

유한요소법을 이용한 전도노이즈 흡수체의 성능 해석

김선태, 김성수*
충북대학교, 재료공학과

1. 서론

EMC (Electro-Magnetic Compatibility) 대책기술의 주요과제로 대두되고 있는 고주파회로에서 발생하는 전도노이즈의 흡수율을 측정하는 방안의 하나로 마이크로스트립 선로 위에 노이즈 감쇠특성이 우수한 자성 후막을 장착하는 방법이 제안되고 있다. 이러한 자성후막은 선로 주위의 전자계분포가 주로 자계이기 때문에 고손실 자성체가 요구되며 투자율허수와 sheet의 부피에 의해 흡수특성이 결정된다. 이러한 흡수체로 낮은 저항에 의한 와전류손실을 최소화하여 GHz대역에서 높은 투자율을 얻을 수 있는 철계 연자성 금속이 사용된다.

최근 전자, 재료, 기계 등의 분야에 사용되어 지고 있는 시뮬레이션은 생산비용과 시간을 단축시킨다는 큰 장점으로 더욱더 광범위한 분야에 이용되고 있다. 이러한 시뮬레이션 프로그램을 사용하면 기존 시편의 설계, 제작, 측정 등의 소요비용과 시간을 대폭 절약하여 빠른 결과를 얻을 수 있을 뿐만 아니라 더욱더 넓은 분야의 연구가 가능하다.

본 연구에서는 노이즈 흡수체로 순철분말 복합 압분체 sheet를 사용하여 재료정수(복소 투자율, 복소 유전율)를 측정하고, 50 Ω 마이크로스트립 선로위에 올려 흡수율을 측정하였으며, 전자기적 해석 시뮬레이션 프로그램인 FEM (Finite Element Method) 방식의 HFSS을 사용하여 노이즈 흡수체의 흡수특성을 해석하고 그 결과 값을 실측값과 비교함으로써 시뮬레이션의 활용성을 검토하였다.

2. 실험방법

시뮬레이션의 해석 결과 값과의 비교를 위해 사용된 노이즈 흡수체로는 철계 연자성 금속인 초기입도 10 μm, 70 μm 철 분말을 편상화하여 절연체인 고무와 혼합한 순철분말 복합 압분체 sheet를 사용하여 재료정수 측정법인 동축법으로 각각 재료정수(복소 투자율, 복소 유전율)를 측정하고, sheet의 크기 변화와 길이를 변화시키면서 50 Ω 마이크로스트립 선로위에 올려 흡수율을 측정하였다.

2-1. 노이즈 흡수체 sheet의 크기변화에 따른 흡수율의 비교

초기입도 10 μm 순철분말 압분체 sheet의 두께를 1 mm로 하여 폭을 50 mm로 고정하고 선로를 덮는 길이를 10~50 mm로 변화 시켰을 때와 선로를 덮는 길이를 50 mm로 고정하고 폭을 10~50 mm로 변화시켰을 때의 2가지를 각각 유한요소법으로 시뮬레이션하여 해석 결과 값을 얻었으며, 이를 실측된 흡수율 값과 비교 하였다.

2-2. 노이즈 흡수체 sheet의 두께변화에 따른 흡수율의 비교

초기입도 70 μm 순철분말 압분체 sheet를 사용하여 폭과 선로를 덮는 길이를 50 mm로 고정하고, 두께를 1~0.2mm로 변화 시켰을 때를 유한요소법으로 시뮬레이션하여 해석결과 값을 얻어 실측된 sheet의 흡수율과 비교 하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3-1. 시뮬레이션된 마이크로스트립 선로의 특성

실측에 쓰인 마이크로스트립 선로의 S_{11} 은 -60 dB로 99.9999 % 반사가 0에 가깝고, S_{21} 은 0 dB로

100% 투과되는 특성을 가진다. 이러한 특성을 가진 마이크로스트립 선로의 각 부위의 크기와 특성을 시뮬레이션 프로그램에 적용하여 마이크로 스트립 선로의 자체 특성을 조사하여 실측에서의 특성과 비교하였다. 시뮬레이션된 마이크로스트립 선로의 S_{11} 은 -30 dB로 99.9 % 반사가 0에 가까웠으며, S_{21} 은 0 dB로 100% 투과되는 해석 결과를 얻을 수 있었다.

3-2. 주파수대역에 따른 복소유전율과 복소투자율

초기입도가 각각 10 μm 과 70 μm 순철분말복합 압분체 sheet의 주파수대역 0.5~10 GHz에서 복소투자율 및 복소유전율을 측정하여, 시뮬레이션시 흡수체의 특성 값으로 입력하였다. 10 μm 순철분말 압분체 sheet는 0.5~10 GHz 대역에 걸쳐 $\mu_r'' \approx 6$ 정도의 높은 자기손실 특성을 보였으며, $\epsilon_r' = 90 \sim 150$, $\epsilon_r'' = 30$ 정도의 높은 유전상수와 유전손실을 보였다.

또한 70 μm 순철분말 압분체 sheet는 0.5~10 GHz 대역에 걸쳐 $\mu_r'' \approx 4$ 정도의 자기손실 특성과 $\epsilon_r' = 100 \sim 200$, $\epsilon_r'' = 55$ 정도의 높은 유전상수와 유전손실을 보였다.

3-3. 노이즈 흡수체 sheet의 크기변화에 따른 흡수율의 비교

50 mm로 고정된 폭과, 1mm로 고정된 두께의 sheet를 선로를 덮는 길이를 10~50 mm로 변화시키면서 시뮬레이션된 해석 결과와 실측값을 비교한 결과 길이변화에 따라 별다른 차이를 보이지 않으며 S_{11} 은 평균 -12 dB 정도로 비슷한 유형을 보였다. 반면 S_{21} 은 약 -4 dB 정도의 차이를 보이며 두 결과 모두 선로를 덮는 길이에 비례하여 큰 차이를 보이며 줄어드는 특성과, 주파수가 증가할수록 점차 감소하는 유형이 같았다. 전력흡수율 또한 약간의 차이를 보이며 같은 유형으로 0.5~2 GHz 대역에서 주파수 증가에 따라 증가하였으며, 2~8 GHz 대역에서는 80%이상의 전력흡수율을 가졌다.

선로를 덮는 길이를 50 mm, 두께를 1mm로 고정하여 폭의 길이 변화에 따른 시뮬레이션과 실측된 흡수율을 비교한 결과 폭 길이변화에 따라 별다른 차이를 보이지 않으며 S_{11} 이 약 -12 dB로 두 결과 모두 길이변화에 관계없이 동일하게 나오는 것을 볼 수 있었다. S_{21} 의 경우 폭 길이변화에 따른 dB값은 큰 차이를 보이지 않으며, 주파수가 증가할수록 점차 감소하는 유형은 같았다.

3-4. 노이즈 흡수체 sheet의 두께변화에 따른 흡수율의 비교

초기입도 70 μm 순철분말 압분체 sheet의 폭과 선로를 덮는 길이를 50 mm로하고 두께를 1~0.2 mm로 변화 시키면서 두께 변화에 따른 흡수율을 시뮬레이션 해석결과와 실측값과 비교한 결과 S_{11} 은 두께변화에 큰 영향을 보이지 않으며, 평균 -11 dB로 나타났고 S_{21} 은 0.5~6 GHz 대역에 걸쳐 두께가 얇아질수록 dB 값이 커지며 큰 차이를 보이는 실측된 값과 시뮬레이션된 값이 동일하였다.

4. 결론

유한요소법을 적용한 전자기 시뮬레이션 시스템을 사용하여 전도노이즈 흡수체 설계 방안을 구축하기 위하여 순철 압분복합체 sheet의 흡수율 측정을 통하여 그 타당성을 검증하였다. 시뮬레이션된 마이크로스트립 선로는 측정에 쓰인 마이크로스트립 선로와 같은 특성을 보이며 흡수체 sheet를 올려 측정을 할 때에도 시뮬레이션의 해석 결과 값과 실측값은 같은 유형으로 GHz 대역에서 80% 이상의 높은 흡수율을 보였다. 이들 결과로 시뮬레이션으로 전도노이즈 흡수체의 설계와 그 특성을 평가하는데 유용하게 사용될 수 있다는 가능성을 보였으며, 흡수체의 측정법을 비롯한 많은 응용분야에 사용될 수 있을 것으로 보인다.