

論文内容の要旨

博士論文題目 Highly Reliable and Low Temperature Process for Amorphous
Oxide Thin-Film Transistors toward Flexible Displays

(フレキシブルディスプレイ実現に向けた非晶質酸化物薄膜
トランジスタの高信頼性実現と低温プロセス)

氏名 Bermundo, Juan Paolo Soria

(論文内容の要旨)

Next-generation displays require transparency, flexibility, and high performance and amorphous InGaZnO (*a*-IGZO) fulfills these requirements. Nevertheless, stability is a major issue for *a*-IGZO. Ambient effects at the backchannel are main causes of instability. Annealing up to 400°C (not compatible with most flexible substrates) is also required to ensure good electrical characteristics and stability. In this thesis, a hybrid passivation based on polysilsesquioxane (PSQ) is introduced. Mechanisms on how PSQ improves stability are examined. This study also demonstrates excimer laser annealing (ELA) as a low temperature annealing alternative. These methods are critical in developing stable devices for transparent, printed, and flexible applications.

Reliability of non-photosensitive PSQ (NP-PSQ) passivated *a*-IGZO thin-film transistors (TFT) was tested through three types of bias stress and humidity stress. NP-PSQ showed impressive reliability after each stress. SIMS analysis reveals that a large amount of H and C is present in *a*-IGZO after passivation. XPS analysis uncovers the H occupation of oxygen vacancies (V_O) and substitution of C plus two O interstitials at the Zn site (acceptor). The V_O reduction, formation of additional acceptor states, and superb barrier ability of NP-PSQ explain its impressive reliability. Photosensitive PSQ (P-PSQ) was also developed to circumvent damage due to dry etching. Like NP-PSQ, P-PSQ is effective against humidity and bias stress. Furthermore, hump effect in the transfer characteristics was suppressed. High amount of C, H, and F was also present in the channel. Analysis shows that F reduced V_O and stabilized weak oxygen and OH bonds.

Two types of ELA: XeCl and KrF ELA were analyzed and performed on PSQ passivated *a*-IGZO TFTs. Both ELA types are shown to be effective in improving the electrical characteristics. COMSOL simulation shows heating localization in the upper layers and very low substrate temperature (<30°C). XRD reveal that *a*-IGZO remains amorphous after ELA. C and H introduction into the channel is observed mostly in the top few nm and at the interface.

This research demonstrates a highly reliable PSQ passivation and examines the stability improvement mechanisms due to H, C, and F. ELA is shown as an effective low temperature annealing method for PSQ-passivated *a*-IGZO TFTs. These results and analysis are valuable in developing high performance and highly reliable oxide TFTs for flexible applications.

氏名	Bermundo Juan Paolo Soria
----	---------------------------

(論文審査結果の要旨)

次世代のディスプレイを実現する薄膜トランジスタは、透明で、フレキシブル、そして高性能であることが望ましいが、非晶質 InGaZnO (a-IGZO) はこれらの要求を満たすものである。しかし、安定性が依然として大きな課題として残されている。また、性能と安定性を確保するためには、400°Cに近い熱処理が必要とされてきたが、熱耐性の低いフレキシブル基板上での作製を考えた時に、こちらも大きな課題である。本論文では、シロキサンの1種である polysilsequioxane (PSQ) を基本骨格とした有機・無機ハイブリッドの保護膜を導入し、PSQ がどのように薄膜トランジスタの信頼性にどのような影響を及ぼすかについてそのメカニズムを調査した。また、エキシマレーザアニール (ELA) を用いて、低温での熱処理を試みた。

非光感光性の PSQ (NP-PSQ) を a-IGZO の保護膜として採用し、正負のバイアスストレスや湿度試験など3種類の信頼性試験を行った。その結果、NP-PSQ は非常に顕著な信頼性向上を示した。SIMS 解析結果によると、a-IGZO の中に多量の水素と炭素が導入されていることがわかった。また、XPS の解析結果によると、酸素欠陥が水素によって占められ、炭素と2個の酸素が亜鉛の位置に置き換わっていることがわかった。欠陥の低減、アクセプター準位の形成などの効果によって、水分に対する有効なバリア能力を示していると考えた。

低温の熱処理方法として、2種類の XeCL と KrF レーザを用いて素子に照射する実験を試みた。そして、PSQ によって保護された a-IGZO TFT への影響を調べた。その結果、2種類の ELA は電気特性を大幅に向上することに効果があることがわかった。COMSOL を用いたシミュレーションによって、レーザ照射時の熱の分布を解析した。その結果、ELA 照射時は、上層の膜が局所的に熱せられ、基板には非常に影響が少ないことがわかった。また、XRD 解析結果によると、a-IGZO は ELA のあとも非晶質が保たれていることがわかった。

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信頼性化に向けて、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。