

Dual Configuration Method에 의한 휴대용 면저항 측정기 개발

강전홍, 유광민, 김한준, 한상옥*, 박강식**, 구경완***, 이세현****
 한국표준과학연구원, 충남대학교*, 대덕대학교**, 호서대학교***, 한국폴리텍대학교****

A Development of Hand Held Type Sheet Resistance Meter by Dual Configuration Method

Jeon Hong Kang, Kwang Min Yu, Han Jun Kim, Sang Ok Han*, Kang Sic Park**, Kyung Wan Koo***, Se Hyun Lee****
 KRISS, *Chungnam National University, **Daeduk College, ***Hoseo University, ****Korea Polytechnic Colleges

Abstract - 박막재료 및 반도체의 면저항 측정에는 주로 Four Point Probe(FPP) 원리를 이용한 측정기를 사용하고 있다. FPP에 의한 측정 방식은 single 및 dual configuration method가 있으며, dual configuration은 single configuration에 비해 probe spacing 변화나 시료의 가장자리 효과 등에서 측정편차가 적은 장점이 있어서 dual configuration 기술을 사용하는 추세이다. 개발된 휴대용 면저항 측정기는 dual configuration원리를 적용하여 제작되었으며, 박막재료의 면저항을 누구나 쉽고 정확하게 측정할 수 있도록 설계되었다. 또한 시료의 크기가 핀 간격에 비해 5배 이상 크면 보정계수를 거의 무시할 수 있는 장점이 있어 작은 시료라도 정확한 면저항을 측정할 수 있다. 이 측정기의 측정 불확도는 지시값의 1% 이하이고, 측정범위는 (2~2000) Ω/sq 이다.

1. 서 론

FPP에 의한 면저항 측정방법은 박막(thin film) 및 반도체의 면저항 측정에 가장 편리한 방법으로 오래전부터 사용되어왔다[1]. 측정원리는 일직선상 4개의 핀으로 구성된 바깥쪽 양단 핀에 전류를 공급하고 안쪽 두 핀에서 전압을 측정하여 저항값과 기하학적 보정계수를 적용하여 면저항을 계산하는 방법이다[2]. 이러한 원리를 적용하여 상용화된 측정기들은 대부분 고가이므로 구입하여 사용하는데 부담이 아닐 수 없다. 또한 박막재료의 면저항을 시험하기 위하여 일부 대학 등의 연구실에서는 전류원과 전압계 등으로 측정 시스템을 구성하여 사용하고 있으나 사용이 불편할 뿐만 아니라 기하학적 보정계수 적용 등에 어려움을 겪고 있는 실정이다. 그러므로 이러한 시간적 경제적인 요인들을 충분히 고려하여 가격이 저렴하고 사용이 간편하며, 보정계수의 적용이 거의 필요 없는 면저항 측정기의 필요성이 요구 되었다. 이에 따라 본 연구는 사용자의 입장에서 신속하고 정확하게 박막재료의 면저항을 측정할 수 있는 측정기를 개발하였으며, 이 측정기의 특징은 측정시에 박막의 표면에 손상이 없도록 four 탐침의 반경을 둥근형으로 설계하였다. 또한, 측정시간 및 측정범위, 탐침간격, 탐침압력 등 사용자의 요구에 따라 맞춤형으로 제작이 가능하다.

2. 본 론

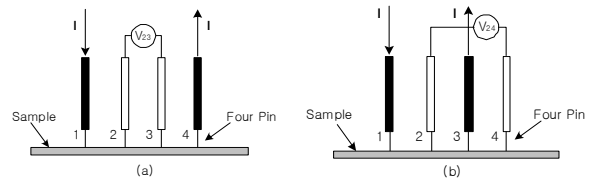
2.1 Four Point Probe(FPP) 이론

Valdes에 의해 개발된 FPP방법은 박막(thin film) 및 반도체의 면저항을 측정하는데 가장 널리 사용되고 있으며, 동일선상에 놓인 4개의 pin을 시료의 표면에 접촉시켜 저항을 측정하고 기하학적 보정계수를 적용하여 면저항을 측정하는 방식이다[3].

측정방식은 single 및 dual configuration method가 있으며, dual configuration은 single configuration에 비해 probe 간격의 변화나 시료의 가장자리 효과 등에서 측정편차가 적은 장점이 있다[4]. Single configuration은 그림 1의 (a)에서 pin 1, 4에 전류를 흘리고 pin 2, 3에서 전압(V_{23})을 측정하여 면저항($R_s = k_a \times R_a$)과 비저항($\rho = R_s \times t$)을 구하는 방법이다.

여기서, $k_a = F_2(D) \times F(t/S) \times F_{SP}$, $R_a = V_{23}/I_{14}$ 이며, $F_2(D)$: 직경보정인자, $F(t/S)$: 시료의 두께와 probe 간격의 비율로 주어지는 두께 보정인자, F_{SP} : probe 간격에 대한 보정인자로서 측정시마다 반드시 보정인자를 적용하여야 한다. Dual configuration은 그림 1의 (b)에서 pin 1, 3에 전류를 흘리고 pin 2, 4에서 전압(V_{24})을 측정하여 configuration (a)와 (b)로부터 면저항($R_s = k_a \times R_a$)과 비저항($\rho = R_s \times t$)을 구하는 방법이다.

여기서, $k_a = -14.686 + 25.173(R_d/R_b) - 7.872(R_d/R_b)^2$, $R_b = V_{21}/I_{13}$ 이며, $1.20 \leq R_d/R_b \leq 1.32$ 로서 single configuration에 비해 보정인자 적용면에서도 유리하다.

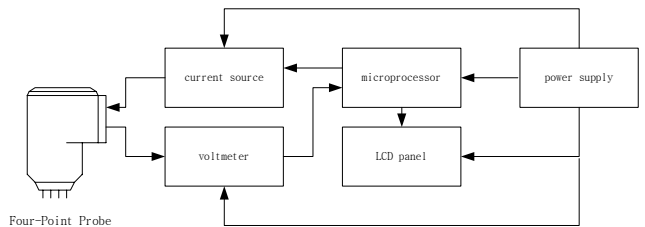


<그림 1> Configuration (a)(b)

2.2 설계 및 제작

개발된 휴대용 면저항 측정기는 그림 2와 같이 전원부, 연산장치, 표시장치, 전류원, 전압계, four point probe 등으로 구성되었다. 측정 기능은 저항(R)과 면저항(R_s)을 측정할 수 있도록 설계하였으며, 시료의 표면에 four 탐침(pin)이 접촉되면 측정값을 hold하도록 하였다.

접촉하고 있는 동안에는 측정을 계속하여 매 측정시마다 측정의 안정도와 재현성을 확인할 수 있으며, probe를 손쉽게 이동시킬 수 있도록 하여 사용자의 편의를 고려하였다. 또한 측정시 탐침(pin)의 흔들림으로부터 발생하는 접촉저항의 영향을 배제하기 위하여 probe head를 고정시키고 상하로 수직 운동할 수 있는 probe station을 제작 하였다.



<그림 2> 회로 구성도

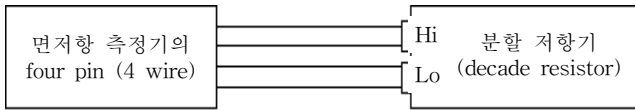
2.3 성능평가

모든 측정기들의 성능은 측정 정확도도 중요하지만 측정기의 안정도, 재현성, 직선성 등의 특성이 좋아야 한다. 따라서 제작된 면저항 측정기의 성능 평가를 위해 국가측정표준으로부터 소급성이 유지된 분할저항기(decade resistor)와 면저항 측정시스템으로부터 인증된 ITO(Indium Tin Oxide)박막 시료들을 사용하였다. 안정도에 대한 평가는 인증된 ITO시료(21.26 Ω/sq)의 중심 위치에서 면저항 측정기의 four 탐침을 접촉시키고, 연속적인 측정값을 확인한 결과 기준값으로부터 0.5%이하에서 일치하였다.

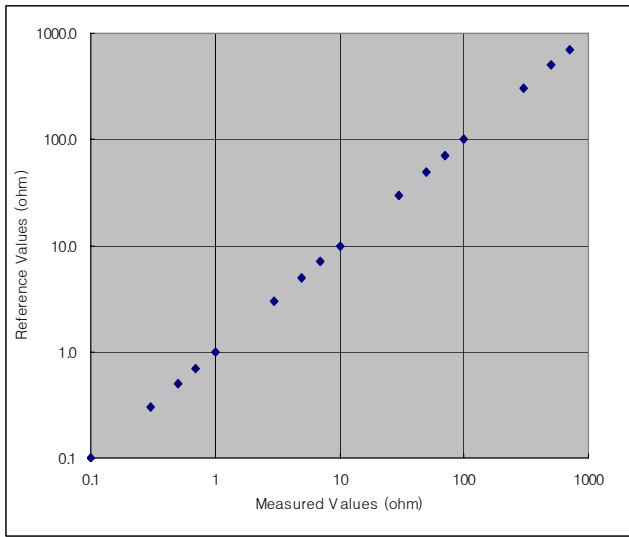
재현성 평가는 ITO시료(21.26 Ω/sq)의 중심 위치에서 10회 반복 측정하여 표준편차를 구하고 재현성을 확인하였으며, 그 결과 0.5%이하에서 측정되었다[5-6].

직선성 평가는 그림 3처럼 측정회로를 구성하여 저항(R) 기능에서 직선성을 확인하였으며, single configuration (그림 1의 (a))에 의한 방법으로 four 탐침(pin) 단자와 분할 저항기(decade resistor, model: ESI DB62, 불확도: 0.005%)의 Hi와 Lo단자에 각각 연결하고, 분할 저항기의 각 step 별로 측정하였으며, 그 결과를 그림 4에 나타냈다.

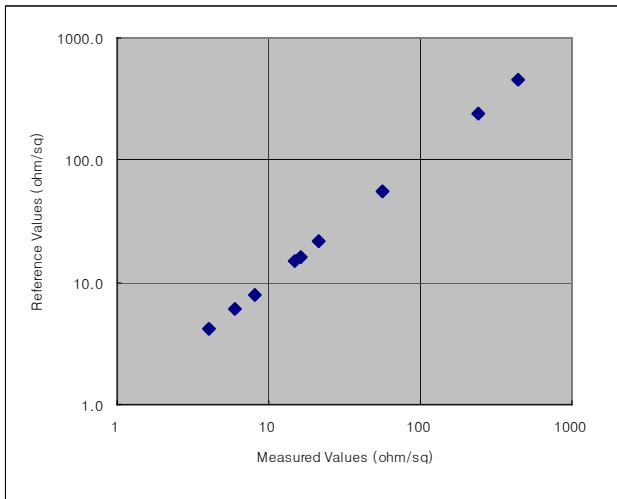
면저항(R_s) 기능의 직선성 평가는 (4~450) Ω/sq 범위에 있는 인증된 ITO(Indium Tin Oxide)박막의 기준시료를 사용하여 선형성을 평가하였으며, 그 결과는 그림 5와 같다.



〈그림 3〉 직선성 평가회로 구성도



〈그림 4〉 저항기능 0.1~700 Ω range 에서의 직선성 평가 결과



〈그림 5〉 면저항 기능 4~500 Ω/sq range 에서의 직선성 평가 결과

2.4 면저항 측정기의 특징 및 사양

개발된 휴대용 면저항 측정기는 그림 6과 같으며, 특징 및 사양은 다음과 같다.



〈그림 6〉 개발된 면저항 측정기

2.4.1 특징

- ◇ 측정 범위(range)를 사용자가 자유롭게 선택하여 측정 할 수 있도록 하였다.
- ◇ probe를 시료의 표면에 접촉하면 측정된 값을 LCD창에 표시하고 다음 측정시 까지 측정값을 hold한다.
- ◇ 이동 및 휴대시 탐침을 보호하기 위한 안전 캡이 부착되어 있다.
- ◇ 일체형 탐침을 적용하여 탐침에 의한 마찰저항이 없다.
- ◇ 사용자 맞춤형으로 제작이 가능하다. (측정범위 (range), 측정 시간 및 탐침의 tension, 반경(radius), 핀 간격 등)
- ◇ Dual configuration기술의 적용으로 균질한 시료의 경우 측정 위치에 관계없이 일정한 측정값을 나타낸다.
- ◇ 사용하지 않을시 5분 후에 자동으로 전원이 꺼진다.
- ◇ 탐침의 형태가 둥근형이므로 시료 표면에 손상을 주지 않는다.

2.4.2 사양

- ◇ 측정 방식 : Dual configuration method
- ◇ 측정 범위 : 2 Ω/sq~19.99 Ω/sq, 20 Ω/sq~199.9 Ω/sq, 200 Ω/sq~1999 Ω/sq.
- ◇ 측정 분해능 : 3½ digits
- ◇ 측정 불확도 : 지시값의 1.0 %이하
- ◇ Pin 간격 : 1.59 mm, pin 반경 : 350 μm
- ◇ 측정 시간 : 1 s

3. 결 론

ITO(Indium Tin Oxide)박막, LCD 패널 등 디스플레이 산업용 박막재료의 면저항 측정기는 일부 국내의 제품이 보급되어 사용되고 있으나 아직도 외국의 장비에 의존하고 있으며, 이들 대부분은 고가의 장비로서 국산화가 절실히 요구되는 실정이다. 따라서 개발된 휴대용 면저항 측정기는 가격이 저렴하며 사용이 간편하여 누구나 쉽게 사용할 수 있도록 설계 제작되었으며, 측정기의 성능은 다음과 같다.

1. 각각의 면저항 기준시료를 사용하여 평가된 측정기의 불확도는 지시값의 1.0 %이하이며, 안정도와 재현성은 0.5 %이하였다.
2. 측정기의 직선성은 전체 범위에서 선형적인 특성을 나타냈다.
3. 측정범위(range) 및 측정시간 등 맞춤형으로 제작이 가능하다.

[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.
- [4] ASTM F1529
- [5] 이래덕, “측정불확도 평가 및 표현방법 -전기분야-”, 한국표준과학연구원, KRISS-99-079-ET, 1999.
- [6] European cooperation for Accreditation, “Expression of the Uncertainty of Measurement in Calibration”, Publication Reference EA-4/02, December, 1999.