

## 전극 간격에 따른 금속비저항 오차분석

강전홍, 유광민, 김한준, 한상옥\*, 김종석\*\*, 박강식\*\*\*  
 한국표준과학연구원, 충남대학교\*, 한밭대학교\*\*, 대덕대학교\*\*\*

### The Error Analysis of Material Resistivity on the Electrode Space

Jeon Hong Kang, Han Jun Kim, Kwang min Ryu, Young-Tae Park, Sang Ok Han\*, Jong Suk Kim\*\*, Kang Sic Park\*\*\*  
 KRISS, Chungnam Univ.\*, Hanbat Univ.\*\* , Daeduk Univ.\*\*\*

**Abstract :** 4단자 방법과 van der Pauw 측정방법으로 자성금속(Fe)과 비자성금속(SUS316)에 대한 전기 비저항을 시험한 결과 van der Pauw 방법에 의한 측정결과를 기준값으로 비교하였을 때, 전극 간격이 시료 단위면적 총길이의 3배에 해당하는 위치에서 비저항 값이 일치하였으며, 이를 도전율로 환산하였을 때 전극 간격이 좁을 수록 도전율은 크게 나타났다.

**Key Words :** 전기 비저항, 전기 전도도, 4 단자방법, van der Pauw, 도전율(%IACS)

### 1. 서론

독일, 영국을 비롯한 선진 국가표준기관들은 금속의 전기 비저항 대한 표준을 확립하여 산업체에 대한 국가표준을 보급하고 있으며, 우리나라의 표준기관인 한국표준과학연구원에서도 측정표준으로부터 금속 비저항에 대한 표준을 확립하여 전도도 미터의 교정은 물론 시험 서비스도 지원하고 있다. 금속의 전기 비저항 측정방법은 일반적으로 4단자 방법[1], van der Pauw 방법[2], eddy current 방법으로 구분 할 수 있다. 이들 중 가장 널리 사용되고 있는 4단자 방법은 저항측정의 기본이라고 할 수 있으며, 금속의 전기 비저항 시험에도 적용되고 있다. 그러나 시험에 사용하는 측정기기, 시료의 상태, 측정기술 등에 의하여 시험결과는 측정자에 따라 크게 달라질 수 있다. 따라서 본 연구는 금속의 전기 비저항 시험에 있어서 발생 할 수 있는 오차 요인의 해결방법과 측정기술을 제안하여 금속의 전기 비저항 평가에 있어서 측정 정확도 향상에 도움을 주고자 한다.

### 2. 실험

#### 2.1 실험장치

실험장치는 그림 1처럼 구성하였으며, 정밀 측정용 측정 장비인 직류 전류원(FLUKE 5720A, 5725A, 불확도: 50  $\mu$ A/A, at 10 A range), 직류 전압계(WAVETEK 1281, Agilent 3458A, 불확도: 10  $\mu$ V/V at 100 mV range), 표준저항(L&N 10 m $\Omega$ , 불확도: 3  $\mu\Omega/\Omega$ )을 사용하여 실험하였다. Sample (시료)은 자성금속인 철(Fe)과 비자성 금속인 SUS-316을

선정하여 4단자 측정방법에 적용할 400 mm  $\times$  30 mm  $\times$  10 mm 크기의 바(bar) 형태와 van der Pauw 방법에 적용할 100 mm  $\times$  100 mm  $\times$  10 mm의 사각 형태로 각각 가공하였다.

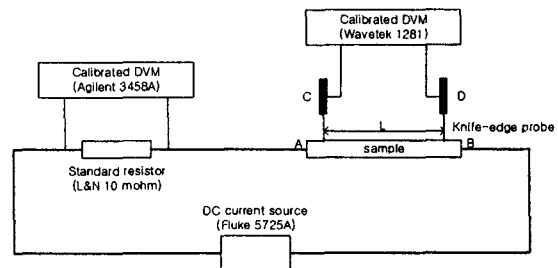


그림 1. 4단자 측정시스템

#### 2.2 실험내용

금속의 전기 비저항 시험은 %IACS (% International Annealed Copper Standard)의 정의에 따라 20  $^{\circ}$ C에서 평가하도록 규정되어 있으므로 본 연구는 실험실환경이 (20  $\pm$  1)  $^{\circ}$ C, 습도 50 % 이하로 유지되는 실험실에서 시료를 24시간 이상 적응 시킨 후 측정하였다. 4단자 방법의 측정원리는 다음 식(1)에서 나타낸 바와 같이 비저항은 시료에 흐르는 단위 면적(A)와 저항(R)의 곱을 전극의 간격으로 나눈 값이다.

$$R = \frac{\rho \times l}{A} [\Omega], \quad \rho = \frac{R \times A}{l} [\Omega \cdot \text{cm}] \quad (1)$$

실험은 직류 전류원으로부터 10 A를 그림 1의 시료 A, B 단자에 공급하고, 전극 C, D 단자에서 직류전압을 측정하여 저항을 계산하는 원리이다. 전극의 간격에 따른 도전

울의 변화를 평가하기 위하여 전극(C, D)의 간격( $\ell$ )을 30 mm에서부터 330 mm까지 10 mm 간격으로 조절하여 측정하였다. 또한, 전극의 형태는 간격( $\ell$ )에 대한 측정의 정확도를 향상시키기 위하여 knife edge 전극을 사용하였으며, 간격( $\ell$ )의 측정은 두께의 표준으로부터 소급성이 유지된 게이지 블록(gage block)을 사용하여 교정된 디지털 마이크로미터를 사용하여 측정하였다. 또한 시료의 두께는 그림 2와 같이 교정된 디지털 마이크로미터를 대향하도록 설치한 후 시료의 중앙부분, 양쪽 가장자리 부분의 위치에서 10 mm 간격으로 각각 측정하여 평균값을 취하였다.

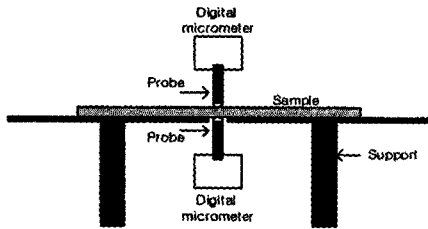


그림 2. 두께 측정장치

van der Pauw 측정방법은 아래의 식(2)으로부터 비저항을 구할 수 있다. 실험은 그림 3처럼 측정시스템을 구성하여 그림 4와 같은 측정원리로 측정하여 비저항을 계산하였다[2].

$$\rho = \frac{1}{\sigma} = \frac{\pi d}{\ln(2)} \frac{R_A + R_B}{2} f(r) \quad (2)$$

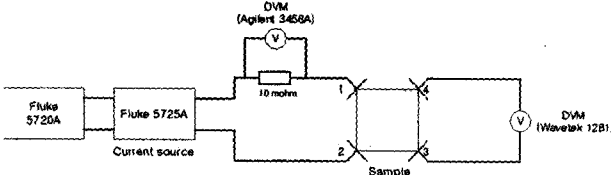


그림 3. van der Pauw 측정시스템

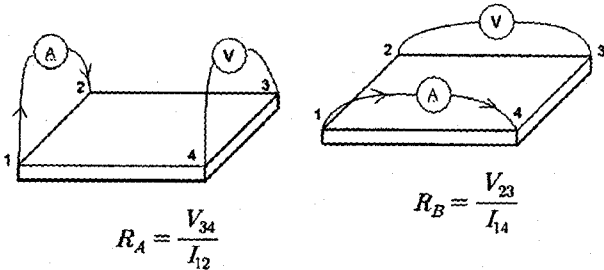


그림 4. 측정원리

여기서,  $\rho$ : 전기 전도도(S/cm),  $\sigma$ : 전기 비저항( $\mu\Omega \cdot \text{cm}$ ),  $d$ : 시료의 두께,  $f(r) = \frac{R_A}{R_B}$ 로서  $R_A$ 와  $R_B$ 가 1%이하의 범위에서 일치하면 무시가능 측정은 4단자 방법에서 측정한 조건과 동일한 직류전류

10 A를 공급하여 식(2)에 의하여 비저항을 계산하였으며, 두께는 시료의 중심으로부터 사방으로 10 mm간격으로 측정하여 평균값을 취하였다. 시료의 두께가 측정 불확도에 가장 큰 영향을 미치므로 시료의 정밀 가공과 두께 측정을 필수로 많은 부분에서 측정하여 평균값을 취하는 것이 정밀 측정에 유리하다.

### 3. 결과 및 고찰

4단자 방법과 van der Pauw 방법으로 측정된 금속의 전기 비저항은 그림 5, 6처럼 자성 및 비자성 금속 모두 전극 간격( $\ell$ )이 좁을 수록 도전율은 점점 크게 나타났다.

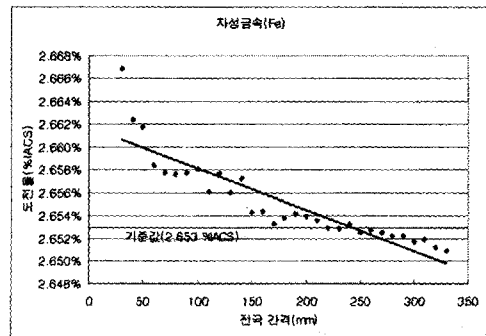


그림 5. 자성금속(Fe)의 비저항 측정결과

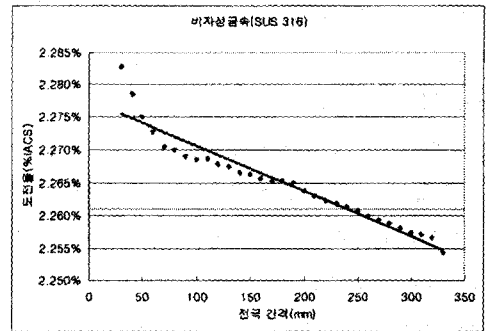


그림 6. 비자성금속(SUS 316)의 비저항 측정결과

### 4. 결론

van der Pauw 방법에서 측정된 값을 기준값으로하여 4단자 방법으로 측정된 결과를 분석해 보면 전극 간격( $\ell$ )이 좁을 수록 도전율은 점점 크게 나타났으며, 두 방법에서 일치하는 도전율 측정값은 전극의 간격이 단위면적 전체길이의 3배에 해당하는 240 mm지점에서 일치하였다.

### 참고 문헌

- [1] ASTM B 193-78, Resistivity of electrical conductor materials (1978).
- [2] van der Pauw, "A method of measuring specific resistivity and Hall effect of discs of arbitrary shape", *Philips Res. Rep.*, vol. 13, pp.1-9, 1958