

<https://doi.org/10.7236/JIIBC.2018.18.4.79>

JIIBC 2018-4-11

## EMI 스프레이 코팅막의 차폐효과를 측정하기 위한 정확한 방법

### An Accurate Method to measure Shielding Effectiveness of EMI Spray Coating Film

허정\*, 이원희\*\*

Jung Hur\*, Won-Hui Lee\*\*

**요약** EMI 스프레이 코팅막의 차폐효과(Shield Effectiveness, SE)를 측정하기 위한 정확한 방법을 제안하였다. 고주파 시뮬레이션을 한 후에 원형 동축 표준 측정기를 제작하였다. 원형 동축 표준 측정기에 삽입하기 위하여 EMI 스프레이 코팅막의 시료를 가공하였다. 차폐효과 측정을 위한 측정기는 에이질런트 8722ES 벡터 네트워크 분석기를 이용하였다. 이러한 측정기와 측정시료의 구성으로 구리와 은의 혼합 스프레이 코팅 시료의 정확한 차폐효과를 측정하였다. 동박 시료의 차폐효과는 70 dB로 측정되었고, 구리와 은의 혼합 스프레이 코팅 시료의 차폐효과는 60 dB로 측정되었다. 이와 같은 측정 결과로 원형 동축 표준 측정기의 신뢰성을 확인하였다.

**Abstract** An accurate method to measure shielding effectiveness(SE) of EMI spray coating film is presented. After high frequency simulating, Circular coaxial standard test fixture is fabricated. A sample of EMI spray coating film was fabricated for insertion into a circular coaxial standard test fixture. The measuring instrument used an Agilent 8722ES vector network analyzer for the SE measurement. The exact SE of copper and silver mixed spray coating sample was measured by the composition of the measuring instrument and the measuring sample. The SE of copper sample was measured at 70 dB and the SE of copper and silver mixed spray coating sample was measured at 60 dB. As a result of the measurement, the reliability of the circular coaxial standard test fixture was confirmed.

**Key Words** : SE, Circular coaxial standard test fixture, vector network analyzer, EMI spray coating

## 1. 서론

EMI 문제는 전기 모터, 철도 운송용 전력선, 라디오, 레이더 시스템 등과 같은 전자파 방사원의 수가 증가함에 따라 1930년 이후로 매우 중요해졌다. 특히, 1950년대의 바이폴라 트랜지스터, 1960년대의 집적 회로, 1970년

대의 마이크로프로세서와 같은 전자 부품의 발전에 따라 전자기 노이즈 소스의 밀도가 매우 커졌고, 결과적으로 EMI 문제의 수가 증가하였다<sup>[1]</sup>. 특히 밀리미터파 또는 테라헤르츠파의 높은 주파수<sup>[2]~[3]</sup> 또는 5G 이동통신의 EMI는 파장 대비 작아진 통신 시스템과 부품 및 많은 전자 장치의 작동에 영향을 미친다. 오작동을 피하기 위해

\*정회원, 건국대학교 전기전자공학부

\*\*정회원, 서일대학교 정보통신공학부(교신저자)

접수일자 2018년 7월 24일, 수정완료 2018년 8월 10일

게재확정일자 2018년 8월 10일

Received: 24 July, 2018 / Revised: 10 August, 2018 /

Accepted: 10 August, 2018

\*\*Corresponding Author: whlee@seoil.ac.kr

Dept. of Information and Communication Engineering, Seoil University, Korea

전자 장치는 다른 장치에 영향을 미치지 않고 영향을 받지 않도록 효과적으로 차폐되어야 한다.

반도체 패키지 레벨의 전자파 차폐막을 형성하는 방법에는 스퍼터링, 도금, 스프레이 코팅, 테이핑 등이 있다. 스퍼터링은 EMI 차폐가 가능한 수 마이크론 두께의 증착과 고밀도 차폐막을 형성할 수 있다는 장점이 있고, 스프레이 코팅 방식은 생산성이 높고 다양한 형태의 제품에 대응할 수 있다는 장점이 있다. 현재 반도체 패키징 공정에서는 스퍼터링 방식이 중심이지만 재료 개발 및 성능 측면의 단점이 개선된다면 생산비용 측면의 장점을 보유한 스프레이 코팅 방식이 주류가 될 전망이다.

본 논문에서는 스프레이 코팅 방식을 반도체 패키징 공정에 활용하기 위하여 EMI 스프레이 코팅막의 시료와 측정기의 개발로 정확한 차폐효과를 측정하는 방법을 연구하였다.

## II. 측정기의 시뮬레이션

표준 시료와 측정기의 제작에 앞서 고주파 시뮬레이션을 진행하였다. 그림 1은 측정기 자체의 특성을 파악하기 위해 측정기를 시뮬레이션 한 결과이다. 그림 1(a)에서 원형 동축 표준 측정기의 전송 모드가 잘 동작함을 확인할 수 있다. 또한 그림 1(b)에서는 S11의 반사계수가 1 GHz에서 6 GHz까지 평균 -15 dB로 반사 없이 잘 전송됨을 확인할 수 있다.

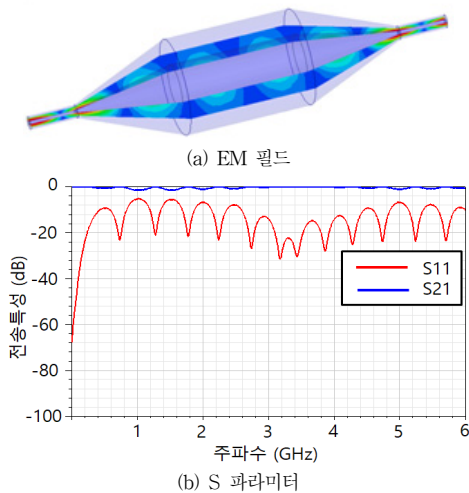


그림 1. 원형 동축 표준 측정기의 시뮬레이션 결과  
Fig. 1. Simulation results of circular coaxial standard test fixture

그림 2는 원형 동축 표준 측정기 내부에 두께 1 mm FR4시료 위에 두께 35  $\mu\text{m}$ 의 동박을 코팅하여 삽입한 것을 가정한 시뮬레이션 결과이다. 시뮬레이션 결과 그림 2(b)에서 S11 반사 계수가 0 dB로 전반사됨을 확인할 수 있었고, S21은 -100 dB 이하로 감쇠되어 있어 그래프 상에서 확인할 수 없었다. 이것은 포트 1의 전파가 동박에 의해 완전히 차단되었음을 의미한다.

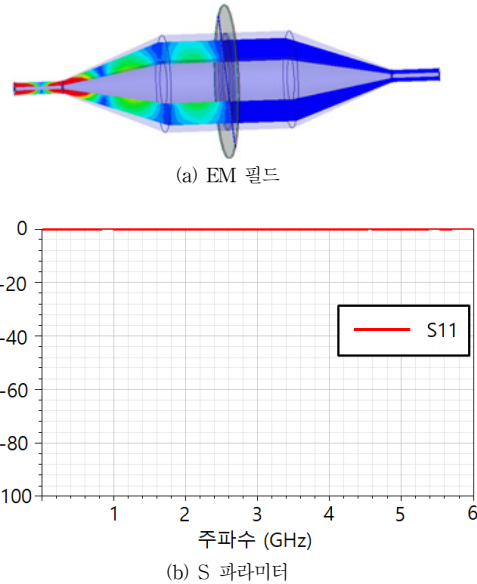


그림 2. 동박 시료를 삽입한 경우의 시뮬레이션 결과  
Fig. 2. Simulation results of copper coating sample

## III. 측정기 및 측정 시료의 제작

본 논문에서는 EMI 스프레이 코팅막의 차폐 성능을 효율적으로 측정하기 위해 원형 동축 표준 측정기를 이용하였다. 그림 3은 원형 동축 표준 측정기의 구조이고, 그림 4는 제작된 원형 동축 표준 측정기이다. 외부 도체와 내부 도체를 격리시키기 위해 손실이 비교적 적은 테플론을 이용하였고, 손실을 더욱 줄이기 위해 테플론의 주변에 홈을 뚫었다. 원형 동축 표준 측정기의 재질은 구리로 가공을 한 후 니켈 도금을 하여 구리의 산화를 방지하였다. 원형 동축 표준 측정기는 금속, 전도성 플라스틱 및 높은 표면 저항성 재료와 같은 다양한 재료에 대해 정확한 차폐 효과의 측정을 할 수 있다. 본 측정 방법은 원형 동축 표준 측정기의 중심에 시료를 놓음으로써 강한 용량성 결합을 기반으로 한다. 측정하는 동안 외부 도체

와 관련하여 원형 동축 표준 측정기의 부품 사이에는 접촉이 없어야 한다. 부품들 사이에 접촉이 있을 때 접촉 임피던스는 샘플과 연결이 되며 측정 결과에 영향을 줄 수 있다. 따라서 시료에 플랜지를 고정하기 위한 나사는 비전도성인 나일론 나사(nylon screws)를 사용하였다. 원형 동축 표준 측정기의 중심 도체와 외부 도체 사이의 비율은 임피던스가 50 Ω이 되도록 2.375의 비율로 설정하였다. 이러한 비율로 설계하였을 때 외부 도체의 지름은 76 mm이고, 내부 도체의 지름은 32 mm이다. 시료의 크기는 동축 테스트 셀 내부를 전부 막을 수 있도록 지름 125 mm로 설정하였다.

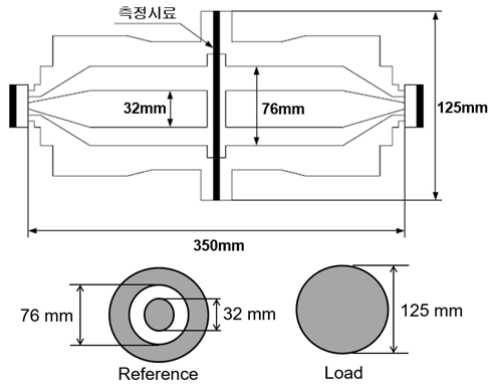


그림 3. 원형 동축 표준 측정기의 구조  
 Fig. 3. A structure of a circular coaxial standard test fixture



(a) 원형 동축 표준 측정기



(b) 외부도체와 내부도체의 격리 구조

그림 4. 제작된 원형 동축 표준 측정기  
 Fig. 4. Fabricated a circular coaxial standard test fixture

그림 5는 두께 1 mm의 FR4 기판을 원형 동축 표준 측정기의 중심에 삽입하기 위해 가공하고, 그 위에 EMI 코팅막을 스프레이 방법을 이용하여 코팅한 것이다. 구리와 은의 혼합 재료를 FR4 기판 위에 스프레이 코팅을 하기 위해 (주티티엔에스의 TCMCI6A 코팅 워크셀과 큐어링 오븐(curing oven)을 이용하였다.

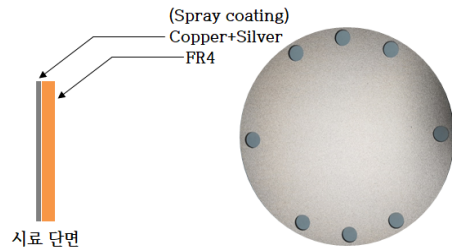


그림 5. EMI 스프레이 코팅된 시료  
 Fig. 5. A sample of EMI Spray coating

#### IV. EMI 코팅막의 차폐 실험 결과

그림 6은 원형 동축 표준 측정기에 네트워크 분석기를 연결하여 차폐 실험 장치를 구성한 것이다. 원형 동축 표준 측정기 중심에 EMI 스프레이 코팅된 시료를 삽입하고, 네트워크 분석기에서 S21을 측정하면 그 결과가 차폐효과<sup>[4]-[6]</sup>를 나타낸다. 구리와 은의 혼합 재료를 스프레이 코팅한 시료의 차폐 특성을 측정된 결과를 그림 7에 나타내었다. 스프레이 코팅한 두께 45 μm와 60 μm를 측정된 결과 코팅 두께가 두꺼운 60 μm가 차단 특성이 좋았는데, 약 60 dB의 차단 특성의 결과를 얻었다. 완전 구리 동박의 차단 특성이 약 70 dB로 측정되었으므로 두 결과를 분석한 결과 원형 동축 표준 측정기 설계의 신뢰성을 확인할 수 있었다.

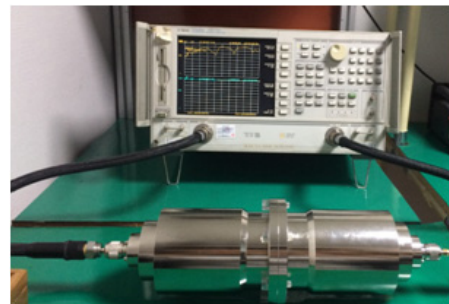


그림 6. 원형 동축 표준 측정기 및 네트워크 분석기  
 Fig. 6. A circular coaxial standard test fixture and network analyzer

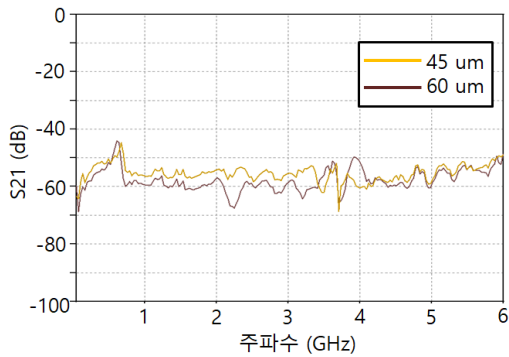


그림 7. 구리와 은의 혼합 재료를 스프레이 코팅한 시료의 차폐효과 측정 결과

Fig. 7. SE measurement results of copper and silver mixed spray coating sample

## V. 결 론

전자파의 인체 위해성 및 반도체 칩 간의 간섭에 의한 시스템 오작동으로 인해 전자파 차폐 특성은 현대의 큰 관심사 중의 하나이다. 오작동을 피하기 위해 전자 장치는 다른 장치에 영향을 미치지 않고 영향을 받지 않도록 효과적으로 차폐되어야 한다. 반도체 패키지 레벨의 전자파 차폐막을 형성하는 방법 중 스프레이 방식은 생산성이 높고 다양한 형태의 제품에 대응할 수 있다는 장점이 있다.

본 논문에서는 스프레이 방식을 반도체 패키징 공정에 활용하기 위하여 EMI 스프레이 코팅막의 시료와 측정기의 개발로 정확한 차폐효과를 측정하는 방법을 연구하였다. 본 논문의 측정 시스템은 측정 방법이 간단하고, 측정 시간이 비교적 짧은 장점이 있으며, EMI 스프레이 코팅막과 동박과의 비교를 통해 측정기의 신뢰성을 확인하였다. 동박의 경우 약 70 dB의 차폐성능이 측정되었고, 구리와 은의 혼합 스프레이 코팅막의 경우는 약 60 dB의 차폐성능이 측정되어 스프레이 코팅의 차폐효과와 가능성을 확인하였다. 원통 동축 표준 측정기를 이용한 측정 방법은 EMI 스프레이 코팅막에 대한 표준 측정 방법으로 적용 가능할 것으로 생각된다.

## References

[1] C. Morari, L. Balan, "Methods for determining shielding effectiveness of materials", *Electrotechnics*,

Vol. 63, No. 2, 2015.

- [2] S. K. Kim, "Fabrication of Millimeter Wave Radiometer", *The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication(JIIBC)*, Vol. 12, No. 3, pp. 71 - 74, 2012.  
DOI: <https://doi.org/10.7236/jiwit.2012.12.3.71>
- [3] W-H Lee, T-J Chung, "Implementation of An 1.5Gbit/s Wireless Data Transmission System at 300 GHz", *The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication(JIIBC)*, Vol. 11, No. 2, pp. 1-6, 2011.
- [4] D. D. Soyaslan, "Investigation of Test Instruments for EM Shielding Effectiveness of Conductive Fabrics and Their Composites", *Journal of Safety Engineering*, Vol. 2, No. 2, pp. 39-44, 2013.  
DOI: <https://doi.org/10.5923/j.safety.20130202.04>
- [5] S. K Das and B. K. Shinaja, "Numerical solution of higher order mode cutoff frequencies in symmetric TEM cell using Finite Element Method", *IEEE Trans. EMC-32(4)*, pp. 264-268, Nov. 1990.  
DOI: <https://doi.org/10.1109/15.59885>
- [6] P. F. Wilson and M. T. Ma, "Simple approximate for higher order mode cutoff and resonant frequencies in TEM Cells", *IEEE Trans. EMC-28(3)*, pp. 125-30, Aug. 1986.  
DOI: <https://doi.org/10.1109/temc.1986.4307269>

## 저자 소개

### 허 정(정회원)



- 1981년 2월 : 서울대학교 전자공학과 공학사
- 1983년 2월 : 서울대학교 전자공학과 공학석사
- 1991년 2월 : 서울대학교 전자공학과 공학박사
- 1991년 4월 ~ 현재 : 건국대학교 전기전자공학부 교수

<주관심분야 : 안테나 및 마이크로파 회로, 무선전력전송, EMI Shield Coating 등>

이 원 희(정회원)



- 2000년 : 건국대학교 전자정보통신공학과 공학석사
- 2003년 : 건국대학교 전자정보통신공학과 공학박사
- 1998년 ~ 1999년 : 건국대학교 전자정보통신공학과 교육조교
- 2002년 ~ 2008년 : LG전자 DA연구소 책임연구원

- 2008년 ~ 2009년 : 포항공과대학교 Post Doc.
  - 2009년 ~ 2016년 : 한국전자통신연구원 선임연구원
  - 2016년 ~ 현재 : 서일대학교 정보통신공학과 조교수
- <주관심분야 : 무선 데이터 및 영상 통신, 이동통신, 무선통신 시스템, 밀리미터파 및 테라헤르츠 응용, EMI Shield Coating 등>

※ 이 논문은 2017학년도 건국대학교의 연구 년교원 지원에 의하여 연구되었음.