

## Summary of Doctoral Thesis

**Title of Doctoral Thesis:** Low-Temperature Solution Combustion Synthesis of Tin Oxide Thin-Film Transistors for Low-voltage Device Applications (低電圧デバイス応用に向けたスズ酸化物薄膜トランジスタの低温溶液燃焼合成)

**Name:** Candell Grace Paredes Quino

### Summary of Doctoral Thesis:

Amorphous oxide semiconductors (AOS) are a class of semiconductors that have gained significant popularity in recent years, particularly in the field of thin-film transistors (TFTs), due to their exceptional performance, which surpasses that of a-Si and poly-Si. Despite the developments in indium-oxide-based TFTs, sustainability and safety issues are driving the investigation of other metal oxides. Owing to their availability and low toxicity, tin oxide ( $\text{SnO}_2$ ) is gaining attention as an alternative to indium oxide. This work focused on the challenges associated with tin oxide TFTs and proposed a promising solution involving the use of the solution combustion synthesis (SCS) technique.

By using SCS, we were able to improve tin oxide-based TFTs in three different aspects. First, compared to the conventional sol-gel method, a better metal oxide (M-O) network was formed in the tin oxide thin film, which enhanced the conduction path of mobile carriers, allowing better mobility and higher drain current for the TFT. Secondly, SCS facilitated the reduction of impurities that are detrimental to the quality of the semiconductor material. These impurities include chlorine and carbon which are derived from the precursor. Moreover, we developed a novel route of eliminating chloride ions by using  $\text{AgNO}_3$  that acted as both oxidizer and chloride remover via precipitation with silver. This breakthrough is very significant because we were able to greatly improve the significant properties of the TFT such as subthreshold swing and turn-on voltage. Finally, we were able to expand the SCS technique in the fabrication of a solution-processed oxide gate insulator, which is aluminum oxide. By using SCS for both semiconductor and gate insulators, the TFT hysteresis was vastly improved due to the reduction of interface defects. Overall, SCS is a highly efficient and adaptable method to create superior-quality metal oxide networks at much lower temperatures than traditional techniques.

Name	Candell Grace Paredes Quino
------	-----------------------------

### Summary of Thesis Examination Results:

アモルファス酸化物半導体 (AOS) は、近年特に薄膜トランジスタ (TFT) の分野で、その優れた性能が a-Si やポリシリコンを超えるため、大きな人気を博している。インジウム酸化物に基づく TFT の開発にもかかわらず、持続可能性と安全性の問題が他の金属酸化物の研究を促している。利用可能性と低毒性から、スズ酸化物 ( $\text{SnO}_2$ ) がインジウム酸化物の代替として注目を集めている。本研究では、スズ酸化物 TFT の課題に焦点を当て、溶液燃焼合成 (SCS) 技術を用いる有望な解決策を提案した。

SCS を使用することで、スズ酸化物に基づく TFT を 3 つの異なる側面で改善した。まず、従来のソルゲル法と比べて、スズ酸化物薄膜内でより良い金属酸化物 (M-O) ネットワークが形成され、移動キャリアの伝導経路が強化され、TFT の移動度とドレイン電流が向上した。次に、SCS は半導体材料の品質を損なう不純物の減少を促進した。これらの不純物には、前駆体から派生する塩素と炭素が含まれている。さらに、銀との沈殿によって塩化物イオンを除去する酸化剤であり塩化物除去剤としても機能する硝酸銀 ( $\text{AgNO}_3$ ) を使用することで、塩化物イオンを除去する新しい方法を開発した。この革新は非常に重要で、サブスレッショルドスイングやターンオン電圧のような TFT の重要な特性を大幅に改善することができた。最後に、溶液処理酸化物ゲート絶縁体、つまりアルミニウム酸化物の製造に SCS 技術を拡張した。半導体とゲート絶縁体の両方に SCS を使用することで、インターフェースの欠陥が減少し、TFT のヒステリシスが大幅に改善された。全体として、SCS は伝統的な技術よりもはるかに低い温度で優れた品質の金属酸化物ネットワークを作製するための非常に効率的で適応性の高い方法である。

以上に述べたように、酸化物薄膜トランジスタの作製に溶液燃焼合成技術を応用する方法は高スループットで高性能なディスプレイデバイスの実現を達成するための重要なステップである。本研究は、次世代のディスプレイデバイスの実現に向けて有益な手法を提供しているとして、審査員一同は、本論文が博士 (工学) として十分に価値があるものと判定した。