわかった。このばらつきの原因は、チャンネル内の結晶粒界数のバラツキである。結晶粒径が $0.3\text{--}0.5\mu\text{m}$ であるため、チャンネル内の粒界数がチャンネル長 $0.5\mu\text{m}$ では平均化できなくなったと考えられる。ばらつきの小さなトランジスタを得るためには、想定チャンネルサイズよりも充分大きな結晶粒を作製する必要がある。

次に、大粒径の Si 結晶粒を作製するために Si 初期膜形成装置および初期膜構造を設計・製作した。Si 初期膜中の不純物濃度を変化させるために、高純度 Si 初期膜中にイオン注入法により注入量を変化させたのち、レーザ照射実験を行ない不純物濃度と横方向成長距離との関係を調べた。Si 初期膜中の不純物濃度が増加することにより横方向成長距離は小さくなることがわかったが、これは膜中不純物により横方向成長が阻害されていることを示している。横方向成長距離の延伸のためには、Si 初期膜中の不純物濃度を低減させる必要がある。また、光学計算・過渡温度分布計算から光吸収キャップ層を用いた試料構造としたところ、透明キャップ層を用いた場合には $4.2\mu\text{m}$ であった横方向成長距離は $9.7\mu\text{m}$ にも達することを示した。

本研究結果は、素子サイズの小型化に適用可能な、なおかつメーター角級の大型基板でのプロセスにも適した方法を提示することができ、今後の液晶ディスプレイをはじめとするガラス基板上デバイスへの応用も含め、重要な知見となる。

氏名	平松 雅人
----	-------

(論文審査結果の要旨)

本論文提出者は、高性能薄膜トランジスタの実用化をめざした大粒径シリコン作製手法についての研究を行った。多結晶シリコン (poly-Si) は、非晶質シリコン (a-Si) と単結晶シリコンの中間に位置する結晶粒の集合した材料であり、a-Si よりも高移動度を示す。そのため poly-Si を用いて作製した薄膜トランジスタ (TFT) は、液晶ディスプレイの液晶駆動素子のみならず、その液晶駆動素子を動作させるために外周部に設置された回路部分にも適用可能であり、実装されている IC チップの代替機能を担うことが期待されている。結晶半導体デバイスに適用されている縮小則を TFT に適用して poly-Si TFT の電気特性向上を目指す、電気特性向上のみならず外周部回路の小型化が可能であることから、配線部分の電力損失の低減・ディスプレイ全体のサイズ低減にも貢献することができる。本研究においては、TFT のチャネルサイズを小型化した場合のトランジスタ特性変化を調べるために、チャネル長 $0.5\mu\text{m}$ の TFT を作製し特性評価を行なった。チャネルサイズが小さくなるにつれ、電気特性の平均値は向上するものの、バラツキは大きくなることがわかった。このばらつきの原因は、チャネル内の結晶粒界数のバラツキである。結晶粒径が $0.3\text{--}0.5\mu\text{m}$ であるため、チャネル内の粒界数がチャネル長 $0.5\mu\text{m}$ では平均化できなくなったと考えられる。ばらつきの小さなトランジスタを得るためには、想定チャネルサイズよりも充分大きな結晶粒を作製する必要がある。次に、大粒径の Si 結晶粒を作製するために Si 初期膜形成装置および初期膜構造を設計・製作した。Si 初期膜中の不純物濃度を変化させるために、高純度 Si 初期膜中にイオン注入法により注入量を変化させたのち、レーザ照射実験を行ない不純物濃度と横方向成長距離との関係を調べた。Si 初期膜中の不純物濃度が増加することにより横方向成長距離は小さくなることがわかったが、これは膜中不純物により横方向成長が阻害されていることを示している。横方向成長距離の延伸のためには、Si 初期膜中の不純物濃度を低減させる必要がある。また、光学計算・過渡温度分布計算から光吸収キャップ層を用いた試料構造としたところ、透明キャップ層を用いた場合には $4.2\mu\text{m}$ であった横方向成長距離は $9.7\mu\text{m}$ にも達することを示した。

以上のように、本論文は次世代のディスプレイに向けて必要不可欠な高性能薄膜トランジスタを実現する大粒径シリコン作製手法を提案しており、学術的に意義深い。よって審査委員一同は、本論文が博士 (工学) の学位論文として価値あるものと認めた。