

辻 佳子  
Y. Tsuji小川 吉文  
Y. Ogawa池田 光志  
M. Ikeda

次世代パソコン用の大型・高精細 TFT-LCD (薄膜トランジスタ型液晶ディスプレイ) パネルに適用可能な低抵抗 MoW 合金ゲート配線材料を開発した。現行ゲート配線材料 MoTa の 1/2 以下の抵抗率であり、高精細 XGA (eXtended Graphic Array) パネルに適用できる。耐酸性、耐熱性が良いため現行プロセスとの整合性が良好で、現在 2 工程で形成されている Al 上 MoTa クラッドのゲート配線を 1 工程に削減できるため、コスト削減に有効である。また、負荷容量の大きな高開口率化構造の採用が可能となるため、低消費電力化にも有効である。MoW 合金薄膜の膜特性、スパッタ性、テーパエッチング性の基本評価を行い、4 インチ TFT-LCD の試作を行って、高精細パネルへの適用可能性を確認した。

A low-resistance MoW alloy gate metal for large-area and high-definition personal computer displays has been developed. MoW is applicable to high-definition extended graphic array (XGA) panels since its resistivity is half that of presently used MoTa. Furthermore, MoW is compatible with present production line processes due to its chemical and thermal strength, and enables cost savings to be realized because the number of masks can be reduced from two to one. Its low resistance also makes it possible to employ a high-aperture-ratio pixel structure which requires a large load capacitance.

In the course of developing this material, the sputtered film characteristics and taper etching process were evaluated and the feasibility of using MoW for gate line was investigated by fabricating 4-inch diagonal thin-film transistor liquid-crystal displays (TFT-LCDs).

## 1 まえがき

TFT-LCD は、OA 用カラーディスプレイとしてラップトップパソコン用の 10 インチクラスの VGA (Video Graphic Array) パネルを中心に量産されてきた。今後ソフトウェアの大容量化に伴ってさらに大型・高精細な SVGA (Super VGA), XGA パネルへの移行が予想される。これに伴ってゲートパルス遅延が増大するため、現行より低抵抗なゲート配線の実現が必要となる。現在は図 1 に示す Al クラッド構造<sup>(1)</sup>により低抵抗化を実現しているが、工程数の増加によりパネル価格が増大する。また、各社の LCD の生産量の増大により、パネルコスト削減要求が強まっている。このような状況より、成膜・マスク露光回数が 1 回で配線を形成できる低抵抗材料が有効と考えられる。

一方、低消費電力化のためにバックライトの光透過率を増大する“ゲートオーバーラップ Cs (蓄積容量) 構造”や“Cs シールド構造”などの高開口率化技術<sup>(2)</sup>が必要になる。これらの構造では、ゲート線の負荷容量が増大するために、ゲート線と同一の材料で構成される Cs 線の低抵抗化が必要である。そこで、われわれは上述の要求に対応できる配線材料として

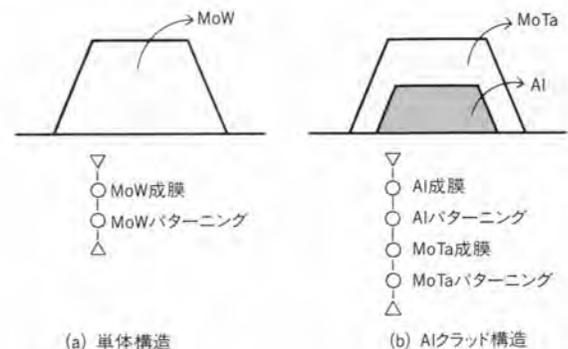


図 1. ゲート配線構造の比較 Al クラッド構造は工程数が多くパネルの価格が増大するので、単体構造の配線材料が望まれる。

Comparison of gate line structures of (a) bulk structure, and (b) Al-clad structure

MoW 合金薄膜を開発した<sup>(3)</sup>。MoW 合金薄膜は、現在当社および他社で用いられている配線材料 MoTa, Cr, Ta よりも低抵抗であるため、成膜・マスク露光回数が 1 回で低抵抗な配線を形成することができる。また、耐酸性・耐熱性に優れているため、当社で現在用いられている MoTa 合金とプロセス互換性が良く、工程を変更することなく高精細パネルに対

応できる。このため、MoW 合金は TFT-LCD の低コスト化と高開口率化に有効である。

パ加工を施し層間絶縁膜の被覆性を良くすることが必要である。

現状では上記の条件を満足させる低抵抗配線材料が実現されていないため、低抵抗な Al の表面を耐酸性の良い Cr, Ta, MoTa で被覆したクラッド構造を採用して高精細機種に適用している。今回開発した MoW 合金は、上述の条件を満たすため SVGA, XGA に対し単体で適用できる。

## 2 ゲート配線材料

TFT-LCD では図 2 に示すようにゲート配線抵抗および液晶、配線間容量によるゲートパルスの遅延による画質劣化が発生する。遅延をアドレス時間に対して十分小さく押さえるためには、概略図 3 に示すような抵抗率のゲート配線材料が必要になってくる<sup>(4)</sup>。VGA に対してはゲート配線材料として Cr, Ta が一般的に用いられており、当社では MoTa 合金を用いている。しかし、10~12 インチの SVGA, XGA に適用するためには  $15 \mu\Omega\text{cm}$  程度の配線材料が必要となる。また、ゲート配線工程の後に種々のエッチングおよび熱工程が行われるため、耐酸性、耐熱性が必要である。さらに、ゲート線と信号線の層間ショートを防止するために、ゲート線にテ-

## 3 MoW 合金薄膜の特性

配線材料の成膜方法として一般的に用いられているのはスパッタである。ガラス基板上に MoW 合金薄膜を組成比を変化させて (W 含有率 0~100 atm%) Ar ガス中スパッタにより成膜した。図 4 にスパッタ膜の抵抗率と MoW 合金バルクの抵抗率<sup>(5)</sup>の組成比依存性を示す。スパッタ膜の抵抗率はバルクの約 2 倍であるが、W 含有率 50 atm% で最大値になるという組成比依存性は両者変わらず、スパッタ膜では最大値  $18 \mu\Omega\text{cm}$  となった。低抵抗な膜を得るためには、Mo:W 組成比が 1:1 よりどちらかにずれているほうが効果的である。そこで、後に示す耐酸性も考慮して、W 含有率 30 atm% および 70 atm% の膜についてスパッタ条件と抵抗率の依存性を検討した結果、基板温度  $300^\circ\text{C}$  で、W 含有率 30 atm% の膜で  $12 \mu\Omega\text{cm}$  まで、W 含有率 70 atm% の膜で  $12.5 \mu\Omega\text{cm}$  まで下げることができた。

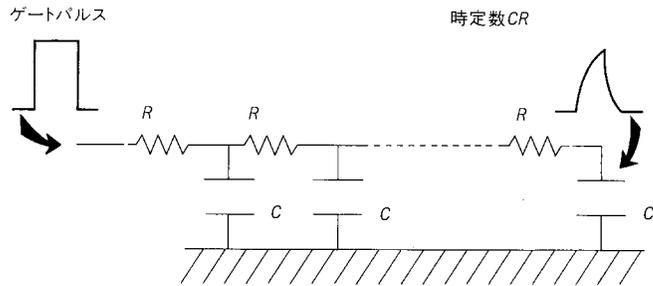


図 2. パネルの大型・高精細化に伴うゲートパルスの信号遅延  
パネルの大型・高精細化により抵抗  $R$ 、容量  $C$  が大きくなり、時定数  $CR$  が増大する。

Driving pulse delay accompanying increase in display size and number of pixels

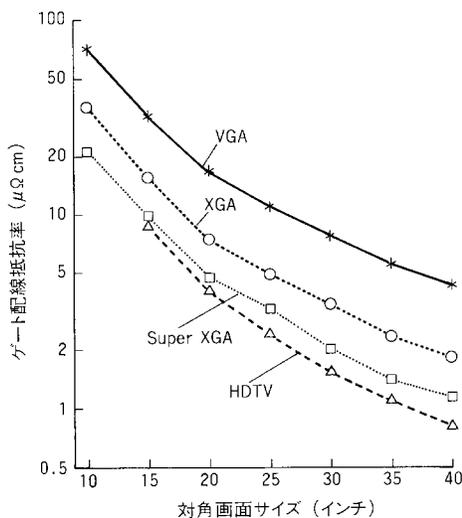


図 3. パネルの大型・高精細化と必要な配線抵抗率  
パネルの大型・高精細化に伴い、より低抵抗な配線材料が必要になる。

Specification of gate line resistivity for VGA, XGA, SXGA, and HDTV panels

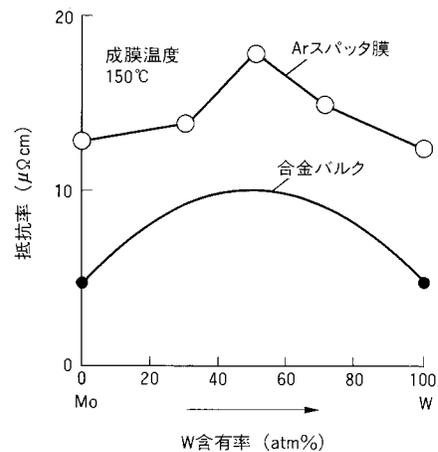


図 4. MoW 合金薄膜の抵抗率  
Ar スパッタ MoW は W 含有率 30 atm%, 70 atm% で抵抗率  $13 \mu\Omega\text{cm}$  を達成できた。

Resistivity of MoW films

抵抗率の組成比および成膜条件依存性の原因を追求するために X 線回折法で構造を検討した。MoW 合金薄膜は組成比にかかわらず MoW 合金バルクと同じ体心立方構造で、単位結晶格子の稜(りょう)の長さ  $a$  は W 含有率が高くなるに従って長く、Ar ガス圧力が大きいほど短かった。また、バルクの

値に比べ、W含有率が高くなるに従ってスパッタ膜の厚さが大きくなった。

ゲート配線材料の条件として膜の応力がある。応力が大きいとガラス基板が反ってしまいプロセスに支障がある。MoW合金薄膜をSi基板上に成膜し、基板の反りから膜応力を求める方法で、スパッタガス圧力を変化させることにより基板の反りを制御できることがわかった。

次に、MoWの耐酸性について述べる。現行a-Si TFT-LCDの断面を図5に示すが、ゲート配線は最下層にあるため、後のプロセスで用いられる画素電極ITO (Indium Tin Oxide)のエッチング液、ソース・ドレイン電極Alのエッチング液およびゲート絶縁膜のエッチング液であるバッファドフッ酸 (BHF) に対して耐性がないと欠陥が発生してしまう。BHFに対する耐性が必要な理由は、パッド部のコンタクトホール形成時に直接BHFにMoWが触れるためであり、ITOおよびAlのエッチング液に対する耐性が必要な理由は、ゲート絶縁膜にピンホールが存在するとエッチング液が浸透する可能性があるためである。MoW組成比を変化させて耐酸性を調べた結果を図6に示す。W含有率30 atm%以上であればプロセス上耐酸性に問題がないことがわかった。

また、ゲート絶縁膜形成後MoWにヒロックやクラックが発生することは、W含有率にかかわらずなかった。したがって、MoW合金は耐熱性も問題ないことがわかった。

TFT-LCDのゲート線/信号線間およびCs線/画素電極間の層間ショートのを防止するために、ゲート絶縁膜の絶縁性が十分なくてはならない。そのために、ゲート配線のテーパ加工が有効である。MoWは、従来の配線材料MoTaと同様にCDE (Chemical Dry Etching) 装置でCF<sub>4</sub>+O<sub>2</sub>の混合ガスを用いることによりエッチングできる。CF<sub>4</sub>とO<sub>2</sub>の混

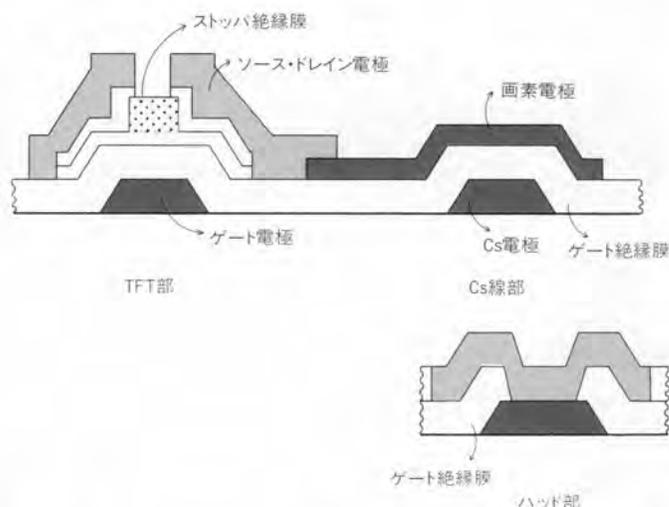


図5. TFT-LCDの断面 ゲート電極は最下層にあるためITO エッチャント、Al エッチャント、SiO<sub>x</sub> エッチャントに対して耐性が必要である。

Cross-sectional view of a-Si TFT array

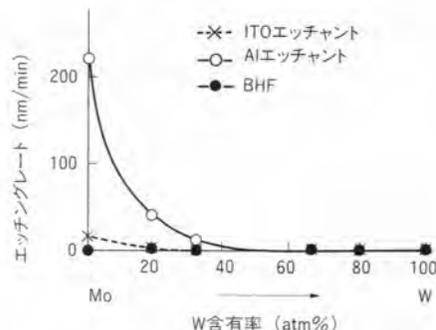


図6. MoW合金薄膜の耐酸性 W含有率30 atm%以上で耐酸性の良い膜が得られた。

Chemical resistance of MoW films

合比を変化させることによりレジストとMoWのエッチングレートを制御することができ、テーパ角30°でエッチングできることがわかった。図7にMoW電極のテーパ形状の断面SEM写真を示す。

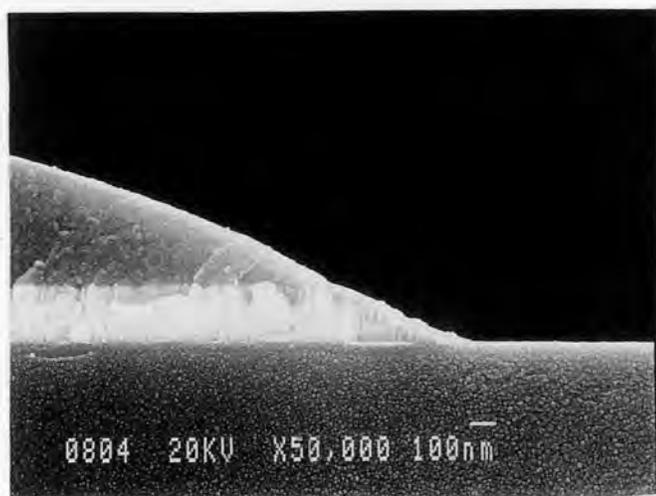


図7. MoW電極の断面SEM写真 CF<sub>4</sub>とO<sub>2</sub>の混合ガスを用いてCDE装置でエッチングするとテーパを形成できた。

SEM picture of MoW electrode

## 4 TFT-LCD 試作

### 4.1 アレイプロセス

MoW合金薄膜をゲート配線材料に用いて、対角4インチTFT-LCDの試作を行った。アレイプロセスのなかで、現行ルーチン品のMoTaゲート配線のプロセスと変更した点はゲート線エッチング条件であり、MoWに最適化したテーパエッチング条件を採用した。

### 4.2 TFT特性およびアレイ検査

今回試作したMoWゲート配線のTFT特性は、MoTaゲ

ート配線の TFT 特性と差はなく、良好な特性であった。また、アレイ基板の線欠陥はゲート線、信号線とも断線およびショートが見られず、MoW ゲート配線に起因するアレイプロセスでの不良は特になかった。なお、ゲート配線の抵抗率はアレイプロセス終了後、MoW では約 4% 減少した。MoW 上にゲート絶縁膜を成膜したとき、MoW の単位結晶格子の稜の長さ  $a$  が短くなることわかったので、この抵抗率の減少は、MoW がゲート絶縁膜を成膜した際のアニール効果によると考えられる。

#### 4.3 表示

今回試作した MoW ゲート配線の LCD の表示例を図 8 に示す。液晶セルの作製方法は、通常のプロセスと同様である。線欠陥、点欠陥どちらも見られず、良好な表示画像を得た。このことから、ゲート配線材料を MoW にすることによるプロセス上の大きな問題点はないことが確認できた。



図 8. MoW ゲート配線を採用した 4 インチ TFT-LCD 表示例 ゲート配線材料に MoW を採用することによるプロセス上の問題点はないことがわかった。

Photograph of display image of 4-inch diagonal LCD using MoW gate line material

## 5 TFT-LCD に適応したときのメリット

MoW のゲート配線材料としてのメリットを、現在当社の量産品に用いている MoTa および Al クラッドと比較して述べる。

MoW の抵抗率は MoTa の 1/2 以下であり、VGA 対応のパネルに対しては、ゲート膜厚を薄膜化できる。このため、スパッタ時間の短縮、エッチング時間の短縮、スパッタリングマシンおよびエッチングマシンの連続稼働時間の増大とい

った生産性向上が計れる。

Al クラッド化が必要であった SVGA、XGA 対応のパネルに対しては、VGA 対応のパネルと同じプロセスで、配線の成膜・露光回数を 1 回にすることができる。したがって Al クラッドに比べ工程数が削減でき、アレイコストを低減させることができる。

## 6 あとがき

TFT-LCD の低コスト化に有効な新しいゲート配線材料である MoW 合金薄膜について紹介した。MoW は抵抗率が  $13 \mu\Omega\text{cm}$  で、現在用いられている主要なゲート配線材料の Cr、Ta、MoTa より低抵抗であり、さらに、耐酸性・耐熱性に優れている。このため、MoW を配線材料に用いれば、1 回の成膜・マスク露光で中小型から XGA 対応の大型・高精細 LCD パネルまでの配線を形成することができる。このため、中小型 LCD パネルではゲート線薄膜化による生産性向上の効果が、大型・高精細パネルでは Al クラッド型配線との置換えによる工程数削減の効果があるため、LCD パネルの低コスト化に有効である。今後、生産ラインでの大型基板を用いた検証を行い、この技術の実製品への展開を図っていく。

## 文 献

- Y. Tanaka, et al: A 13.8-in. -Diagonal High Resolution Multicolor TFT-LCD for Workstations, SID'92 Digest, p.43 (1992)
- K. Suzuki: High-Aperture TFT Array Structures, SID'94 Digest, p.167 (1994)
- Y. Tsuji, et al: Low resistance MoW gate line material for a-Si TFT-LCDs, AM-LCD'95, to be published (1995)
- M. Ikeda: TFT-LCD gate and data bus-line Technology, SID'95 Digest, p.11 (1995)
- Thaddeus B. Massalski, et al: Binary Alloy Phase Diagrams, American Society for Metals, 1, p.308



辻 佳子 Yoshiko Tsuji

1990 年入社。液晶ディスプレイの研究・開発に従事。現在、研究開発センター 材料・デバイス研究所。Materials & Devices Research Labs.



小川 吉文 Yoshifumi Ogawa

1986 年入社。液晶ディスプレイの研究・開発に従事。現在、研究開発センター 環境技術研究所。Environmental Engineering Lab.



池田 光志 Mitsushi Ikeda, Ph.D

1980 年入社。液晶ディスプレイの研究・開発に従事。現在、研究開発センター 材料・デバイス研究所主任研究員、工博。Materials & Devices Research Labs.