

Single-Configuration Four-Point Probe method를 이용한 휴대형 면저항 측정기 개발

Development of Hand-Held Type Sheet Resistance Meter based on a Single-Configuration Four-Point Probe Method

*강건홍, #유종민, 이상화, 박영매

*J. H. Kang, #K. M. Yu(kmyu@kriss.re.kr), S. H. Lee, Y. T. Park

¹한국표준과학연구원

Key words : Four-Point Probe, Sheet resistance, Uncertainty, Linearity

1. 서론

디스플레이 산업이 급속도로 발전함에 따라 touch screen 및 touch panel 등에 사용되고 있는 ITO(Indium Tin Oxide) 박막의 면저항 측정은 필수적이다. 면저항 측정기술은 Four-Point Probe(FPP) method의 single-configuration[1-5]이 주로 사용되고 있으며, 이를 적용한 면저항 측정기가 사용되고 있다.

이 single-configuration에 의한 면저항 측정기술은 4개의 탐침이 일렬로 배열된 프로브(probe)를 시료의 표면에 접촉시키면 면저항을 측정할 수 있기 때문에 매우 편리하다. 그러나 이러한 면저항 측정기들은 대부분 매우 고가이고 탐침 간격에 대한 시료의 크기나 두께에 대해 보정계수를 적용하여 측정하여야 한다. 따라서 본 연구는 디스플레이 관련 산업체, 대학교, 연구소 등 다양한 연구 분야에서 전도성 박막의 면저항 정밀측정에 대한 필요성과 면저항 측정기의 수요가 점점 증가함에 따라 single-configuration 기술을 적용한 면저항 측정기를 개발하였다.

개발된 면저항 측정기는 휴대형으로 시료의 표면에 프로브를 접촉시키면 면저항이 자동으로 측정되므로 누구나 쉽고 빠르게 박막의 면저항을 측정할 수 있다.

이 면저항 측정기의 성능은 약 1.0% 이하이며 저항과 면저항 측정기능에 대한 직선성, 안정도, 재현성 등에 대하여 국가측정표준으로부터 소급성이 유지된 십진 저항기를 사용하여 성능을 평가하였다.

2. 본론

2.1 Four-Point Probe(FPP) Method

Valdes에 의해 개발된 FPP method는 전도성 박막 및 실리콘 웨이퍼 등의 면저항을 측정하는데

널리 사용되고 있으며, 동일선상에 일렬로 배열된 4개의 탐침을 시료의 표면에 접촉시켜 저항을 측정 한 후 보정계수를 적용하여 면저항을 측정하는 single-configuration[1-5]이 주로 사용되고 있다. 이 single-configuration에 의한 면저항 측정원리는 그림 1에서와 같이 탐침 A와 D에 전류 I_{AD} 를 흘리고, 탐침 B와 C에서 전압 V_{BC} 를 측정하여 저항 R_s 를 식 (1)과 같이 구하고 면저항을 환산하는 기술이다.

$$R_s = \frac{V_{BC}}{I_{AD}} [\Omega] \quad (1)$$

그리고 single-configuration에 의한 면저항 R_s 는 식 (2)와 같다.

$$R_{ss} = k_s \times R_s [\Omega/\text{sq.}] \quad (2)$$

k_s 는 비례상수로서 식 (3)과 같이 정의 된다.

$$k_s = F(d/S) \times F(t/S) \times F(T) \times F(S) \quad (3)$$

여기서, $F(d/S)$ [1-5]는 탐침 간격 S 에 대한 시료 크기 d 의 보정계수로서 원형 시료와 사각형 시료에 대한 보정계수이다.

예로서, 탐침 간격 S 가 1.00 mm이고, 시료의 직경 및 크기가 40 mm 이면 $F(d/S) = 4.51$ 이며, 시료의 크기 d 가 무한대라면 보정계수 $F(d/S) = 4.5324$ 이다.

$F(t/S)$ [1-5]는 탐침 간격 S 에 대한 시료 두께 t 의 보정계수로서 탐침 간격 S 가 1.00 mm일 때 시료의 두께 t 가 0.4 mm이하이면 보정계수 $F(t/S) = 1.0$ 이다.

$F(T)$ 는 측정 온도에 대한 보정계수로서 측정시 실험실의 온도가 $(23.0 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ 의 범위였으므로 보정계수는 1.0이다. 또한 $F(S)$ 는 탐침 간격에 대한 보정계수로서 프로브 제작사의 성적서에 탐침 간격에 대한 오차가 없으므로 보정계수는 1.0이다.

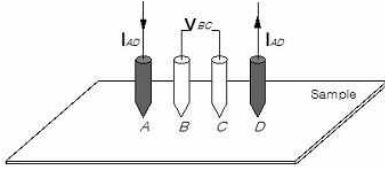


Fig. 1 Single-configuration four-point probe method

2.2 면저항 측정기의 설계 및 제작

개발된 휴대형 면저항 측정기는 그림 2와 같이 전원장치, 연산장치와 표시장치, A/D converter, gain amplifier, four-point probe, 전원으로 사용되는 충전용 건전지 등으로 구성되었다.

측정기능은 저항과 면저항을 측정할 수 있도록 설계하였으며, 면저항 측정시 시료의 표면에 4탐침 프로브가 접촉되면 측정기의 표시창에 면저항 측정값을 나타낸다. 또한 측정을 멈추면 마지막 측정값이 표시창에 그대로 유지되어 면저항 측정값을 편리하게 읽을 수 있다.

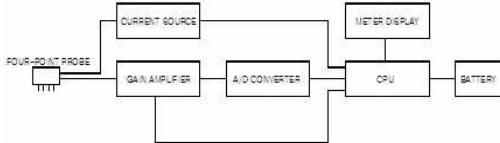


Fig. 2 Block diagram of sheet resistance meter

2.3 면저항 측정기의 저항과 면저항 특성

전기량 측정에 있어서 대부분의 측정기들은 측정의 정확도 뿐 만 아니라 직선성, 반복성, 재현성, 안정도 등의 특성이 좋아야 한다. 이에 따라 개발된 면저항 측정기의 저항기능에 대한 평가를 위하여 국가측정표준으로부터 소급성이 유지된 십진 저항기(Decade Resistor, 모델: ESI DB62, 불확도: 0.005 %)를 사용하였다. 표 1은 저항에 대한 직선성과 안정도 평가결과이며, 표 2는 면저항 측정기에 대한 평가 결과이다.

Table 1 Evaluation results for resistance

기준값 (Ω)	측정값 (Ω)	불확도(k = 2) (Ω)
0.5000	0.500	0.001
1.0000	1.000	0.001
10.000	10.00	0.01
100.00	100.0	0.1
300.0	300	1
500.0	500	1

Table 2 Evaluation results for sheet resistance

기준값 (Ω/sq.)	측정값 (Ω/sq.)	불확도 (k = 2) (Ω/sq.)
4.532	4.53	0.01
45.32	45.3	0.1
453.2	453	1

3. 결론

ITO 박막 등의 전도성 박막에 대한 면저항을 누구나 쉽고 빠르게 측정할 수 있는 휴대형 면저항 측정기를 개발하였다. 이 면저항 측정기는 Four-Point Probe method의 single-configuration 측정기술을 적용한 것으로 저항 측정기능과 면저항 측정기능으로 구성되었다. 저항 측정범위는 0.1 Ω ~ 500 Ω이며, 면저항 측정범위는 1 Ω/sq. ~ 2 kΩ/sq. 이다. 저항기능의 저항측정에 대한 직선성과 안정도는 0.1 %이내의 성능을 나타내고 있으며, 면저항 측정 불확도[6]는 약 1.0 %이하이다.

참고문헌

- Arther Uhlir, JR. "The Potentials of Infinite Systems of Sources and Numerical Solutions of Problems in Semiconductor Engineering", Bell System Technical Journal, Vol. 34, No. 1, pp. 105-128, 1954.
- L. B. Valdes, "Resistivity Measurements on Germanium for Transistors", Proceedings of the Institute of Radio Engineers New York", Vol. 42, pp. 420-427, Feb., 1954.
- F. M. SMITS, "Measurement of Sheet Resistivities with the Four-Point Probe", Proceedings of the Institute of Radio Engineers, pp 711-718, May 1958.
- ASTM F84, "Test Method for Measuring Resistivity of Silicon Wafers with In-Line Four-Point Probe"
- Lydon J. Swartzendruber, "Correction Factor Tables for Four-Point Probe Resistivity Measurements on Thin, Circular Semiconductor Samples", NBS technical note 199, April 1964.
- ISO "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", 1991.