

비정질 실리콘 박막 트랜지스터 소자 특성 향상을 위한 저 저항 금속 박막 전극의 형성 및 전기적 저항 특성 평가

Metallizations and Electrical Characterizations of Low Resistivity Electrodes (Al, Ta, Cr) in the Amorphous Silicon Thin Film Transistor

김형택 *

인천 대학교 공과대학 재료공학과

Kim Hyung-Taek

Department of Materials Science and Engineering, College of Engineering, Incheon University

요약

대면적 액정 표시판(Liquid Crystal Display:LCD) panel內的 구동소자인 비정질 실리콘(amorphous silicon) 박막 트랜지스터(Thin Film Transistor:TFT)의 구동신호전달 소자특성 향상을 위한 본 연구의 목적은 액정 panel TFT 제조공정 상의 증착금속 전극박막들의 Test Elements Group(TEG) metal line pattern別 전기적 저항특성 평가에 있다. 現 TFT 전극용으로 개발이 진행 중인 Aluminum(Al), Tantalum(Ta) 및 Chromium(Cr)이 특성평가 대상 금속 박막으로 선정 되었으며, 이들 금속막의 증착 thickness와 TEG metal line width가 저항특성 변수로 성립 되었다. 본 실험을 통해 금속 박막의 TEG line width別 體積저항(bulk resistance), 面저항(sheet resistance), 比저항(resistivity)및 기판 상의 metal pattern 위치 변화에 따른 전기적 저항 uniformity 특성변화 평가가 있었다. TEG metal line 측정 변위에 따른 저항율의 선형변화 특성도 연구 되었으며, metal line別 전기적 연속,불연속 배선 단락 특성(electrical continuity test) 관찰도 있었다.

Abstracts

Electrical properties of the Thin Film Transistor(TFT) electrode metal films were investigated through the Test Elements Group(TEG) experiment. The main purpose of this investigation was to characterize the electrical resistance properties of patterned metal films with respect to the variations of film thickness and TEG metal line width. Aluminum(Al), Tantalum(Ta) and Chromium(Cr) that are currently used as TFT electrode films were selected as the probed metal films. To date, no work in the electrical characterizations of patterned electrodes of a-Si TFT was accomplished. Bulk resistance(R_b), sheet resistance(R_s), and resistivities(ρ) of TEG patterned metal lines were obtained. Electrical continuity test of metal film lines was also performed in order to investigate the stability of metallization process. Almost uniform-linear variations of the electrical properties with respect to the metal line displacements was also observed.

I. 서론

비정질 수소화 실리콘(hydrogenated amorphous silicon: a-Si:H) 박막 트랜지스터(Thin Film Transistors: TFT's)는 액정 표시 평판(Liquid Crystal Displays: LCD's), solid-state image sensors, scanners 및 printers 등 넓은 범위의 전자 소자 응용이 되고 있다[1-3]. 그 중에서도 차세대 display device로 주목을 받고 있는 액정 display panel의 구동 switching 소자 응용에 대해서는 최근에 많은 연구가 진행되고 있는 것으로 알려져 있다[4-6]. 특히, TFT switching 소자 특성 향상을 위한 누설전류(leakage current), 문턱전압(threshold voltage) 및 I_{on}/I_{off} 비율 등의 특성 향상을 위한 연구가 TFT 단위 소자 관점에서 발표되고 있다[7-10]. 그러나, 소자 특성 향상 및 제조 공정 개발을 위한 TFT 전극 재질에 관한 전기적, 물리적, 화학적 특성 평가 연구는 앞으로도 많은 실험이 필요할 것으로 사료된다. 본 연구는 현재 TFT 전극 재질로 개발 중인 Aluminum(Al), Tantalum(Ta) 및 Chromium(Cr)의 실질 TFT 제조 공정상의 증착 조건에 의한 금속 단위막 형성 및 Test Elements Group(TEG) pattern dimension 상의 전극 배선 pattern의 전기적 저항 특성 및 단락 여부를 평가함으로써 단위 증착 금속 박막 재질의 공정 적용 가능성 및 전극용 금속 박막 배선의 선형 저항을 변화 특성 평가로 박막 전극의 design simulation model을 제시하는데 있다.

II. 본론

1. 실험 시료 제작

본 실험의 시료 제작을 위한 금속 박막의 증착 및 전극 배선 사진 식각 patterning은 국내 LCD panel 생산 maker의 실질 제조 공정 조건에서 준비되었다. 각 단위 금속막은 corning 7059 bare glass(300X300 mm²) 기판위에 RF sputtering 증착되었으며, 평가 대상 박막의 실험 시료 매수는 동일 증착 조건으로 각 3매씩 제작되었다. 동일 증착 조건의 복수 시료 제작 이유는 각 시료별 전기적 특성 변화의 uniformity 평가와 금속막 증착 및 사진 식각 공정의 재현성 영향 평가에 있었다. Shimadzu 2-Chamber Sputter가 금속막 증착에 이용되었으며, 적용된 증착 조건과 제작된 실험 시료 매수는 Table 1, 2에 정리되었다.

막의 종류	Thickness (Å)	Power (Amp)	Pressure (mTorr)	Ar 유량 (sccm)
Aluminum	2000	8.0	4.0	200
	5000	4.0	4.0	200
Tantalum	2500	6.0	5.0	100
Chromium	2000	5.0	3.0	100

* 증착 기판 온도:
heating chamber를 통한 약 100 C pre-heating 후, process chamber 내에서 상온 증착

Table 1. 시료 제작을 위한 금속막 증착 조건

막의 종류	두께 (Å)	증착 기판 size (mm ²) (bare glass)	증착 매수 (장)
Aluminum	2000	300 X 300	3
	5000	300 X 300	3
Tantalum	2500	300 X 300	3
Chromium	200	300 X 300	3
			총: 12

Table 2. 제작 실험 시료 매수

증착 금속막의 metal line pattern 형성에는 7-inch TEG metal mask가 사용되었고, 각 300 X 300 (mm²) 증착 기판 상에는 4개의 동일 mask pattern이 형성되었다. 4개의 각 mask pattern 상에는 16개의 metal line pattern이 metal line width 변화와 함께 형성되었으며, 각 metal line length는 약 640 mm로 동일하게 design되었다. 3 종류의 다른 metal line width (12, 20, 28 μm)가 mask design 상에 정립되었으며, 9개의 전기적 contact pad가 약 80 mm의 metal line length 간격으로 형성되었다. 전기적 특성 평가 대상인 metal line pattern의 shape, dimension 및 기판 상의 mask, metal line pattern의 형성 위치는 Figure 1, 2에 도한 되었으며, 각 metal line width 별 metal line pattern number는 Table 3에 정리되었다.

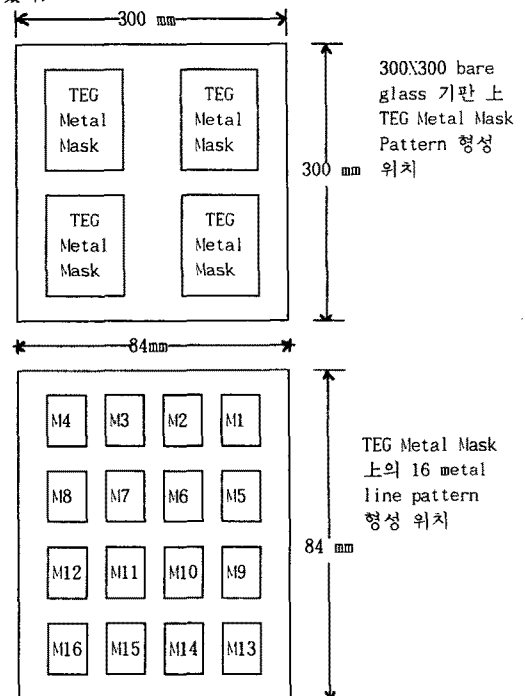


Figure 1. 기판 상의 TEG Metal Line Pattern 형성 위치

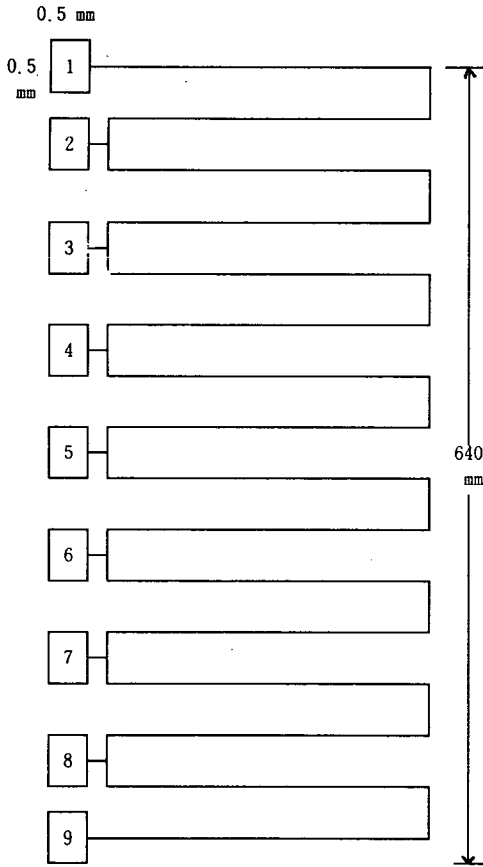


Figure 2. Metal TEG Line Pattern

Metal Line Width (μm)	TEG Metal Line Pattern Number
12	M1, M3, M6, M7, M8, M10
20	M2, M4, M11
28	M5, M9, M12, M13, M14, M15, M16

Table 3. TEG Metal Line Width Pattern 별 분류

2. 전기적 저항 측정

Metal line pattern의 전기적 저항은 HP 4145B Parameter Analyzer Probe Station을 이용하여 각 단위막 mask pattern상의 line length, width 별 측정 되었다. Metal line length 변화에 따른 평가 전기저항 기준 변위는 probe contact pad간의 design 변위로 정립 되었으며, metal line width는 TEG mask pattern design상의 line width 12, 20, 28 μm로 평가 되었다. 측정 probe contact pad에 따른 metal line length 변화는 Table 4에 정리 되었다. 기판 위의 mask pattern 형성 위치 변화에 따른 mask pattern 사이의 전기저항 uniformity 평가를 위하여

각 metal line width, length 별 72회 이상의 반복 측정이 있었고, 측정 된 총 단위막들의 TEG pattern line width, length 별 평균 저항은 Table 5에 정리 되었다. 각 단위막 측정 저항 증감율은 line width, length 별 선형 변화율로 관찰 되었으며, 각 금속막 반복 측정 저항들의 평균 산포 변화는 3.2 %로 거의 일정한 uniformity가 성립 되어 되었다.

측정 contact pad 간격	1-3	1-5	1-7	1-9
metal line length (mm)	160	320	480	640

Table 4. Probe Contact Pad 간격에 따른 Metal Line Length 변화

Mask pattern 형성 공정의 불안정으로 인한 금속 배선의 단락 현상은 거의 없었으며, 거의 모든 금속막의 pattern line은 line width 변화에 관계없이 line length 640 mm의 전기적 연속성이 관찰 되었다. Four-point probe 측정으로 평가 된 총 금속막의 비 저항 및 면 저항은 Table 6에 정리 되었다. Metal line width, thickness 및 length 변화에 따른 저항의 선형 변화 특성 및 단위길이 저항율은 Figure 3, 4 및 Table 7에 표현 되었으며, 금속막의 width, thickness 및 length 변화에 따른 저항의 선형 변화율 계수는 +1로 거의 완전한 선형 증가가 관찰 되었다.

metal line width (μm)	측정 contact pad 간격 (mm)				막 두께
	1-3(160)	1-5(320)	1-7(480)	1-9(640)	
12	2.50 KΩ	4.99 KΩ	7.48 KΩ	9.96 KΩ	Al 2k
20	1.45 KΩ	2.89 KΩ	4.34 KΩ	5.77 KΩ	
28	1.03 KΩ	2.05 KΩ	3.07 KΩ	4.08 KΩ	
12	0.97 KΩ	1.92 KΩ	2.87 KΩ	3.82 KΩ	Al 5k
20	0.55 KΩ	1.09 KΩ	1.63 KΩ	2.17 KΩ	
28	0.39 KΩ	0.69 KΩ	1.14 KΩ	1.52 KΩ	
12	125.63KΩ	253.92KΩ	374.04KΩ	498.58KΩ	Ta 2.5K
20	72.22KΩ	144.17KΩ	212.67KΩ	284.08KΩ	
28	51.97KΩ	103.21KΩ	152.71KΩ	205.18KΩ	
12	47.85KΩ	95.51KΩ	143.13KΩ	190.63KΩ	Cr 2k
20	27.33KΩ	54.60KΩ	81.98KΩ	109.58KΩ	
28	19.86KΩ	39.64KΩ	59.37KΩ	79.14KΩ	

Table 5. Metal Line Width, Length, Thickness 별 전기 저항 변화

막의 종류	두께 (Å)	비 저항 μΩ-cm	면 저항 Ω/□
Aluminum	2000 5000	3.14	0.16 0.06
Tantalum	2500	176.51	7.06
Chromium	2000	69.20	3.46

Table 6. 각 금속막의 비 저항 및 면 저항 변화

막의 종류	두께 (A)	Metal Line Width(μm)		
		12	20	28
Aluminum	2000	15.54	9.01	6.36
	5000	5.94	3.38	2.40
Tantalum	2500	774.36	440.05	318.21
Chromium	2000	297.48	171.33	123.48

Table 7. 금속 배선 width, thickness 별 단위길이 저항을 (Ω/mm) 변화

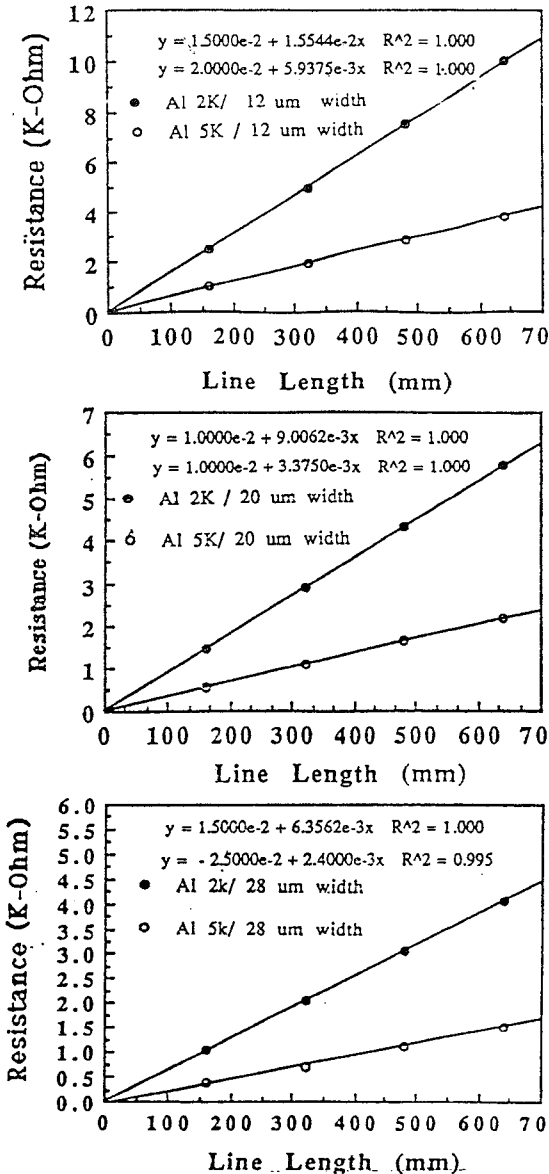


Figure 3. 금속 배선 저항의 선형 변화 graph

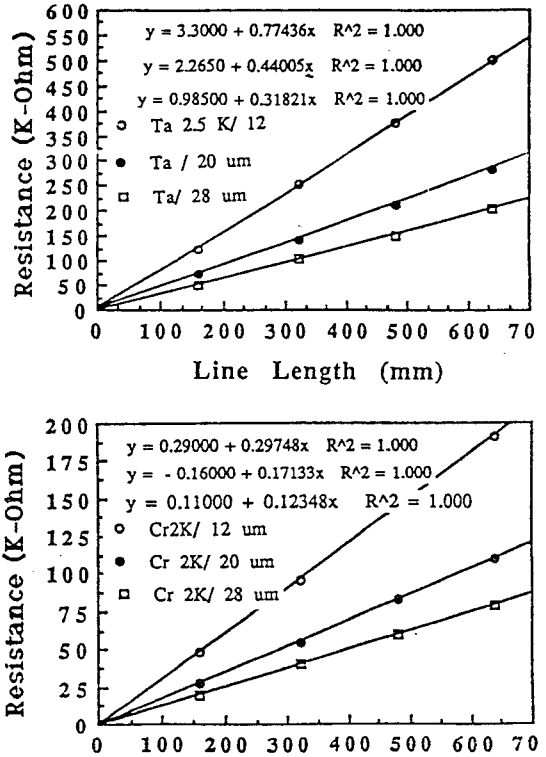


Figure 4. 금속 배선 저항의 선형 변화 graph

III. 결론

本 研究는 액정 display panel 구동 switching 소자인 TFT 제조 공정 상의 전극용 금속 박막 배선의 두께, 넓이, 길이별 전기적 저항 특성 평가의 model를 제시하였으며, 평가 된 저항 특성은 향후 대형 액정 flat panel의 저 저항 금속박막 배선 개발을 위 한 전기적 저항 특성 평가 자료로 활용 될 수 있을것이라 사료 된다.

참고 문헌

1. H. Ito, Y. Nishimura, M. Nobue, M. Fuse, T. Nakamura, T. Ozawa, and M. J. Thompson, IEDM Tech. Digest, Washington, DC, Dec. (1985).
2. M. J. Thompson and H. C. Tuan, IEDM Tech. Digest, Los Angeles, Dec. (1986).
3. M. Morizono, SID 90 Digest, Las Vegas, May (1990).
4. T. Chikamura, S. Hotta, and S. Nagata, Mater. Res. Soc. Symp. Proc. 95 421(1987).
5. K. Oki, Y. Nasu, J. Inoue, T. Hoshiya, K. Takahara, and Y. Toyama, Proc. SID 29 217(1988).
6. A. R. Hepburn, J. M. Marshall, C. Main, M. J. Powell, Phys. Rev. Lett., 56 2215(1986).
7. J. G. Simmons and L. S. Wei, Solid St. Electron 17, 177(1990).
8. N. Lustig, J. Kanicki, R. Winsnieff, and J. Griffith, Mater. Res. Soc. Symp. Pr. 118, 267(1988).
9. M. J. Powell, IEEE Electron. Dev. ED-36, 2753(1987).
10. J. Kakalios, R. A. Street, and W. B. Jackson, Phys. Rev. Lett., 59 1037(1989).