

휴대용 표면저항 측정기 개발

강전홍*, 유광민*, 김한준*, 한상옥**
 한국표준과학연구원*, 충남대학교**

A Development of Hand Held Type Surface Resistance Meter

Jeon Hong Kang*, Kwang Min Yu*, Han Jun Kim*, Sang Ok Han**
 KRISS*, Chungnam University**

Abstract - 디스플레이 산업이 급속도로 발전함에 따라 touch screen 및 panel에 사용되고 있는 ITO(Indium Tin Oxide)박막의 표면저항에 대한 정밀 측정이 요구되고 있으며, 표면저항 측정은 주로 FPP(Four-Point Probe) 원리를 이용한 측정기를 사용하고 있다. 대부분의 면저항 측정기는 single 방식을 적용하고 있으나 이 방식은 가장자리 효과가 크며, 시료의 크기 및 두께와 핀 간격에 대한 보정계수를 적용하여야 하는 단점이 있다. 본 연구는 가장자리 효과가 거의 없고, 보정계수를 적용할 필요가 없는 dual 방식을 적용한 표면저항 측정기를 개발하였다. 개발된 표면저항 측정기는 휴대용으로 누구나 쉽고 정확하게 사용할 수 있으며, 측정 정확도는 지시값의 1.0 % 이하이고, 측정범위는 4 mΩ/sq ~ 20 kΩ/sq 이다.

1. 서 론

최근 PDP, LCD, 네비게이션, PMP, 휴대폰 등 디스플레이 산업이 급속도로 발전하면서 이들 제품에는 ITO(Indium Tin Oxide) 박막 또는 film이 필수적으로 사용되는데 제품의 용도에 따라 ITO의 표면저항은 각각 다르다. ITO 박막 및 film에 대한 표면저항을 측정하기 위한 측정기는 FPP(Four-Point Probe)원리[1]를 적용한 것으로 대부분 수입에 의존하여 사용하고 있으며, 고가이다. 따라서 비교적 저렴하면서 측정의 정확도가 우수한 표면저항 측정기의 국산화 개발이 절실히 요구되고 있다.

최근 국내의 touch screen 및 panel의 수요증가로 ITO film을 생산하는 산업체는 수십여 곳이 있으며, 표면저항 측정기는 외국산을 사용하는 것으로 알려져 있다. 또한 앞으로의 표면저항 측정기에 대한 수요는 점점 늘어날 것으로 판단되며, 반도체 소재 개발과 관련된 산업체와 대학의 연구실에서 등에서도 면저항 측정기는 필요할 것으로 예상된다. 이에 따라 본 연구에서는 FPP방법 중 보정계수가 필요 없고, 가장자리 효과가 거의 없는 dual 방식을 적용하여 휴대용 표면저항 측정기를 개발하였으며, 시료의 표면에 probe를 접촉시키면 면저항 값이 지시되므로 누구나 쉽고 정확하게 사용할 수 있다. 또한 수입 대체효과 뿐만 아니라 도전재료의 표면저항 측정기가 요구되는 산업분야의 발전에 많은 기여를 할 수 있을 것으로 예상된다. 현재 이 표면저항 측정기는 여러 종류를 이미 상용화 하였으며, 휴대폰 뿐만 아니라 정밀 측정용 및 자동화된 측정기도 개발하여 원하는 위치에서의 측정은 물론 mapping도 가능하다. 측정기의 성능은 국가저항표준의 소급성으로부터 유지된 장비로 평가하여 외국산에 비해 훨씬 저렴하고, 우수한 특성을 나타냄을 확인하였다.

2. 본 론

2.1 Four-Point Probe(FPP) 이론

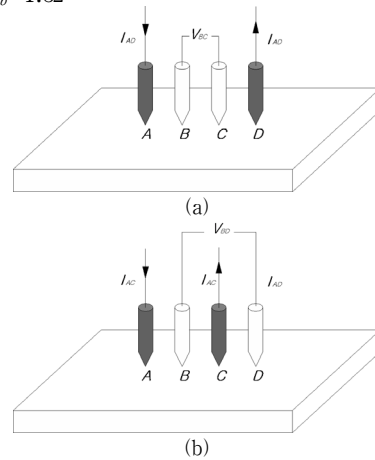
Valdes에 의해 개발된 FPP방법은 박막(thin film) 및 반도체 재료의 면저항을 측정하는데 가장 널리 사용되고 있으며, 동일선상에 놓인 4개의 핀을 시료의 표면에 접촉시켜 저항을 측정하고, 기하학적 보정계수를 적용하여 면저항을 측정하는 방식이다[2]. 측정방식은 single 및 dual 방식이 있으며, 본 연구에서 적용한 dual 방식은 single 방식에 비해 보정계수를 적용할 필요가 없으며, 가장자리 효과가 거의 없는 장점이 있다[3]. Single 방식의 측정원리는 그림 1의 (a)에서 핀 A, D에 전류(I_{AD})를 흘리고 핀 B, C에서 전압(V_{BC})을 측정하여 저항 $R_a = V_{BC}/I_{AD}$ 를 구하고, 면저항($R_s = k_a \times R_a$)을 구하는 방법이다.

여기서, $k_a = F_2(D/S) \times F(t/S)$ 이며, $F_2(D/S)$: 핀 간격에 대한 시료크기 보정인자, $F(t/S)$: 핀 간격에 대한 시료의 두께 보정인자이다.

Dual 방식의 측정원리는 그림 1의 (b)에서 핀 A, C에 전류(I_{AC})를 흘리고, 핀 B, D에서 전압(V_{BD})을 측정하여 저항

$R_b = V_{BD}/I_{AC}$ 를 구하고, 그림 (a)와 (b)로부터 면저항($R_s = k_a \times R_a$)을 구하는 방법이다.

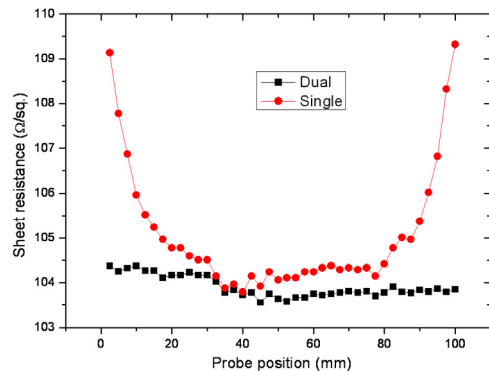
여기서, $k_a = -14.696 + 25.173(R_a/R_b) - 7.872(R_a/R_b)^2$ 이며, $1.20 \leq R_a/R_b \leq 1.32$ 일 때에 적용이 가능한 방식이다.



〈그림 1〉 Configuration (a)(b)

2.2 측정방식에 따른 가장자리 효과 비교

본 연구에서 적용한 dual 방식은 아래 그림 2에서 나타났듯이 single 방식에 비해 가장자리 효과가 우수하여 측정기 개발에 적용한 이유이다. 기존 외국산 면저항 측정기의 대부분은 single 방식이며, 가장자리 효과가 크게 나타남을 항상 고려하여 사용할 필요가 있다.

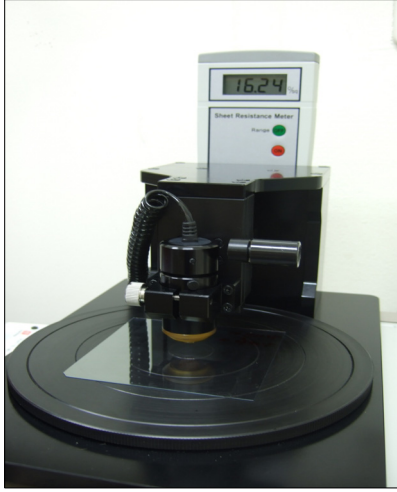


〈그림 2〉 Single 방식과 dual 방식의 가장자리 효과

2.3 설계 및 제작

개발된 휴대용 면저항 측정기는 그림 3과 같이 probe station과 측정기를 보여주고 있다. 측정시 probe의 흔들림으로부터 발생하는 접촉저항의 영향을 줄이기 위하여 probe head를 고정시키고 상하로 수직 운동할 수 있는 probe station을 제작 하였다. Probe는 probe station에 장착하여 ITO 박막 등의 면저항을 측정할 수

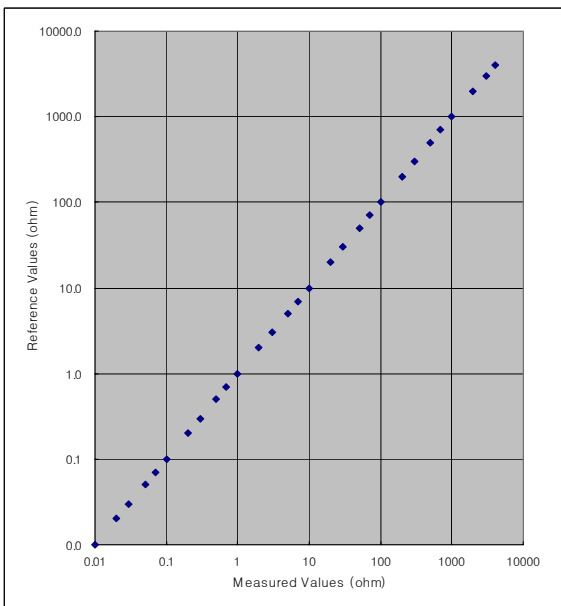
도 있고, 손으로 잡고 원하는 측정위치에 접촉시키면 측정값이 지시된다. 또한 probe station의 회전판 위에 시료를 올려놓고 측정할 수 있도록 하여 누구나 쉽고 정확하게 사용할 수 있도록 하였다. 측정 기능은 저항(R)과 면저항(R_s)을 측정할 수 있으며, 시료의 표면에 probe가 접촉되면 측정값을 유지하도록 하였다. 그리고 접촉하고 있는 동안에는 측정을 계속하여 매 측정시마다 측정의 안정도와 재현성을 확인할 수 있다.



〈그림 3〉 개발된 면저항 측정기와 probe station

2.4 성능평가

모든 측정기들의 성능은 측정의 정확도도 중요하지만 측정기의 안정도, 재현성, 직선성 등의 특성이 좋아야 한다. 따라서 개발된 면저항 측정기의 성능 평가를 위해 국가측정표준으로부터 소급성이 유지된 분할저항기(decade resistor, model: ESI DB62, 불확도: 0.005 %)를 사용하여 저항기능을 평가하였다. 안정도 평가는 면저항 측정기의 probe 4단자와 분할저항기의 4단자에 연결한 후 측정을 반복하여 안정된 저항값이 지시되는지 확인하였다. 그 결과 3.5 digits 분해능에서도 변함이 없었으며, 분할저항기의 입력 저항 범위에서 안정된 측정값을 나타냈다. 또한 재현성 평가는 표준소급성이 유지된 ITO 박막시료의 일정 위치에서 반복 측정하였으며, 그 결과 0.2 %정확도를 나타냈다. 직선성 평가는 분할저항기의 낮은 범위에서 높은 범위까지 저항을 변화시켜가며 지시값을 확인하였으며, 그 결과 그림 4처럼 0.2 %정확도 범위에서 직선 특성을 보였다. 저항의 범위는 0.01 Ω ~ 4 kΩ이다.



〈그림 4〉 개발된 면저항 측정기의 직선성 특성

2.5 개발된 면저항 측정기의 특징 및 사양

개발된 휴대용 면저항 측정기의 특징 및 사양은 다음과 같다.

2.5.1 특징

- ◇ 측정 범위(range)를 사용자가 자유롭게 선택하여 측정할 수 있다.
- ◇ Probe를 시료의 표면에 접촉하면 측정된 면저항값을 LCD창에 표시하고 다음 측정시 까지 측정값을 유지한다.
- ◇ 이동 및 휴대시 탐침을 보호하기 위한 안전 캡이 부착되어 있다.
- ◇ 일체형 탐침을 적용하여 접촉저항을 최소화 하였다.
- ◇ 사용자 맞춤형으로 제작이 가능하다. (측정범위 (range), 측정 시간 및 탐침의 tension, 반경(radius), 핀 간격 등)
- ◇ Dual방식의 적용으로 보정계수를 적용할 필요가 없다.
- ◇ Dual방식의 적용으로 가장자리 효과가 거의 없어 균질한 시료의 경우 측정위치에 관계없이 일정한 측정값을 나타낸다.
- ◇ 사용하지 않을시 전원을 직접 끄거나 5분 후에 자동으로 전원이 꺼진다.
- ◇ 시료의 원하는 위치에서 측정이 가능하다.
- ◇ 충전식 전원을 채택하여 배터리 교환이 필요 없다.

2.5.2 사양

- ◇ 측정 방식: Dual configuration
- ◇ 측정 범위: 4 mΩ/sq. ~ 20 kΩ/sq.
- ◇ 측정 분해능: 3½ digits
- ◇ 측정 정확도: 지시값의 1.0 %이하
- ◇ Pin 간격: 1.59 mm, pin 반경 : 350 μm
- ◇ 측정 시간: 1 s

3. 결 론

개발된 면저항 측정기는 휴대용으로 ITO(Indium Tin Oxide)박막 및 film 등의 면저항을 누구나 쉽고 정확하게 사용할 수 있도록 FPP방법의 dual 방식을 적용하여 개발하였다. 측정기능은 저항과 면저항이고, 측정의 범위는 4 mΩ/sq ~ 20 kΩ/sq이다. 측정기의 성능은 국가저항표준기로부터 소급성이 유지된 분할저항기를 사용하여 안정도, 재현성, 직선성을 평가한 결과 0.2 %이하의 특성을 나타냈다. 면저항 기준시료를 사용하여 평가된 측정기의 정확도는 지시값의 1.0 %이하이며, 동종 외국산에 비해 훨씬 저렴하고 우수한 특성을 나타냈다. 측정범위(range) 및 측정시간 등은 맞춤형으로 제작이 가능하고, 측정기는 이미 상용화되어 일부 산업체 및 대학의 연구실에서 사용 중에 있다. 면저항 측정시 시료의 표면에 접촉하면 면저항 값이 지시되며, 별도의 보정계수를 적용할 필요가 없고, 가장자리 효과가 거의 없으므로 누구나 쉽고 정확하게 측정할 수 있다.

[참 고 문 헌]

- [1] F.M. SMITS, Measurement of Sheet Resistivities with the Four-Point Probe. 1957
- [2] ASTM F84. Test Method for Measuring Resistivity of Silicon Wafers with an In-Line Four-Point Probe.
- [3] J. R. Ehrstein and M. C. Croarkin, NIST Special Publication 260-131, 1999Ed.