

論文内容の要旨

博士論文題目

原子層堆積法による高機能酸化物半導体を用いた薄膜トランジスタの低温形成とその評価

氏名 川村 悠実

(論文内容の要旨)

近年、フレキシブルディスプレイや透明ディスプレイなどの次世代ディスプレイの実現に向けて、画素駆動素子である薄膜トランジスタ (TFT) を形成する半導体材料として酸化物半導体が注目されている。次世代ディスプレイの画素駆動用 TFT では、高移動度 ($>10\text{cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$) を有し、 150°C 以下の低温プロセスでの作製が可能であるといった条件が求められる。これらの要求される条件を満たす新たな TFT 材料として、酸化物半導体の中でも酸化亜鉛 (ZnO) が有望視されている。本研究では、この ZnO 膜の形成手法として、原子層堆積 (ALD) 法の適用を提案した。ALD 法は半導体素子製造分野においてすでに利用されている手法の一つであり、また、低温でも高品質で緻密な膜の形成が可能であることから、ディスプレイへの応用に適した成膜手法であると考えられる。そこで、本研究では ALD 法により堆積した薄膜を使用し、次世代ディスプレイに要求される条件を満たす高性能 ZnO TFT の作製を目的とした。

これまで ZnO TFT の作製において、その特性の向上のために高温での熱処理が必要となっていた。そこで、高品質な ZnO 膜を低温で形成するために、反応の活性化にプラズマを利用するプラズマ ALD (PA-ALD) 法を提案し、その効果を調べた。その結果、本手法により堆積した ZnO 膜を用いた TFT では、従来の熱 ALD 法による膜よりも高い特性を示した。また、ZnO 膜中の残留不純物の低減および結晶性の向上といった膜質の向上が、TFT 特性の向上に寄与することが明らかとなった。さらに、これら膜質の向上を、高温熱処理を用いず行うため、PA-ALD 法での堆積時に使用するラジカル源を検討した。その結果、ラジカル源として水を使用することで、堆積温度の上昇や高温熱処理を使用せずに膜質が向上し、これに伴い TFT 特性も向上した。

さらに、これまでプラズマ援用気相堆積法 (PE-CVD) により 400°C 程度の高温で形成されている絶縁膜も低温で形成するため、低温でも高品質な膜の形成が可能であるという報告がされている ALD 法を用いて、アルミナ膜の形成を検討した。その結果、アルミナ膜の低温形成にも PA-ALD が有効であり、さらに ZnO TFT の特性向上が可能であることが明らかとなった。これらの検討で得られた条件を基に、フレキシブルなプラスチック基板上に TFT を作製した結果、次世代ディスプレイに要求される高い特性を持つ ZnO TFT の作製に成功した。

本研究によって得られた成果は、次世代の情報端末の実現に大きく寄与するものと考えられる。

氏名	川村悠実
----	------

(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酸化物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。近年、フレキシブルディスプレイや透明ディスプレイなどの次世代ディスプレイの実現に向けて、画素駆動素子である薄膜トランジスタ (TFT) を形成する半導体材料として酸化物半導体が注目されている。次世代ディスプレイの画素駆動用 TFT では、高移動度 ($>10\text{cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$) を有し、 150°C 以下の低温プロセスでの作製が可能であるといった条件が求められている。これらの要求される条件を満たす新たな TFT 材料として、酸化物半導体の中でも酸化亜鉛 (ZnO) が有望視されている。本研究では、この ZnO 膜の形成手法として、原子層堆積 (ALD) 法の適用を提案している。ALD 法は半導体素子製造分野においてすでに利用されている手法の一つであり、また、低温でも高品質で緻密な膜の形成が可能であることから、ディスプレイへの応用に適した成膜手法であると考えられる。そこで、本研究では ALD 法により堆積した薄膜を使用し、次世代ディスプレイに要求される条件を満たす高性能 ZnO TFT の作製を目的としている。これまで ZnO TFT の作製において、その特性の向上のために高温での熱処理が必要となっていた。そこで、高品質な ZnO 膜を低温で形成するために、反応の活性化にプラズマを利用するプラズマ ALD (PA-ALD) 法を提案し、その効果を調べた。その結果、本手法により堆積した ZnO 膜を用いた TFT では、従来の熱 ALD 法による膜よりも高い特性を示した。また、ZnO 膜中の残留不純物の低減および結晶性の向上といった膜質の向上が、TFT 特性の向上に寄与することが明らかとなった。さらに、これら膜質の向上を狙って、原料ガスを効率よく分解できるラジカル源を検討した。その結果、ラジカル源として水を使用することで、堆積温度の上昇や高温熱処理を使用せずに膜質が向上し、これに伴い TFT 特性も向上できることを見出した。さらに、これまでプラズマ援用気相堆積法 (PE-CVD) により 400°C 程度の高温で形成されている絶縁膜も低温で形成するため、本手法を用いてアルミナ膜の形成を検討した。その結果、アルミナ膜の低温形成にも PA-ALD が有効であり、さらに ZnO TFT の特性向上が可能であることが明らかとなった。これらの検討で得られた条件を基に、フレキシブルなプラスチック基板上に TFT を作製した結果、次世代ディスプレイに要求される高い特性を持つ ZnO TFT の作製に成功した。

以上のように本論文は、酸化物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。