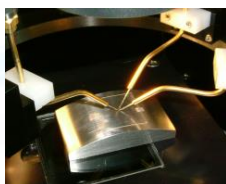


# 色の科学と新材料

## どうして透明酸化物研究が フレキシブルディスプレイや超電導へ 発展していくのか

神谷利夫  
東京工業大学 すすかけ台キャンパス  
応用セラミックス研究所

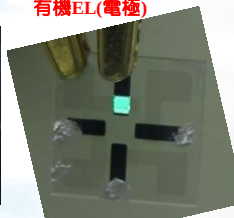
アモルファス酸化物  
フレキシブル透明TFT



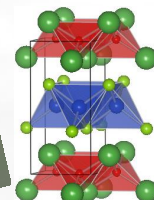
LaCuOSe  
P型半導体の室温励起子



C12A7:e  
有機EL(電極)



LaFeAsO  
新高温超伝導体

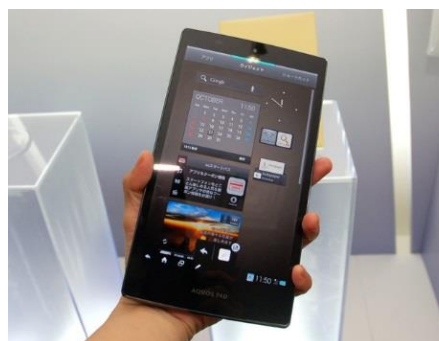


## Sharp IGZO AQUOS Phone

AQUOS PHONE ZETA  
SH-02E (4.9", 720x1280 LCD)



AQUOS PAD (2012/12/7)  
SHT21 (7", 800x1280 LCD)



## 内容

# 新しい機能材料を創る

1. 身のまわりのセラミックス
2. 材料の不思議と可能性  
同じ原料から全然違う材料ができる
3. 色から何がわかるか
4. ディスプレイ技術
5. 新しい材料が拓くディスプレイ技術
6. 新材料研究が生み出した  
セレンディピティ  
新高温超電導体

## 内容

1. 身のまわりのセラミックス
2. 材料の不思議と可能性  
同じ原料から全然違う材料ができる
3. 色から何がわかるか
4. ディスプレイ技術
5. 新しい材料が拓くディスプレイ技術
6. 新材料研究が生み出した  
セレンディピティ  
新高温超電導体

# タブレット、スマートフォンの時代に

2010/1/28

Apple, Steve Jobs: iPad発表



YOUTUBE

<http://d.hatena.ne.jp/video/youtube/OBhYxj2SvRI>

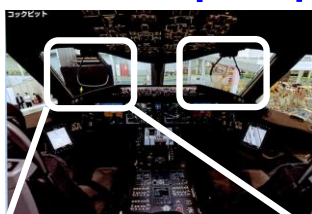


AppleがiPadを発表

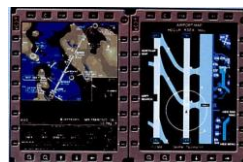
<http://jp.techcrunch.com/archives/0100127ipad-ibooks-500/>

# ボーイング787 Dreamliner

Newton2011年12月号



**LEDライト**  
**ヘッドアップディスプレイ**  
**タッチパネル**  
**エレクトロクロミックガラス**



ボーイング787の客室は、従来のボーイング747や777よりも広く、天井も高く、窓も大きいです。また、LEDライトやヘッドアップディスプレイなどの先進的な設備が搭載されています。



**電子式のシェード（目よけ）**

B787の客室の窓を機内から撮影した写真。左側の写真が、電子式シェードのいちばん明るい場合と暗い場合を比較したもの。窓の下にボタンで5段階の明るさに調整できる。ボタンを押すとゆっくりと窓に色がついていき、暗くなる。写真では見にくいですが、一番暗くした状態でも約5%の透過率があり、外の景色がうっすら見える。B787の窓は大きさが従来より約1.3倍ほどになった（右側の写真参照）。ANAによると、窓が大きくなったことで、窓際の席だけでなく、中央の席に座っても水平線が見えるのだという。

パイロットの顔（外側）にある触覚。タッチパネルで操作できる。飛行経路がわかる地図や、空域の情報などを見ることが出来る。また、乗り場や到着している情報を旅客で自由に知ることも可能となった。地上と交信することで、最新の情報に簡単に更新できる。

# 内容

1. 身のまわりのセラミックス
2. 材料の不思議と可能性  
同じ原料から全然違う材料ができる
3. 色から何がわかるか
4. ディスプレイ技術
5. 新しい材料が拓くディスプレイ技術
6. 新材料研究が生み出した  
セレンディピティ  
新高温超電導体

## 化学の役割

化学I、数件出版、平成14年3月検定



# 身のまわりにある化学

化学I、数件出版、平成14年3月検定

## 15 身のまわりにある化学



ナトリウムやネオンの気体を封入した放電管の発光する色や光が利用されている。



カリウム、窒素、リンは、3大肥料の成分。



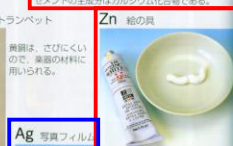
セメントの主要成分はカルシウム化合物である。



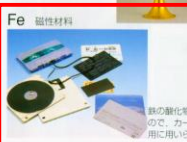
青銅製の銅像。



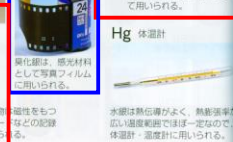
黄銅は、さびにくいので、楽器の材料に用いられる。



亜鉛系塗料は、白色顔料として用いられる。



鉄の酸化物などで、カーボンに用いられる。



水銀は熱伝導がよく、熱膨張率が広い温度範囲でほぼ一定なので、体温計・温度計に用いられる。

## 身のまわりにある化学

16



ドライアイスは、二酸化炭素の固体。



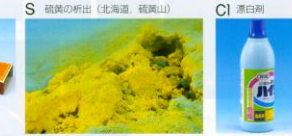
鉛は、放射線を遮断するのに用いられる。



トタンは、水まわり用品や屋外使用の製品に用いられる。



赤リンは、マッチ箱の側面に用いられている。



火山ガスに含まれている二酸化硫黄と硫化水素が反応し、硫黄が析出している。



塩素系の漂白剤は、次亜塩素酸塩が主成分。

# 酸化物はどこに？

電気炉  
炉心管

酸化アルミニウム  $Al_2O_3$

耐火煉瓦  
ムライト

ガラス  
アモルファス  $SiO_2$

るつぼ  
酸化アルミニウム  $Al_2O_3$



ピーカー  
ガラス  $SiO_2$

アクリル

アクリル



## 材料の区分の仕方の一例

### 1. 構造材料

- ・ 製品の形態をつくる (広義では、これも「機能」であるが・・・)  
コンクリート、鉄骨、ガラス

### 2. 機能材料

- ・ 形態をつくるだけでなく、**付加的な機能**(電気・磁気・光)を持つ
  - 受動機能素子**: 電気を流す、電気をためる、光を通すなど、それ自体では新しい作用を引き起こさない(主役は別にいる)
  - ・ 電線、静電容量、電気絶縁体、透明材料
  - 能動機能素子**: 新しい作用を引き起こす機能(その素子自体が主役)
  - ・ 半導体、トランジスタ、太陽電池、センサ

## 内容

1. 身のまわりのセラミックス
2. 材料の不思議と可能性  
同じ原料から全然違う材料ができる
3. 色から何がわかるか
4. ディスプレイ技術
5. 新しい材料が拓くディスプレイ技術
6. 新材料研究が生み出した  
セレンディピティ  
新高温超電導体

# 周期表

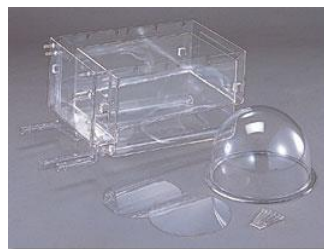
|   | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | H  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | He |
| 2 | Li | Be |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | B  | C  | N  | O  | F  | Ne |
| 3 | Na | Mg |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | Al | Si | P  | S  | Cl | Ar |
| 4 | K  | Ca | Sc | Ti | V  | Cr | Mn | Fe | Co | Ni | Cu | Zn | Ga | Ge | As | Se | Br | Kr |
| 5 | Rb | Sr | Y  | Zr | Nb | Mo | Tc | Ru | Rh | Pd | Ag | Cd | In | Sn | Sb | Te | I  | Xe |
| 6 | Cs | Ba | *  | Hf | Ta | W  | Re | Os | Ir | Pt | Au | Hg | Tl | Pb | Bi | Po | At | Rn |
| 7 | Fr | Ra | ** | Rf | Db | Sg | Bh | Hs | Mt |    |    |    |    |    |    |    |    |    |

## 原料は同じ(シリコンの例)

シリコン (Si) + 酸素(O<sub>2</sub>) = ガラス (SiO<sub>2</sub>)

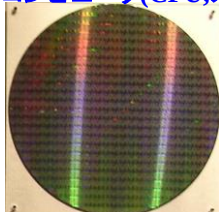


株式会社 新陽  
<http://www.sinyo.jp/prod.html>



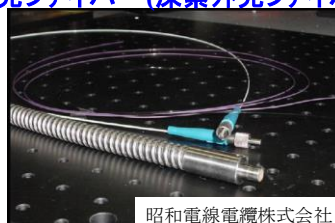
株式会社 新陽  
<http://www.sinyo.jp/prod.html>  
窓ガラス、食器、装飾品

コンピュータ(CPU,メモリー)



インテル博物館

光ファイバー(深紫外光ファイバー)



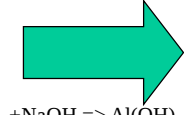
昭和電線電纜株式会社

## 主構成元素は同じだが..

ニューセラミックス、坂野久夫著、パワー社



ボーキサイト 鋁石  
(主成分  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ )



$+\text{NaOH} \Rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3$   
融解塩電解

化学I、数件出版、平成14年3月検定



アルミニウム(Al)

アルミニウム  
アルミニウム化合物

$+\text{O}_2$   
高温加熱

酸化アルミニウム



粉末  
ニューセラミックス、  
坂野久夫著、パワー社



焼結体



単結晶酸化アルミニウム



“SAPPAL”透光性アルミナ  
東芝セラミックス  
<http://www.tocera.co.jp/ja/products/semicon/sapphal.html>

The Magic of Ceramics, D.W. Richerson,  
The Am. Ceram. Soc., 2000



人工宝石

中央：ルビー

周囲：ルビー5個

エメラルド2個

擬似ダイヤモンド3個

## なぜ白い？

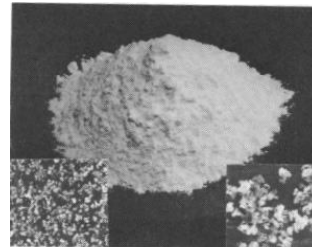
単結晶酸化アルミニウム



The Magic of Ceramics, D.W. Richerson,  
The Am. Ceram. Soc., 2000

粉末

ニューセラミックス、  
坂野久夫著、パワー社



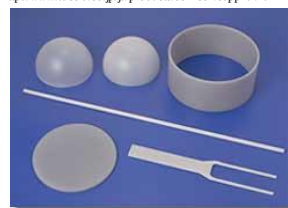
(b) アルミナ粉末

焼結体(細かい単結晶の塊)



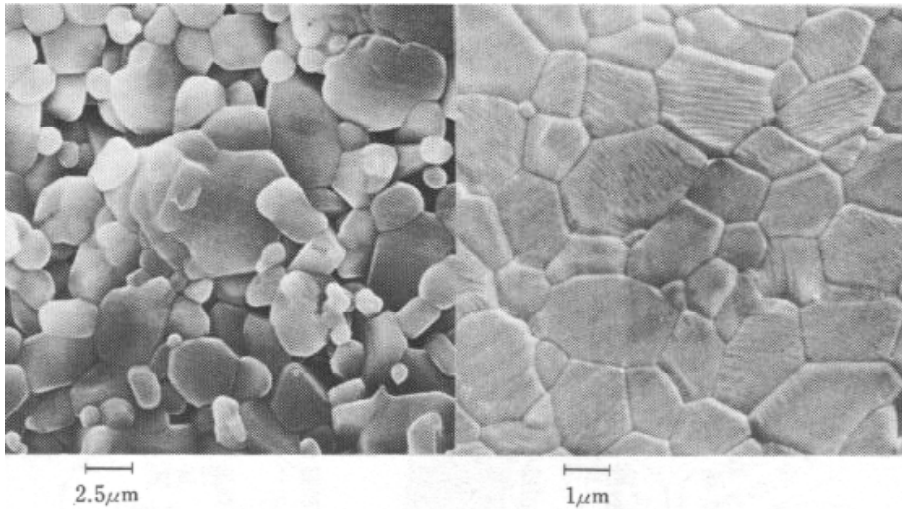
“SAPPAL”透光性アルミナ (高圧ナトリウムランプ)

東芝セラミックス  
<http://www.tocera.co.jp/ja/products/semicon/sapphal.html>



## アルミナの電子顕微鏡写真 (微構造)

ニューセラミックス、坂野久夫著、パワー社



(a) アルミナ96%

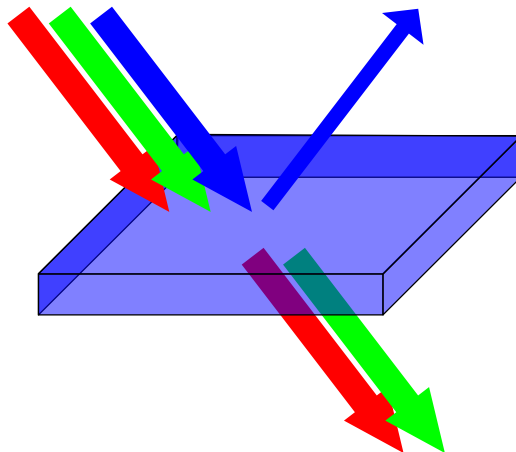
(b) アルミナ99.9%

写真 2-1 アルミナセラミック基板の表面のSEM写真

## 透過と反射色

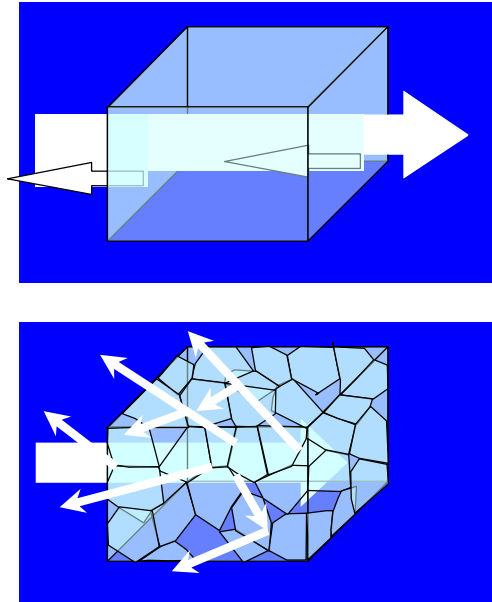
太陽光 (白色光)

反射光 (青色)



透過光 (赤 + 緑 = 黄色)

## 散乱: 透明か白か



## 宝石の多くも酸化物

The Magic of Ceramics, D.W. Richerson,  
The Am. Ceram. Soc., 2000

### 人工宝石

C

**ダイヤモンド:** 無色透明

$\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$  (緑柱石, beryl)

**エメラルド:** 海緑色

**アクアマリン:** 淡青色

$\text{Al}_2\text{O}_3$

**ルビー:**  $\text{Cr}^{3+}$  0.01~3mol%

赤色 (紅玉)

**サファイア:**

無色透明、他 (鋼玉)

$\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$

**オパール:** 蛋白石、蛋白光

### 人造宝石

$\text{ZrO}_2$

**キュービックジルコニア**



Figure 3.12. Synthetic gemstones. Synthetic ruby weighing 1.20 carats and surrounded by five synthetic star rubies and sapphires, two synthetic emeralds, and three diamond simulants. (Courtesy of Dan Sweeney, author of the book Stone Age to Space, Oxford Book Co., Boston, MA)

人工宝石

中央: ルビー

周囲: ルビー5個

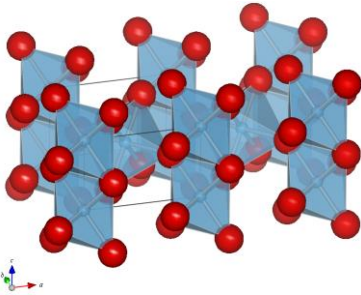
エメラルド2個

擬似ダイヤモンド3個

## 二酸化チタン $\text{TiO}_2$ の結晶構造

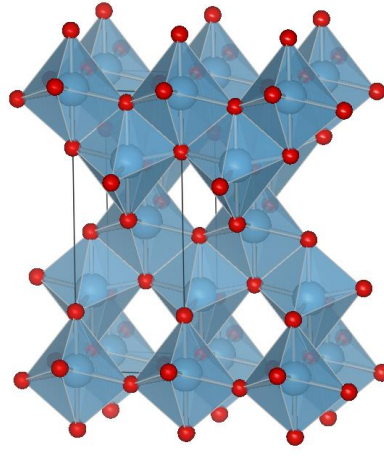
### ルチル

誘電体(セラミックスコンデンサー)



### アナターゼ

光触媒



## 光触媒: アナターゼ ( $\text{TiO}_2$ )

ハイドロテクト (東陶機器) [http://www.toto.co.jp/hydro/hydro\\_2.htm](http://www.toto.co.jp/hydro/hydro_2.htm)

- 雨水で汚れが落ちる
  - 排気ガスで分解・浄化する
  - カビが生えるのを抑える
  - イヤな臭いを抑える
- セルフクリーニング効果  
大気浄化効果  
抗菌効果  
防臭効果



タイル



外装コーティング材



ガラスコーティング材



インテリアタイル・  
建材



生活用品

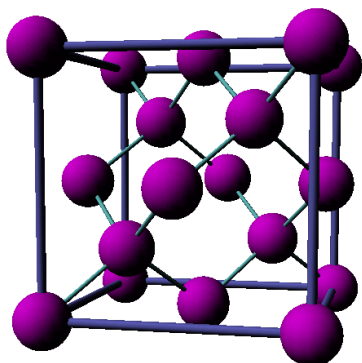


カー用品

## シリコンの構造

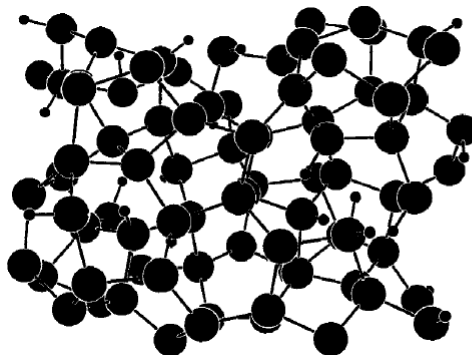
### 結晶シリコン

ダイヤモンド構造の結晶  
バンドギャップ  $\sim 1.12\text{eV}$   
金属光沢(単結晶)、黄色(薄膜)  
電気伝導度  $\sim 10^{-6}\text{ S/cm}$



### アモルファスシリコン

結晶の周期構造を持たない  
バンドギャップ  $\sim 1.75\text{eV}$   
茶色 $\sim$ 赤色(薄膜)  
電気伝導度  $< 10^{-10}\text{ S/cm}$



Ed. by R.A. Street,  
Technology and Applications of Amorphous Silicon, Springer 2000

## イオンの反応と色

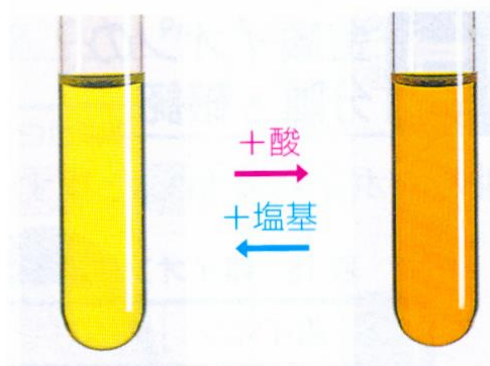


図 56  $\text{CrO}_4^{2-}$  と  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  の変化



## 材料の不思議と可能性

1. 主構成元素が同じなのに、物性が全く違う  
 $\text{Si}$ と $\text{SiO}_2$   
 $\text{Al}$ と $\text{Al}_2\text{O}_3$  => 化学組成
2. 構成元素が同じでも、構造によって物性が全く変わる  
結晶シリコンとアモルファスシリコン  
 $\text{TiO}_2$ : ルチルとアナターゼ => 結晶構造
3. 組成・結晶構造が同じでも、物性(透明性)が違う  
アルミナセラミックス、透光性アルミナ  
単結晶アルミナ => 微構造
4. 同じ単結晶でも色・機能が違う  
サファイアとルビー => 不純物・添加物
5. 同じ元素でも色が違う => イオン価数、構造

## 酸化物の特徴は?

セラミックス: セメント、ガラス、茶碗

1. 脆い
2. 電気を流さない
3. 構造材料としてしか使えない

## 酸化物の特徴は？

1. 脆い  
曲がる酸化物はたくさんある
2. 電気を流さない  
電気を流す酸化物はたくさんある
3. 構造材料としてしか使えない  
使い方によってはSiよりも優れた半導体デバイスを作れる

## 逆張りの発想

1. 電気を流すのが難しい  
絶縁体に電流を流せる電極になる
2. 半導体技術の保守本流からは無視された材料  
研究されてこなかった中に宝が眠っている
  - ・室温でも作っても動く
  - ・アモルファス中でも高性能な半導体デバイス

## 伝統的酸化物が新機能材料に

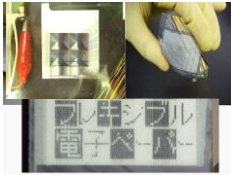
- ガラスの革新 (アモルファス酸化物半導体:AOS): 有機ELディスプレイ  
‘ガラス’に水素イオンを注入することで高性能半導体・トランジスタを実現

凸版印刷: 電子ペーパー

LG電子: フレキシブル有機EL

Samsung SDI:  
12.1"有機EL

Samsung電子:  
15"LCD



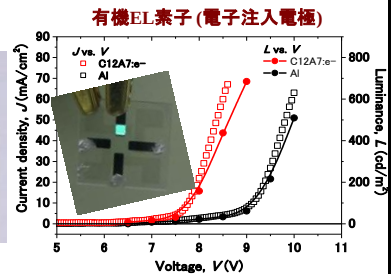
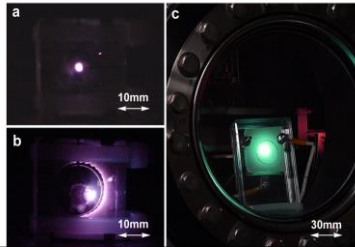
- セメントの革新 (C12A7): 元素戦略

‘セメント’にアルゴン・水素イオンを注入することで高機能金属を実現

電界放射型発光素子(電子銃)

アドバンテスト: 電子銃

- 鉄の革新: 高温超伝



## 内容

1. 身のまわりのセラミックス
2. 材料の不思議と可能性  
同じ原料から全然違う材料ができる
3. 色から何がわかるか
4. ディスプレイ技術
5. 新しい材料が拓くディスプレイ技術
6. 新材料研究が生み出した  
セレンディピティ  
新高温超電導体

# 透明酸化物が使われている電子機器

平面テレビ(LCD,PDP,有機EL)

タッチパネル



薄膜太陽電池

産総研, メガソーラータウン

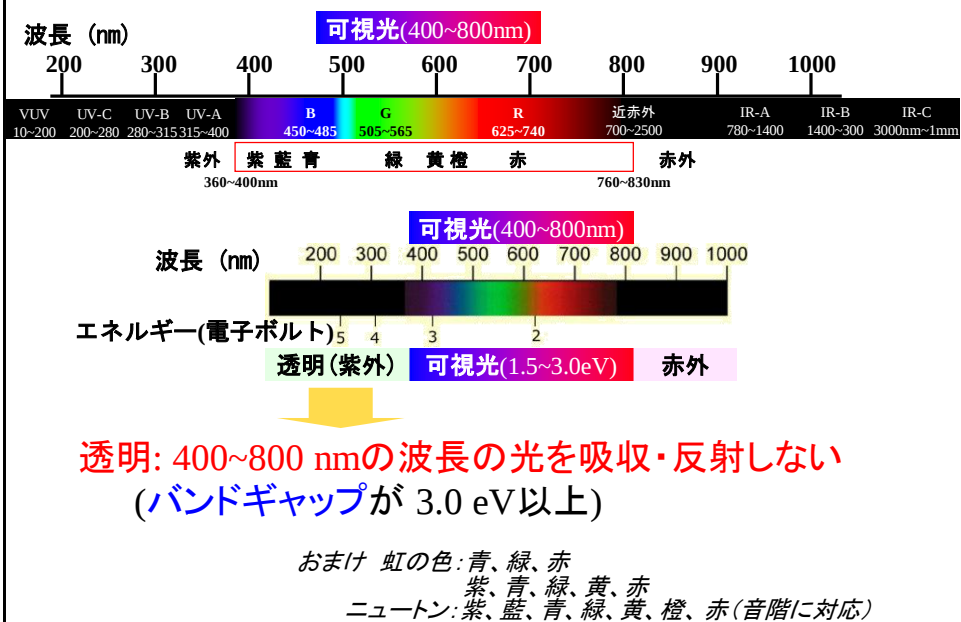


三菱重工業  
a-Si:H



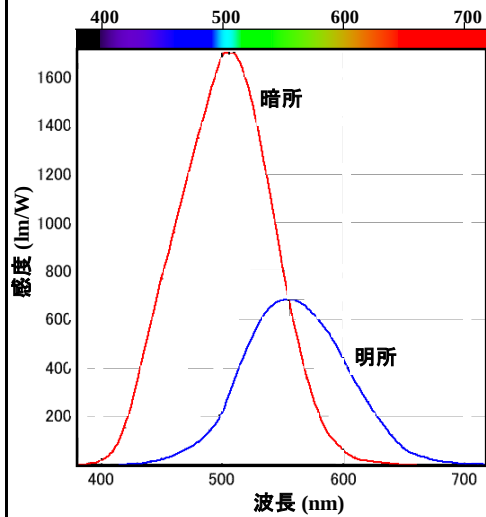
東急電鉄 すすきかけ台駅

## 透明とはどういうことか？



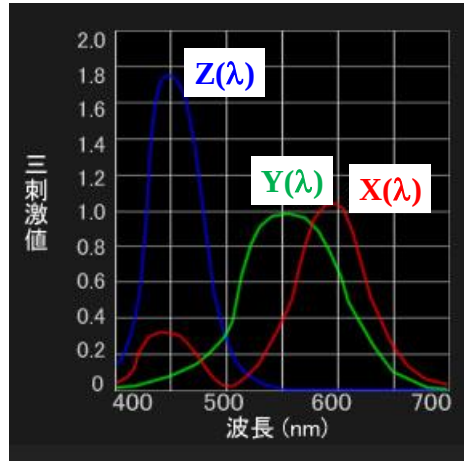
## 眼は色をどのように感じるか

視感度



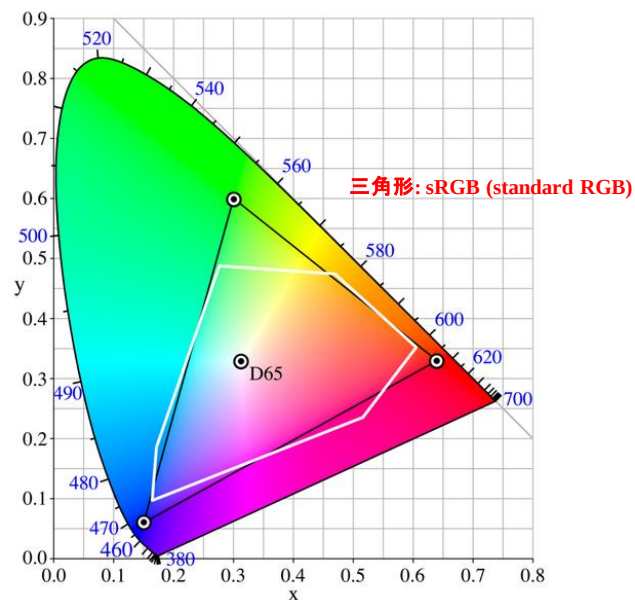
等色関数

CIE XYZ 表色系 (JIS Z8701)



[http://homepage2.nifty.com/studio\\_AURK/ccconv/Color/cie.html](http://homepage2.nifty.com/studio_AURK/ccconv/Color/cie.html)

## CIE xy 色度図 (1931)



<http://ja.wikipedia.org/wiki/%E8%89%B2%E7%A9%BA%E9%96%93>

## 夜警

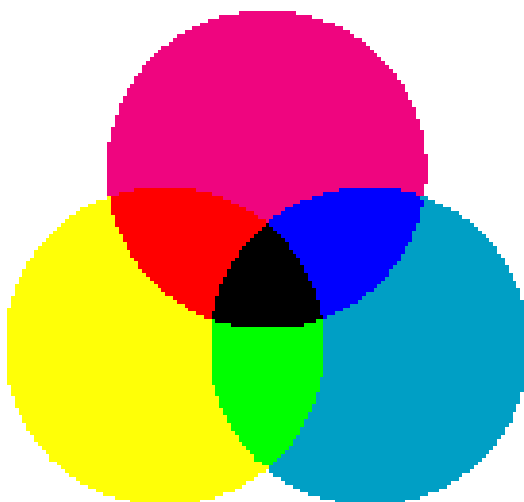
(フランス・バニング・コック隊長とウィレム・ファン・ラウテンブルフ副隊長の市民隊)

レンブラント (1606~1669) 「光と影の魔術師」

作品は1642年頃



## 絵の具をまぜると・・・



M(マゼンダ)・Y(イエロー)・C(シアン)  
赤紫      ・黄色      ・青緑  
(色の三原色)

## いろいろなきれいな色が欲しい

・混ぜない

・岩絵の具 (日本画)

きれいな自然鉱石を砕いて使う

辰砂、孔雀石、藍銅鉱、ラピスラズリなど

藍銅鉱 ( $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$ )  
「岩群青」



辰砂 ( $\text{HgS}$ )



ラピスラズリ  
青金石(ラズライト)  
( $\text{Na}_{8-10}\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}\text{S}_2$ )  
「ウルトラマリン」

・ルーベンス (1577~1640)、ドラクロア (1798~1863)、  
モネ (1840~1926)、・・・、スーラ (1859~1891)

## グランド・ジャット島の日曜日の午後

1884~1886年

スーラ (1859~1891) 点描法

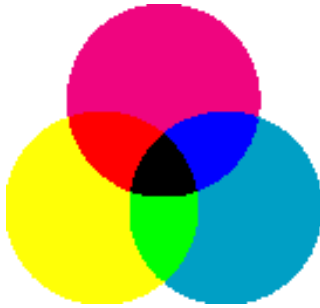


## 色をまぜると・・・

### 絵の具を混ぜる

M(マゼンダ)・Y(イエロー)・C(シアン)  
赤紫                      ・黄色                      ・青緑  
(色の三原色)

### 減法混色



シアン = B + G    黄 = G + R    マゼンタ = B + R

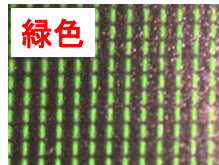
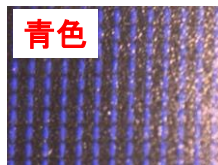
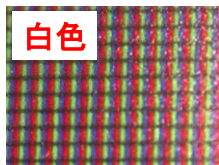
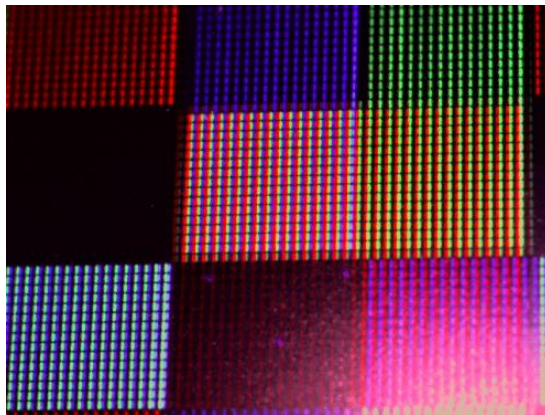
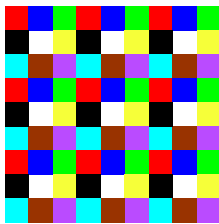
### 光を混ぜる

R(赤)・G(緑)・B(青)  
(光の三原色)

### 加法混色



## 液晶TVを拡大すると・・・



# 宝石の多くも酸化物

The Magic of Ceramics, D.W. Richerson,  
The Am. Ceram. Soc., 2000

## 人工宝石

C

**ダイヤモンド:** 無色透明

$\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$  (緑柱石, beryl)

**エメラルド:** 海緑色

**アクアマリン:** 淡青色

$\text{Al}_2\text{O}_3$

**ルビー:**  $\text{Cr}^{3+}$  0.01~3mol%

赤色(紅玉)

**サファイア:**

無色透明、他(鋼玉)

$\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$

**オパール:** 蛋白石、蛋白光



Figure 3.12. Synthetic gemstones. Synthetic ruby weighing 120 carats and surrounded by five synthetic star rubies and sapphires, two synthetic emeralds, and three diamond imitations. (Courtesy of Eastman, author of the book Gems Made by Man, Crown Publ. Co., Boston, MA)

## 人工宝石

中央: ルビー

周囲: ルビー5個

エメラルド2個

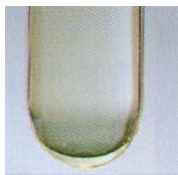
擬似ダイヤモンド3個

## 人造宝石

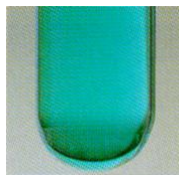
$\text{ZrO}_2$

**キュービックジルコニア**

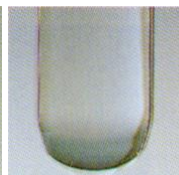
# イオンの色



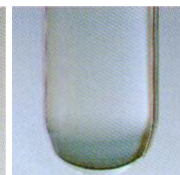
$\text{Ag}^+$  (無色)



$\text{Cu}^{2+}$  (青色)



$\text{Pb}^{2+}$  (無色)



$\text{Zn}^{2+}$  (無色)



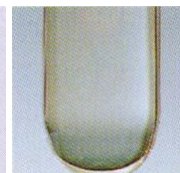
$\text{Al}^{3+}$  (無色)



$\text{Fe}^{2+}$  (淡緑色)



$\text{Fe}^{3+}$  (黄褐色)



$\text{Cd}^{2+}$  (無色)

## 青板ガラスの色

シリカ(石英)ガラス

青板ガラス (ソーダガラス)

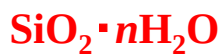


主成分: シリカ ( $\text{SiO}_2$ )

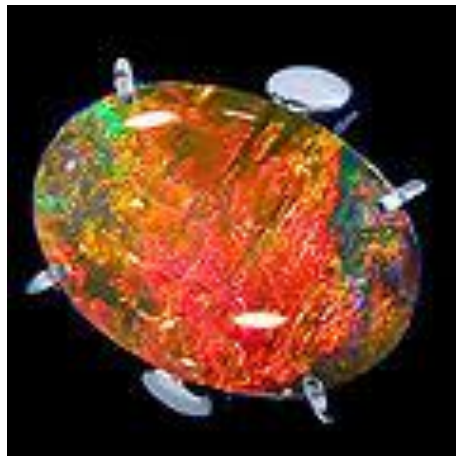
主成分: シリカ ( $\text{SiO}_2$ ), アルミナ ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )  
アルカリ ( $\text{Na}$ ,  $\text{K}$ , ...),  
アルカリ土類 ( $\text{Mg}$ ,  $\text{Ca}$ , ...)  
不純物:  $\text{Fe}$ ,  $\text{Cu}$ , ...

所さんの目がテン!

## オパールの色

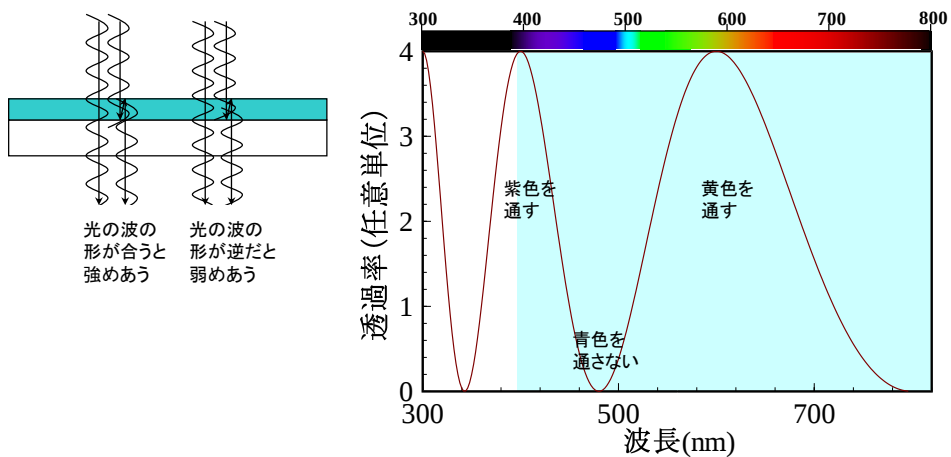


プレシャス・オパール (遊色効果)

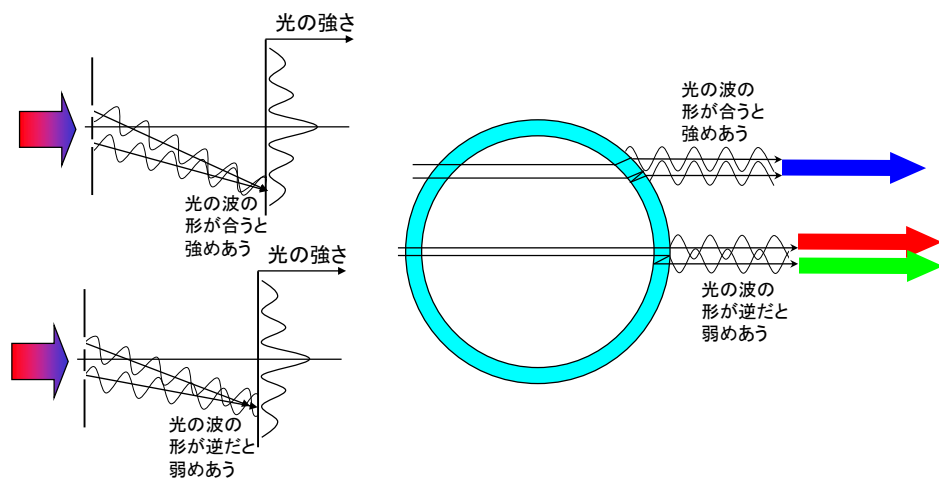


<http://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%AA%E3%83%91%E3%83%BC%E3%83%AB>

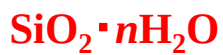
## 色のないものにも色が見える：構造色



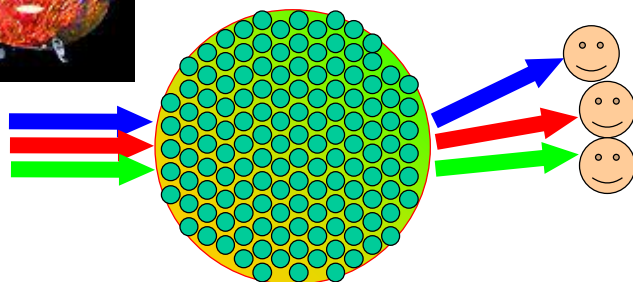
## 光の干渉とシャボン玉の色



## オパール構造色

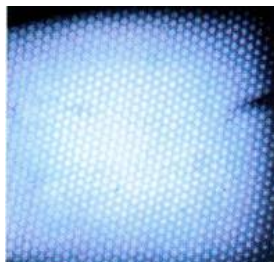


プレシャス・オパール (遊色効果)



<http://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%AA%E3%83%91%E3%83%BC%E3%83%AB>

## 生物と構造色 (海ねずみ)

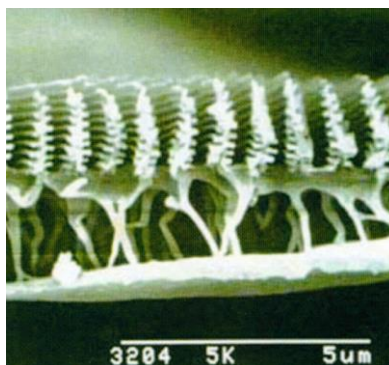
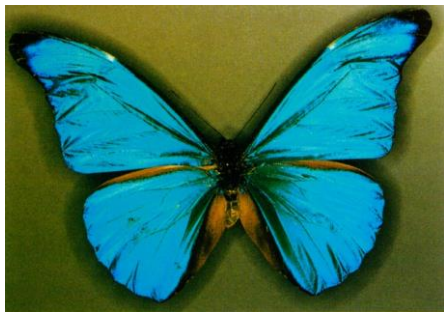


固体物理v6.41 No.7 2006, p.47

## 生物と構造色（モルフォ蝶）

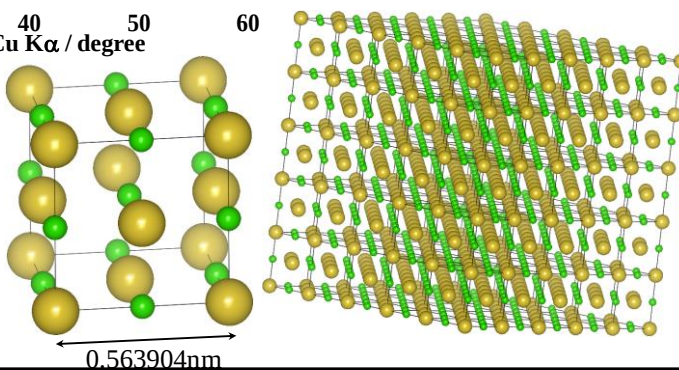
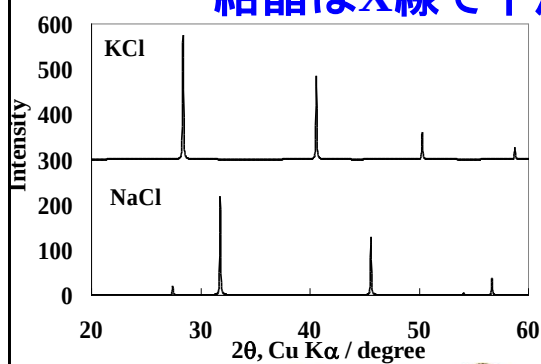
### モルフォ蝶翅鱗粉の電子顕微鏡写真

可視光の波長と同じ程度の間隔できれいに並んだ構造により、光の波が干渉し、色が見える

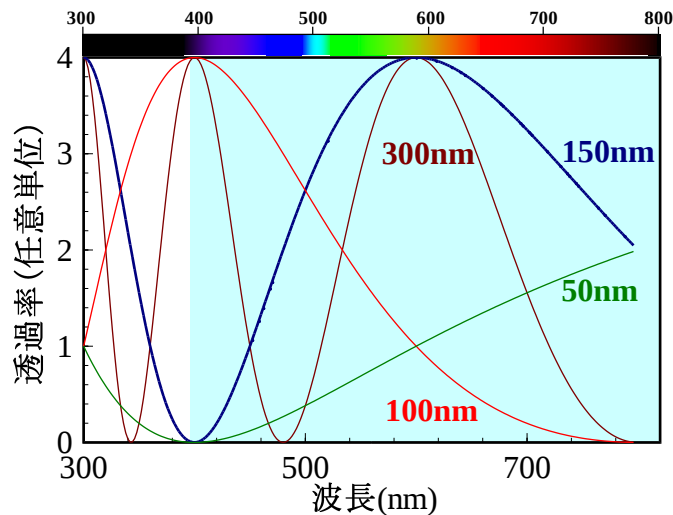


写真提供 日産

## 結晶はX線で干渉色を示す

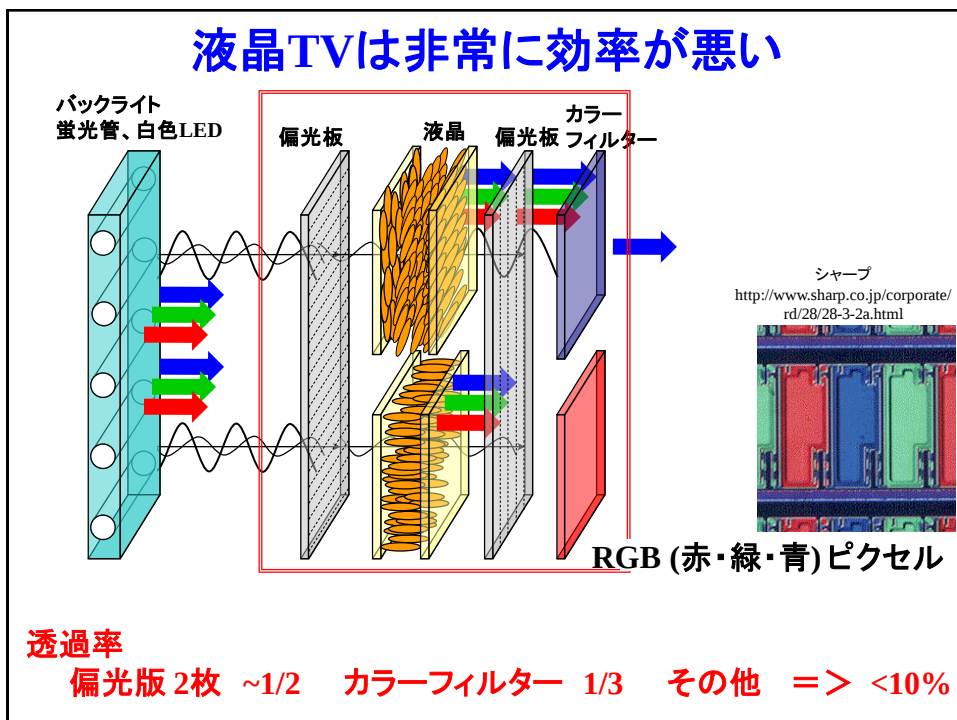
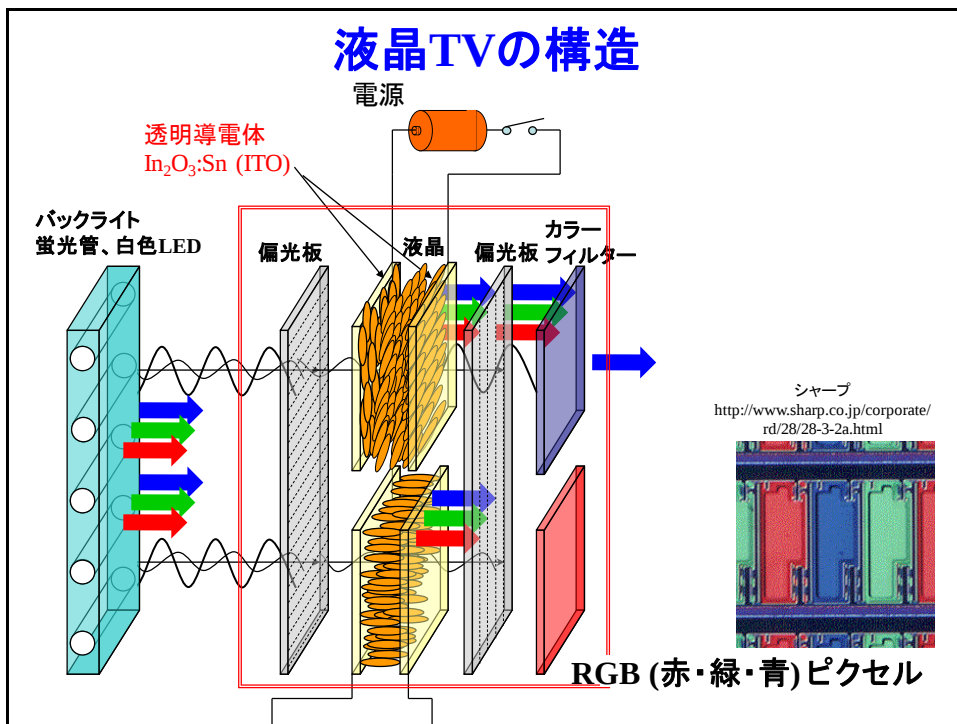


## 液晶TVの透明電極の膜厚は構造色で決まる



## 内容

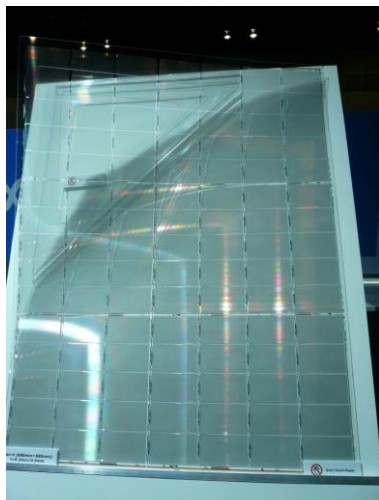
1. 身のまわりのセラミックス
2. 材料の不思議と可能性  
同じ原料から全然違う材料ができる
3. 色から何がわかるか
4. ディ스플레이技術
5. 新しい材料が拓くディスプレイ技術
6. 新材料研究が生み出した  
セレンディピティ  
新高温超電導体



## 液晶TV用ガラス (旭ガラス)

880 × 680 × 0.2 mm<sup>3</sup> (現在は0.7~0.5 mm厚、2.2 × 2.5 m<sup>2</sup>など)

薄膜トランジスタ(a-Si)形成後



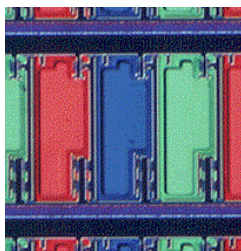
カラーフィルター形成後



SID2013 Exhibition

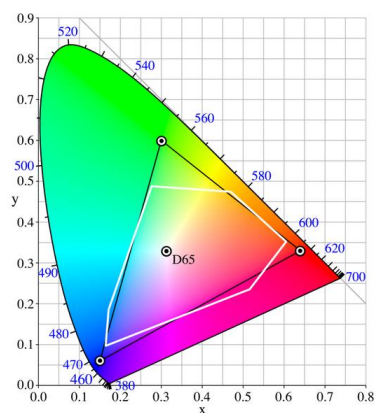
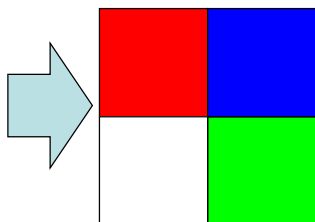
## 液晶の効率を上げる

RGB ピクセル



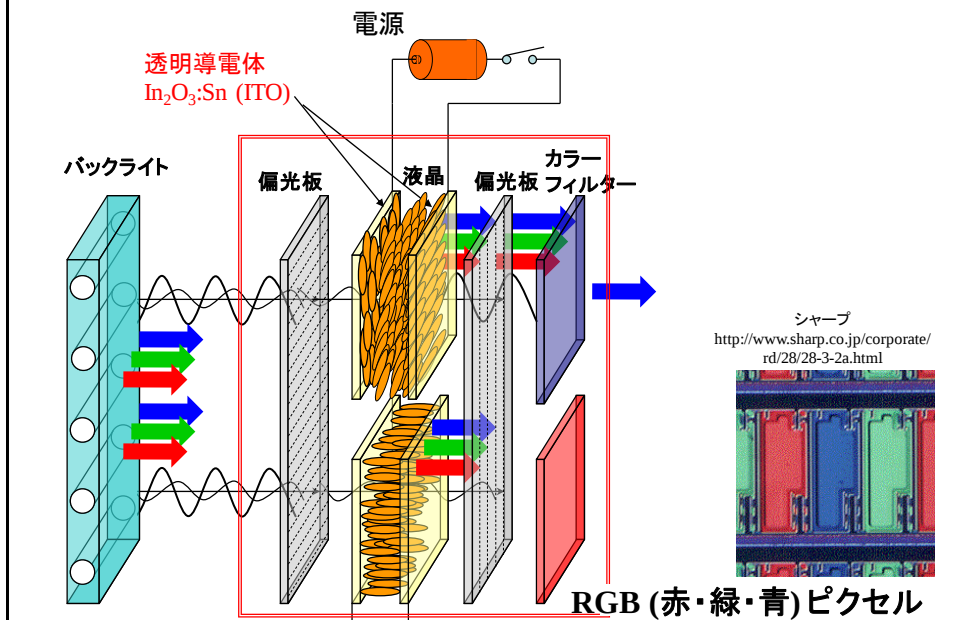
シャープ  
<http://www.sharp.co.jp/corporate/rd/28/28-3-2a.html>

RGB+W ピクセル



<http://ja.wikipedia.org/wiki/%E8%89%B2%E7%A9%BA%E9%96%93>

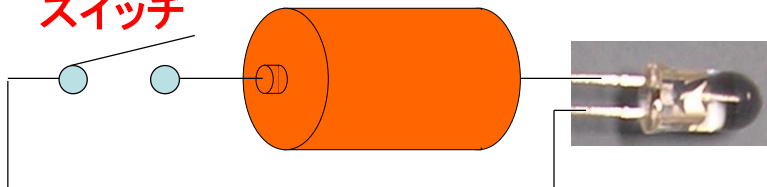
## 液晶TVの構造



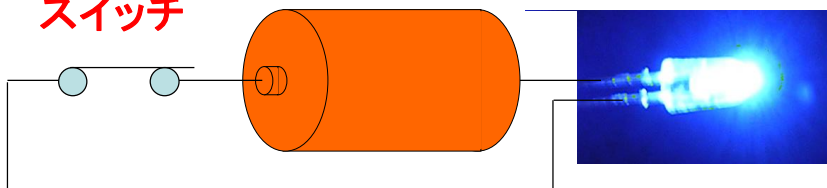
## トランジスタ

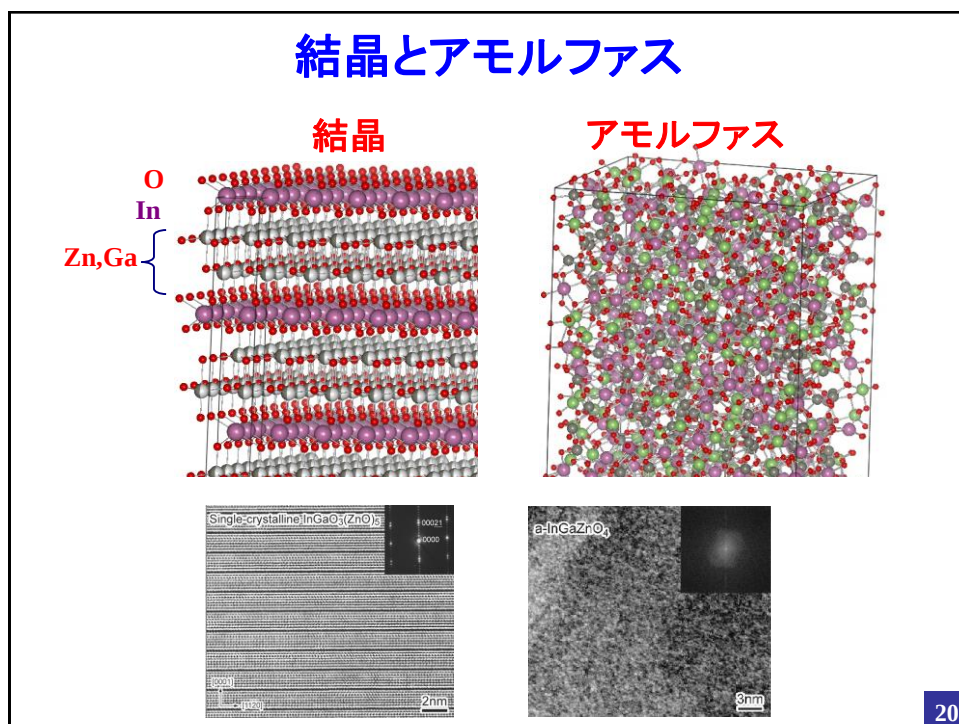
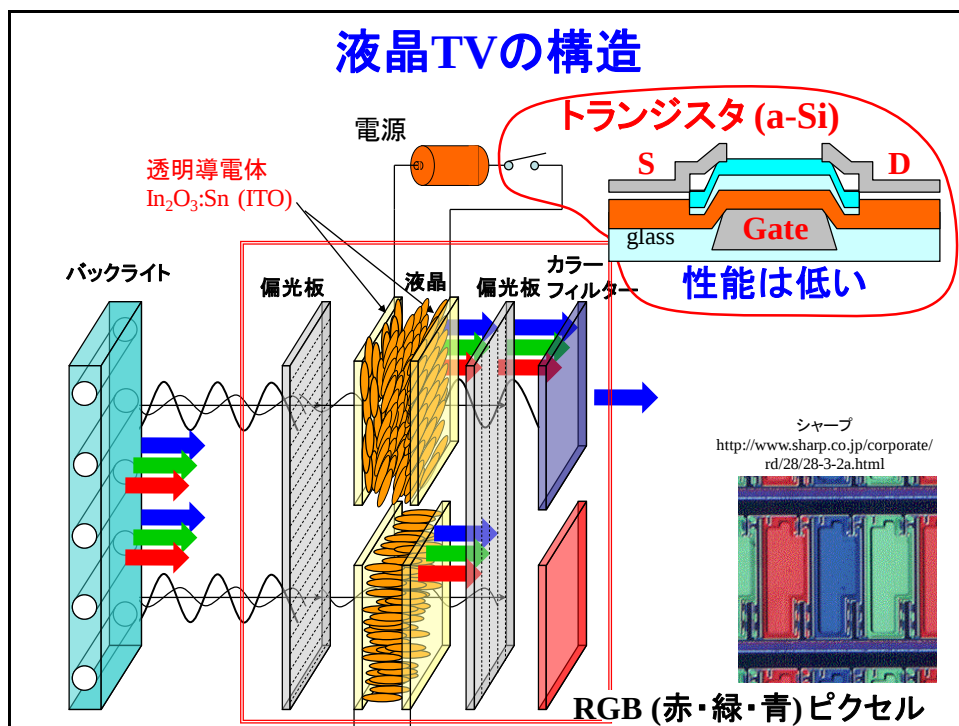
電気でオン・オフを切り替えるスイッチ

スイッチ



スイッチ





## 単結晶、多結晶、アモルファス

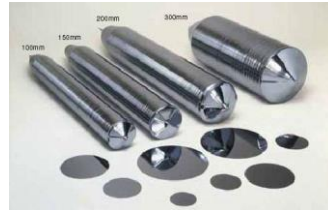
### 単結晶シリコン太陽電池



<http://www.alibaba.co.jp/pdetail-free/5053167.htm>

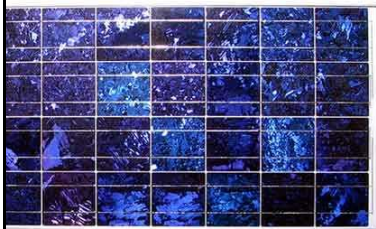


<http://www.gintechenergy.com/jp/index.php/products/douro-series/douro-monocrystalline-silicon-solar-cell>

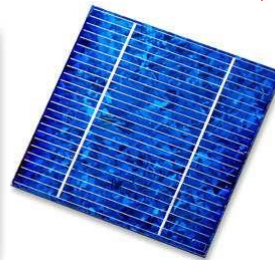


[http://semicon.jeita.or.jp/exposition/topics\\_03.html](http://semicon.jeita.or.jp/exposition/topics_03.html)

### 多結晶シリコン太陽電池



<http://plaza.rakuten.co.jp/breadvan/2005>



[http://www.kyocera.co.jp/inamori/library/2\\_11.html](http://www.kyocera.co.jp/inamori/library/2_11.html)

### アモルファスシリコン太陽電池



INC-SOLAR AG  
出典:「(株)カネカのアモルファスシリコン太陽電池」海外カタログ

21

## なぜ結晶よりアモルファスが良いのか？

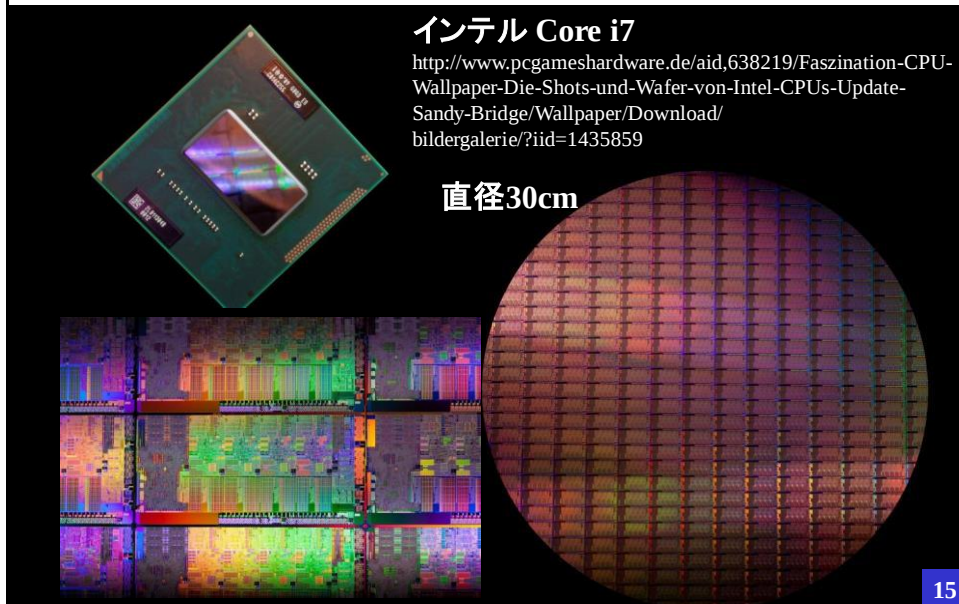
### 結晶

- ・高性能
- ・単結晶は大きくできない・高価
- ・多結晶は低性能、不透明

### アモルファス

- ・均一性が高い
- ・ガラス基板が使える
- ・大面積で作れる
- ・性能は低い???

## 単結晶シリコンは~30cm程度



## 薄膜太陽電池は1 m 以上

薄膜太陽電池用ガラス基板

2011~2012年:  $1.4 \times 2 \text{ m}^2$

2013~2014年:  $1.4 \times 4 \text{ m}^2$

産業技術総合研究所のメガソーラタウン

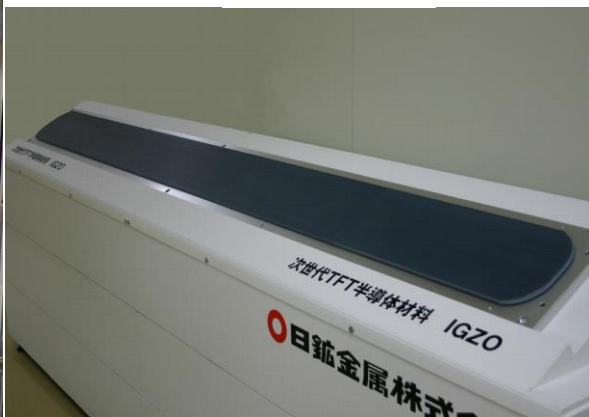
a-Si:H

三菱重工業のアモルファスシリコン太陽電池



## 液晶TVは 2 m 以上のガラスに作る アルバック

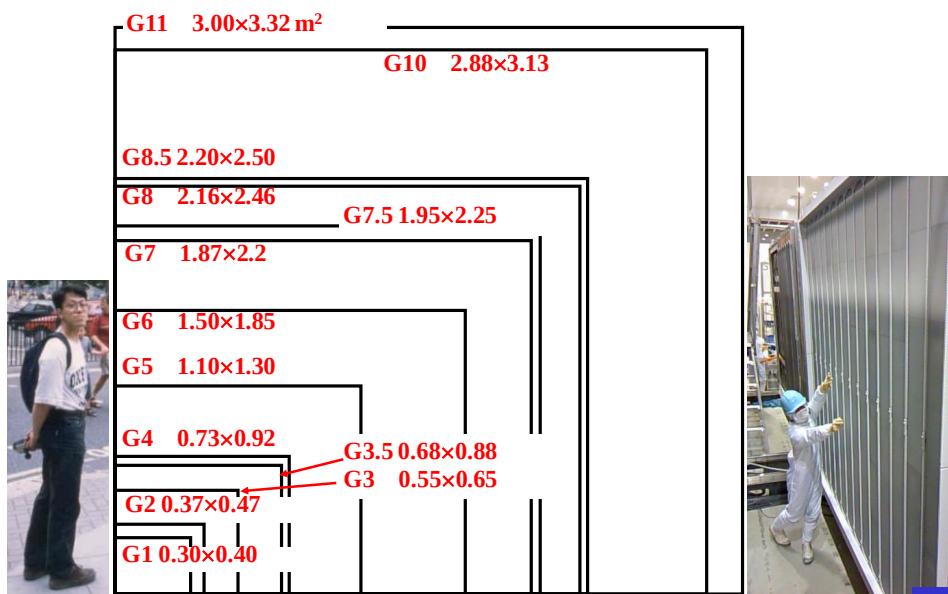
日鉱金属



第8世代 (2.1×2.40 m<sup>2</sup>)

24

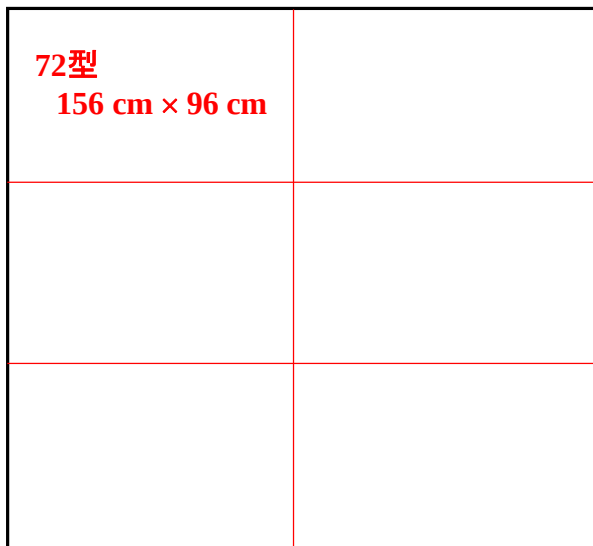
## 液晶TV用ガラスサイズはどんどん大きくなる



24

## なぜ大型ガラス基板を使う？

第10世代 ガラス基板 2.88 m × 3.13 m



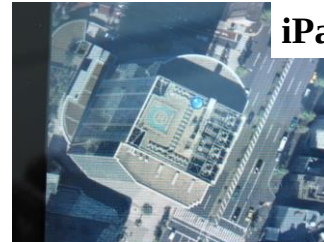
第3世代: 550×650  
12.1型6面取り  
第5世代: 1000 × 1200  
40型2面取り  
第6世代: 1500 × 1800  
40型3面取り  
テレビに使用開始したころ  
第7世代: 1870 × 2200  
40型6面取り

## 内容

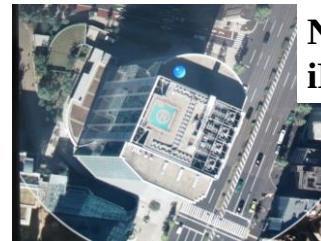
1. 身のまわりのセラミックス
2. 材料の不思議と可能性  
同じ原料から全然違う材料ができる
3. 色から何がわかるか
4. ディスプレイ技術
5. 新しい材料が拓くディスプレイ技術
6. 新材料研究が生み出した  
セレンディピティ  
新高温超電導体

## New iPad (2012年3月)

<http://www.apple.com/jp/ipad/specs/>  
<http://techon.nikkeibp.co.jp/article/NEWS/2012>



iPad2



New iPad

**レティナディスプレイ**  
**2,048×1,536, 264 ppi**  
**シャープがa-IGZOパネルを供給**

<http://www.sharp.co.jp/corporate/news/120413-b.html>

## いろいろなディスプレイの解像度

| 機種                        | 対角サイズ         | 横            | 高さ           | ppi (計算)   | ピクセル<br>サイズ<br>(mm) |            |
|---------------------------|---------------|--------------|--------------|------------|---------------------|------------|
| iPhone 3GS                | 3.5           | 480          | 320          | 165        | 0.15                |            |
| <b>iPhone4</b>            | <b>3.5</b>    | <b>960</b>   | <b>640</b>   | <b>330</b> | 0.08                | レティナディスプレイ |
| <b>Galaxy SII SC-02C</b>  | <b>4.3</b>    | <b>800</b>   | <b>480</b>   | <b>217</b> | <b>0.12</b>         | 有機EL       |
| <b>AQUOS Phone Zeta</b>   | <b>4.9</b>    | <b>1,280</b> | <b>800</b>   | <b>308</b> | <b>0.08</b>         | IGZO LCD   |
| <b>Galaxy S4</b>          | <b>5</b>      | <b>1,920</b> | <b>1,080</b> | <b>441</b> | <b>0.06</b>         |            |
| iPod nano                 | 1.54          | 240          | 240          | 220        | 0.12                |            |
| iPad/iPad2                | 9.7           | 1,024        | 768          | 132        | 0.19                |            |
| iPad3/4                   | 9.7           | 2,048        | 1,536        | 264        | 0.10                | レティナディスプレイ |
| iPad mini                 | 7.85          | 1,024        | 768          | 163        | 0.16                |            |
| Kindle fire               | 7             | 1,024        | 600          | 170        | 0.15                |            |
| Kindle fire HD            | 7             | 1,280        | 800          | 216        | 0.12                |            |
| <b>ASUS Zenbook UX31E</b> | <b>13.3</b>   | <b>1,600</b> | <b>900</b>   | <b>138</b> | <b>0.18</b>         |            |
| <b>MacBook Pro(2012)</b>  | <b>13.3</b>   | <b>2,560</b> | <b>1,600</b> | <b>227</b> | <b>0.11</b>         | レティナディスプレイ |
| <b>Regza Tablet</b>       | <b>7.7</b>    | <b>1,280</b> | <b>800</b>   | <b>196</b> | <b>0.13</b>         | 有機EL       |
| Galaxy Tab 7.7            | 7.7           | 1,280        | 800          | 196        | 0.13                |            |
| <b>Nexus 10</b>           | <b>10.055</b> | <b>2,560</b> | <b>1,600</b> | <b>300</b> | <b>0.08</b>         |            |
| Acer Iconia Tab W700      | 11.6          | 1,920        | 1,080        | 190        | 0.13                |            |
| <b>Sharp PN-K321</b>      | <b>32</b>     | <b>3,840</b> | <b>2,160</b> | <b>138</b> | <b>0.18</b>         | IGZO LCD   |

## 32" 4K2K IGZO TFT 業務用LCD

2012/11/12 Yomiuri Online <http://www.yomiuri.co.jp/atmoney/news/20121111-OYT1T00360.htm?from=main>

2012/11/28 Tech-On! <http://techon.nikkeibp.co.jp/article/NEWS/20121128/253332/>

Sharp <http://www.sharp.co.jp/lcd-display/corporate/lineup/k321/>

### PN-K321 業務用液晶モニタ

**3,840×2,160 最大輝度 250 cd/m<sup>2</sup>**

コントラスト比 800:1 厚さ35mm

2013/2/15 発売、45万円前後

### IGZO TFT

**高精細化、高開口率化、省電力**

光利用効率 2倍

2～3割の低消費電力

(駆動回路など含む)



## 498ppiの超高精細液晶、 東芝モバイルディスプレイが開発

2011/11/20 FPD International2011

<http://techon.nikkeibp.co.jp/article/NEWS/20111020/199555/>

### 498ppi 6.1型液晶パネル

**写真画像とほぼ同等**

**新聞を見開きで読める**

画素数 2,560×1,600

コントラスト比 1000対1

視野角 上下、左右 176度以上

色再現範囲 NTSC規格比61%

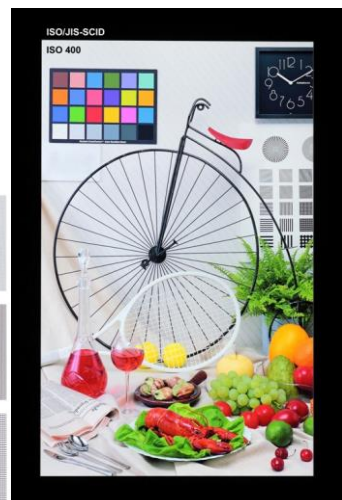
表示色 1677万7216

**低温多結晶Si TFT**

綺麗な漢字  
3mm 498ppi

綺麗な漢字  
3mm 244ppi

綺麗な漢字  
3mm 132ppi



## 実用化された有機ELディスプレイ

ソニー

11型 TV (XEL-1)

(2007/12/1 – 2010/2/16)

25型、17型 (業務用, 医療用) (2011/2/16発表)



サムソン電子

Galaxy S SC-02B (2010)

Galaxy S II SC-02C (2011)

4.3型



LGディスプレイ: 15型 TV (2009)



## 実用化された有機ELディスプレイ

ソニー

Play Station Vita

5型960 × 544



サムソン電子

Galaxy S SC-02B (2010)

Galaxy S2 SC-02C (2011)

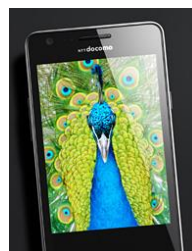
4.3型800 × 480 (WVGA)

Galaxy S3 SC-03E (2011)

4.8型1280 × 720

Galaxy S4 SC-04E (2013)

4.99型1920 × 1080



NTTドコモ

MEDIAS PP N-01D

4型800 × 480 (WVGA)

<http://juggly.cn/archives/43216.html>



東芝

<http://techon.nikkeibp.co.jp/article/NEWS/20120109/203352/?ref=ML>

REGZA Tablet AT570 (2012)

7.7型1280 × 800



## ジオ・コスモスに次世代の光 日本科学未来館11日再開

2011/6/4 朝日新聞

<http://www.asahi.com/national/update/0604/TKY201106030625.html>

2011/6/3 日刊工業新聞

[http://www.nikkan.co.jp/news/photograph/nkx\\_p20110603.html](http://www.nikkan.co.jp/news/photograph/nkx_p20110603.html)

三菱電機 球体型の有機エレクトロ・ルミネッセンス(EL)ディスプレイ

直径約6メートル 96ミリメートル角の有機ELパネルを1万362枚 1000万画素以上  
従来の発光ダイオード(LED)方式のものと比べ約10倍の能力



## Sony 業務用有機ELモニター

**XEL-1 (11")**  
~¥200,000



**BVM-E170 (17")**  
¥1,312,500



**BVM-E250 (25")**  
¥2,415,000



**PVM-740 (7.4")**  
¥365,400



**PVM-1741 (17")**  
¥417,900



**PVM-2541 (25")**  
¥627,900



## 有機EL用トランジスタには高い技術が必要

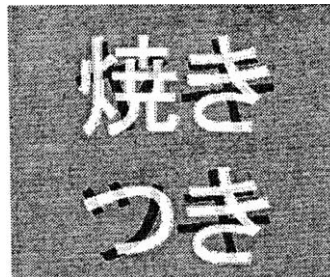
Jae Kyeong Jeong et al., Inha Univ, IMID2009, 50-3

### 発光強度

実効電圧の自乗  $(V - V_{th})^2$  に比例

閾値電圧  $V_{th}$  が 0.1 V ばらつくと

発光強度が 16 % 変わる



## 有機ELの焼き付き



|     |   |       |                  |
|-----|---|-------|------------------|
| 画質  | ○ | 消費電力  | ？                |
| コスト | × | 重量・厚さ | － (<< ガラス・バッテリー) |
| 解像度 | × | 耐衝撃   | － (耐摩耗損傷？)       |

## フレキシブル太陽電池

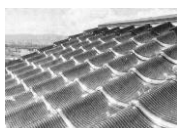


Fig. 4

Y. Hamakawa: Recent advances in amorphous and microcrystalline silicon basis devices for optoelectronic applications; Applied Surface Science **142** (1999) 215.

**富士電機** (~1 kg/m<sup>2</sup>)

<http://techon.nikkeibp.co.jp/article/NEWS/20071004/140243/>



**FLEX CELL社** (独Q-Cellの子会社)

1.2 mm厚, 27W/(642×1310mm<sup>2</sup>), 3%

<http://www.chikahisa.co.jp/eco/flex.html>

## ソニー:ペンほどの太さに巻き取れる有機TFT駆動有機ELディスプレイを開発

SID2010

SID2011

<http://www.sony.co.jp/SonyInfo/News/Press/201005/10-070/>



独自開発の有機半導体材料 (PXX誘導体) TFT  
駆動力を従来比8倍

20μmの極薄フレキシブル基板上に有機TFTと有機ELを集積

有機TFTでゲートドライバ回路を形成

全ての絶縁膜も有機材料で形成

曲率半径4 mmで動画再生

# フレキシブルディスプレイの実用化

日経エレクトロニクス

2012/6/25

図1 曲がるパネル  
を利用する電子書籍  
端末がついに市場に  
発売で先行したPlastic  
Logic社の端末は曲が  
らないが、Wexler社の  
製品はゴムの筐体を備  
え、手で曲げられる。

Plastic Logic社の10.7型パネル



Plastic Logic 100



2011年9月にロシアで  
学校向けに発売  
(約3万3000円)

- ▶画面寸法:10.7型
- ▶解像度:980×1280 画素
- ▶外形寸法:216mm×280mm×7.65mm
- ▶重さ:475g
- ▶筐体とパネルの基板はプラスチック
- ▶タッチ・パネル機能あり

LG Display社の6型パネル



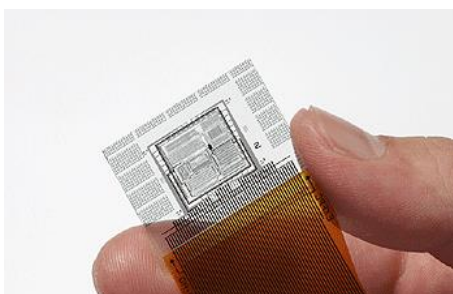
Wexler Flex One



2012年5月にロシアの  
量販店で販売開始  
(約2万1000円)

- ▶画面寸法:6型
- ▶解像度:1024×768画素
- ▶外形寸法:151mm×134mm×4mm
- ▶重さ:110g
- ▶電池容量:900mAh(数週間動作)
- ▶筐体はゴム製。少し曲げられる
- ▶タッチ・パネル機能はない

## システム・オン・グラス



### ガラス基板上に形成されたZ80

2002/10/22 (シャープ、半導体エネルギー研究所)  
2.5MHz, 13,000Tr/13x13mm<sup>2</sup>, 3~4μm rule



往年の名機「MZ-80C」で動く  
ゲームソフト(ハドソン「ダイヤ  
モンド作戦」)

## 将来のディスプレイは透明になる？

### ヘッドアップディスプレイ



F/A-18C Hornet  
Wikipedia, Japanese  
<http://ja.wikipedia.org/>



Defi-Link VSD CONCEPT  
Nippon Seiki Co. Ltd.  
<http://www.nippon-seiki.co.jp/defi/>

### 未来の姿？

*Time Machine, 2002, Dreamworks*



*Minority Report, 2002, 20Century Fox*



### 透明窓ディスプレイ



## 【FPD】デンソー、非発光時に透明な青色と白色の無機ELディスプレイを開発

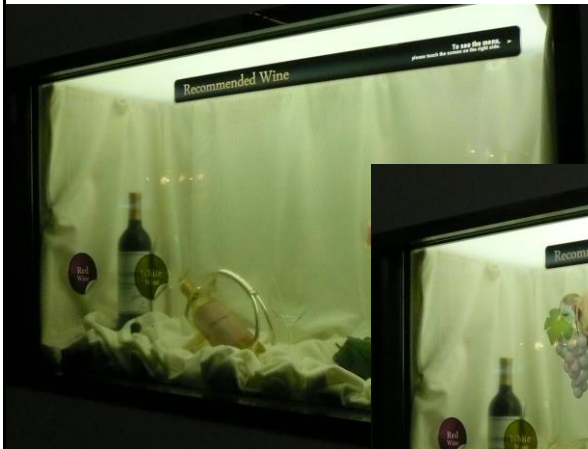


<http://techon.nikkeibp.co.jp/article/NEWS/20061018/122412/?ST=nano>

## 透明液晶ディスプレイ (タッチパネル内蔵)

サムソンLCD(韓国)

SID2010



46型液晶  
透過率 ~6%

2011年3月から22型の  
量産を開始



8

## 透明有機ELディスプレイ

透過率 30%

透明電極を使用  
多結晶シリコン TFT

LGディスプレイ(韓国)

FPD International 2010



## Si エレクトロニクスの課題

Fundamental electrical property of Si and TOS (ZnO)

|                                                           | Si                | TOS (ZnO)           |
|-----------------------------------------------------------|-------------------|---------------------|
| Energy gap (eV)                                           | 1.12              | 3.24                |
| Electron drift mobility ( $\text{cm}^2(\text{Vs})^{-1}$ ) | 1400              | 200                 |
| Electron saturation velocity ( $\text{cm s}^{-1}$ )       | $1.0 \times 10^7$ | $> 2.7 \times 10^7$ |
| Breakdown field strength ( $\text{V cm}^{-1}$ )           | $3.0 \times 10^5$ | $> 1 \times 10^6$   |
| Thermal conductivity ( $\text{W (cm K)}^{-1}$ )           | 1.5               | 0.006               |

- バンドギャップが小さい (1.12eV)
  - × 高速不揮発メモリー
  - × 光回路との集積化 (非可視光発光)
  - × 高温動作、高出力動作

- 微細化に伴う問題

- フラッシュメモリー (遅い、耐久性)
- 量子効果、メゾスコピックデバイス

新材料？

High-K

FeRAM

ReRAM

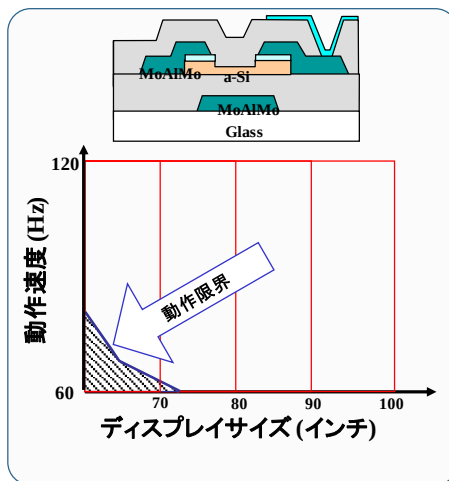
MRAM

酸化物半導体

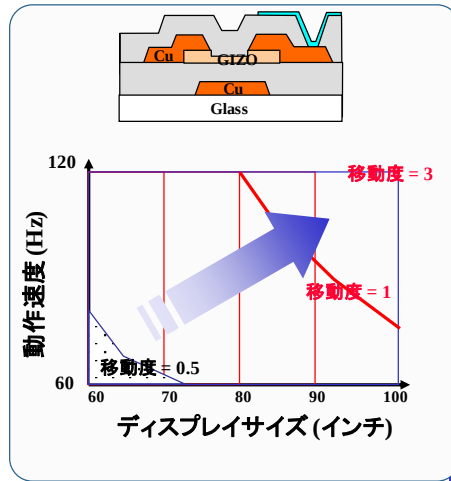
## 液晶TVが大型化するとシリコンは使えない

出典: Jang Yeon Kwon (SAIT), IDW 2007

現在の a-Si トランジスタ



高性能トランジスタ



25

## トランジスタに要求される特性

### 1. 電子ペーパー

By courtesy of Dr. Matsueda (AUO)

低温、低コスト作製

電流駆動力 (移動度) は重要ではない ( $\ll 1 \text{ cm}^2/\text{Vs}$  でも十分)

オフ電流も重要ではない: E-Ink自身がメモリー機能を持つ

低性能 TFT、 $I_{\text{on/off}} \sim 10^3$  でもよい

### 2. 液晶ディスプレイ

適度に低い作製温度 ( $\sim 300^\circ\text{C}$ ), 低コスト

電流駆動力 (移動度) は重要ではない ( $\ll 1 \text{ cm}^2/\text{Vs}$  でも十分)

a-Si:H、有機 TFT ( $\mu_{\text{FE}} < 1 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ ) も使える

オフ電流は低い方が望ましい:  $I_{\text{off}} < 10^{-12} \text{ A}$  が必要

### 3. 巨大/高速 ( $\geq 480 \text{ Hz}$ ) / 非メガネ 3D液晶ディスプレイ

高い電流駆動力 ( $\mu_{\text{FE}} > 3 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ )

### 3. 有機ELディスプレイ

高い電流駆動力 ( $\mu_{\text{FE}} > 4 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ )

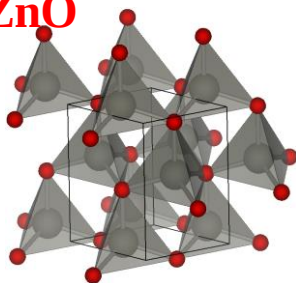
非常に高い安定性 ( $\Delta V_{\text{th}} \ll 1 \text{ V}$ )

### 4. フレキシブルディスプレイ

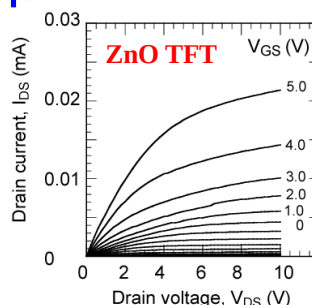
低温プロセス ( $\ll 200^\circ\text{C}$ ), 柔軟性, 高靱性

## 酸化物半導体

ZnO



TFT  
紫外センサー  
紫外LED  
バリスター



- 室温でも半導体膜がつかれる

多結晶ZnO

アモルファス酸化物半導体 (AOS)

- 高温でも半導体膜がつかれる: 高温処理で高性能化

- 移動度が大きい: 単結晶ZnOで  $\sim 200 \text{ cm}^2/\text{Vs}$

AOSで  $\gg 10 \text{ cm}^2/\text{Vs}$

- バンドギャップが大きい: 透明電子回路、紫外/深紫外動作

## 酸化物ファイバー製品

<http://www8.ocn.ne.jp/~tkc-kf/tainetu.html>

### ガラスファイバー (FRP, 高温電気絶縁部品)



### セラミックスファイバー (超高温電気絶縁部品)



9

## 酸化物も曲がる

### 長崎ポッペン



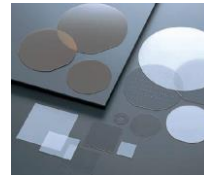
<http://www.idemitsu.co.jp/moconet/archives/spot/gangu/line2.html>

### セラフレックス (ZrO<sub>2</sub>) (日本ファインセラミックス)

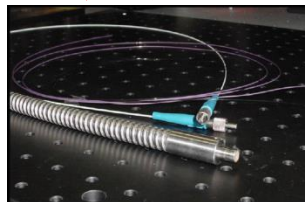


[http://www.japan-fc.co.jp/products/pro\\_4.html](http://www.japan-fc.co.jp/products/pro_4.html)

### 単結晶サファイア (京セラ)



### ガラスファイバー



9

## 曲がっている液晶ディスプレイ

**東芝 (2002/5/21)**

<http://pc.watch.impress.co.jp/docs/2002/0521/to-shiba.htm>

R = 20 cm, 8.4" 800x600  
(SVGA)



**エプソン (2003/10/29)**

<http://techon.nikkeibp.co.jp/members/01db/200310/1012838/>

50  $\mu$ m厚ガラス  
R=50mm, 3.8" 212ppi



**AUO (2008/5/21, 6/6)**

<http://techon.nikkeibp.co.jp/article/NEWS/20080521/152049/>

<http://techon.nikkeibp.co.jp/article/NEWS/20080606/152960/?ref=RL3>

R=100mm



**三菱電機**

タッチパネル付湾曲LCD  
東京モーターショー2011  
週刊アスキー 2011/12/20号



9

## 新しいガラス

**コーニング ゴリラガラス**

イオン交換処理によって表面に圧縮応力を形成して靱性を上げた化学強化ガラス  
プラスチックの20倍の剛性、30倍の硬度

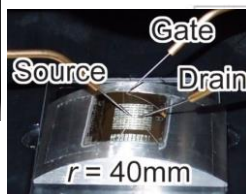


**ガラスファイバー**



**日本電気硝子**

無アルカリアルミノボロシリケートガラス  
破壊半径~50mm (100mm厚)

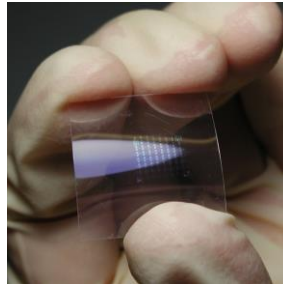
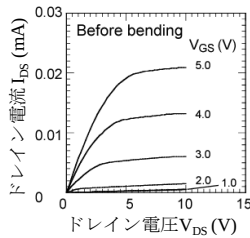


ドライバーで突いても傷ひとつつかない  
「ThinkPad X11」  
<http://www.zakzak.co.jp/economy/ecn-news/photos/20110603/ecn1106031541002-p2.htm>

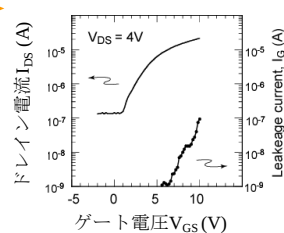
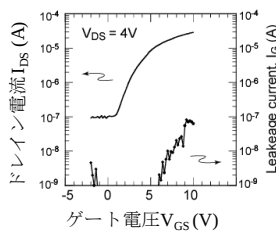
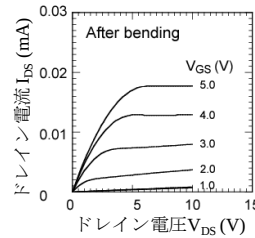
# 透明・フレキシブル・高性能トランジスタ

PLD, L / W = 50  $\mu$ m / 200  $\mu$ m

曲げる前



曲げた後



移動度 8.3 cm<sup>2</sup>/Vs

移動度 7 cm<sup>2</sup>/Vs

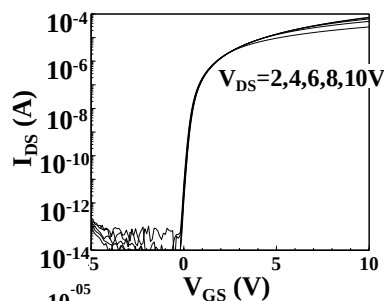
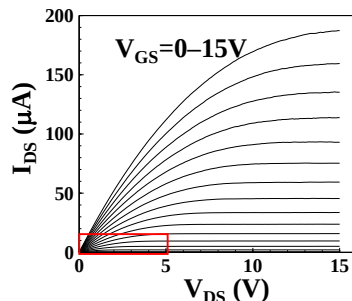
## 酸化物トランジスタは100倍の電流を流せる

Kamiya et al., Sci. Technol. Adv. Mater. (2010) in print

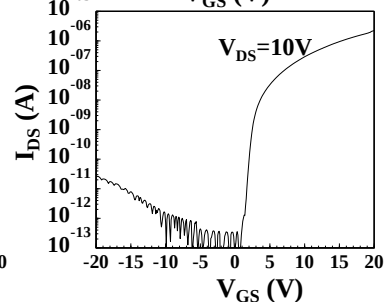
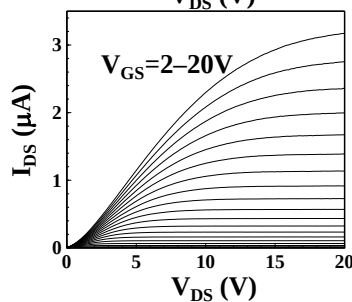
a-IGZO: Top-contact, bottom gate 40nm-thick a-IGZO / 150nm-thick SiO<sub>2</sub> / c-Si, W/L = 300/50 ( $\mu$ m)

a-Si:H : Inverted staggered 200nm-thick a-Si:H / 200nm-thick SiN<sub>x</sub>, W/L = 28/6 ( $\mu$ m)

a-IGZO



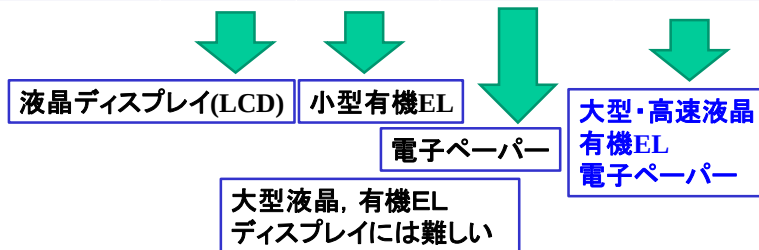
a-Si:H



27

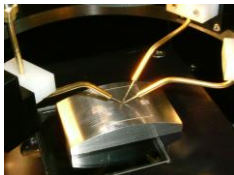
## ディスプレイ用トランジスタ半導体の比較

|                              | a-Si TFT | poly-Si TFT | 有機TFT | a-IGZO TFT |
|------------------------------|----------|-------------|-------|------------|
| 電界効果移動度[cm <sup>2</sup> /Vs] | < 1      | 100~150     | ≤ 1   | > 10       |
| 製膜温度 [°C]                    | 250~300  | 400~500     | 室温    | 室温         |
| 大面積製膜                        | ◎        | ×           | ○     | ○          |
| 均一性                          | ◎        | ×           | ?     | ○          |
| 信頼性(長期安定性)                   | ×        | ◎           | ?     | ○          |
| 透明性                          | ×        | ×           | 材料依存  | ○          |
| 柔軟性                          | ×        | ×           | ◎     | ○          |

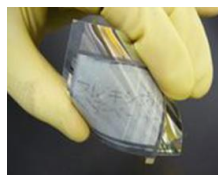


## a-IGZO (2004~2007): 小型ディスプレイ試作

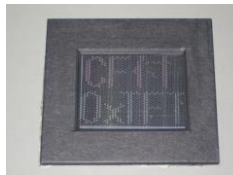
Transparent, flexible TFT  
(Tokyo Tech., Nov. 2004)



Flexible BW E-paper  
2", 80×60, 50ppi  
(Toppan, IDW2005)



Front-drive color E-paper  
2", 30×60  
(Toppan, IDW2006)



AMOLED  
3.5", 176×220 QCIF\*  
(LGE, IDW2006)



Flexible AMOLED  
3.5", 176×220 QCIF\*  
(LGE, IMID2007)



AMOLED  
4", 320 × 240 QVGA  
(SAIT, IMID2007)



12.1" WXGA AMOLED  
1280 × 768  
(Samsung SDI, IMID2008)



15" XGA LCD  
1024 × 768  
(SEC, 2008)

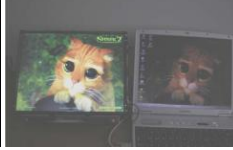


## a-IGZO (2008-2011): 大型化、高解像度化

12.1" WXGA AMOLED  
1,280×768  
(Samsung SDI, IMID2008)



15" XGA LCD  
1,024×768  
(SEC, SID2008)



19" qFHD AMOLED  
960×540  
(SMD, IMID2009, #3-1)



17" AMLCD  
1,280 × 1,024  
Samsung LCD  
KES2009 Exhibition



37" FHD AMLCD  
1,920×1,080  
(AUO, TAOS2010)



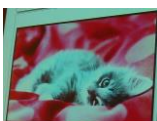
70" 3D AMLCD  
3,840×2,160, UD  
(SEC, FPD12010)



32" AM-OLED  
1,920×1,080, FHD  
(AUO FPD12011)



15" AMOLED  
1,920×1,280  
FHD  
(LGD  
TAOS2010)



65" AMLCD  
1,920×1,280  
FHD  
(AUO  
IDW10  
#AMD8-4L)



31" AMOLED  
HD, WOLED  
(LGD  
IDW11  
#AMD4-2)



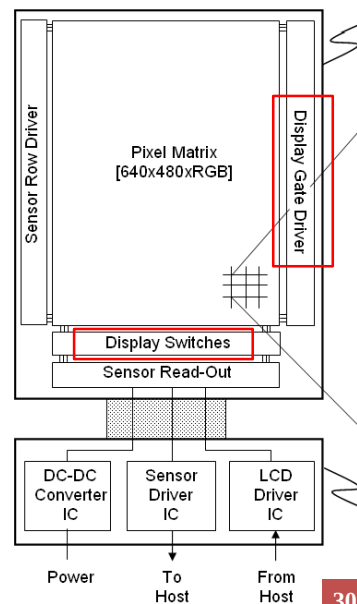
29

## 周辺回路・他デバイスの集積化技術

Sourceドライバー集積化 12.1型 有機ELディスプレイ  
三星SDI  
Digest of SID2008, 291 (2008)  
J. SID 17/2, 95 (2009).



Source/Gateドライバー集積化 4.0型 有機ELディスプレイ  
半導体エネルギー研究所  
IDW'09 AMD4/OLED4-2 (2009)



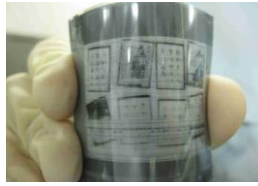
30

## a-IGZO (2008~2011): フレキシブル/透明

前面駆動カラー電子ペーパー  
4", 100ppi (2008) (凸版印刷)



フレキシブル電子ペーパー  
2", VGA, 400ppi (2009)  
(凸版印刷)



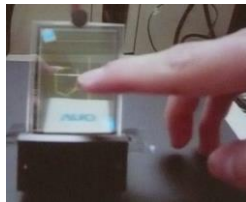
透明有機EL  
3.2", qVGA, 320×240  
(ETRI, SID20108, #18-1)



6.5" フレキシブル有機EL  
160×272, WQVGA  
(SMD, SID2010/APL2009)



2.4" タッチパネル付透明有機EL  
QVGA, 320×240  
(AUO, SID2010, #11-2)



## IGZO TFT製品

Retina display, iPad  
9.7", 2,048×1,536, 264ppi  
(Sharp, 2012/3-4?)



1M/month panels are provided  
by Sharp in June, 2012  
cf. 2.5-3M from Samsung and LG  
each  
(2012/7/13 Tech-On!  
[http://techon.nikkeibp.co.jp/article/CO  
LUMN/20120712/228111/?P=2&ST=o  
bserver](http://techon.nikkeibp.co.jp/article/CO<br/>LUMN/20120712/228111/?P=2&ST=o<br/>bserver))

AQUOS PHONE ZETA  
SH-02E  
4.9", 720×1,280 LCD  
(Sharp, 2012/11/29)



AQUOS PAD SHT-21  
7", 800×1,280 LCD  
(Sharp, 2012/12/7)



AQUOS PHONE ZETA  
SH-06E  
4.8", 1,080×1,920 LCD  
(Sharp, 2013/5)



AQUOS PAD SH-08D  
7", 1,200×1,920 LCD  
(Sharp, 2013/7)



PN-K321  
32", 3,840×2,160 LCD  
(Sharp, 2013/2/15)

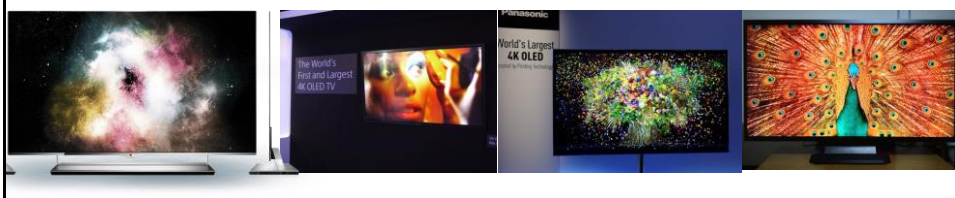


UH90/L  
14", 3,200×1,800 LCD  
(Sharp/Fujitsu, 2013/6/28)



## 55～65型有機EL TV

|                     |     | 有機EL                                  | トランジスタ      |                                                           |
|---------------------|-----|---------------------------------------|-------------|-----------------------------------------------------------|
| LG電子                | 55" | 白色OLED+WRGB CF<br>蒸着法, FHD            | a-IGZO (G8) | 2013/1/2 in market<br>4 mm <sup>t</sup> , 7.5 kg, 11 Mwon |
| 三星電子                | 55" | RGB OLED, FHD<br>FMS/SMS => WOLED?    | LTPS (G5.5) | CES2012/SID2012 etc.                                      |
| ソニー,<br>AUO         | 56" | RGB OLED, 4K2K<br>スーパーエミッション構造<br>蒸着法 | IGZO (G6)   | CES2013<br>4 mm <sup>t</sup> , 7.5 kg                     |
| パナソニック,<br>ソニー, AUO | 56" | RGB PLED, 4K2K<br>インクジェット             | IGZO (G6)   | CES2013<br>4 mm <sup>t</sup> , 7.5 kg                     |
| AUO                 | 65" | RGB OLED, FHD (FMM)<br>下部発光           | IGZO (G6)   | SID2013                                                   |



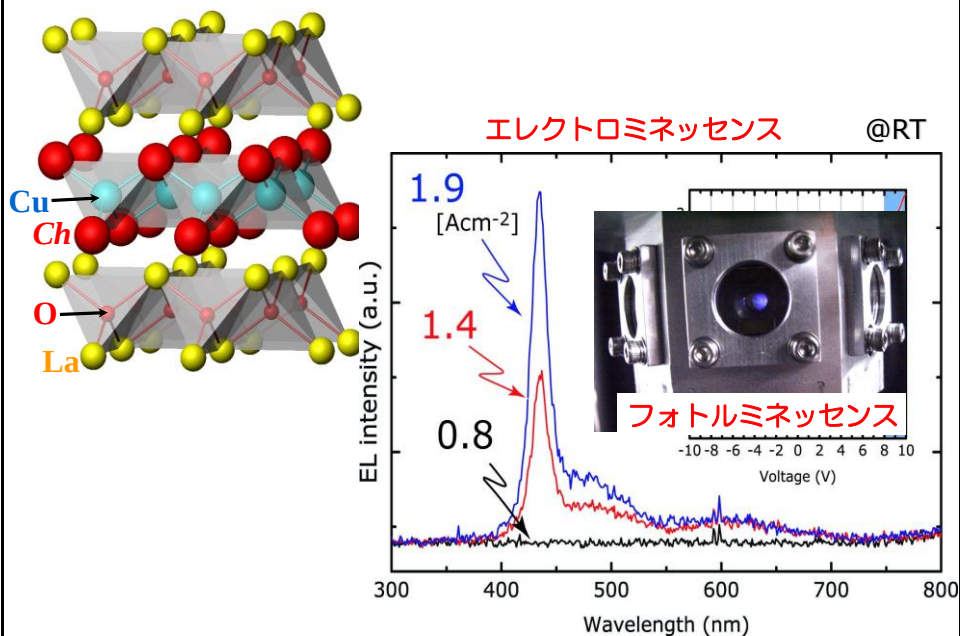
## 酸化物トランジスタ: その他の特長

- 1.5 V の低電圧、1 nA (10億分の1アンペア) で動作  
RFID タグ, SUICA, PASMO  
日立製作所
- 低電圧・低消費電力 (現在の液晶TVの2/3)  
シャープ
- 表示画面を保持するのに電力を使わない  
電子ペーパー (低電力) + 液晶 (動画)  
半導体エネルギー研究所
- 不揮発メモリ  
フラッシュメモリ (USBメモリ、SSD) の置き換え

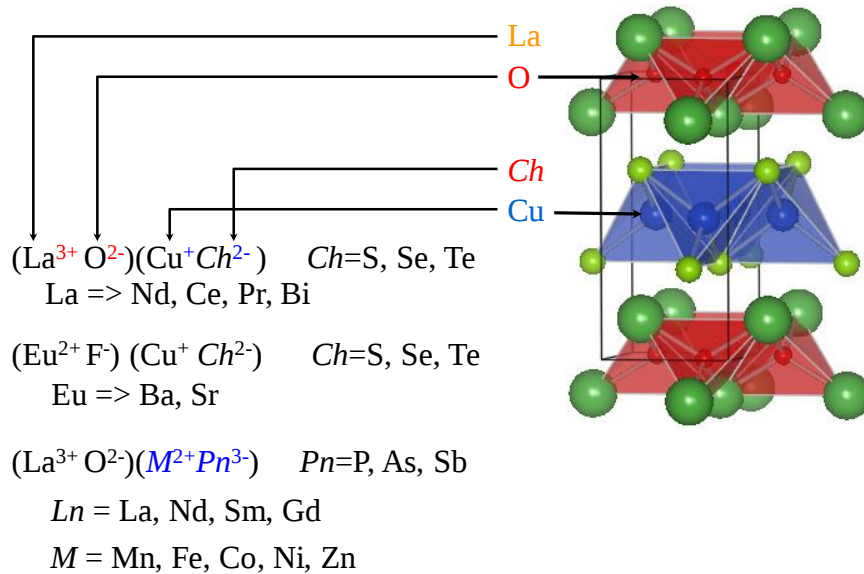
## 内容

1. 身のまわりのセラミックス
2. 材料の不思議と可能性  
同じ原料から全然違う材料ができる
3. 色から何がわかるか
4. ディスプレイ技術
5. 新しい材料が拓くディスプレイ技術
6. 新材料研究が生み出した  
セレンディピティ  
新高温超電導体

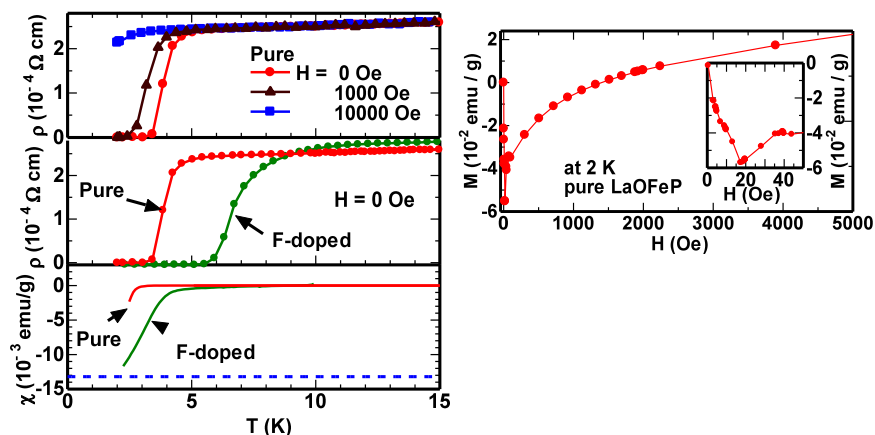
### 新しいp型半導体: $\text{LaCuO}(\text{S}, \text{Se})$



## 混合アニオン層状化合物

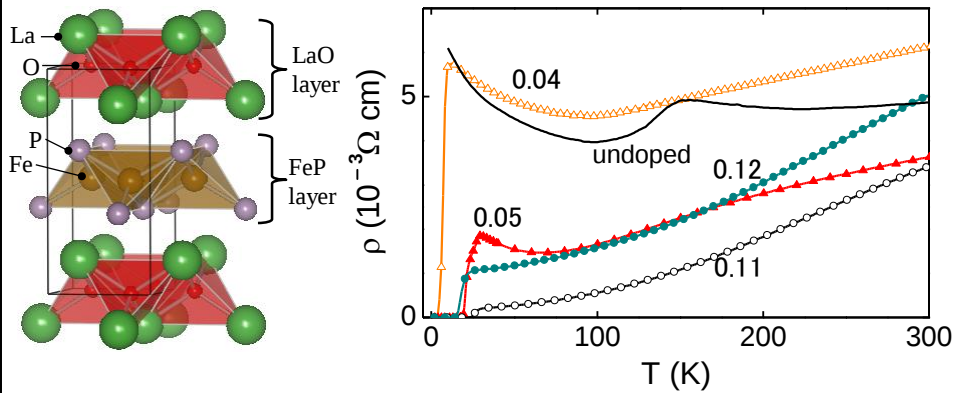


$LaCuOSe \Rightarrow EuCuFSe \Rightarrow LaMnOP$   
 $\Rightarrow LaOFeP$

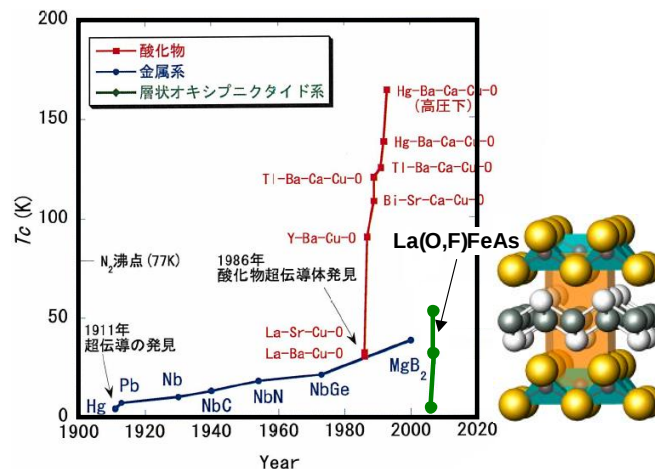


磁性半導体の測定: 低温電気伝導度・磁化率  
 超伝導と同じ評価  
 超伝導転移  $T_c \sim 6\text{ K}$

## Fをドーピングしてできた高温超電導体 LaOFeAs



## 新しい高温超電導体



$T_c(4\text{GPa}) = 43\text{K}$  with La(O,F)FeAs

H. Takahashi, K. Igawa, K. Arii, Y. Kamihara, M. Hirano, H. Hosono, Nature 453, 376 (2008)

$T_c(\text{onset}) = 55\text{K}$  with Sm(O,F)FeAs

R.-A. Ren, W. Lu, J. Yang, W. Yi, X.-L. Shen, Z.-Cai Li, G.-G. Che, X.-L. Dong, L.-L. Sun, F. Zhou, Z.-X. Zhao, R. Zhi-An, L. Wei, Y. Jie, Chin. Phys. Lett. 25, 2215(2008)

## まとめ

### 材料研究は面白い



## 参考図書：透明金属が拓く脅威の世界 [絶版 !!]

### 透明金属が拓く 驚異の世界

不可能に挑む  
ナノテクノロジーの錬金術

細野秀雄・神谷利夫

サイエンス・アイ新書 SoftBank Creative

文科省「元素戦略」の切り札!

シリコン・光ファイバーを超える

透明酸化物半導体の  
すべてを凝縮 日本のナノテクは  
ここまで来た

科学とITの

仕組み 理論 テクノロジーが

図解でよくわかる

サイエンス・アイ新書

創刊!

第1章 プロローグ：材料研究が持つ可能性

第2章 透明金属の用途

第3章 透明ってどういうこと？  
金属と絶縁体の違いは何？

第4章 電気を流すもの、流さないもの

第5章 色と電気伝導度の関係

第6章 新しい透明金属と応用

第7章 ガラスが高性能の  
透明トランジスタに変身

第8章 セメントを透明な半導体、  
さらに金属に変身させる

第9章 エピローグ：材料科学への誘い