

京都大学	博士 (工 学)	氏名	平 松 孝 浩
論文題目	酸化亜鉛薄膜の物性制御とその薄膜トランジスタ応用に関する研究		
(論文内容の要旨) 本論文は、酸化亜鉛 (ZnO) 薄膜合成技術や、微細加工技術に基づいた ZnO 薄膜トランジスタ (TFT) 作製プロセスの確立、TFT の高性能化、信頼性改善を図ることで、ZnO-TFT 技術のディスプレイ応用の実用化への礎を築くことを目的とした研究についてまとめたものであり、全 7 章から構成されている。 第 1 章は序論であり、本研究における背景として、ZnO の物性とその応用、液晶ディスプレイ (LCD)、TFT の現状と課題に関して説明し、本研究の位置づけを明確とすると共に、研究の目的、論文の構成について述べている。とくに、薄膜の作製、熱処理、微細加工等の個々の要素技術が TFT 特性に与える影響を明確にし、それらを総合して TFT の高性能化を図ることが必要であると強調している 第 2 章では、本研究に用いた ZnO 薄膜の製膜技術および TFT 作製に用いた製膜装置、ドライエッチング装置について、その原理と使用した装置構成について述べている。 第 3 章では、TFT 応用を目的とした ZnO 薄膜製膜における結晶性制御技術及び熱安定性について、製膜パラメータが及ぼす影響について調べ、その要因がスパッタ法による製膜時における酸素活性種および Ar 活性種の影響によるものであることを明らかにすると共に、ZnO-TFT 応用に適する ZnO 薄膜の物性及び製膜条件を明確にしている。さらに、TFT 応用のための、ZnO の物性と下地層との相関について調べ、ボトムゲート (Bottom-gate) 型 TFT を想定した場合の、ゲート絶縁膜種の選定を行っている。また、ドライエッチング法による ZnO 薄膜の微細加工技術について実験を行った結果、そのエッチングメカニズムを明らかにし、さらに ZnO 薄膜の加工形状制御が可能であることを示している。 第 4 章では、TFT の基本的な動作原理について説明を行い、第 3 章で得られた各要素技術を基盤とした ZnO-TFT 作製プロセス技術について、トップゲート (Top-gate) 構造、Bottom-gate 構造それぞれについて述べ、実際に TFT を作製した実験結果について記述している。また、作製した TFT の動作特性を評価し、構造による TFT 特性の差異や課題を明らかにすると共に、ZnO-TFT が LCD 駆動に対して十分な性能を有することを示している。			

第 5 章では、第 3、4 章で得られた知見をもとに、実際に ZnO-TFT をアレイ状の駆動回路として用いた 61600 万画素 LCD を試作し、その原理実証を行った結果について述べている。また、この LCD 駆動については、Top-gate、Bottom-gate 構造の両方について行い、TFT 特性と画像表示結果についての差異やその課題について述べている。この結果を通じ、ZnO-TFT のディスプレイ応用に関してその可能性を明確に示している。

第 6 章では、Bottom-gate 型 ZnO-TFT における ZnO 薄膜の物性、ZnO とゲート絶縁膜界面、ゲート絶縁膜が TFT 特性、均一性、信頼性に与える影響を明らかとし、その要因について欠陥準位密度解析により明らかにし、TFT 特性の均一化、信頼性向上を行った結果について述べている。これらの結果は、ZnO-TFT の動作メカニズムを理解しさらなるデバイス応用を行う上で、重要な成果である。

第 7 章は結論であり、本論文で得られた成果について要約するとともに、研究成果の波及効果および今後の展開について提言を行っている。

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、酸化亜鉛 (ZnO) の薄膜トランジスタ (TFT) への応用を目指す観点から、酸化亜鉛薄膜の物性制御を達成し、TFT による液晶ディスプレイ駆動を実証するとともに、界面準位制御により TFT の信頼性と均一性を向上させるという研究成果をまとめたものであり、主な成果は次のとおりである。

1. ZnO 製膜時のパラメータ依存性が結晶成長に及ぼす影響とそのメカニズムについて解析を行い、結晶性制御技術を達成した。また、製膜パラメータと ZnO の熱的安定性との関係を調べ、耐熱性に優れた ZnO 薄膜を実現した。さらに、TFT の作製のため、ZnO が製膜される下地層がその結晶性に与える影響を明確にし、ドライエッチング法による ZnO 薄膜の微細加工技術を達成した。
2. 上により達成した結果を基盤に ZnO-TFT を作製し、Top-gate 構造と Bottom-gate 構造の両方について TFT の動作特性を評価した。これにより、構造による TFT 特性の差異や課題を明らかにした。
3. 作製した ZnO-TFT を用いて液晶ディスプレイ駆動を実証し、ZnO-TFT の優れた特性を明確にした。また、Top-gate 構造と Bottom-gate 構造の TFT 特性と画像表示結果を比較し、Bottom-gate 構造が良好な結果をもたらすことを示した。
4. ZnO-TFT のさらなる高性能化を目的とし、ZnO のトラップ密度と ZnO 製膜条件との関係からその起源を明確にして低減を図り、界面処理により ZnO/ゲート絶縁膜界面準位密度の低減を達成した。あわせてゲート絶縁膜である SiO_x の製膜条件と信頼性の関係から TFT の劣化メカニズムを明確にし、その製膜条件の最適化によりゲート絶縁膜中の欠陥を減少させ TFT の高信頼化を達成した。

以上、本論文は酸化亜鉛を用いた薄膜トランジスタの応用に向けて、結晶性制御技術、耐熱安定性制御技術、微細加工技術、界面制御技術を確立し、ディスプレイをはじめ多様な用途への応用に大きく貢献したものであり、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成 23 年 2 月 2 日論文内容とそれに関連した口頭試問を行った結果合格と認めた。