

비가공 물질의 유전율 측정 방법

*이원희, 박위상

포항공과대학교 전자전기공학과

e-mail : whlee@postech.ac.kr, wsp@postech.ac.kr

A dielectric constant measurement method of unprepared samples

*Won-Hui Lee, Wee Sang Park

Department of Electronic and Electrical Engineering

Pohang University of Science and Technology(POSTECH)

Abstract

A measurement method of the dielectric constant of materials whose standard sample is not prepared easily is proposed. The unprepared sample of the material is placed in a cavity, and the resonant frequency is measured. A commercial software simulates the same sample and the cavity leading to find the correct dielectric constant. The measured samples include a ceramic, a forced glass, and a powdered enamel.

I. 서론

최근에 위성통신·방송, 이동통신 및 CATV, 유무선 통신 등에서 쓰이는 주파수 대역이 고주파 영역으로 확대되고 있으며 전자파 관련한 MIC, MMIC 기술의 발달로 이에 사용되는 전자파 유전체의 개발이 활발해지고 있다. 따라서, 고주파 영역에서도 측정 가능한 유전율 측정 기술의 개발이 요구되고 있다.

“이 논문은 2008년도 두뇌한국21 사업에 의하여 지원되었음.”

또한 3D 시뮬레이터의 발달로 그 동안 실험적 측정에만 머물러야 했던 많은 시스템들이 해석적인 방법으로 예측할 수 있는 영역까지 확대되고 있다.

모의실험의 정확도에 가장 중요한 시뮬레이션 영역은 물질의 유전율을 얼마나 정확히 측정할 수 있는냐 하는 것이다.

유전율 측정 기술로는 자유공간법, open-ended coaxial line법, cavity resonator법^[1], 전송 선로법^[2] 등이 있다. 이 중 cavity resonator법은 많은 연구들이 진행되어 cavity resonator 내의 정확한 필드 해석에 의한 정확한 유전율을 측정하는 기법들이 연구되었다. 그러나, exact solution에 의한 해석법은 공진기 내부에 삽입하는 유전체의 형상을 정형화된 모양으로 가공해야 하는 문제점을 갖고 있다. 원통형 공진기 내부에 유전체를 봉이나 디스크 형태로 가공하고, 삽입한 경우에 대해 실험과 계산의 오차가 0.5% 이하로 정확히 계산될 수 있다. 그러나, 유전체의 형상이 가공이 되지 않는 경우에는 exact solution에 의해 유전율을 측정하는 것은 불가능하다.

시스템의 시뮬레이션을 진행할 경우 물질을 정확히 가공할 수 있는 재료도 있지만, 강화유리, 범랑, 특별한 경우의 세라믹처럼 가공이 불가능한 물질도 존재하므로 이러한 비가공 물질에 대해서도 유전율을 측정하는 방법들이 요구되고 있다. 이러한 비가공 물질들은 규격화되지 않는 고체 형태, 또는 분말 형태로 형상화된다.

II. 본론

2.1 유전율 측정 방법

본 논문은 강화 유리나 세라믹처럼 유전체 봉, 펙, 슬랩 형태로 가공하기 어려운 물질 또는 분말 형태 물질의 유전율을 측정하고자 한다. 만약, 강화 유리나 세라믹의 크기가 매우 커서 원통형 공진기에 넣을 수 없다면, 깨뜨려서 원통형 공진기에 삽입하고, 3D 시뮬레이터에 의해 깨진 강화 유리나 세라믹을 정확히 모델링하여 유전율을 측정한다. 또한, 분말 타입의 유전체의 경우는 원통형 공진기 안에 테프론(teflon)으로 제작된 그릇을 만들어 그 안에 분말 시료를 넣고 유전율을 측정한다. 테프론의 경우는 쉽게 가공이 가능하므로, 미리 exact solution에 의해 유전율을 정확히 구한 후 시뮬레이션을 하도록 한다. 유전율 측정 방법의 기본 개념은 공진주파수 편이량을 이용하는 것이다. 즉, 빈 공진기와 유전체 삽입 공진기의 공진주파수 편차와 S_{21} loss 편차를 이용하여 유전율을 측정하는 방법이다. 비가공 물질이 공진기에 삽입된 경우 이론적인 해석이 매우 어려우므로, 3D시뮬레이션 상에서 구조를 정확히 모델링하여 공진주파수와 loss 편차를 구하고, 실험에 의해 공진주파수와 loss 편차를 측정해서 두 결과를 비교함으로써 유전율을 측정한다. 그림 1은 강화 유리와 세라믹을 원통형 공진기에 삽입해 3D 시뮬레이터로 모델링 한 것이다. 강화 유리와 세라믹의 경우 크기가 매우 커서 원통형 공진기에 삽입하기 어려웠으므로 깨뜨려서 측정하였다.

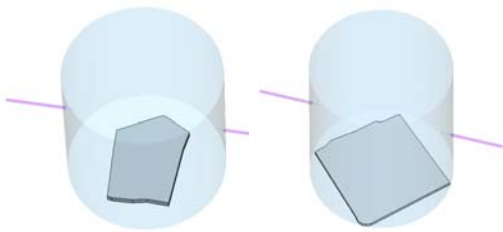


그림 1. 강화유리와 세라믹의 측정 모델링

2.2 측정 모드 결정과 주파수 편이법

그림 2는 빈 공진기와 유전체 삽입 공진기의 S_{21} 결과이다. 빈 원통형 공진기의 모드별 공진주파수를 시뮬레이션하고, 유전체 삽입 원통형 공진기의 모드별 공진주파수를 시뮬레이션하면 모드별 편차가 발생한다. 각 모드 중 편차가 가장 많이 발생하는 모드를 찾아서 그 모드에서의 공진주파수 편차를 실험 값과 비교한다. 시뮬레이션 시 유전체를 삽입하면, 유전체의 유전율 정보를 넣어야만 시뮬레이션 output이 발생한다. 실험의 공진주파수 편차에 맞추도록 시뮬레이션 상의 유전율을 변화시킨다. 실험 상의 공진주파수 편차가 시뮬레이션 상의 공진주파수 편차에 맞다면 그 때의 유전율 값이 구하고자 하는 유전체의 유전 상수 값이 된다. 본 논문에서는 가장 공진주파수 편차가 많이 발생하는 TM_{111} 모드를 이용하였다. 그림 2에서는 화살표로 표현한 모드가 TM_{111} 모드이다.

III. 측정결과

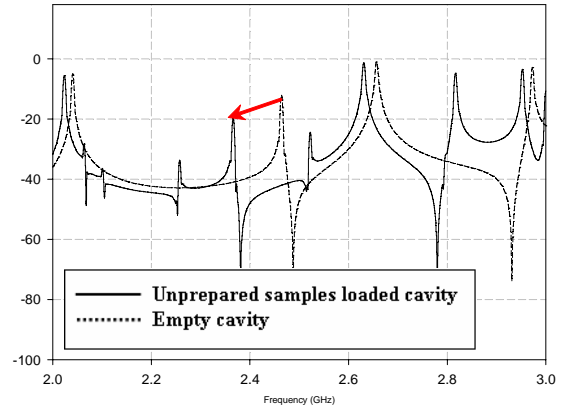


그림 2. 빈공진기와 유전체 삽입 공진기의 S_{21} 결과

본문에서와 같은 방법으로 계산한 강화 유리의 복소 유전율은 $4.15-j0.053$ 이고, 같은 방법으로 세라믹의 유전율을 측정해보면 $11-j0.0033$ 이 측정되었다. 또한 분말로 측정한 범람의 유전율은 $3.9-j0.042$ 로 측정되었다. 이렇게 측정한 유전율 값들은 참고 문헌을 찾아보면 강화 유리의 경우 $4.82-j0.026$, 세라믹 계열의 경우 $(9.5\sim 10)-j0.0033$ 으로 본 논문에서 측정한 값과 비슷한 값을 갖는다. 따라서, 본 논문에서 측정한 유전율 값은 정확한 결과라고 사료된다.

IV. 결론

그동안 규격화된 유전체의 유전율만을 측정했던 기존 공진기법과 더불어 비가공 물질에 대해 유전율을 측정하는 방법을 제시함으로써, 모의실험의 정확도를 향상시키고 하였다. 현재도 실험에 의해 걸리는 시간과 노력을 모의실험으로 대체하여 줄이려는 노력이 계속되고 있다. 본 논문의 방법을 이용하면 시뮬레이션의 정확도 향상을 가져올 수 있고, 실험에 의한 시간과 노력을 크게 줄일 수 있을 것으로 예상된다.

참고문헌

- [1] P. Guillon and Y. Garault, "Accurate Resonant Frequencies of Dielectric Resonators", IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques, Vol. MTT-25, No. 11, pp.916-922, November, 1977.
- [2] J. Baker-Javis, Transmission/Reflection and short-circuit line permittivity measurements: NIST Technical Note 1341, 1990.