

고체 유전율 측정용 cell의 불확도 분석과 보상

김한준, 강전홍, 유광민, 이세현*, 구경완**, 한상옥***
한국표준과학연구원, *호서대학교, **충남대학교

Uncertainty and Compensation on the cell for Measurement of the Solid Permittivity Materials

Han Jun Kim, Jeon Hong Kang, Kwang Min Yu, Lee Sei Hyun*, Kyung-Wan Koo**, Sang Ok Han***
Korea Research Institute of Standards and Science, *Polytechnic Colleges IV **Hoseo Univ. ***Chungnam Univ.

Abstract : For measurement of dielectric constants, the commercial parallel plate electrodes system with guard-ring electrode have been widely used up to now. The capacitance derived from the parallel plate electrodes capacitor with guard-ring electrode is calculated by the equation of ($C = \epsilon \cdot \frac{\text{area of electrode}}{\text{distance between electrodes}}$). Therefore, in parallel plate electrode capacitor, the diameter of the guarded electrode, the gap size between guarded electrode and guard ring, and distance between two active electrode should be measured precisely to calculate dielectric constants from the measured capacitance. Consequently their mechanical measurement uncertainties are directly contributed. Especially the air-gap between the electrodes and dielectric specimen at the system must be existed and the measurement error derived from the air-gap is impossible to evaluate as measurement uncertainties. In this study, we analyze the uncertainty of the commercial dielectric constant test cell using 3 kinds CRMs.

Key Words : dielectric constants, parallel plate electrodes capacitor, CRM, dielectric specimen

유전율을 정확하게 측정할 수 있는 새로운 전극방법과 측정방법을 구현하였다.

1. 서론

고체절연체 및 유전체의 유전율 측정방법과 절차는 IEC-250[10] 및 ASTM D 150-98[1] 등의 규격으로 작성 공포되어 세계적으로 널리 사용되고 있다. 그러나 기계적 가공오차나 측정오차에 의한 불확도는 발생할 수밖에 없으며, 특히 유전체 시료의 가공상태에 따른 표면 거칠기, 양전극표면의 평행도에 따른 시료와 전극사이에서 발생하는 공극이 오차를 발생시키는데 공극의 두께를 정확히 분석할 수가 없으므로 보상값 혹은 불확도를 산출할 수가 없다. 이러한 원인으로 유전율 측정분야의 전문가거나 전문가들은 시료에 액체 금으로 코팅하여 전극을 만들어 공극 발생소지를 완전히 배제시키고 측정을 하지만 기계적으로 균일한 치수로 정확한 코팅을 하기위한 또 다른 설비가 필요하게 된다. 또한 이 방법은 플라스틱 종류 등 재료에 따라서 코팅이 불가능한 재료도 있고, 코팅 과정에서 사용되는 유. 무기용매가 시료 내부로 침투되어 재료의 성질이 변질되는 수도 있어, 측정가능 시료에는 한계가 있다. 이미 상품화 되어있는 가드링 전극이 있는 구조의 3-전극[2]을 사용하는 경우 제작사에서 제공하는 측정불확도 (일반적으로 1 % 정도)를 믿고서 측정결과를 사용하는 것이 대부분이다. 그러나 제작사에서 제공하는 불확도는 전극의 기계가공 혹은 기계적 측정오차에 기인한 영향만을 분석한 것이므로 공극이 포함된 상태에서 측정된 결과와는 큰 오차가 발생할 확률이 높으며, 공극이 포함되면 시료의 고유 유전율보다 측정된 값이 작게 된다. 본 연구에서는 이상에서 언급한 문제점을 개선하여

2. 실험

실험은 기존에 상품화된 그림 1의 Agilent 사의 16451B dielectric test fixture를 그 값이 절 정된 3종의 유전율 CRM을 사용하여 유전율을 측정하고 불확도를 분석하는 방법으로 진행하였다.

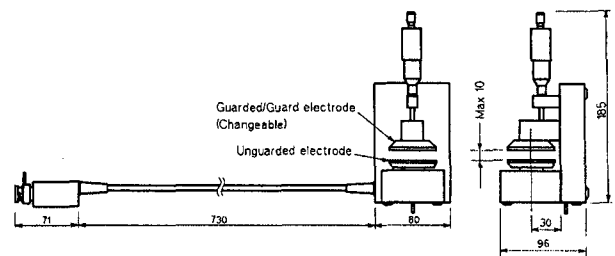


그림 1. Dimensions of Agilent 16451B dielectric test fixture assemble

사용된 3종의 CRM중 첫째는 미국의 표준연구소인 NIST (National Institute of Science and Technology)에서 보급하는 표준물질 774[3](유전율:7.46 ± 0.05) 이고, 둘째는 미국 및 러시아에서 광학기구 및 군사용 목적으로 사용되어 그 특성이 많이 알려진 Quarz 종류인 KLR-1.1(유전율:4.011 ± 0.012)을 사용하였고, 마지막으로는 97 % 농도의 알루미늄(Al₂O₃)(유전율:9.69 ± 0.05)를 사용하였다.

CRM 3종을 dielectric test fixture로서 측정한 결과는 아래 표 1에 보였다.

표 1. CRM 3종을 dielectric test fixture로서 측정한 결과

CRM		Agilent 16451B test cell		
종류	유전율 ①	측정값 ③	(①-③)/① ×100, %	표준편차
KLR-1.1	4.01	3.69	7.98	0.022
SRM774	7.46	6.27	16.0	0.031
Al ₂ O ₃	9.69	7.54	22.2	0.057

표1의 결과는 시료나 측정시스템의 전극의 면(surface) 상태가 거울면 상태로 가공되었음에도 불구하고 가드링 전극을 갖는 3-전극에 시료를 삽입하여 측정하는 방법은 유전율이 4.01인 측정시료 KLR-1.1에서 실제 값보다 8 % 작게, 유전율이 7.46인 CRM774에서는 실제 값보다 16 % 작게 측정, 유전율이 9.69인 측정시료 Al₂O₃에서 실제 값보다 22.2 % 작게 측정되었다. 이 결과는 Agilent 16451B test cell의 spec.에서 제공된 측정불확도 1 %와는 예상 밖에 대단히 큰 차이를 보였다.

이 결과는 측정전극과 시료사이에 발생하는 공극의 영향으로, 전극면이나 시료의 표면이 최적의 조건으로 가공되어도 공극을 완전히 제거할 수가 없다는 것을 보여주는 결과이다.

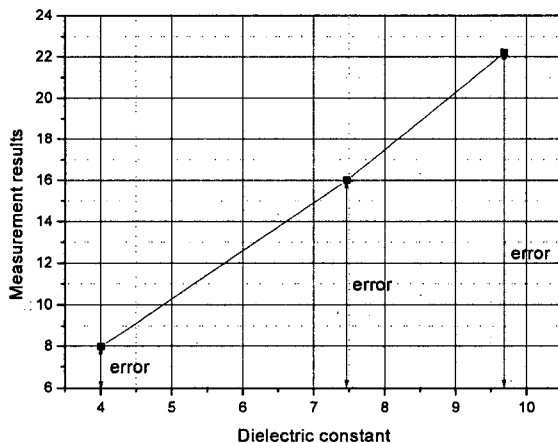


그림 2. CRM의 유전율 값과 test cell을 사용하여 측정된 유전율 값과의 오차를 표시한 그래프

3. 결과 및 검토

표 1과 그림 2에서 보인 결과는 시료나 측정시스템의 전극의 면(surface)상태가 거울면 상태로 가공되었음에도 불구하고 가드링 전극을 갖는 3-전극에 시료를 삽입하여 측정하는 방법은 유전율이 4.01인 측정시료 KLR-1.1에서 실제 값보다 8 % 작게, 유전율이 7.46인 CRM774에서는

실제 값보다 16 % 작게 측정, 유전율이 9.69인 측정시료 Al₂O₃에서 실제 값보다 22.2 % 작게 측정되었다. 이 결과는 Agilent 16451B test cell의 spec.에서 제공된 측정불확도 1 %와는 예상 밖에 대단히 큰 차이를 보였다.

이 결과는 측정전극과 시료사이에 발생하는 공극의 영향으로, 전극면이나 시료의 표면이 최적의 조건으로 가공되어도 공극을 완전히 제거할 수가 없다는 것을 보여주는 결과이다. 따라서 상품화된 유전율 측정 cell을 사용하여 유전율을 측정시에는 측정된 결과를 그림 2에 표시된 오차(error)의 크기를 보상에 줄 필요가 있다.

4. 결론

본 연구에서는 시료나 측정시스템의 전극이 거울 면으로 가공되었음에도 불구하고 가드링 전극을 갖는 3-전극에 시료를 삽입하여 측정하는 방법은 유전율이 클수록 측정오차가 증가한다. 유전율이 4.01인 측정시료 KLR-1.1에서 8 %, 유전율이 7.46의 경우 13.8 %, 유전율이 9.69의 측정시료의 경우에는 21.2 % 실제 값보다 작게 측정되었다. 이 결과는 공극의 영향으로, 전극면이나 시료의 표면이 최적의 조건으로 가공되어도 공극을 완전히 제거할 수가 없다. 그러나 본 연구의 결과를 측정값에 보상의 방법으로 적용하면 측정값과 실제값의 차이를 십분의 일 정도로 줄일 수 있다.

참고 문헌

- [1] "ASTM Standard Test Methods for AC Loss Characteristics and Permittivity (Dielectric Constant) of Solid Electrical Insulating Materials", D-150, 1998.
- [2] Agilent Technologies, *Agilent 16451B Dielectric Test Fixture Operation and Service Manual*, October, 2000.
- [3] NBS Certificate of SRM 774, 1982.M. Drogenik, J. Amer. Ceram. Soc. Vol. 70, No. 5, p. 311, 1987.