

https://doi.org/10.7236/JIIBC.2019.19.4.35
JIIBC 2019-4-6

3차원 구조에서 EMI 스프레이 코팅막의 차폐효과 분석

Analysis for Shielding Effectiveness of EMI Spray Coating Layers in 3D Structure

허정*, 이원희**

Jung Hur*, Won-Hui Lee**

요 약 3차원 구조에서 EMI 스프레이 코팅막의 차폐효과(SE)를 측정하였다. 차폐효과의 측정은 동축형 표준 측정기를 이용하는 ASTM D4935 방법으로 수행하였다. ASTM D4935의 동축형 표준 측정기를 이용하여 차폐효과를 측정하기 위하여 원통 슬랩(Slab)의 표준 시료를 가공하여 넣게 된다. 이 때 표준 시료에 낸드 플래시 메모리를 모델링한 3차원 구조를 접합하여 스프레이 코팅을 하였다. 스프레이 코팅의 경우 3차원 구조의 수평면뿐만 아니라 수직면에도 균일하게 코팅이 되었다. 측정결과, 3차원 구조에서도 3차원 구조가 없는 샘플과 비슷하게 최대 59 dB의 차폐효과가 측정되었다. 이러한 결과로 3차원 구조에서도 스프레이 코팅을 균일하게 할 수 있음을 확인하였다.

Abstract The shielding effectiveness (SE) of the EMI spray coating film was measured in a three-dimensional structure. The shielding effectiveness was measured by ASTM D4935 using coaxial type TEM cell. A standard sample of the cylindrical slab is fabricated to measure the shielding effectiveness using the ASTM D4935. At this time, spray coating was performed by bonding a three-dimensional structure with NAND flash memory to a standard sample. In the case of spray coating, it was uniformly coated not only on the horizontal plane but also on the vertical plane of the three-dimensional structure. As a result of measurement, shielding effectiveness of maximum 59 dB was measured in a three-dimensional structure similar to the case without three-dimensional structure. As a result, it was confirmed that the spray coating can be uniformed even in the three-dimensional structure.

Key Words : Shielding Effectiveness, NAND flash memory, 3D Structure, Spray Coating

1. 서 론

도체막을 부품에 직접 씌워 주는 방식으로는 스퍼터링(sputtering)과 스프레이(spraying), 두 방식이 대안으

로 제시되고 있다. 스퍼터링은 진공 증착의 일종으로 얇은 도체막이 목표물의 표면에 입혀지고 도체막의 전기적 특성과 기계적 물성이 뛰어나다. 따라서 2차원 평면적 구조의 목표물에는 무난히 적용해 쓸 수 있다. 그러나 증착

*정회원, 건국대학교 전기전자공학부

**정회원, 서일대학교 정보통신공학과(교신저자)

접수일자 2019년 7월 8일, 수정완료 2019년 7월 28일
게재확정일자 2019년 8월 2일

Received: 8 July, 2019 / Revised: 28 July, 2019 /

Accepted: 2 August, 2019

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

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

의 목표물이 3차원적 입체 구조일 경우에는 문제가 발생한다. 수평면에 증착되는 도체막에 비해 수직면에 증착되는 도체막이 현저하게 얇다는 것이다. 이런 문제를 기술적으로 극복한다 하더라도 또 하나의 더욱 큰 문제는 공정비용이 대단히 비싸고 대량생산에 부적합하다는 점이다. 스프레이는 도전성 액체를 스프레이 방식으로 목표물의 표면에 뿌려 입힌 다음 경화시켜 EMI 차단막을 만드는 것이다. 도전성 액체는 도체 분말(conductive powders)을 액상의 수지(resin)에 섞은 이종복합재료(heterogeneous compound)이다. 도체로는 구리, 은, 니켈 또는 그래파이트 등이, 수지로는 에폭시, 아크릴, 우레탄, 러버(rubber) 등이 쓰인다^[1]. 스프레이 방식은 공정에 소요되는 시간이 아주 짧아 대량 생산에 적합하며 공정 단가가 대단히 저렴하다. 또한 수직면이과 수평면에 균일하게 코팅이 가능하다.

본 논문에서는 3차원 입체 구조에서의 EMI 스프레이 코팅막의 차폐효과를 측정함으로써 EMI 차단막의 차폐 효과의 가능성을 평가하였다. 스프레이 코팅은 ㈜TTnS의 TCMC16A coating machine과 ECO99 curing oven을 이용하였고, EMI 차폐효과 측정은 동축형 표준 측정기를 이용하는 ASTM D4935 방법^{[2]~[3]}으로 수행하였다.

II. 3차원 구조의 EMI 차단막 시료의 제작

3차원 구조의 EMI 차단막 시료를 만들기 위해 낸드 플래시 메모리(Nand Flash Memory)를 모델링한 3차원 구조를 표준 시료에 접합하였다. 3차원 구조는 낸드 플래시 메모리의 크기와 같은 10 × 10 × 1 mm (가로 × 세로 × 높이)로 정하였다. 메모리 칩 모델의 3차원 구조를 그림 1에 나타내었다. FR4 재료의 원통 슬랩(Slab)의 표준 샘플 위에 FR4의 3차원 구조를 접합하고, 그 위에 스프레이 코팅을 수행하였다. 코팅하기 위한 도체는 차단 특성이 우수한 은(Ag)을 사용하였다. 이렇게 제작된 3차원 구조의 EMI 차단막 시료는 동축 표준 측정기에 넣게 되는데, 표준 측정기가 동축이므로 표준 시료 중심은 표준 측정기에 의해 가려지게 된다. 따라서 메모리 칩 모델의 3차원 구조는 동축 표준 측정기의 중심에 닿지 않기 위해 표준 측정기의 중심 도체와 외부 도체의 사이에 위치할 수 있도록 표준 시료에 배치되었고, 접착제에 의해 접합(bonding) 되었다. 3차원 구조는 수평면과 수직면을 모두 포함하고 있으므로, 스프레이에 의한 코팅 방법이 세로면도 균일하게 할 수 있는지를 실험할 수 있다.

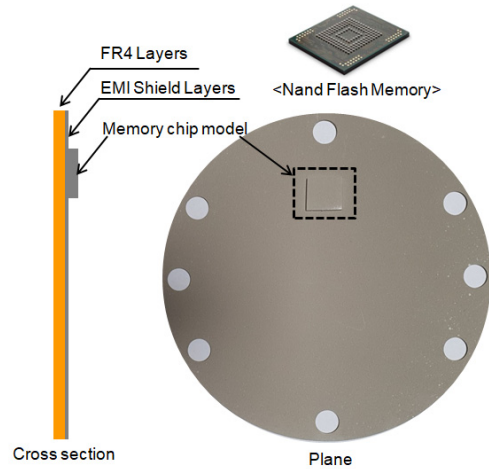


그림 1. 3차원 구조를 결합한 EMI 차단막 시료
Fig. 1. EMI shielding film sample combined with 3D structure

III. 3차원 EMI 차단막 시료의 시뮬레이션

고주파 시뮬레이터를 이용하여 3차원 EMI 차단막 시료의 시뮬레이션을 진행하였다. 그림 2는 3차원 구조가 없는 EMI 차단막 시료의 시뮬레이션 결과이다. EMI 코팅의 재료는 은(Ag)을 가정하여 시뮬레이션 하였다. 그림 3은 3차원 구조를 포함한 EMI 차단막 시료의 시뮬레이션 결과이다. EMI 코팅의 재료는 마찬가지로 은(Ag)을 가정하였다. 그림 3의 경우 3차원 구조의 수평면과 수직면 모두 균일하게 은으로 코팅된 것으로 가정하여 시뮬레이션 구조를 설계하고 시뮬레이션 하였다. 그림 2와 그림 3의 결과를 보면 공진 풀은 변화를 하였으나 DC~6 GHz에서 평균 -60 dB의 S21이 측정되었다. 따라서 3차원 구조가 균일하게만 EMI 코팅이 된다면 3차원 구조가 없는 경우와 차폐효과가 차이가 없음을 알 수 있다. 이에 반해 그림 4는 3차원 구조의 수직면에 코팅이 되지 않음을 가정하여 시뮬레이션 한 것이다. 그림 4의 시뮬레이션에서 수직면에는 은(Ag)을 모델링하지 않고 FR4가 그대로 존재하도록 하였다. 그 결과 S21은 평균 -20 dB로 현저히 나빠지는 것을 볼 수 있다. 이러한 시뮬레이션 결과로 3차원 구조의 수평면과 더불어 수직면의 균일한 코팅이 매우 중요함을 알 수 있었다.

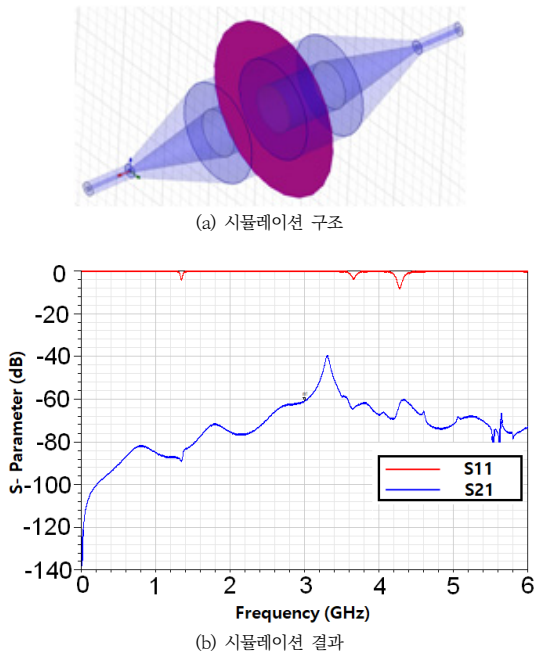


그림 2. 3차원 구조가 없는 EMI 차단막 시료의 시뮬레이션 결과
 Fig. 2. Simulation results of EMI shielding film without 3D structure

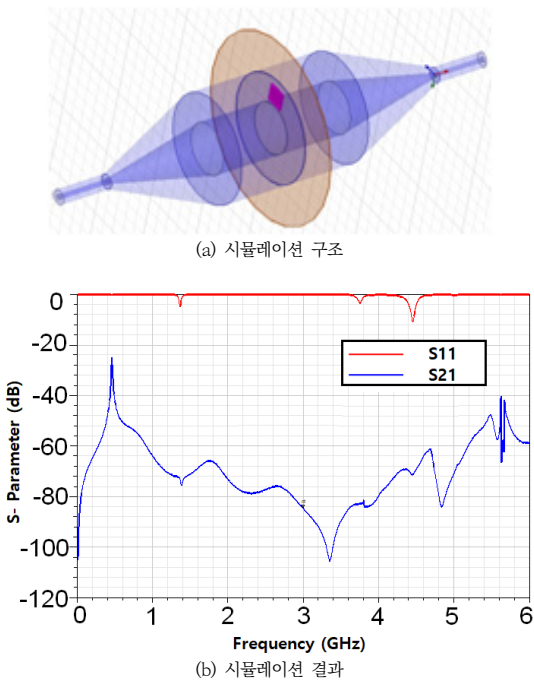


그림 3. 3차원 구조를 결합한 EMI 차단막 시료의 시뮬레이션 결과
 Fig. 3. Simulation results of EMI shielding film sample combined with 3D structure

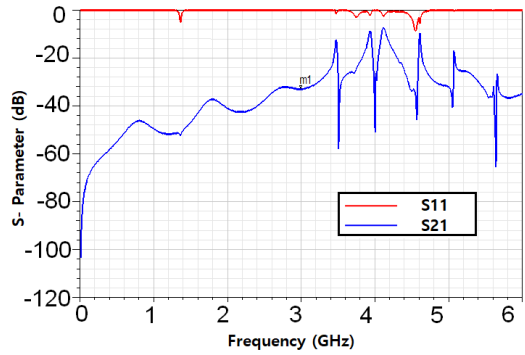


그림 4. 3차원 구조의 수직면에 EMI 코팅을 하지 않은 경우의 시뮬레이션 결과
 Fig. 4. Simulation results without EMI coating on the vertical plane of 3D structure

IV. 3차원 구조를 결합한 EMI 차단막의 차폐 실험 결과

그림 5는 측정 장치의 셋업 사진이다. EMI 차폐효과 측정에는 동축형 표준 측정기를 이용하는 ASTM D4935 방법으로 수행하였다. 차폐효과 측정을 위한 측정기는 에이질런트 8722ES 벡터 네트워크 분석기를 이용하였다. 벡터 네트워크 분석기는 S21(통과계수)의 결과와 S11(반사계수)의 결과를 측정할 수 있으므로 차폐효과(SE) 측정^{[4]~[6]}을 할 수 있다.

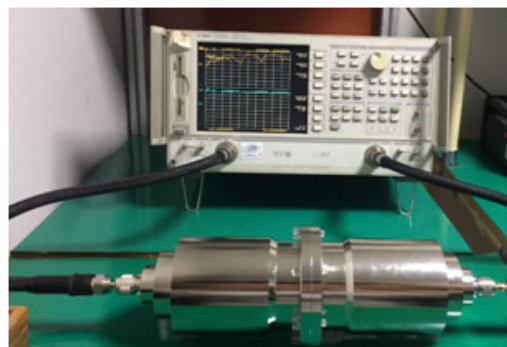


그림 5. 측정 장치 셋업
 Fig. 5. Test fixture set-up

표 1은 3D 구조가 있는 경우와 없는 경우의 차폐효과를 측정하는 것이다. 그림 6에는 표 1을 그래프로 나타내었다. 표 1과 그림 6의 결과를 보면 3차원 구조가 있는 경우와 없는 경우의 은(Ag) 스프레이 코팅의 결과는 3D 구조를 결합한 경우가 약간 차폐효과가 떨어지긴 하나 최

대 차폐효과는 차단막 두께 50 μm 에서 59 dB로 3D 구조가 없는 경우 경우의 차폐효과인 63 dB와 비교했을 때 크게 차이가 없다. 이로서 스프레이 코팅의 경우는 3D 구조의 수직면도 양호하게 코팅이 가능함을 확인하였다.

표 1. SE 측정 결과

Table 1. Measurement results of SE

Ag layer's thickness (μm)	Without 3D structure's SE (dB)	With 3D structure's SE (dB)
20	55	53
25	58	54
30	62	55
35	63	55
40	63	56
45	63	57
50	63	59

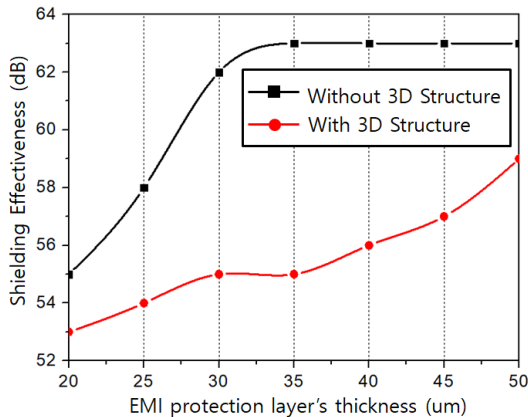


그림 6. SE 측정 결과의 그래프

Fig. 6. Measurement results plot of SE

V. 결론

스프레이 방식은 공정에 소요되는 시간이 아주 짧아 대량 생산에 적합하며 공정 단가가 대단히 저렴하다. 또한 수직면이와 수평면에 균일하게 코팅이 가능하다.

본 논문에서는 스프레이 방식이 수평면뿐만 아니라 수직면에도 균일하게 코팅이 가능함을 증명하기 위해 3D 구조를 결합한 시료를 만들고 실험을 진행하였다.

측정결과, 3차원 구조가 있는 경우 3차원 구조가 없는 경우와 비교했을 때 약간의 차폐효과의 감소가 있으나 EMI 차단막 두께 50 μm 에서 최대 59 dB의 차폐효과 측정으로 3D 구조가 없는 경우의 차폐효과인 63 dB와 비교했을 때 크게 차이가 없음을 알 수 있다. 이러한 결

과로 3차원 구조에서도 스프레이 코팅을 균일하게 할 수 있음을 확인하였다.

References

- [1] J. Hur, W-H. Lee, "Improvement for Shielding Effectiveness of EMI Shield Layers using Conformal Spray Coating Scheme", The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication (JIIBC), Vol. 18, No. 6, pp. 107-112, 2018.
- [2] J. Hur, W-H. Lee, "An Accurate Method to measure Shielding Effectiveness of EMI Spray Coating Film", The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication (JIIBC), Vol. 18, No. 4, pp. 79-83, 2018.
- [3] 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>
- [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] C. Morari, L. Balan, "Methods for determining shielding effectiveness of materials", Electrotechnics, Vol. 63, No. 2, 2015.
- [6] J. Baker-Javis, M. D. Janezic, "Analysis of a Two-port Flanged Coaxial Holder for Shielding Effectiveness and Dielectric Measurements of Thin Films and Thin Materials", IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, Vol. 38, No. 1, 1996. DOI: <https://doi.org/10.1109/15.485697>

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