

従来比 10 倍の性能を示す酸化物薄膜トランジスタを実現

～次世代の超大型有機 EL テレビ開発に必要な不可欠なデバイス～

ポイント

- ・電子移動度 $78 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ を示す実用レベルの酸化インジウム薄膜トランジスタを実現。
- ・原子レベルでピッタリ結合する保護膜を使用し、安定性を大きく改良。
- ・次世代の超大型有機 EL テレビ開発を後押し。

概要

北海道大学電子科学研究所の曲 勇作助教、太田裕道教授らの研究グループは、高知工科大学理工学群の古田 守教授らと共同で、従来比 10 倍の性能を示す実用レベルの酸化物薄膜トランジスタを実現しました。次世代の超大型 8K 有機 EL テレビ開発を後押しする成果です。

現在の 4K 有機 EL テレビの画面には酸化物 IGZO 薄膜トランジスタ^{*1}が使用されています。その電子移動度は $5 \sim 10 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 程度ですが、次世代の超大型 8K 有機 EL テレビを開発するためには $70 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上の電子移動度を示す酸化物薄膜トランジスタが必要不可欠です。曲助教らは、2022 年に電子移動度 $140 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ を示す酸化インジウム薄膜トランジスタを実現しましたが、安定性が極めて悪いという、実用化に向かない大きな欠点がありました。本研究では、不安定性の原因になっている空気中の気体分子の吸着・脱離が起こらないように、酸化インジウム薄膜の表面を原子レベルでピッタリ保護する膜で覆うことで、高い電子移動度（移動度 $78 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ ）を維持したまま、安定性を大きく改良することに成功しました。現在の画面サイズの 4 倍の超大型 8K 有機 EL テレビ実現に向けた大きな成果と言えます。

なお、本研究成果は、2024 年 8 月 3 日（土）公開の Small Methods 誌に掲載されました。



現在の 4K 有機 EL テレビの画面には移動度 $5 \sim 10 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 程度の IGZO-TFT が使用されている。本研究では、次世代 8K 有機 EL テレビの画面に必要な酸化物 TFT（移動度 $78 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ ）の開発に成功。±20 V を 1.5 時間印加し続けても特性変化せず、安定に使用できる。

【背景】

現在商品化されている、有機 EL テレビやスマートフォンの画面を駆動するための薄膜トランジスタ（TFT）用の活性層材料として、酸化物半導体であるアモルファス InGaZnO_4 （a-IGZO）が使用されています。IGZO-TFT の電子移動度は $5 \sim 10 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 程度ですが、有機 EL テレビなどの超大型化・超高精細化が進められており、次世代 8K ディスプレイを開発するためには、 $70 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上の電子移動度を示す TFT が必要不可欠とされています。この問題に対し、研究グループは、酸化インジウム（ In_2O_3 ）薄膜を活性層とすることで電子移動度 $140 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ を示す TFT を実現しましたが[Y. Magari ら、Nature communications 13, 1078 (2022)]、実用化のために必要な安定性（信頼性）が悪いという大きな欠点がありました。一般に、活性層である薄膜表面に吸着した空気中の気体が、電圧の印加により脱離（または吸着）することが原因であると考えられています（図 1）。

【研究手法】

本研究では、活性層薄膜の表面を保護膜で覆うことにより、空気中の気体が吸着しないように TFT を作製しました。保護膜として、酸化インジウムと同じ結晶構造をもつ酸化イットリウムや酸化エルビウムを含む希土類酸化物を中心に検討し、比較として一般的に用いられている酸化アルミニウムなどの保護膜も試しました（図 2）。

【研究成果】

一般的に用いられる酸化ハフニウムや酸化アルミニウムを保護膜として用いた TFT では安定性の向上が全く見られませんでした（図 3b）。一方、酸化イットリウムと酸化エルビウムを保護膜にした TFT は極めて安定性が高いことが分かりました（図 3c）。その電子移動度は $78 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ であり、次世代 8K ディスプレイの要求を満たしています。電子顕微鏡で原子配列を観察したところ、酸化インジウムと酸化イットリウムは原子レベルでピッタリ結合（ヘテロエピタキシャル成長）することが分かりました。一方、安定性が悪かった他の TFT では、酸化インジウムと保護膜の界面はアモルファスになることが分かりました。以上の結果から、酸化インジウム表面を原子レベルでピッタリ保護することで、気体の吸着・脱離を抑制し、高い電子移動度（ $78 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ ）を保ったまま安定性を大きく改良することに成功しました。

【今後への期待】

次世代 8K 有機 EL テレビ実現に向けたディスプレイ開発を大きく加速する結果です。

【謝辞】

本研究は JSPS 科研費 JP19H05791、JP22K14303、JP22H00253、JP22K04200、文科省マテリアル先端リサーチインフラ JPMXP1223HK0082 の助成を受けたものです。

論文情報

論文名 Reliable Operation in High-Mobility Indium Oxide Thin Film Transistors
(高移動度酸化インジウム薄膜トランジスタの高信頼性化)
著者名 ゲディア プラシャント¹、曲 勇作¹、定平 光²、遠堂敬史¹、古田 守³、張 雨橋⁴、松尾保孝¹、太田裕道¹ (¹北海道大学電子科学研究所、²北海道大学大学院情報科学院、³高知工科大学理工学群、⁴中国・江蘇大学)
雑誌名 Small Methods (独 Wiley-VCH 社が出版する材料科学誌)
DOI 10.1002/smtd.202400578
公表日 2024 年 8 月 3 日 (土) (オンライン公開)

お問い合わせ先

北海道大学電子科学研究所 助教 曲 勇作 (magariyusaku)

T E L 011-706-9432 F A X 011-706-9431 メール magari.yusaku@es.hokudai.ac.jp

U R L <https://functfilm.es.hokudai.ac.jp/>

配信元

北海道大学社会共創部広報課 (〒060-0808 札幌市北区北 8 条西 5 丁目)

T E L 011-706-2610 F A X 011-706-2092 メール jp-press@general.hokudai.ac.jp

高知工科大学広報課 (〒782-8502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口 185)

T E L 0887-53-1080 F A X 0887-57-2000 メール kouhou@ml.kochi-tech.ac.jp

【参考図】

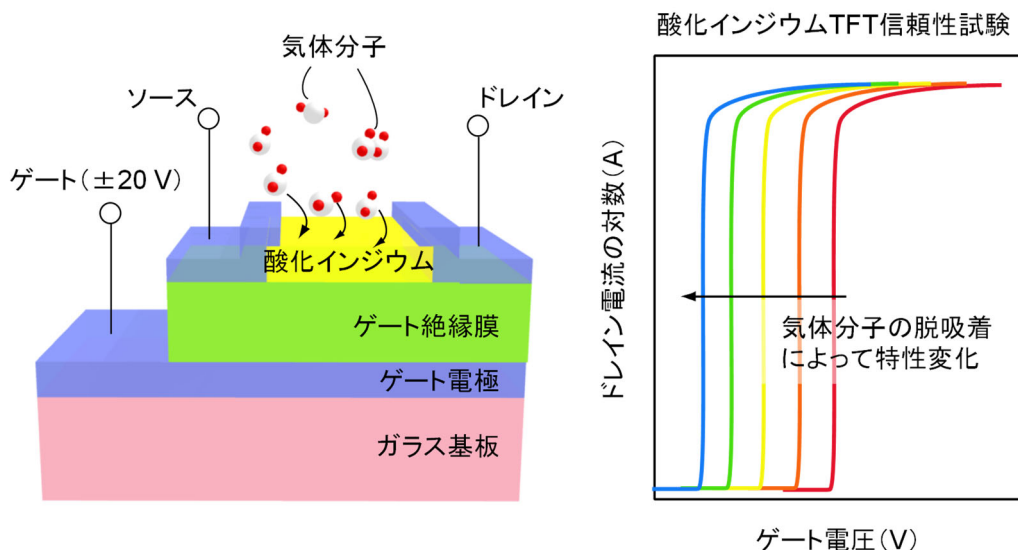


図 1. 気体分子が吸着すると TFT の安定性が悪化するモデル。(左) 酸化インジウム薄膜表面はカバーされていないので、空気中の気体分子(水、酸素)が自由に吸着・脱離する。(右) ゲート電圧を 20 V 印加したままにする信頼性試験を行うと、気体分子の吸着・脱離が起こって、TFT の特性が変化する。

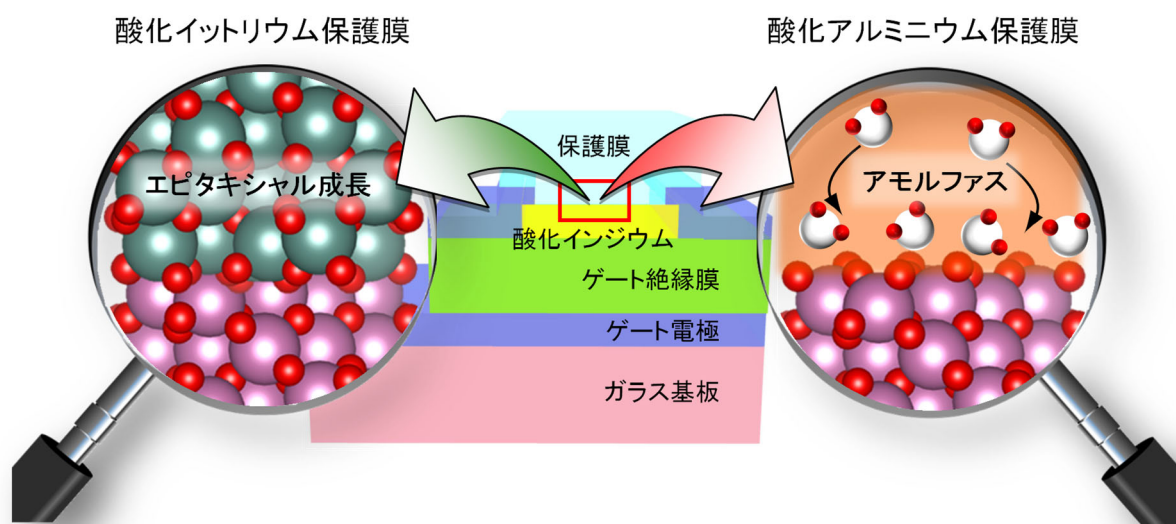


図 2. 保護膜=酸化イットリウム→エピタキシャル成長でガスを吸着させない、保護膜=酸化アルミニウム→アモルファスでガスが吸着するというモデル。酸化インジウムと酸化イットリウムは原子の配列がお互いに良く似ているので、隙間なくピッタリ結合すると期待した。一方、酸化インジウムと酸化アルミニウムは原子の配列が全く異なるので、隙間だらけの結合になる。

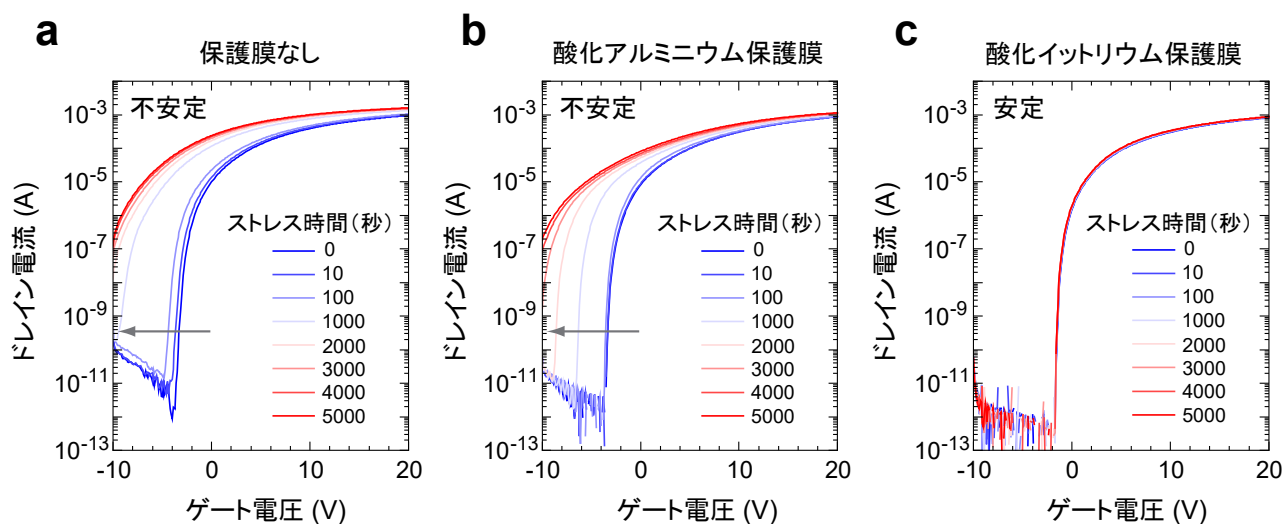


図 3. 酸化インジウム TFT 信頼性試験 (± 20 V を 1.5 時間印加) 結果。(a) 保護膜なし→安定性低い、(b) 酸化アルミニウム→安定性低い、(c) 酸化イットリウム→安定性高い

【用語解説】

* 1 酸化物 IGZO 薄膜トランジスタ … In、Ga、Zn の金属元素を含む酸化物薄膜を使用したトランジスタのこと。現在市販されている多くの有機 EL テレビの画面の駆動用デバイスとして広く実用化されている。