

June 1, 2012

新しい結晶性酸化物半導体  
CAAC(C-Axis Aligned Crystal)

株式会社半導体エネルギー研究所

# 内容

1. 背景 … 3
2. CAAC とそれを用いたIGZO TFTの特性 … 9
3. まとめ … 17

# 1. 背景

## IGZOの歴史

1985 君塚らは世界で初めてIGZO 結晶の合成に成功した。

君塚はその後も10年以上にわたり、精力的にIGZO等のホモロガス構造について研究をおこなった。

2004 東工大野村らは アモルファス IGZO TFTを *Nature*に発表した。

2009 SEL は c-axis aligned crystal (CAAC)構造を発見した。

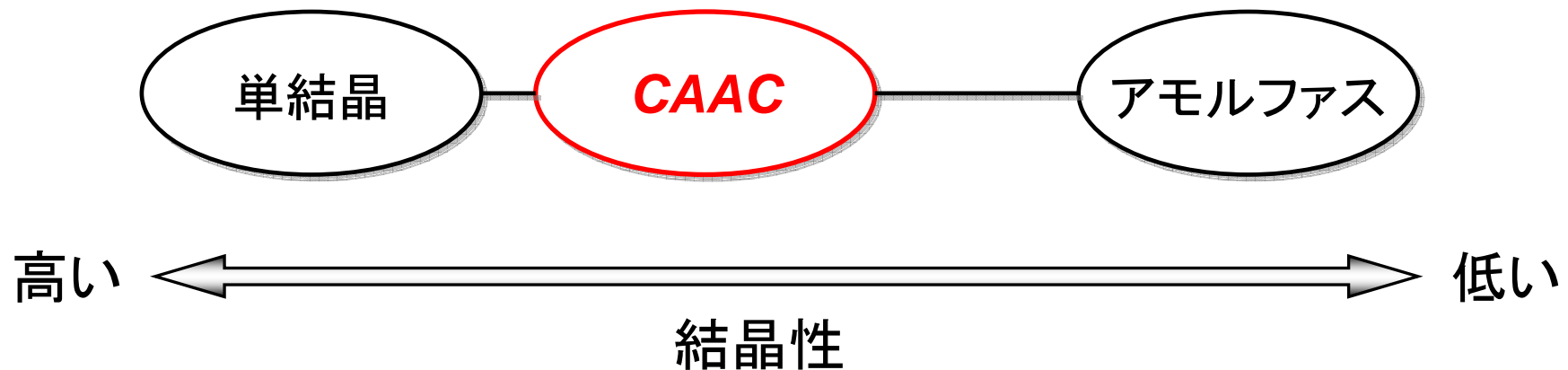
2012 シャープ・SELはその量産技術を確立した。

## C-Axis Aligned Crystal (CAAC)とは何か?

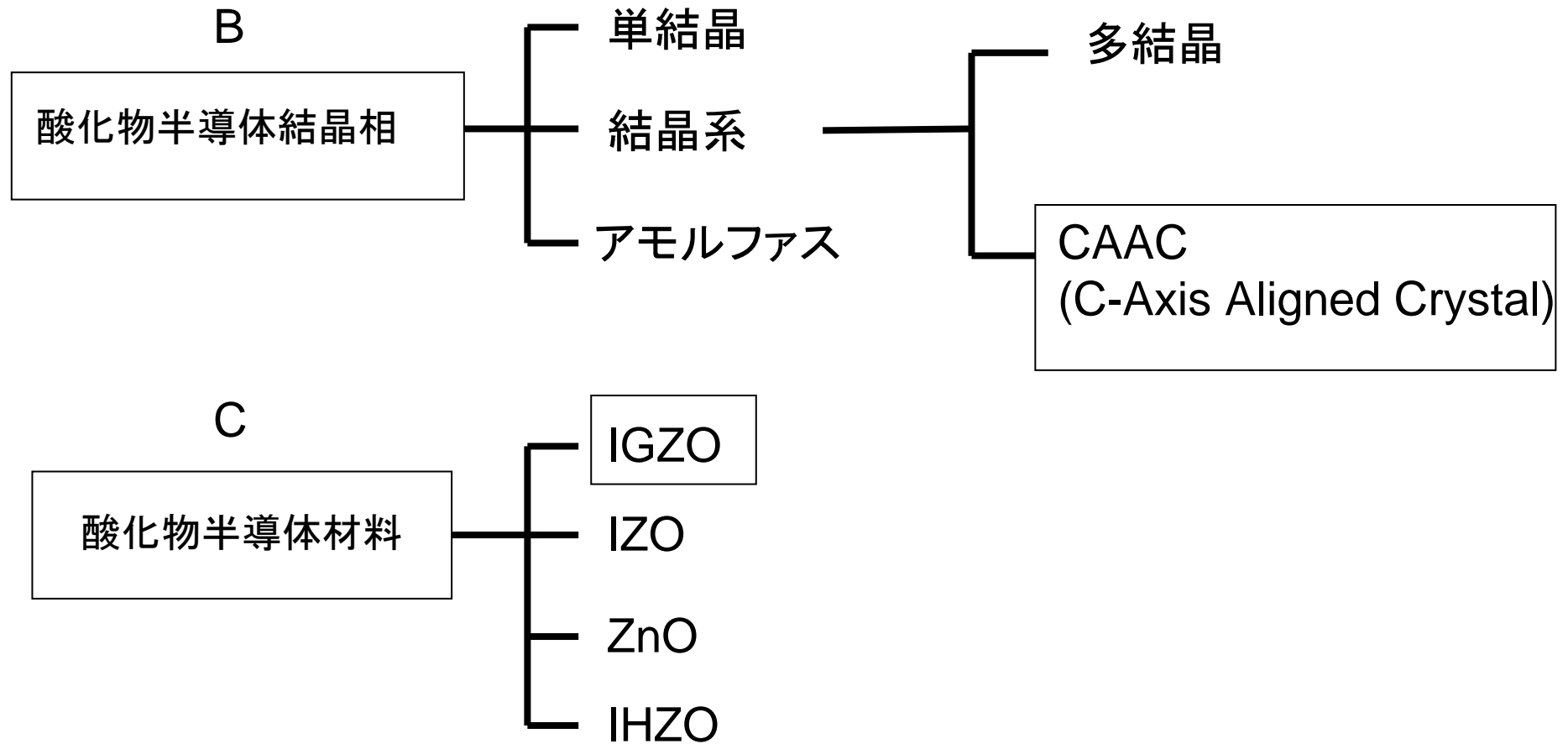
これまで薄膜のIGZOはアモルファス構造を持ち、薄膜での結晶化は不可能とされていた。

しかし、SELは結晶性IGZO薄膜として、全く新しい結晶のC-Axis Aligned Crystalを見いだした。

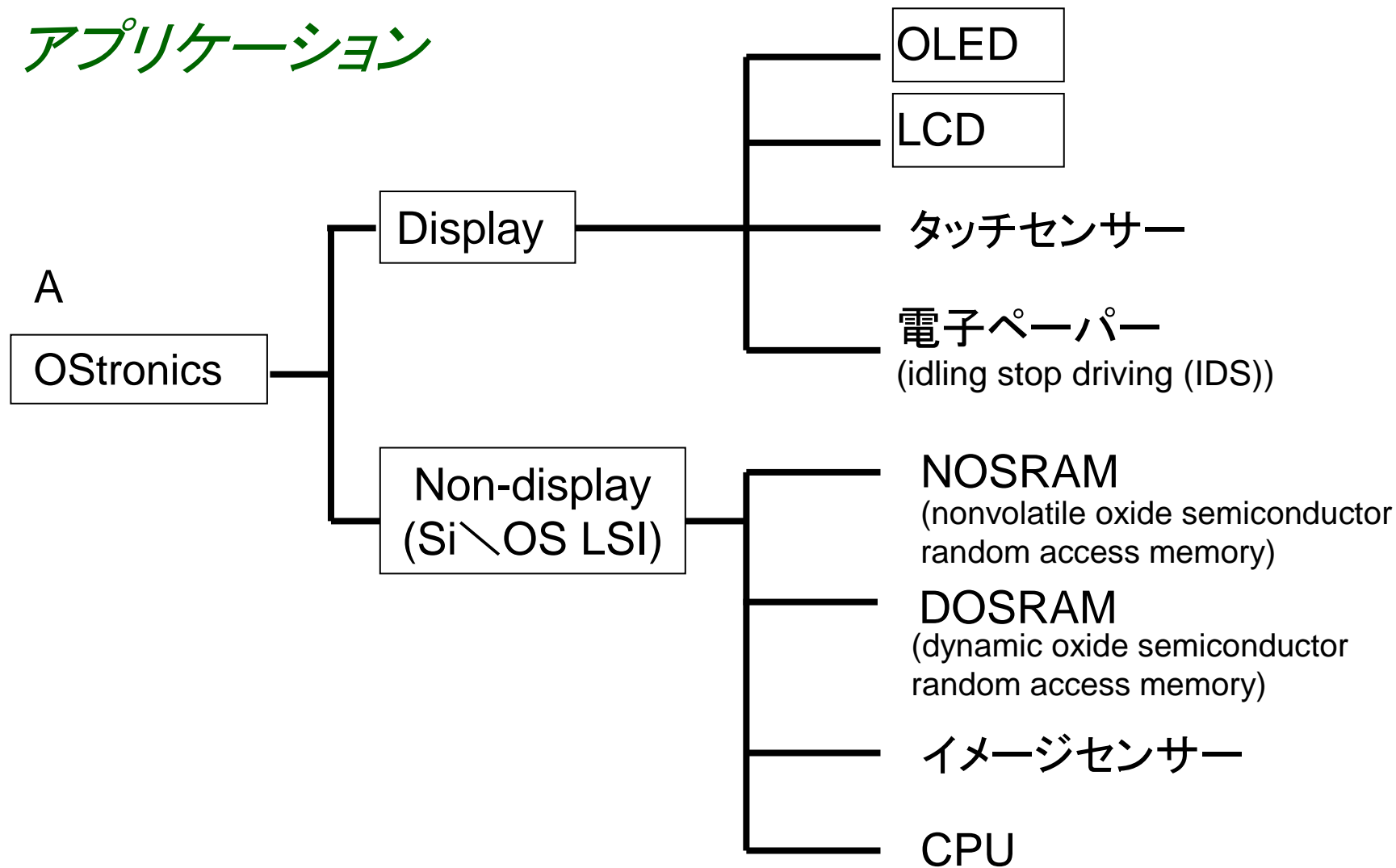
CAACは単結晶構造とも、アモルファス構造とも異なる構造をもっている。



# 結晶構造と材料



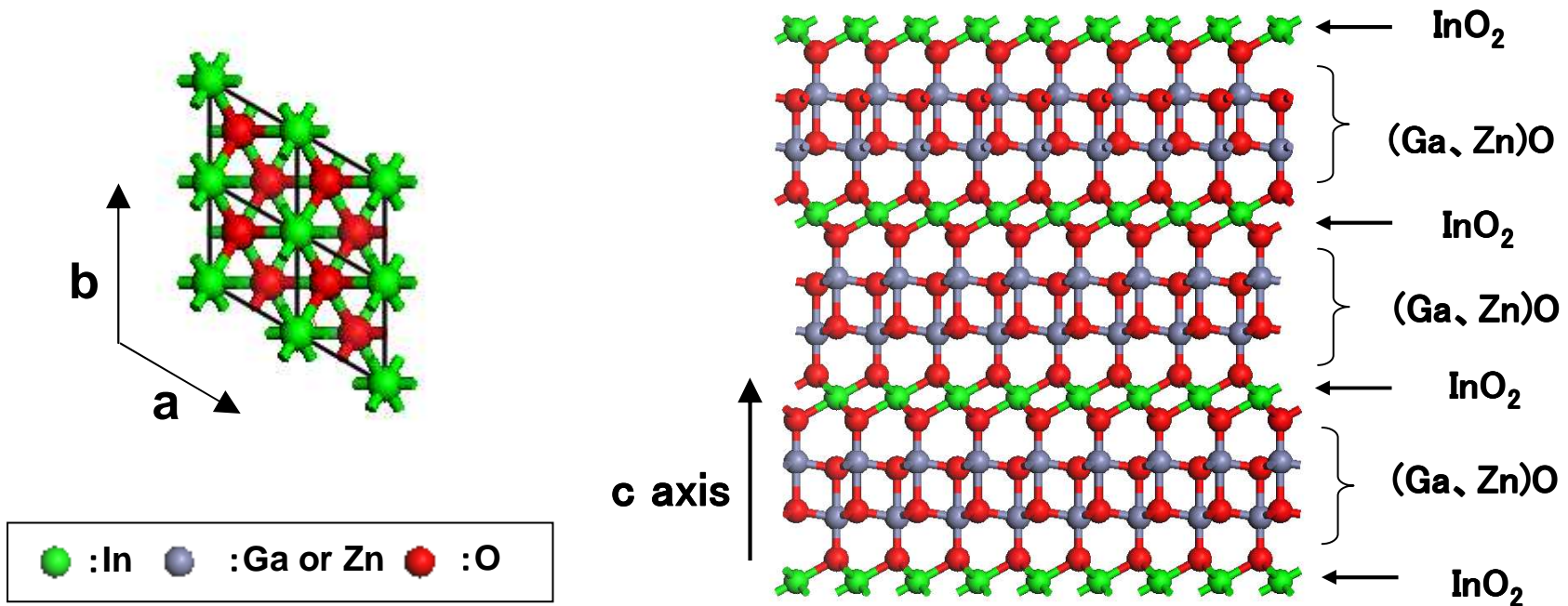
# アプリケーション



---

## 2. CAAC と それを用いたIGZO TFTの特性

# IGZOの結晶構造



c軸方向から見ると、IGZO 結晶は六角形構造になっている。

c軸に垂直な方向から見ると、IGZO 結晶は層状構造になっている。

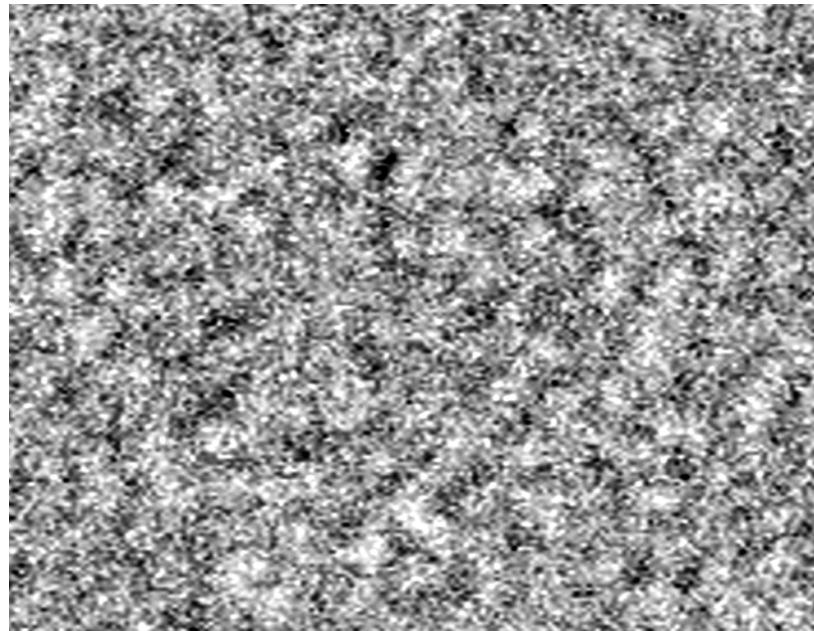
# 平面 TEM 画像

アモルファス IGZO

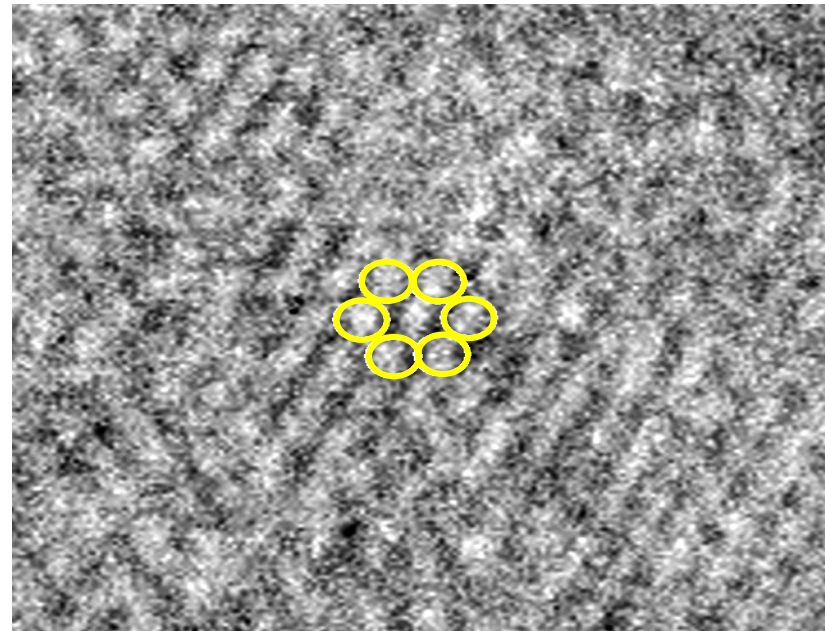


(a-b 面)

CAAC IGZO



結晶構造は見られない

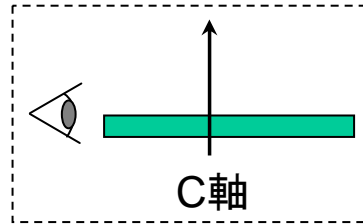


六角形構造が見られる

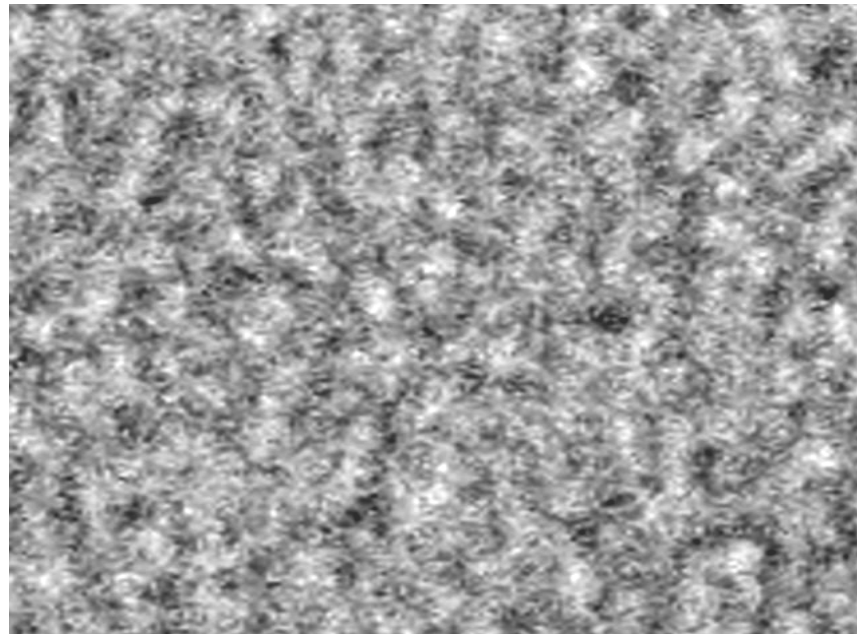
3 nm

# 断面TEM 画像 (c軸に垂直方向)

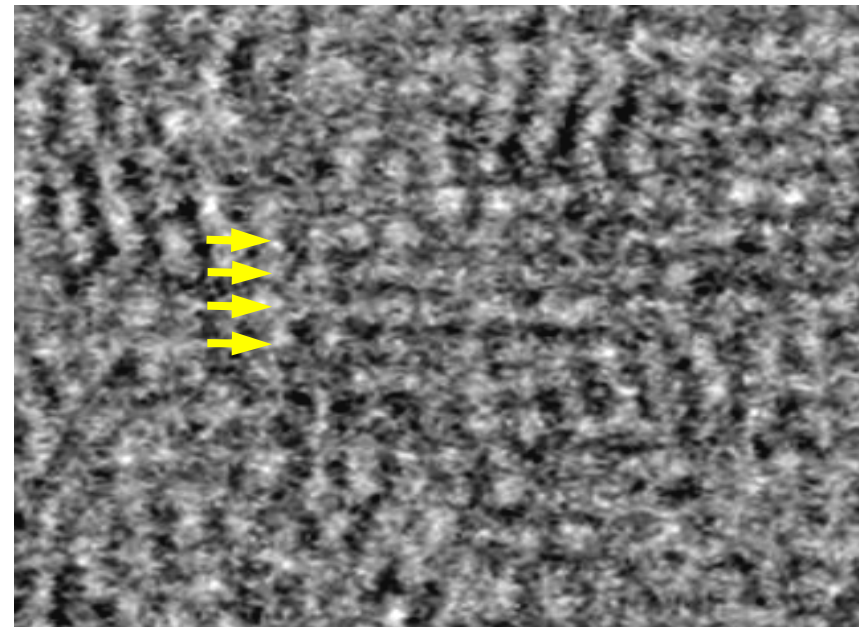
アモルファス IGZO



CAAC IGZO



結晶構造は見られない

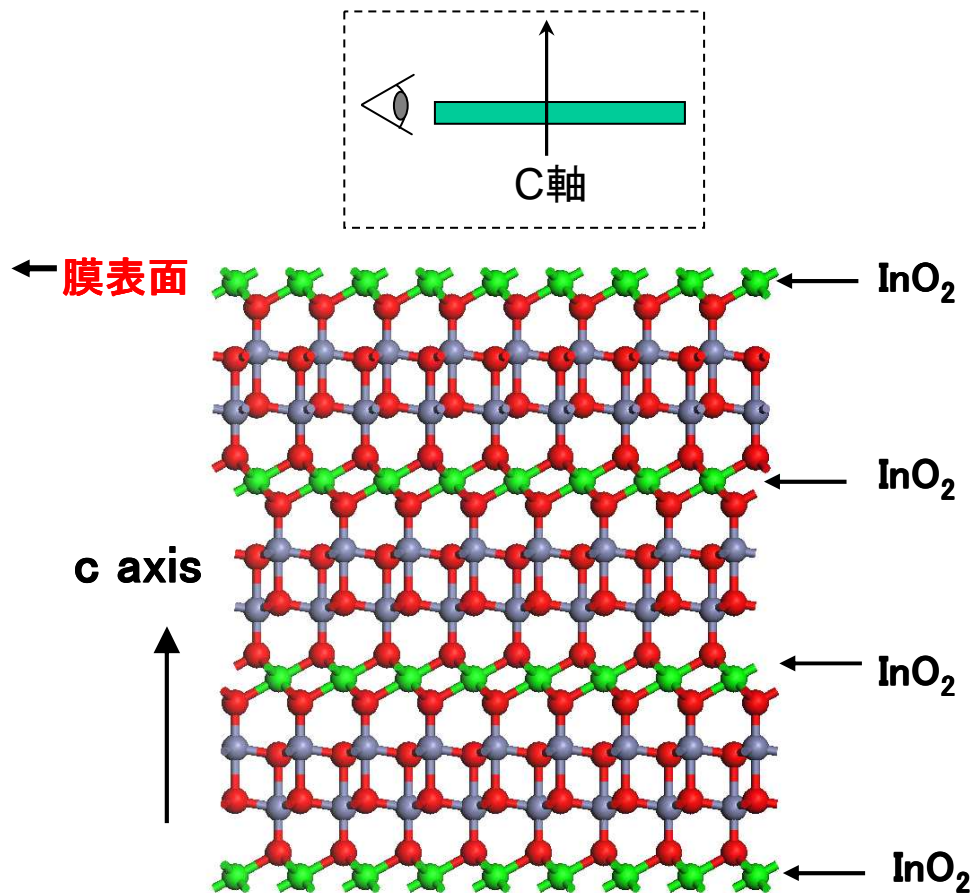
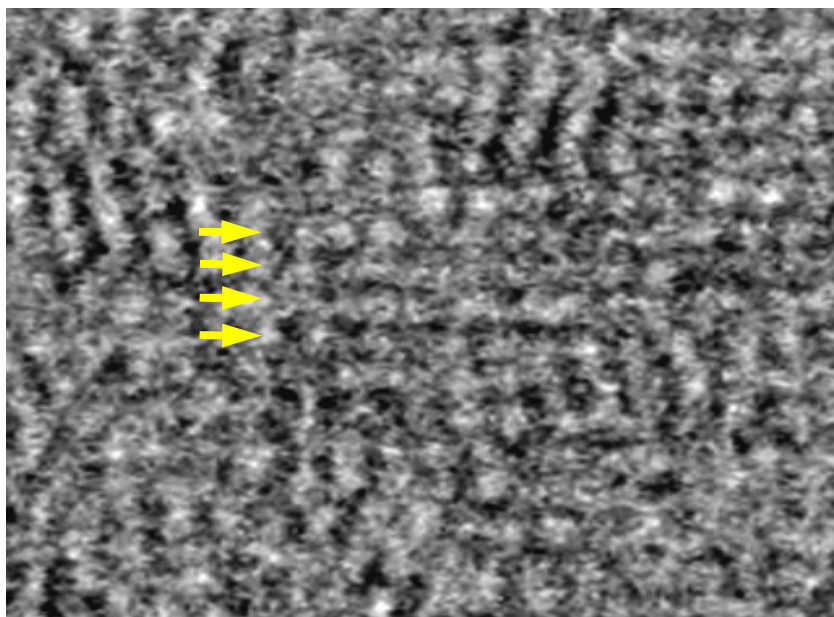


層構造が見られる

3 nm

# C-Axis Aligned Crystal

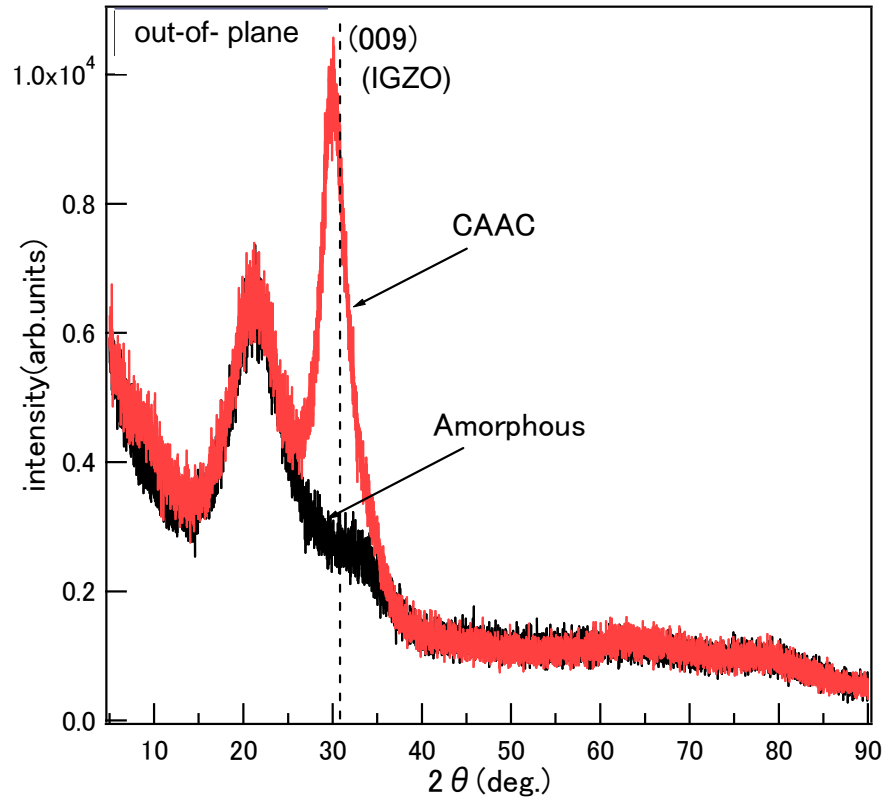
## 断面TEM 画像



TEM 画像から、IGZO 結晶のc軸は膜表面に垂直であることがわかる。

SELではこれを C-Axis Aligned Crystal (CAAC)と名付けた。

# CAAC IGZOのXRD スペクトル



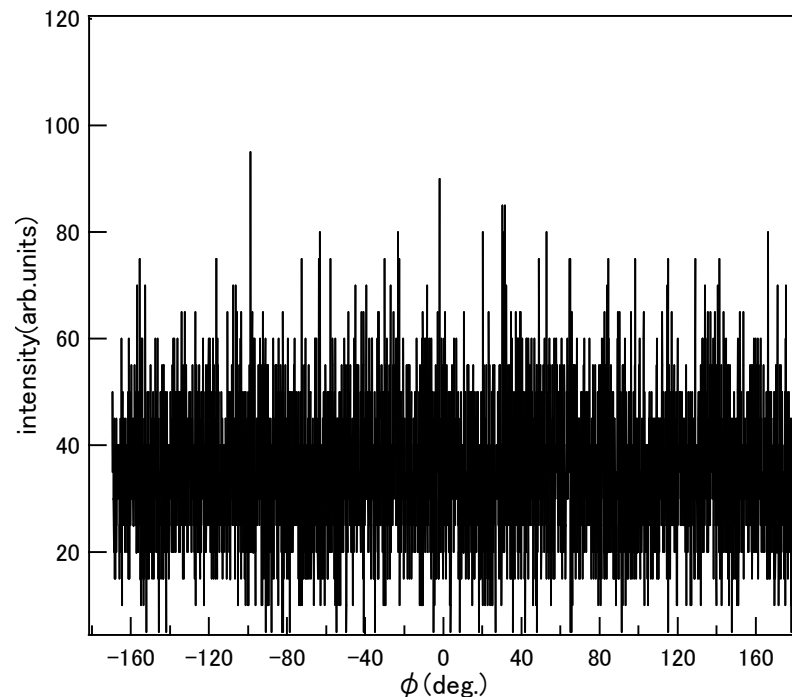
CAAC のXRD スペクトル(out-of-plane) ピークは  
IGZO 結晶のピークと一致している。

これは CAAC IGZO のc軸が薄膜表面に垂直であることを示している。

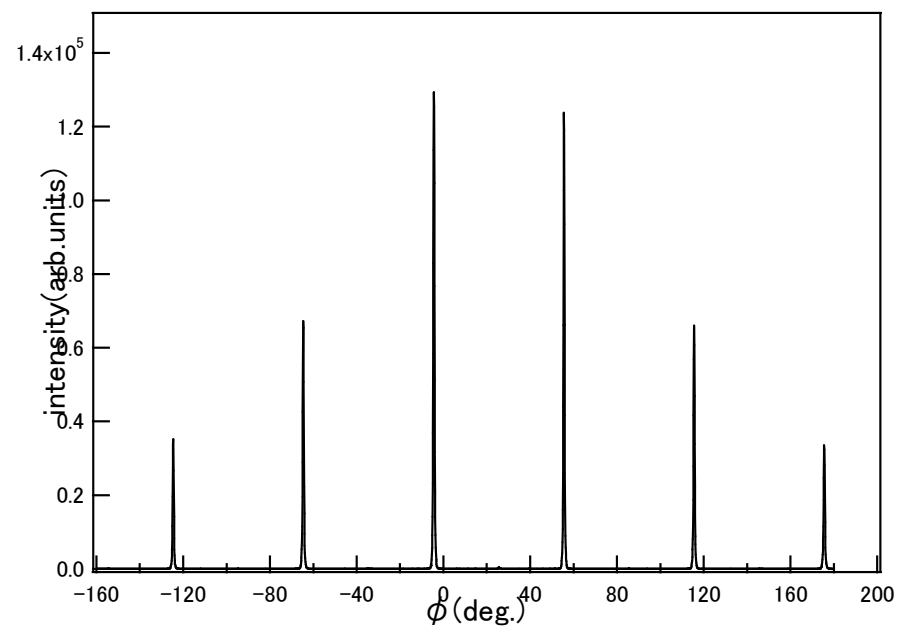
## CAAC IGZO の XRD スペクトル

In-Plane 測定で $2\theta$  を (110) 面に固定し、 $\phi$  を変化させた。

CAAC IGZO



単結晶 IGZO



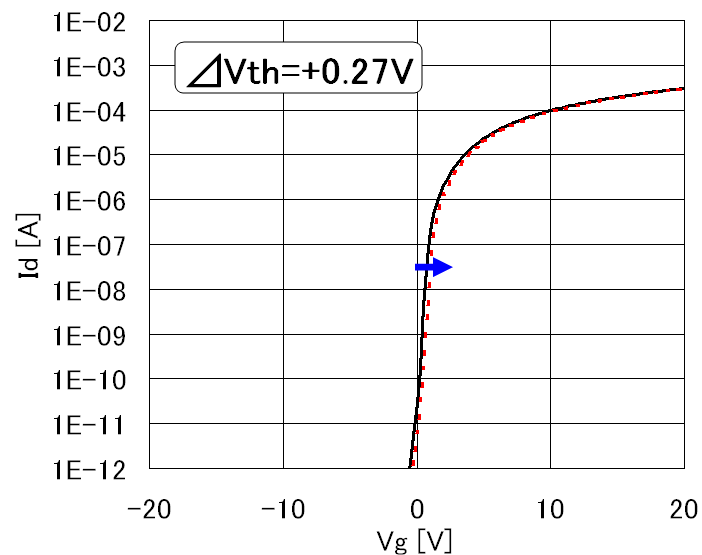
CAAC IGZOは a-b 面には配列していない

# CAAC IGZO TFTの信頼性 (光照射あり)

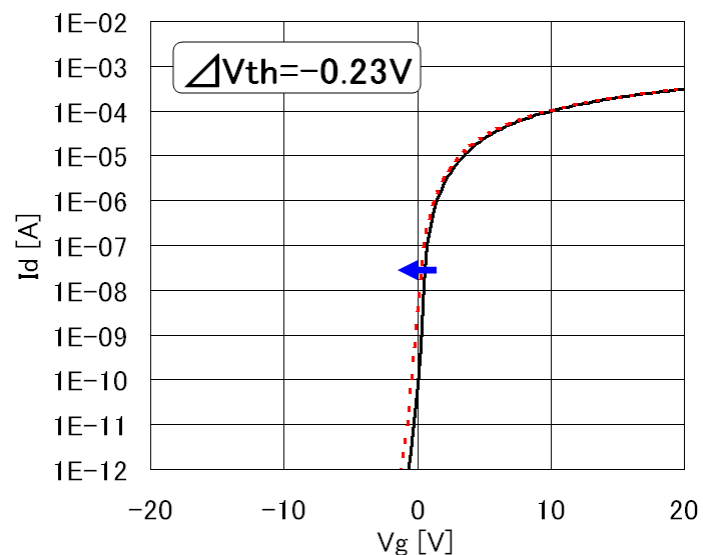
BTストレスによる  $I_d$ - $V_g$  特性変動 (光照射あり)

バイアス、温度条件: 80 °C,  $V_{gs} = \pm 30$  V, 2000 sec (10000 lx, white LED)

## プラス バイアス ストレス



## マイナス バイアス ストレス



$L = 6 \mu\text{m}$   
 $W = 50 \mu\text{m}$

光マイナスバイアスストレス時の特性変動が小さい

---

## 3.まとめ

### 3. まとめ

1. これまで薄膜のIGZOはアモルファス構造を持ち、その結晶化は不可能とされていた。

このたび、SELは結晶性IGZO薄膜として、新しい結晶であるC-Axis Aligned Crystal (CAAC)を見いだした。

CAAC は単結晶構造とも、アモルファス構造とも異なる構造をもっている。

2. CAAC IGZOはアモルファスIGZOよりも信頼性に優れた性能を持っていることがわかった。
3. このたびかかる酸化物半導体を用いて、液晶ディスプレイを試作し、後方に展示していますので、ぜひご覧下さい。

## 君塚昇博士とは

(略歴)

1967年 科学技術庁無機材質研究所入所

1985年 無機材研において世界で初めて結晶IGZOの合成をおこなう。

その後 約10年精力的にホモロガス構造のIGZO等の開発に従事。

現在、ポーランド在住

(発表論文)

1) N. Kimizuka and T. Mohri: J. Solid State Chem. **60** (1985) 382.

2) N. Kimizuka et al.: J. Solid State Chem. **116** (1995) 170.

3) ホモロガス相、 $\text{InFeO}_3(\text{ZnO})_m$ とその同型化合物の合成と結晶構造  
中村・君塚・毛利・磯部 固体物理(1993)317

3) M. Nakamura: NIRIM NEWSLETTER **150** (1995) 1.

4) M. Nakamura et al.: J. Solid State Chem. **93** (1991) 298.