

論文内容の要旨

博士論文題目 ゲート絶縁膜中フッ素添加による a -InGaZnO 薄膜素子における高信頼性化機構の解析

氏名 山崎 はるか

(論文内容の要旨)

ディスプレイは情報と人をつなぐインターフェイスとして最も重要なデバイスの一つであり、その需要は年々増加している。非晶質 In-Ga-Zn-O (a -IGZO) はフレキシブル、透明といった機能を持つ次世代ディスプレイの薄膜トランジスタ (TFT) 材料として近年注目されている。 a -IGZO は非晶質材料でありながら高い電子移動度を有し、従来の Si 系材料にはない室温成膜や透明といった特長を持つ。しかし、次世代ディスプレイの実現にあたり、電気的ストレスに対する信頼性の問題が指摘されている。本研究では、高信頼性次世代ディスプレイの実現に向けて、絶縁膜中含有水素量を低減し、さらにフッ素を添加することで a -IGZO TFT の信頼性向上を試み、様々な角度から解析、評価し、信頼性改善機構の解明を行った。

本研究では、原料ガスに SiF_4 と N_2 を使用することで膜含有水素量を低減したフッ化シリコン窒化膜 ($\text{SiN}_x\text{:F}$) を a -InGaZnO TFT のゲート絶縁膜 (GI) として用いた。 $\text{SiN}_x\text{:F}$ を用いた際の a -IGZO TFT の信頼性について解析を行った結果、GI にフッ素が含有されることで界面準位密度が減少し信頼性が向上することが分かった。TFT 作製時の最高温度を 150°C と低温化した場合においても、同様に $\text{SiN}_x\text{:F}$ を用いることで信頼性を向上することに成功した。耐熱温度の低いプラスチック基板を用いた場合においても $\text{SiN}_x\text{:F}$ を用いることで信頼性の向上が期待できることから、次世代フレキシブルディスプレイの実現を加速させる知見であると考えられる。

さらに化学結合状態の解析を行った結果、GI/ a -IGZO 界面において In と F が結合していることが分かった。In-O-Metal の結合角の多様性に起因した CBM 直下の裾状準位が減少し界面準位密度が減少すると考えられる。GI/ a -IGZO 界面における In と F の結合の形成により信頼性が向上するという信頼性改善機構を明らかにした。

この知見はフッ素含有絶縁膜により酸化物半導体との界面改質が可能であることを示しており、酸化物半導体素子の高性能化への応用が期待できる。

氏名	山崎 はるか
----	--------

(論文審査結果の要旨)

本論文は、フレキシブル、透明といった機能を持つ次世代ディスプレイの実現を目指した非晶質 In-Ga-Zn-O (*a*-IGZO) を用いた薄膜トランジスタ (TFT)に関する研究である。*a*-IGZO は非晶質材料でありながら高い電子移動度を有し、従来の Si 系材料にはない室温成膜や透明といった特長を持つ。しかし、次世代ディスプレイの実現にあたり、電氣的ストレスに対する信頼性の問題が指摘されている。本研究では、高信頼性次世代ディスプレイの実現に向けて、絶縁膜中含有水素量を低減し、さらにフッ素を添加することで *a*-IGZO TFT の信頼性向上を試み、様々な角度から解析、評価し、信頼性改善機構の解明を行った。本論文は 6 つの章から構成されている。

第 2 章では、フッ化シリコン窒化膜($\text{SiN}_x\text{:F}$ 膜)の製膜原料ガスに含まれる水素とフッ素の含有量を調節することで絶縁膜(GI)中の含有元素濃度を制御した。 $\text{SiN}_x\text{:F}$ を GI に用いることで TFT 電気特性の改善がみられることが分かった。

第 3 章では、 $\text{SiN}_x\text{:F}$ を用いた際の *a*-IGZO TFT の信頼性について解析を行った。さらに、ストレス時間に対する V_{th} シフト量を劣化モデルの式にフィッティングすることで、劣化機構の解析と信頼性改善機構の特定を試みた。その結果、GI にフッ素が含有されることで界面準位密度が減少し信頼性が向上することが分かった。

第 4 章では、化学結合状態の解析を行う事で信頼性改善に関与する元素の特定を試みた。GI/*a*-IGZO 界面において In と F が結合することで In-O-Metal の結合角の多様性に起因した CBM 直下の裾状準位が減少し界面準位密度が減少するという機構が信頼性の向上に寄与しているということが分かった。

第 5 章では、*a*-IGZO TFT の駆動時の発熱温度を調査した。 $\text{SiN}_x\text{:F}$ を GI に用いることで蓄熱による劣化を抑制可能であり、さらに *a*-IGZO チャネル幅をソース/ドレイン電極幅よりも小さい TFT 設計にすることで電極端で起こる局所発熱による劣化が起りにくく信頼性の向上が期待できることが分かった。

以上のように本論文は、酸化物半導体を用いた素子の高信頼性化機構の解明を目指し、新しい手法を提案し、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。