

순철 압분체를 흡수제로 사용한 GHz 대역용 박형 전파흡수체

김선대, 김성수
충북대학교, 재료공학과

1. 서론

최근 이동통신단말기와 같은 디지털 전자기기는 양적으로나 질적으로 실로 대단한 급성장을 하고 있다. 그러나 이들 디지털 기기 내부에서의 전자파 간섭 (cross-talk), 또는 누설 전자파가 인체에 유해할 수 있다는 문제가 제기되면서 이에 대한 전자파 대책이 중요한 문제로 대두되고 있다. 이동통신단말기에 들어가는 전자파 감쇠용 전파흡수체로서 요구되는 가장 중요한 특성은 통신주파수 (셀룰러폰 : 800 MHz, PCS : 1.8 GHz, IMT-2000 : 2.2 GHz)에서 전자파 흡수율이 커야 함은 물론, 무엇보다도 두께가 박형이어야 한다.

전파흡수체의 박형화 설계기술에 있어 가장 중요한 재료 파라미터는 높은 투자율과 유전율이다. 철계 연자성 금속의 경우 페라이트에 비해 포화자화가 2 배 이상이기 때문에, 낮은 저항에 의한 와전류손실을 최소화할 수 있으면 GHz 대역에서 높은 투자율을 얻을 수 있다. 또한 절연 매트릭스에 분산된 금속 미립자의 경우 전하축적에 의한 공간전하 분극에 의해 높은 유전상수가 얻어질 수 있다. 본 연구에서는 연자성 금속 자성체로 철 분말을 선정하고, 철 분말의 초기 입도, 분쇄시간에 따른 편상화의 정도를 변화시키면서 고주파 대역에서 재료정수 (투자율, 유전율)의 변화 및 전파흡수특성에 대해 조사하였다.

2. 실험방법

본 연구에 사용된 흡수제는 연자성 특성을 갖는 순철 분말이다. 순철 분말의 평균입도를 5 μm , 10 μm , 70 μm 으로 달리 하였다. 원료 분말을 평판상 (이하 압분체로 칭함)으로 가공하기 위하여 attrition mill에서 분쇄과정을 거쳤다. Milling 시간은 0.5~4 시간 범위 안에서 조절하였다.

이들 분말을 실리콘 고무와 혼합하여 (분말/고무 혼합 부피비 = 6.5:3.5) 내경 3 mm, 외경 7 mm, 두께 1.0~1.5 mm의 복합재료 시편을 제조하였다. 이 시편을 동축 샘플 holder에 삽입한 후 반사/투과 법에 의해 재료상수 (복소투자율, 복소유전율)를 측정하였다. 측정 주파수 대역은 0.5~6 GHz이었다. 전파흡수능은 복합재료 시편의 배면을 금속 도체로 단락시킨 후 반사손실을 측정함으로써 구하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3-1. 복소투자율, 복소유전율

구형 원료 분말의 경우 평균입도가 증가할수록 복소투자율의 실수, 허수 모두 감소한다. 이는 평균입도가 커질수록 와전류손실이 증가하기 때문이다. 반면 복소유전율의 실수, 허수는 평균입도가 증가할수록 증가한다. 공간전하 분극 시 전하축적 면적이 평균입도에 비례하여 증가하기 때문이다.

Attrition milling에 의해 분말의 형상이 평판상으로 바뀌면 복소투자율의 실수, 허수 모두 증가한다. 초기 분말입도가 표피두께에 근접한 경우 (5 μm)를 제외하고는 와전류손실의 감소에 의해 투자율의 증가가 일어난다. 특히 평균입도가 10 μm 인 순철 압분체의 경우 복소투자

율의 실수를 $\mu_r'=8.8$ 까지 증가시킴으로써 이동통신 주파수 대역용 흡수체의 구성 재료로 가능성이 가장 높았다. 구형 분말에 비해 압분체의 경우 복소유전율이 증가하는 것은 표면적 증가에 의한 공간전하분극의 증가에 기인한다. 이러한 결과는 초기 분말입도가 커질수록 더욱 뚜렷해짐을 볼 수 있다.

3-2. 전파흡수특성

평균입도가 10 μm 인 구형 순철 분말을 실리콘 고무와 부피비로 65:35로 혼합하여 제조한 복합체의 반사손실을 조사하였다. 일반적인 전파흡수체의 특성과 같이 복합체의 두께가 커질수록 흡수주파수 대역은 저주파로 이동한다. 2 GHz를 기준으로 -5 dB 이하의 반사손실을 얻기 위해서는 복합체의 두께가 적어도 1.4 mm 이상이 되어야 함을 알 수 있다. 반면 순철 분말 압분체 (초기입도 = 10 μm)를 흡수재로 사용한 복합체의 경우 2 GHz를 기준으로 -5 dB 이하의 반사손실을 얻는데 필요한 흡수체의 두께는 0.7 mm에 불과하다. 평판상의 순철 분말을 사용함으로써 흡수체의 박형화를 이룰 수 있음을 보여준다. 이는 순철 분말의 판상화에 의한 복소투자율 및 유전율의 증가에 기인한다.

초기 입도가 5 μm 인 순철 압분체를 흡수재로 사용했을 때 전파흡수는 2 GHz 이상의 고주파 대역에서 일어남을 볼 수 있다. 이는 초기 입도가 10 μm 인 압분체에 비해 투자율 및 유전상수가 작기 때문이다. 초기 분말입도가 70 μm 인 압분체의 경우, 두께를 1~4 mm 범위에서 변화시켜도 전파흡수능은 -1.5 dB 이내로 매우 열악함을 볼 수 있다. 유전상수는 500 이상의 큰 값을 얻을 수 있었으나, 투자율의 실수가 너무 작아 ($\mu_r'=2$) 임피던스 정합조건에서 크게 벗어나기 때문이다.

4. 결론

순철 압분체를 흡수 충전재로 사용함으로써 이동통신주파수 대역 (0.8~2.0 GHz)에서 반사손실이 -6 dB (75% 전력흡수율), 두께가 1 mm 수준인 박형의 전파흡수체를 설계할 수 있었다. Attrition milling에 의해 두께가 표피두께보다 작은 순철 압분체를 제작함으로써 임피던스정합 조건에 근접하는 고투자율과 고유전율을 동시에 얻을 수 있었다. 이는 milling에 의해 구형에서 평판상으로 모양이 바뀜에 따라 와전류 손실이 감소하고 (복소투자율의 증가), 압분체 간의 정전용량이 증가한 것 (복소유전율의 증가)에 기인한다. 그러나 순철 분말의 초기 입도가 표피두께에 근접할 정도로 너무 작으면 milling에 의한 투자율 증대 효과가 나타나지 않았고, 초기입도가 너무 큰 경우에는 압분체로 가공하여도 와전류 손실에 의해 투자율은 매우 낮은 값을 나타내었다. 이와 같은 결과로부터 연자성 금속을 흡수재로 사용할 경우 중요한 설계 인자는 충전재의 형상과 초기입도임을 제안할 수 있고, 특히 투자율이 보다 큰 흡수재의 조성선정이 이루어지면 흡수능과 박형화 측면에서 보다 향상된 전파흡수체를 얻을 수 있을 것으로 예상된다.