

# 論文内容の要旨

博士論文題目

溶液プロセスを用いたポリシロキサンパッシベーションによる  $\alpha$ -InGaZnO 薄膜  
トランジスタの信頼性向上とその機構に関する研究

氏 名 吉田 尚史

(論文内容の要旨)

次世代フレキシブルディスプレイの実現のために重要な半導体材料である金属酸化物半導体のアモルファス-InGaZnO ( $\alpha$ -IGZO)を用いた薄膜トランジスタ(TFT)の保護膜として、溶液プロセスにて塗布可能なシロキサン材料の研究を行った。この保護膜を用いることで、真空プロセスに比べ容易に製膜が可能であり、また高性能、高信頼性のデバイスを作製することができた。本論文では、保護膜として用いたシロキサンの合成と樹脂特性、TFT 保護膜として用いた際のデバイス特性、デバイス特性に影響するメカニズムの解明を行った。

第2章では、シロキサン樹脂を TFT の保護膜として用いる優位点を明確にするために合成と特性評価を行った。シロキサン樹脂は、酸や塩基による反応で簡便に合成可能で条件や官能基の変更により樹脂に特徴を与えた。可視光領域では非常に透明性が高く、優れた誘電特性を有し、ディスプレイの絶縁材として最適な材料であった。シロキサン樹脂に Q 構造を導入することにより耐熱性が向上し、さらに硬化性が向上することを明らかにした。また感光剤としてジアザナフトキノンを加えることでポジ型、光酸発生剤あるいは塩基発生剤を加えることでネガ型の感光性材料にすることができた。

第3章では、 $\alpha$ -IGZO TFT の特性改善のために、第2章で開発したシロキサン樹脂やフッ素官能基を有するシロキサン樹脂を主成分とし、フッ素系添加剤を添加した溶液塗布型フッ素含有シロキサン材料を  $\alpha$ -IGZO TFT の保護膜として用いた。移動度の向上、バイアスストレスを印加後の  $V_{th}$ シフトの抑制がみられ、デバイス特性を向上させることができた。特にフッ素添加剤はフッ素含有シロキサンを用いるよりも効率的に特性が向上することが示された。また、フッ素

添加量により劣化がみられ、量の最適化が重要であった。フッ素添加シロキサンで保護された IGZO 層の二次イオン重量分析法(SIMS)、X 線光電子分光法(XPS)より、フッ素のチャネル層への拡散、酸素欠陥の減少、それによる信頼性低下の抑制が明らかになった。

第4章では、フレキシブルディスプレイへの応用のために 180 °C の低温プロセスにて製膜可能な非感光性、感光性パッシベーション材料の開発を行った。非感光性材料の場合、特に Q 構造が 10% 含まれる MePhQ504010 で保護された TFT は移動度、信頼性の向上が得られた。SIMS、XPS により確認した副生成物である水分による影響とドライエッチング中のプラズマダメージによる影響が比較的少ないことが想定された。さらにネガ型感光性材料にすることで、プラズマによる影響が無くなり Q 構造を 30% 含む MeQ7030 においても高い移動度を示すことができた。また SIMS によりチャネルに含まれる炭素、水分由来の不純物の量が少ないことが示され、これらにより良好なデバイス特性が得られたと考えられる。

以上より、種々のシロキサン材料を開発、評価することでその影響を解明し、溶液プロセス型シロキサン材料が  $\alpha$ -IGZO TFT のパッシベーション層として高い性能を有する事、低温プロセスによる製膜が可能な事を示した。現行の真空プロセスを用いた製膜に代わり、工程数が少なく、安価で容易な製膜方法として期待される。

氏 名	吉田 尚史
-----	-------

(論文審査結果の要旨)

本論文はアモルファス-InGaZnO (*a*-IGZO)を用いた薄膜トランジスタ(TFT)の保護膜として溶液プロセスにて塗布可能なシロキサン材料を用いることで、真空プロセスによる製膜に比べ、容易に製膜が可能であり、また高性能、高信頼性のデバイスを作製し、デバイス特性に影響するメカニズムの解明を目的としている。

(1)シロキサン樹脂として MePh6040, MePhQ504010, MeQ7030, MePhF603010 を合成し、組成開発、特性評価を行った。これらシロキサン樹脂が高い透明性、誘電特性を有すること、Q 構造を導入することにより耐熱性が向上し、さらに硬化性が向上することを明らかにした。また感光剤としてジアザナフトキノンを加えることでポジ型、光酸発生剤あるいは塩基発生剤を加えることでネガ型の感光性材料の開発に成功した。

(2)上記で開発したシロキサン樹脂やフッ素官能基を有するシロキサン樹脂を主成分とし、フッ素系添加剤を添加した溶液塗布型フッ素含有シロキサン材料を *a*-IGZO TFT の保護膜として評価した。移動度の向上、バイアスストレスを印加後の  $V_{th}$ シフトの抑制がみられ、デバイス特性を向上させることができた。特にフッ素添加剤はフッ素含有シロキサンを用いるよりも効率的に特性が向上することが示され、添加剤の分解、フッ素イオン生成に関しても考察した。また、フッ素添加量により劣化がみられ、量の最適化が重要性であることも示した。フッ素添加シロキサンで保護された IGZO 層の二次イオン重量分析法(SIMS)、X 線光電子分光法(XPS)によって、フッ素のチャネル層への拡散、酸素欠陥の減少を確認し、信頼性低下の抑制に対するフッ素の効果を明らかにした。

(3)有機フィルム上でのデバイス作製を目的として、上記で開発した 180 °C の低温プロセスにて製膜可能な非感光性、感光性パッシベーション材料のデバイス評価を行い、その樹脂組成による影響を明らかにした。非感光性材料、感光性材料を用いることで、樹脂の組成によってドライエッチング時間や製膜プロセスによる影響、生成される不純物の量が異なることによるデバイスへの影響を示し、劣化の原因を明らかにした。さらに低温プロセスにおいても良好なデバイス特性の向上ができた。

このように、種々のシロキサン材料を開発、評価することでその影響を解明した。さらに溶液プロセスで製膜されたシロキサン材料が *a*-IGZO TFT のパッシベーション層として高い性能を有することと低温プロセス化も可能であることが示され、工程数が少なく、安価で容易な製膜方法として、現行の真空プロセスを用いた製膜に代わる材料であることを示し、これは次世代ディスプレイへの発展、実用化に大きく寄与するものと考えられる。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。