平面ディスプレイに用いられる陽極酸化技術

水谷 文一*, 宇 恵 誠*

*三菱化学㈱ 筑波研究所 (〒300-0332 茨城県稲敷郡阿見町中央 8-3-1)

Anodization for Manufacturing Flat Panel Displays

Fumikazu MIZUTANI* and Makoto UE*

*Tukuba Reserch Center, Mitsubishi Chemical Corp. (8-3-1, Chuo, Ami-cho, Inashiki-gun, Ibaraki 300-0332)

Key Words: Anodization, Flat Panel Display, Liquid Crystal Display, Thin Film Transistor, Field Emission Display

1. はじめに

テレビ放送のデジタル化を間近にして、高精細な平面ディスプレイの研究開発がますます盛んになってきている。テレビ市場で現在の主流を占めるのはCRT(ブラウン管)であるが、21世紀のデジタル放送の時代には、LCD(液晶ディスプレイ)やPDP(プラズマディスプレイ)などの新しい方式のテレビが普及してくるものと推測される。一方、ノートPCや携帯電話のディスプレイの市場も飛躍的に拡大しつつあり、平面ディスプレイの開発競争はより激化していくものと考えられる。本稿では、液晶ディスプレイを始めとする新しい平面ディスプレイの生産に用いられている陽極酸化技術について紹介する。

2. 液晶ディスプレイ

2.1 TFT-LCD

TFT-LCD(薄膜トランジスタ液晶ディスプレイ)においては、個々の画素のON-OFFを切り替えるスイッチング素子であるTFTに陽極酸化技術が用いられている¹⁾。代表的なTFT構造を図1に示す。図1中のゲート電極に保護膜として陽極酸化によって酸化皮膜が形成される。ゲート電極の配線材料には、熱

に対する安定性や、パターニングのしやすさから、TaやCrといった比較的高い比抵抗を持つ高融点金属が用いられてきたが、パネルが大型・高精細化するにつれて、信号遅延の問題が発生するようになったため、低い比抵抗を持つ材料が必要となってきた。比抵抗の低い金属としてはAlが集積回路の配線に用いられるなど、最も実績がある。その他には、CuやAgが挙げられるが、ガラス基板との密着性や加工のしやすさなどのまだまだ克服しなければならない課題が多く、現時点では主にAlもしくはAl合金が使用されている。Alを配線材料として用いる際の最大の問題は、LCD製造工程の熱履歴によって配線上にヒロックと呼ばれる突起物が発生し素子破壊や断線を引き起こすことである。Al配線 TFT-LCDは、Al配線を陽極酸化膜で覆うとヒロックが抑制されることが見いだされ、実用化された²⁾。ここでは、今後、大画面・高精細ディスプレイの主流となるとと思われる、Al配線 TFT-LCDに用いられる陽極酸化技術を紹介する。

Alゲート配線陽極酸化のための化成液としては、GaAsの陽極酸化に用いられていた、AGW³⁾(アンモニア水でpH調整した酒石酸水溶液とグリコールの混合溶液)の系統の組成が主に検討されてきている^{4),5)}。TFT-LCDのゲート配線の陽極酸化ではエチレングリコールが用いられている場合が多い。他には、水溶液⁶⁾、有機カルボン酸系の溶質を含む非水溶液^{7)~9)}、などが検討されている。

一方、Al配線のヒロックを抑制する方法として、陽極酸化の他に、バリアメタルで覆う方法¹⁰⁾や、Al中に他の元素を添加する方法^{11),12)}が提案されており、特に他元素の添加は陽極酸化と同時に用いることが可能である。陽極酸化と併用した研究では、まず、半導体のAl配線で実績のある、SiあるいはCuを添加した系が検討されたが⁴⁾、他にも、TaやTi、Zrなどのバルブ金属を添加した系や⁸⁾、NdやGdなどの希土類元素を添加した系についての報告がある^{5),8),9)}。Ndを2 at.%添加するとほとんどヒロックが発生しなくなるが¹²⁾、さらに陽極酸化を施すことによって、Ndの添加量を減らすことができる^{8),9)}。また、最近では、薄いTi層の上にAlを成膜して配向の揃った膜にしてヒロックを抑える方法も考案されているが¹³⁾、この場合も陽極酸化との併用は有効である。特に、Ndを添加した系は、図2に示したように均質で平滑な酸化皮膜が形成できるので陽極酸化に適してい

図1 TFTの基本構造

(a) トップゲート型 (b) ボトムゲート型

図2 Al-Nd合金上に形成した陽極酸化皮膜²¹⁾

る。無添加の純Alについても添加元素の悪影響がないため良質の酸化皮膜が得られる。

陽極酸化はTFT-LCDへの適用は、ボトムゲート型TFTを用いたアモルファスシリコンTFT-LCDについての報告が多いが、トップゲート型の低温ポリシリコンTFT-LCDに関しても報告されており、形成される酸化皮膜が、緻密で平滑であるため広く実用化されている。

2.2 TFD-LCD

現在、携帯電話の液晶表示パネルのTFD-LCD(薄膜ダイオード液晶ディスプレイ)が、注目を集めているが、ここでも陽極酸化の技術が使われている¹⁴⁾。TFD-LCDは初期にはMIM-LCDと呼ばれていたもので、陽極酸化によって形成した酸化皮膜に高電界をかけて電流を流すことにより画素のON-OFFを行う。このとき、低い駆動電圧で高電界を得るために酸化膜は非常に薄くなければならない、かつピンホールのない緻密で平滑な膜でなければならないため、陽極酸化が必須である。現状では、配線材料にTaが用いられている。このため、大型化は難しいが、TFTに比べて消費電力が少ないという利点があるので携帯電話等のモバイル機器の表示パネルに適している。

3. 電界放射ディスプレイ

FED(電界放射ディスプレイ)は自発光型であるため、高輝度のディスプレイとして期待が集まっている。FEDはカソード基板に形成した電界放出素子からアノード基板上の蛍光体に向けて電子を放出し発光させるという、CRT(ブラウン管)に近い原理のディスプレイで、電界放出素子をカソード基板上に並べて形成することで、薄型のディスプレイを作ることができる¹⁵⁾。さらに、アノード基板までの距離が小さくできるので消費電力が小さくなる利点がある。電界放出素子には、多くの方式が提案されているが、その中で陽極酸化技術が鍵となるものの一つに、TFTと同様にAlのバリア型酸化皮膜を利用するMIM型の素子がある¹⁶⁾。この素子は、酸化皮膜に高電界を印可して流れるトンネル電流を利用するので、平滑でピンホールがないといった、陽極酸化膜の性質がとりわけ重要となっている。さらにユニークなものでは、ポリシリコンを陽極酸化して形成されたBSDと呼ばれ

る多孔質ポリシリコン(PPS)に電界をかけて電子を放出する素子も考案されている¹⁷⁾。

4. まとめ

陽極酸化による成膜を、スパッタやCVDなどのドライプロセスと比べた場合、ピンホールが無く緻密で平滑な膜が形成できるという大きな利点がある。この特長を生かして、種々の新しい平面ディスプレイに陽極酸化技術が利用されている。集積回路の分野で、Cu配線の導入に際してウェットプロセスであるめっきが取り入れられたように、陽極酸化も平面ディスプレイの分野では一定の地歩を得ている。しかしながら、陽極酸化の方法については、化成液の種類等まだ多くの検討の余地が残されていると考えられ、陽極酸化プロセスのさらなる低コスト化の検討や、高性能な酸化皮膜を形成できる条件の探索が望まれる。

(2000-9-19 受理)

文 献

- 1) 荒井俊明; 表面技術, 50, 10 (1999)
- 2) T. Tsukada; Mat. Res. Soc. Symp. Proc. Vol. 284, p. 371 (Materials Research Society, 1993)
- 3) H. Hasegawa, and H. L. Hartnagel; *J. Electrochem. Soc.*, 123, (5), 713 (1976)
- 4) R.-L. Chiu, P.-H. Chang, and C.-H. Tung; *J. Electrochem. Soc.*, 142, (2), 525 (1995)
- 5) T. Arai, and H. Iiyori; *Thin Solid Films*, 318, (1/2), 257 (1998)
- 6) K. Ozawa, and T. Majima; *J. Appl. Phys.*, 80, (10), 5828 (1996)
- 7) F. Mizutani, S. Takeuchi, T. Nishiwaki, N. Sato, and M. Ue; Mat. Res. Soc. Symp. Proc. Vol. 500, p. 113 (Materials Research Society, 1998)
- 8) M. Ue, F. Mizutani, H. Takaha, S. Takeuchi, K. Sugiyama, T. Nishiwaki, and N. Sato; *Electrochim. Acta.*, submitted
- 9) F. Mizutani, S. Takeuchi, H. Takaha, M. Ue, K. Sugiyama, T. Nishiwaki, Y. Yoshida, and N. Sato; *J. Electrochem. Soc.*, submitted
- 10) E. Iwamura, K. Takagi, and T. Ohnishi; *Thin Solid Films*, 349, (1/2), 191 (1999)
- 11) S. Takayama, N. Tsutsui; *J. Vac. Sci. Technol. B*, 14, (5), 3257 (1996)
- 12) T. Onishi, E. Iwamura, K. Takagi, and T. Watanabe; *J. Vac. Sci. Technol. A*, 15, (4), 2339 (1997)
- 13) A. T. Voutsas, Y. Hibino, R. Pethe, and E. Demaray; *J. Vac. Sci. Technol. A*, 16, (4), 2668 (1998)
- 14) 高橋士良; 電子技術, 3, 19 (1998)
- 15) 伊藤茂生; 電子情報通信学会技術研究報告, 98, (628), 1 (1999)
- 16) T. Kusunoki, M. Suzuki, M. Sagawa, M. Okai, Y. Kaneko, and M. Kumada; Proc. IDW'98, p. 663 (The Society for Information Display, 1998)
- 17) 菰田卓哉; Semiconductor FPD World, 6, 179 (2000)