

RF/준 마이크로파 대역용 고투자율 복합자성시트의 제조

이경섭^{1*}, 강두인¹, 윤여춘¹, 윤용운¹, 김상우², 김윤배², 김성수³

¹(주) 창성 중앙연구소

²한국과학기술연구원(KIST)

³충북대학교 신소재공학과

1. 서론

컴퓨터나 각종 디지털기기의 LSI의 스위칭 주파수가 RF 및 준 마이크로파 대역까지 고속화되었으며 휴대폰, PDA, 네비게이션과 같은 소형 디지털 전자기기에 디지털 멀티미디어 방송(DMB)의 수신기능이 더해짐에 따라 이들 기기의 MSM 칩이나 기기내부의 디지털 프로세서, PCB trace, FPC cable 등으로부터 방사되는 RF 및 준 마이크로파 대역의 전자파로 인한 EMI문제는 예전보다 PCB 설계자와 EMC 엔지니어들에게 심각한 문제로 대두되게 되었다. 한편 EMC 대책소재로서 극히 일부분을 차지하던 전자파 흡수체는 소형 디지털전자기분야에 있어서 EMC 대책을 위한 필수 소재라는 인식의 변화와 함께 그 사용량이 꾸준히 늘어가고 있는 추세이며 보다 우수한 성능의 전자파 흡수소재를 개발하기 위한 경쟁이 가속화 되고 있다. 한편 디지털 카메라, 휴대폰, 캠코더와 같은 제품의 경우 소형 박형화 추세로 인해 전자파 흡수 시트의 실장공간이 협소하여 두께 100 μ m 이하의 얇은 필름형 제품이 요구되고 있다. RF 및 준마이크로파 대역의 전자파 흡수체의 전자파 흡수효율은 소재의 복소 투자율과 복소유전율 또한 흡수 소재의 두께에 비례하기 때문에 보다 100 μ m 이하의 높은 효율의 노이즈 흡수성능을 갖는 제품을 개발하기 위하여 높은 복소 투자율의 재료와 제조공정을 개발하는 것이 시급하다. 본 연구에서는 제조공정을 달리 하여 제조된 자성복합시트의 복소 투자율과 복소유전율을 측정하고 원/근역장에서의 전자파 흡수 특성의 관계를 연구하여 고투자율의 박형 전자파 흡수 필름을 개발하였다.

2. 실험방법

본 연구의 실험을 위해 평균입도 약 50 μ m의 Si_{9.8}Al_{15.2}Fe_{bal} 합금분말을 준비하였다. 이 분말의 형상을 이방화 시키고 입자의 두께를 표피두께 수준으로 줄이기 위하여 attrition milling을 하였으며 이때 분말의 산화방지를 위해 탄화수소 용매 중에서 기계적으로 milling 하였다. 이렇게 얻은 편상화된 분말의 두께는 2~3 μ m 이었으며, aspect ratio는 15 ~ 30 이었다. 이후 편상화 된 분말과 고무의 박형 복합자성 시트를 서로 다른 두 가지 제조공정으로 만들었다. 한 가지 방법은 편상화된 분말을 Dispersion kneader에서 폴리머와 함께 함께 가압 혼련한 후 혼련물을 Double Roll에 투입하여 압연함으로써 0.1 ~ 0.3mm의 복합자성시트를 만들었으며 다른 방법은 고무를 탄화수소 유기용매에 용해한 후 용해된 용액에 편상화 된 분말을 투입 후 Planetary mixer를 이용하여 편상 분말을 용액에 분산시켜 Paste로 만들고 이 paste를 PET 필름에 코팅한 다음 건조하여 0.05 ~ 0.3mm 두께의 자성복합시트를 제작 하였다. 각각 제작된 시편들은 전자현미경을 이용하여 편상 분말과 고무의 분산 정도를 확인하였고, VSM을 이용하여 각 시료의 자기적 성능을 측정하였다. 또한 HP Agilent社 PNA 8364A 장비로서 두 가지 공정으로 제작된 시료의 S-parameter를 45MHz ~ 10GHz범위에서 측정 하여 복소 투자율과 복소 유전율을 계산하였다. 그리고 APC 7 규격의 Wave Guide 내에서 원역장 전자파 흡수손실을 측정하였고 근역장 전자파 흡수효과를 분석하기위해 자체 제작한 Micro Strip line위에 시료를 부착하여 주파수에 따른 전도 노이즈 흡수 효과를 비교 분석하였다.

3. 실험결과 및 고찰

그림1은 편상화 시킨 Fe-Si-Al 합금분말을 압연공정(Rolling)과 Tape Casting 공정에 의해 두께 0.3mm의 복합자성시트로 제작한 두 가지 시료의 주파수에 따른 복소유전율 ($\epsilon_r = \epsilon_r' - j\epsilon_r''$)과 복소투자율($\mu_r = \mu_r' - j\mu_r''$)을 측정한 결과이다. 45MHz에서 압연법과 tape Casting법으로 제작된 두 시료의 유전율은 각각 350과 320이었으며 10GHz에서는 두 시료 모두 처음 값보다 약 40정도 감소하였다. 유전율 허수부의 값은 45MHz에서 두 가지 시료 모두 31 정도 였으나 주파수가 증가함에 따라 Tape Casting법으로 제작된 시료의 유전율이 더 큰 비율로 감소하였다. 한편 45MHz에서의 실효 투자율은 Tape Casting법이 82 μ , Rolling법이 38 μ 로서 Tape Casting 법으로 제작된 복합자성시트의 초기 투자율이 월등히 높은 값을 가졌으며 투자율 허수부의 값은 두 가지 시료 모두 1GHz까지 약 20 μ 로 일정한 값을 보이다가 주파수가 증가함에 따라 선형적으로 감소하였다. 이같이 압연공정에 의해 시트를 제작한 것이 Tape Casting 공정에 의해 제작된 자성 복합시트에 비하여 투자율이 낮은 이유는 혼련과 압연 공정 동안 기계적 에너지에 의해 편상 분말에 축적된 잔류응력 때문인 것으로 판단된다.

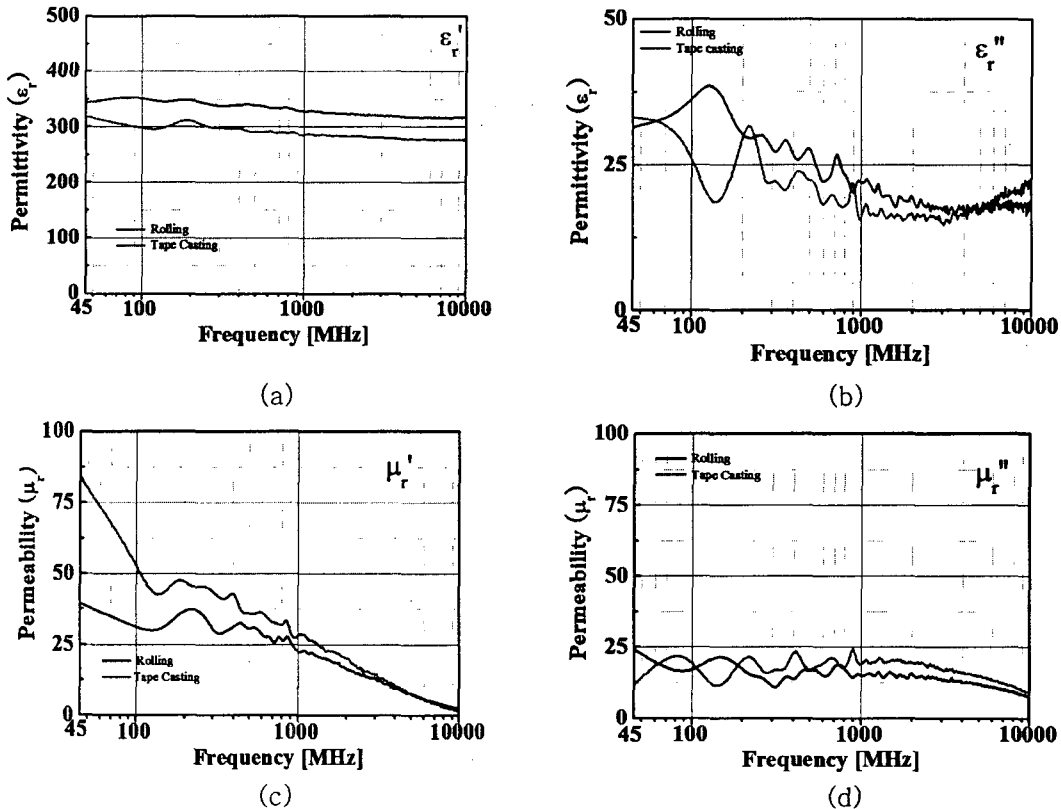


그림 1. 압연(Rolling)과 테이프 캐스팅공정에 의해 제조된 복합자성 시트의 주파수에 따른 복소 유전율과 복소 투자율

- (a) 주파수에 따른 유전율 실수부의 변화
- (b) 주파수에 따른 유전율 허수부의 변화
- (c) 주파수에 따른 투자율 실수부의 변화
- (d) 주파수에 따른 투자율 허수부의 변화

4. 결론

동일한 조성의 Fe-Si-Al 편상 분말로 제작된 자성/고무 복합자성시트의 제조 공정에 따라 RF 및 준 마이크로파 대역에서의 복소 투자율 특성이 크게 차이를 확인하였다. 특히 Tape Casting에 의해 제작된 복합자성시트의 투자율이 압연 법에 의해 제작된 시트에 비하여 월등히 높은 것을 확인하였으며 이 같이 높은 투자율로 인해 근역장내의 전자파 흡수율 뿐 만 아니라 원역장에서도 Tape Casting 법으로 제작한 전자파 흡수시트의 전자파 노이즈 흡수 효율이 보다 우수하였다.