

# D

## 液晶パネル配線膜におけるダイレクトコンタクト対応AI合金の開発

近年、液晶ディスプレイ(Liquid Crystal Displays: LCDs)はPCモニタや携帯電話のみならず、大型テレビへの普及も目覚ましい。それと同時に液晶ディスプレイ価格の下落傾向も続いており、パネル製造メーカーのコストダウン要求にミートする部材やプロセス開発が必要となってきている。当社もパネル製造メーカーの直接的なコストダウンに貢献できるAI合金スパッタリングターゲット材の開発に取り組んできた。液晶ディスプレイに使われる薄膜トランジスタ(Thin Film Transistor:TFT)のゲート配線とソース・ドレイン配線をそれぞれAI合金にて単層化し、これまで使用されてきたMoやCrなどのバリアメタルを一切使用しない、ダイレクトコンタクト対応AI合金の開発である。

ターゲット事業本部  
技術部技術室  
釘宮 敏洋

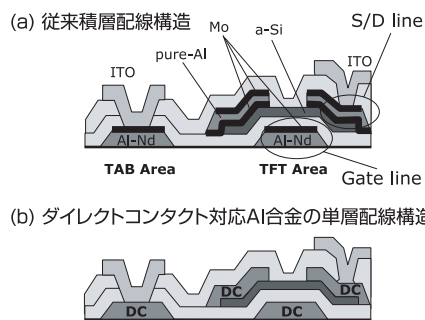
### D-1 ダイレクトコンタクト対応AI合金とは?

まずダイレクトコンタクトの意味を定義したい。当社が提案するダイレクトコンタクト対応AI合金(以後、図中表記ではDCとする)を使用したTFTの断面構造を第1図(b)に示す。従来のTFTではゲート配線に2層の積層配線、ソース・ドレイン配線に3層の積層配線が用いられてきた(第1図(a)参照)\*1)\*2)。

ダイレクトコンタクト対応AI合金とはバリアメタルとして用いられてきたMoやCrを一切使用せず、配線を単層化できる材料、すなわちゲート配線ではインジウムすず酸化物(Indium Tin Oxide:ITO)の透明電極とのダイレクトコンタクト、ソース・ドレイン配線ではITOの画素電極、また下地の非晶質シリコン(amorphous Silicon:a-Si)とのダイレクトコンタクトがいずれも可能な材料である。

これによってMoやCrなどのバリアメタルの削減によるランニングコスト削減、工程削減による生産性の向上といった大きなメリットを有する。

第1図 ダイレクトコンタクト対応AI合金を用いたTFTの断面図



#### 参考文献

\*1)  
H. Takatsuji et al.:  
Surface and coating  
Technol., Vol.125 (2000),  
p167.

\*2)  
S. Choi et al.: SID Symp.  
Dig., Vol.36 (2005), p332.

### D-2 ダイレクトコンタクト対応AI合金における技術課題

一般にITOとダイレクトコンタクト、すなわちAI配線の上にITOなどの氧化物薄膜を直接スパッタ成膜すると、ITO/AIの界面が容易に酸化してしまう。これはITOスパッタリングターゲット材をスパッタする際にスパッタチャンバに導入される酸素\*3)や水\*4)から解離生成した酸素ラジカル、またITOスパッタリングターゲット材そのものから発生する酸素によっても起こると考えられる。

第2図にTFTのゲート配線に一般に使用されているAl-2at%Ndの表面にITOを室温にてスパッタ成膜した直後の断面の透過電子顕微鏡(Transmission Electron Microscope:TEM)の写真(a)と同界面のI-V特性(b)を示す。第2図(a)からわかるように、ITO/Al-2at%Ndの界面にアルミ酸化膜(AI<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)が生成されていることがわかる。ちなみにエネルギー分散型X線分析(Energy Dispersive X-ray Analysis:EDX)によってO/AI比、すなわちxを測定した結果、約1.3ではほぼアルミナの化学量論比(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)に近い。一般に金属(M)-絶縁体(I)-金属(M)(あるいは半導体(S))のMIM構造(あるいはMIS構造)のI-V特性は中間の絶縁膜がnmオーダーの場合、直接トンネリングやF-Nトンネリングといった導電モードが観察される。F-Nトンネリン

グの場合のI-V特性はその絶縁膜にかかる電界をE、電流密度をjとすると、式(1)で表される。

$$j/E^2 \propto I/E \quad (1)$$

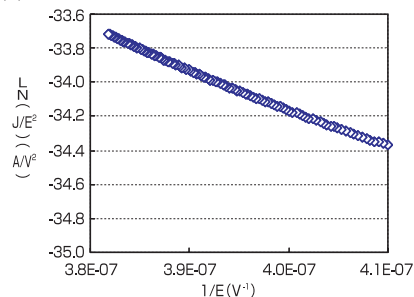
第2図(b)のI-Vは式(1)の関係にしたがうことから、F-Nトンネリングであることがわかる。

第2図 ITO/AI-Nd界面のコンタクト分析

(a) ITO/AI-Nd界面の断面TEM写真



(b) ITO/AI-NdコンタクトにおけるI-V特性



#### 参考文献

\*3)  
J. C. C. Fan et al.:  
Appl. Phys. Lett., Vol.31  
(1977), p773.

\*4)  
S. Ishibashi et al.:  
J. Vac. Sci. Technol.  
A, Vol.8 (1990), p1399.

つまり、ITOと直接コンタクトさせるには、この界面酸化膜 $\text{AlO}_x$ を制御し、何らかの方法で導通させる必要がある。

結晶Si (crystal Silicon : c-Si) 基板上に形成される集積回路 (Large Scale Integrated Circuit : LSI) では古くからAlと結晶Siの界面 (Al/c-Si) における相互拡散の問題<sup>\*5)</sup>を解決する方法として、Al配線へのSi添加<sup>\*6)</sup>やTi/TiNなどのバリアメタルの挿入<sup>\*7)</sup>などが実施されてきた。ただしTFTの場合は、LSIとは異なり、Al/c-Siの界面ではなく、Alとa-Siが直接接触する界面 (Al/a-Si) となる。a-Si中には構造特有のダンダリングボンドやH終端<sup>\*8)</sup>などがあるため、Alのa-Si中への拡散モードを知る必要がある。

第3図にITOとのコンタクト特性を評価するために用いたケルビンパターン<sup>(a)</sup>と平面図<sup>(b)</sup>、および作製プロセスフロー<sup>(c)</sup>を示す。ケルビンパターンではI-V特性を評価することで、上層/下層の界面のコンタクト抵抗が測定できる。

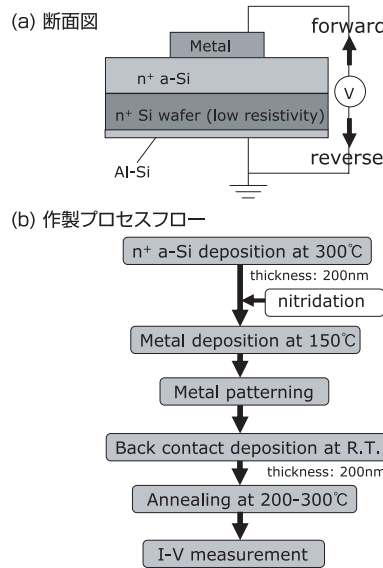
第3図 ITOとのコンタクト抵抗評価用ケルビンパターン



第4図に下地a-Siとのコンタクト特性を評価するために用いた金属 (M) - 半導体 (S) (M-S) ダイオードの断面図<sup>(a)</sup>と作製プロセスフロー<sup>(b)</sup>を示す。金属側から電子を注入するのはソース電極、

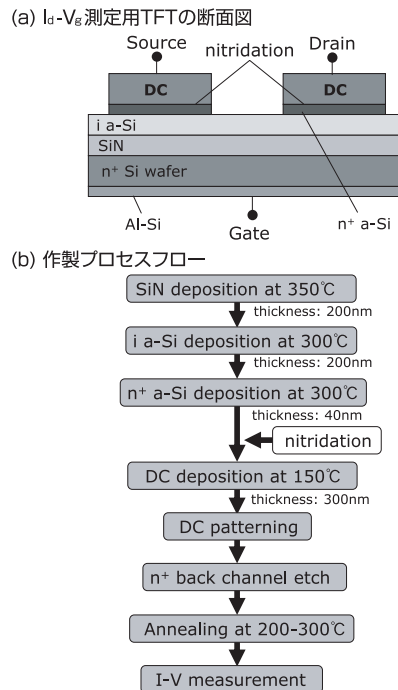
a-Si側から電子を注入するのはドレイン電極をそれぞれ模擬したことになる。

第4図 a-Siとのコンタクト特性評価用M-Sダイオード



また最終的に簡易型のTFTを試作し、a-Siとのコンタクト特性がTFTのドレイン電流 ( $I_d$ ) - ゲート電圧 ( $V_g$ ) 特性として問題がないかを評価した。今回用いた簡易型TFTの断面模式図とその作製プロセスフローを第5図に示す。

第5図 TFTによる $I_d$ - $V_g$ 特性の評価



## D-3 開発したAl-Ni-La合金のコンタクト特性

### ITOとのコンタクト特性

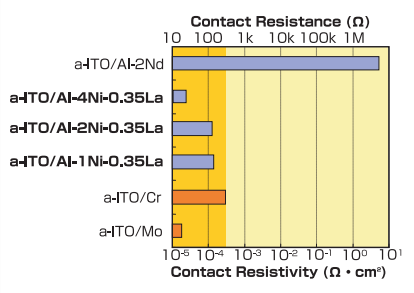
第6図に開発したAl合金各組成におけるITOとのコンタクト抵抗を示す。参照としてITOとのダイレクトコンタクトが可能なバリアメタルとして用い

られてきたMoとCrのITOとのコンタクト抵抗を示した。前述したようにAl-2at%Ndの場合、コンタクト抵抗が $1\text{M}\Omega$ 以上と非常に大きいものに対し、AlにNiを添加したAl-Ni系合金ではITOとのコンタクト抵抗がMoやCrなみにじゅうぶん低いことがわかる。

### 参考文献

- \*5) M. -A. Nicolet et al.: Thin Solid Films, Vol.52 (1978), p415.
- \*6) G. Majni and G. Ottaviani: Appl. Phys. Lett., Vol.31(1977), p125.
- \*7) G. Ottaviani: Thin Solid Films, Vol.140(1986), p3.
- \*8) F. Yonezawa and M. H. Cohen: "Fundamental Physics of Amorphous Silicon, Part B" ed. by F. Yonezawa, Springer-Verlag (1981), p119.

第6図 各種材料におけるITOとのコンタクト抵抗の比較



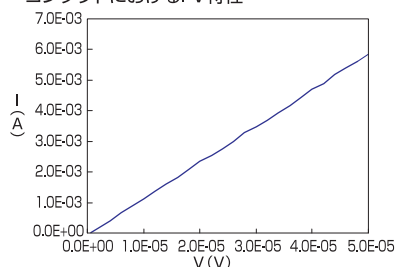
第7図に第6図で表示したITO/Al-2at%Ni-0.35at%La界面の断面TEM写真 (a) を示す。界面にはAl-2at%Ndの場合と同様にAlO<sub>x</sub>が生成していることがわかる。ただしこのAlO<sub>x</sub>をEDXにて分析した結果、x=0.3-0.6と非常に小さな値であることがわかった。このときのI-V特性を第7図 (b) に示す。直線性の高いオーミック特性であることがわかる。このことから、AlO<sub>x</sub>のxの低下によりAlリッチな導通性の高いAlO<sub>x</sub>が実現でき、オーミック特性がえられたと考えられる。

第7図 ITO/Al-2at%Ni-0.35at%Laコンタクトの評価結果

(a) ITO/Al-2at%Ni-0.35at%La 界面の断面TEM写真



(b) ITO/Al-2at%Ni-0.35at%La コンタクトにおけるI-V特性



最終的に当社は350℃までの耐熱性確保のために希土類元素Laの添加、熱処理後の低電気抵抗率を確保するためNiとLaの添加量の最小化を選択し、それぞれの特性のバランスを考慮して、ゲート配線の組成をAl-2at%Ni-0.35at%Laとした。

### a-Siとのコンタクト特性

第8図にAl-2at%Ni-0.35at%Laをa-Si上にスパッタ成膜させ、N<sub>2</sub>雰囲気下で (a) 200℃、(b) 300℃それぞれ熱処理を行ったサンプルの断面TEM写真を示す。Al-Ni-La合金の場合、200℃の熱処理ではAl/Siの相互拡散が発生していない。ただし、300℃ではAl/Siの相互拡散が発生する。200℃にて相互拡散が発生しなかったサンプルのAl-Ni-La/a-Si界面のX線光電子分光分析 (X-ray Photoelectron Spectroscopy : XPS) を行った結果、界面にNiSiの反応層が形成されていることがわかった。Al-Ni-Laから界面に拡散したNiとa-SiのSiとが反応層を形成し、これがAl/Siの相互拡散を抑制したと考えられる。

第8図

Al-2at%Ni-0.35at%La/a-Si 界面における熱処理後の断面TEM写真

- (a) 200℃熱処理後
- (b) 300℃熱処理後
- (c) 300℃熱処理後

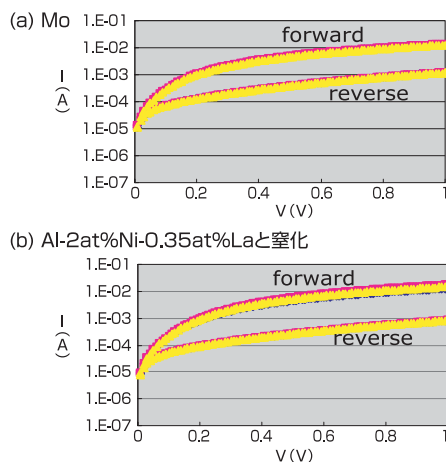


### a-Si表面の窒化処理におけるコンタクト特性

TFT製造プロセスにおける熱処理温度を勘案すれば、相互拡散抑制の熱温度マージンを300℃まで確保する必要がある。このため当社はa-Siの表面を

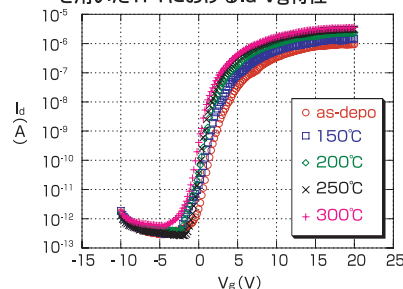
窒化する追加プロセスを提案した。これはa-Si成膜直後にa-Siの表面に対し、100%N<sub>2</sub>プラズマを照射するもので、表面をわずかにSiN<sub>x</sub>化させる。この処理とAl-Ni-Laの成膜を組み合わせ、300℃まで熱処理したときの結果を第8図 (c) に示す。300℃の熱処理においても拡散を抑制できることがわかる。さらに電気的な特性評価をM-SダイオードによるI-V測定によって求めた結果を第9図に示す。従来の (a) バリアメタルMoと比較しても、(b) Al-2at%Ni-0.35at%Laの場合、Moと同等のI-V特性がえられていることがわかる。

第9図 M-Sダイオードにおける順方向・逆方向のI-V特性



最後にソース/ドレイン配線にAl-2at%Ni-0.35at%Laを使用し、n+a-Siの表面に窒化を行ったTFTのI<sub>d</sub>-V<sub>g</sub>特性を第10図に示す。ソース/ドレイン配線を形成後、N<sub>2</sub>雰囲気下で最大300℃、30minまで熱処理を行った。300℃熱処理後の結果をみてもI<sub>d</sub>-V<sub>g</sub>特性の劣化はみられない。

第10図 Al-2at%Ni-0.35at%Laと窒化プロセスを用いたTFTにおけるI<sub>d</sub>-V<sub>g</sub>特性



当社ではAl-Ni-Laターゲット材のサンプル出荷を2005年下期から開始しており、最大第8世代と呼ばれるターゲットサイズまでの製造・出荷が可能となっている。Al-Ni-Laターゲット材によって世界で初めてTFTのゲート配線とソース/ドレイン配線の単層化が可能となった。

ダイレクトコンタクトの技術は今回紹介した液晶ディスプレイのTFTの反射膜にも適用が可能、さらにTFTの世界にとどまらず、低温poly-Si (Low Temperature Poly-Si : LTPS) の配線膜、有機ELのキャリア注入層など、多くのアプリケーションに波及していく可能性がある。