

論文内容の要旨

博士論文題目 高性能多結晶シリコン薄膜トランジスタの超低温作製と
新規手法による電子物性評価

氏名 町田 絵美

論文内容の要旨

多結晶シリコン薄膜トランジスタ(poly-Si TFT)は優れた電気特性を有し、高精細ディスプレイや多機能ディスプレイの駆動素子に用いられている。poly-Si TFT をプラスチック基板上に作製できれば、システム・オン・フレキシブルディスプレイといった次世代ディスプレイが実現できる。その為には、結晶化・欠陥不活性化工程を 200°C 以下に低温化する必要がある。また poly-Si は面方位の異なる単結晶 Si の集合体であり、粒内・粒界に存在する電氣的欠陥が素子特性に影響を及ぼすと考えられている。本研究では poly-Si TFT の 200°C での作製および粒内・粒界を区別した局所電気特性評価の確立を目指す。

poly-Si TFT を 200°C 以下の超低温で作製する技術として、水中で試料へレーザー照射を行う「水中レーザーアニール：WLA」を提案した。従来の一般的手法である大気中レーザーアニール(LA)にて形成した poly-Si 膜と比較して、WLA では大粒径かつ均一な結晶粒、すなわち高品質 poly-Si 膜が形成された。また、WLA によりプラスチック基板上で poly-Si 薄膜を形成した結果、結晶化率の最大値は 96%でガラス基板上 WLA poly-Si と同等であり、プラスチックフィルム上においても、高品質 poly-Si 膜の形成を実現した。続いて、WLA による poly-Si TFT の欠陥不活性化を試みた。WLA 後 TFT 特性は改善し、移動度が約 30%増加し、オン/オフ比と S 値も向上した。さらに poly-Si 膜の水素濃度増加が認められ、WLA 中に発生した水蒸気中の水素によって電氣的欠陥が補償され、特性が向上したと考えられる。以上のように、WLA を用いることによって poly-Si TFT 作製プロセスにおける 2つの高温プロセスの低温化を達成した。

電流検出型原子間力顕微鏡(C-AFM)および表面電位顕微鏡(KFM)を用いた poly-Si 膜の局所電気特性評価を提案した。C-AFM の繰返し測定により、poly-Si 膜の同一領域での電流変化を評価した。粒内ではスキャン回数増加と共に電流値が著しく低下したのに対し、粒界ではスキャン回数増加による電流値低下は見られなかった。また、C-AFM 測定前後で行った KFM 測定により、粒内で 45 mV、粒界で 17 mV の電位上昇を確認した。粒内には孤立欠陥準位が存在し、C-AFM 測定中にこれらの準位からカンチレバー側へ電子放出が生じる。繰返し測定の結果、粒内の欠陥準位が正に帯電して電流低下が生じたと考えられる。一方粒界では、高密度欠陥準位を介した電子の移動の為、欠陥準位の帯電は生じにくく導電率低下が生じなかったと考えられる。以上のように、poly-Si 薄膜の電気特性評価手法として C-AFM および KFM を用い、結晶粒内・粒界を区別した電子物性評価が可能であることを示した。

氏名	町田絵美
----	------

(論文審査結果の要旨)

本論文提出者は、次世代ディスプレイの実現に向けた多結晶シリコン (poly-Si TFT) 薄膜トランジスタの低温形成および高性能化についての研究を行った。多結晶シリコン薄膜トランジスタ (TFT) は優れた電気特性を有し、高精度ディスプレイや多機能ディスプレイの駆動素子に用いられている。poly-Si TFT をプラスチック基板上に作製できれば、システム・オン・フレキシブルディスプレイといった次世代ディスプレイが実現できる。その為には、結晶化・欠陥不活性化工程を 200°C 以下に低温化する必要がある。本研究では poly-Si TFT の 200°C での作製および粒内・粒界を区別した局所電気特性評価の確立を目指した。poly-Si TFT を 200°C 以下の超低温で作製する技術として、水中で試料へレーザー照射を行う「水中レーザーアニール: WLA」を提案した。従来の一般的手法である大気中レーザーアニール(LA)にて形成した poly-Si 膜と比較して、WLA では大粒径かつ均一な結晶粒、すなわち高品質 poly-Si 膜が形成された。また、WLA によりプラスチック基板上で poly-Si 薄膜を形成した結果、結晶率の最大値は 96% でガラス基板上 WLA poly-Si と同等であり、プラスチックフィルム上においても、高品質 poly-Si 膜の形成を実現した。続いて、WLA による poly-Si TFT の欠陥不活性化を試みた。WLA 後 TFT 特性は改善し、移動度が約 30% 増加し、オン/オフ比と S 値も向上した。さらに poly-Si 膜の水素濃度増加が認められ、WLA 中に発生した水蒸気中の水素によって電氣的欠陥が補償され、特性が向上したと考えられる。以上のように、WLA を用いることによって poly-Si TFT 作製プロセスにおける 2 つの高温プロセスの低温化を達成した。一方、電流検出型原子間力顕微鏡(C-AFM)および表面電位顕微鏡(KFM)を用いた poly-Si 膜の局所電気特性評価を提案した。C-AFM の繰返し測定により、poly-Si 膜の同一領域での電流変化を評価した。粒内ではスキャン回数増加と共に電流値が著しく低下したのに対し、粒界ではスキャン回数増加による電流値低下は見られなかった。繰返し測定の結果、粒内の欠陥準位が正に帯電して電流低下が生じたと考えた。一方粒界では、高密度欠陥準位を介した電子の移動の為、欠陥準位の帯電は生じにくく導電率低下が生じなかったと考えた。以上のように、poly-Si 薄膜の電気特性評価手法として C-AFM および KFM を用い、結晶粒内・粒界を区別した電子物性評価が可能であることを示した。

以上のように本論文は、シリコン多結晶半導体を用いた薄膜トランジスタの低温形成や高性能化に向けて、新しい手法を考案し、それが有効であることを実証しており、学術的に意義深い。よって審査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。