

테라헤르츠 파동 전파 특성 해석

Terahertz wave propagation characteristics with matter

박준홍† · 김학성* · 이신엽** · 곽윤상** · 박성현**

Author name, Author name and Author name

1. 서 론

고도의 신뢰성과 안전성이 요구되는 원자력, 항공 우주, 방위시설 등에서의 비파괴평가 기술은 점차 수요가 증대하고 사회적 관심이 고조되고 있다. 이러한 비파괴평가 기술은 검사 대상물에 손상을 가하지 않는 방법을 이용해 구조물의 결함유무를 파악하고 사고 및 파손을 방지하는 기술로써, 제품의 불량률 및 안정성 문제를 해결하고 경제적 손실을 최소화 및 신뢰성을 높일 수 있다. 테라헤르츠(Terahertz)파는 마이크로파와 광파 사이에 위치한 전자기파로써 주파수는 0.1 ~ 10 THz, 파장은 0.03 ~ 3 mm 인 전자기파를 말하며 전파의 투과성과 광파의 흡수성을 동시에 가지고 있다. 이러한 특성은 X-ray 에너지의 백만분의 일로 매우 작아 인체에 무해할 뿐만 아니라 마이크로파보다 높은 해상도를 제공하며 초음파와 달리 비접촉, 비침습 방식을 이용한 비파괴 검사 가능하여 의료, 산업, 국방, 보안 등 다양한 분야에 활용이 가능하다. 테라헤르츠파는 발생 방법에 따라 펄스형과 연속형이 구분되어지며, 이에 따른 계측과 응용으로는 분광 및 영상기술로 분류되고 있다. 특히 펄스형 THz 파의 경우 광대역 스펙트럼을 이용한 분광연구가 주를 이루고 있으며 연속형 THz 파 광원의 경우 고출력, 협대역 특성을 이용한 통신, 영상 및 응용 분야가 주를 이루고 있다.

본 연구에서는 이러한 테라헤르츠파의 기초연구로써 펄스형 테라헤르츠파의 파동 전파 특성을 해석하였다. 전자기파 특성을 지니는 테라헤르츠파를 모델링하고 매질의 유전상수에 따른 반사와 투과,

감쇠의 영향을 고려한 해석 모델을 만들고 유전상수를 알고 있는 다양한 매질을 실험하여 투과모드, 반사모드를 측정하여 결과를 비교하였다.

2. 테라헤르츠 투과와 반사

2.1 테라헤르츠 파동 방정식

테라헤르츠는 전자기파로써 Maxwell 방정식을 통해 묘사할 수 있다.

$$\nabla^2 u - \mu\epsilon \frac{\partial u}{\partial t} = 0 \tag{1}$$

다음과 같은 해를 가정할 수 있으며 acoustic wave의 파동 방정식과 유사한 형태임을 알 수 있다.

$$u(x, t) = A e^{ikx - i\omega t} + B e^{-ikx - i\omega t} \tag{2}$$

wavenumber k 는 투자율(permittivity)과 유전율(permeability)에 관한 식으로 다음과 같이 정의되며 매질에 전파되는 파동 특성을 결정한다.

$$k = \sqrt{\mu\epsilon\omega} \tag{3}$$

2.2 실험 구성 및 결과

실험을 위해 펄스형 테라헤르츠를 방사한 후 그림 1과 같이 3가지 모드 (Transmission, Normal reflection, Pitch patch)에 따라 측정하였다. 대상 시편은 Table 1 에 표시한 것과 같으며 매질에 따라 유전상수 및 두께를 다르게 하여 해석모델과 응답을 비교 하였다.

† 교신저자; 정회원, 한양대학교
E-mail : parkj@hanyang.ac.kr
Tel : 02-2220-0424

* 한양대학교
** 한양대학교

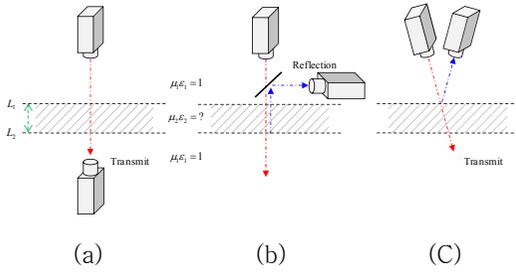


Figure 1 Measurement setup
 (a) TR mode (b) NR mode (c) PC mode

Table 1 test specimen

Matter	Dielectric constant	Thickness
Paper	2~4	0.1 mm
Acryl	2.7~4.5	5 mm
Rubber	2.2~4.1	5 mm

3. 결 론

펄스형 테라헤르츠 파를 파동 방정식을 모델링하여 매질에서의 투과 반사 등을 해석하고 실험결과와 비교하였다. 실험과 해석의 비교결과 해석 모델이 실험 결과를 잘 반영하고 있음을 확인할 수 있었으며, 이러한 해석결과를 통해 실험결과에서 발생하는 다양한 현상의 원인을 해석하고 응용할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- (1) Yun-shik Lee, 2008, "Principles of Terahertz Science and Technology".
- (2) Peter H. Siegel, "Terahertz Technology", IEEE Transactions on microwave theory and techniques, 2002.03, VOL.50, NO.3