

課題名：高速省電力フレキシブル情報端末を実現する酸化物半導体の低温成長と構造制御法の確立

氏名：神谷利夫

機関名：東京工業大学

1. 研究の背景

現在の情報社会は、高価でたかだか30cm程度の大きさでしか作れない単結晶シリコン半導体に超高性能電子デバイスを作製することで作られた電子機器によって支えられている。一方で、太陽電池や薄型平面ディスプレイ (Flat Panel Display: FPD) などは、作製時に2 m角を超えるガラス上に半導体電子デバイスを作製する必要があり、現在の大型FPDでは、性能が悪いものの大面積ガラス上に作製可能なアモルファスシリコン (a-Si) が使われている。しかしながら、a-Siでは、次世代FPDとして有望な有機ELにも、また、高画質3D TVや、iPhone4に使われているような超高精細小型ディスプレイも作れない。

アモルファス酸化物半導体 (Amorphous Oxide Semiconductor: AOS) は、私たち自身が開発した純国産の新半導体であり、a-Siの「性能が悪い」という欠点を克服しつつも、ガラス、ひいてはプラスチック上へも大画面・高性能・高精細・高速電子機器を作製できる特性をもっており、将来の大型ディスプレイ・携帯情報端末に不可欠な材料と考えられている。

これまでAOSを使った液晶(LCD)や有機ELディスプレイの開発が続けられており、2011年中には小型LCDで量産が始まるとの発表もされている。さらに高性能・低温形成・省電力化を進めることにより、多様な機能を小型・フレキシブルディスプレイに埋め込み、かつ電力消費が非常に小さい「自然に持ち運べて自然に使える新世代iPad」のような技術を生み出せると期待される。

2. 研究の目標

AOS薄膜の作製過程・構造・欠陥を原子レベルで解析・制御することで高性能化・高速化を図るとともに、AOSデバイスの性能を落とさずに作製温度を下げ、150°C以下で高性能フレキシブルデバイスを作る。また、現在のa-Siの30倍以上の性能、3 V以下の低電圧、1 GHz以上の高速動作を達成する。

3. 研究の特色

AOSは「酸化物」であり、これまで使われてきたSiや有機半導体とは全く異なる材料系である。そのため、平面ディスプレイなどのような電子技術的な開発は急速に進められてきたが、酸化物の解析・作製技術の知識のある半導体の専門家が少なく、AOSに適した評価手法、作製・制御手法の開発がほとんどされていない。本提案研究では、AOSの開発者であり、酸化物研究と半導体デバイスの経験をもつ提案者が、AOSの特徴を活かした高性能化・低温化技術を開発することに特徴がある。

4. 将来的に期待される効果や応用分野

高性能なAOS電子回路をディスプレイなどに集積化し、かつ、フレキシブル基板上へ作製することが期待できる。これらの技術により、「持ち運ぶときは文庫本サイズ」「広げたらiPadサイズ」で、「落としても壊れない」「数日間充電不要」な省電力で人にやさしい情報端末が実現できる。

省エネルギー・ユビキタス情報社会実現の課題

「自然に」「ストレスなく」使える、いつも持ち運びたくなる情報端末

1. 低電圧・低消費電力動作 (長時間動作)
2. 小型(ポケットサイズ)、高精細 (高情報密度)、高速 (ストレスフリー)、超巨大
3. フレキシブル (頑丈、自然に使える)、軽量

解決の方法

新しい半導体材料: アモルファス酸化物半導体 (AOS)

1. 室温でも製作できる: フレキシブルなプラスチックも使える
2. 移動度が高い ($>10 \text{ cm}^2(\text{Vs})^{-1}$: a-Siの10倍以上): 高精細、高速、超大型
3. オフ電流が非常に低い: “電子ペーパー + LCD” の特長をもった電子ブック・タブレット端末
4. 透明: 景観に溶け込んだ透明ディスプレイ

研究の目的

アモルファス酸化物半導体の

(1) 低温形成技術

低温アニール、薄膜成長制御

(2) 高性能化技術

微細化、新組成材料

(3) CMOS回路技術

P型酸化物TFT、新材料探索

確立済技術

- In-Zn-Sn-Gaを主成分としたアモルファス酸化物で良いAOSデバイスが作れる
- 300°C以上の後熱処理 (空气中、酸素中、水蒸気中)での特性改善
- AOSの電子構造、電子伝導機構
- AOS TFTの動作機構、シミュレーションモデル
- AOSの欠陥がデバイス特性に与える影響

研究テーマ

1. 新しい低温形成技術
2. 薄膜成長過程を原子層レベルから明らかにし、制御する
3. 高性能化技術 : 新材料探索、高速動作実証
4. P型酸化物TFT: 既存酸化物TFTの高性能化、新材料探索

目標

- 150°C以下で高性能フレキシブルデバイスを作る
- 現在のa-Siの30倍以上の性能、3 V以下の低電圧、1 GHz以上の高速動作

波及効果

- 自然にストレスなく使える、いつも持ち運びたくなる情報端末が作れる
- 「便利で楽しい新技術」を開発し、安心して生きられる社会を経済的に支える
- 新しい材料の科学は、思いもよらなかった新しい現象と理解を与える
- 透明導電膜、太陽電池、二次電池などに使える新材料の開発へつながる