
반자성 물질에 의한 전자기차단효과에 관한 연구

황운택*

A study on the electrostatic and magnetic flux cut
off effect using anti-magnetic material

Yoon-taek Hwang*

본 연구는 2008년도 인천전문대학 교내연구비 지원에 의하여 수행되었음

요 약

비스무스는 융점이 낮아 취급이 용이 하여 반자성체로서 전자기 차폐에 어떤 영향이 있는지 실험하기 쉽다. 그러나 실제 실험 재료를 원통으로 제작하여 측정된 경우를 찾아 볼 수 없다. 순수 비스무스는 반자성체로서 전자기 차폐에 어떤 영향이 있는가를 알기위해서 비스무스를 다른 재료와 비교하기 위해서 원통으로 제조 하였고 구리, 알루미늄, 철, 스텐레스스틸 도 원통을 만들어 정전차폐와 자기차폐를 저주파대에서 주파수 별로 측정하여 비교 하였다.그 결과 도표와 같이 구리와 비스무스 이중 차폐가 정전기에서는 제일 좋은 수치가 나왔다. 자기차폐에서는 철은 역시 가장 좋은 수치가 나왔고 비스무스는 별영향이 없이 나왔다.

ABSTRACT

Bismuth has a low melting point, making it easier to handle. This allows us to test what type of effect diamagnetism has on electro static and magnetic field shields. However, the actual materials for experimentation have only ever been manufactured cylindrically, and so there have been no recorded cases of measurements to this effect. To understand what kind of effect pure bismuth as diamagnetism has on electro static and magnetic shields in comparison to other materials, bismuth, along with copper, aluminum and iron 스텐도, were used to make a cylinder each. These cylinders were then used to measure and compare the electro static shield and magnetic shield at different bands of frequencies, starting from a low frequency. As shown on the graph/chart/diagram, the best results were recorded for copper and bismuth as diamagnetism in an electro static field. In terms of magnetic shielding, iron provided the best results, as expected, whereas bismuth displayed minimal effect.

키워드

Bismuth ,diamagnetism, electro static field shields, magnetic field shields

I. 서론

최근 통신기기의 발달로 통신기구나 산업 현장으로

부터 전기장과 자기장의 발생이 우리의 건강을 해치는 수준에 이르고 있다. 전기장은 (ESF) 근처 수치가 30KV/m 정도[17]이상이면 주의 해야 할 수준이고 교류

자기장(EMF)은 3mili Gauss 정도[17]이면 주의해야 할 수준이다. 직류자기장이나 영구자석으로부터 나오는 자기장은 무해하다고 알려지고 있으므로 본 논문에서는 교류 자기장과 교류 전기장에 대한 반자성 물질인 비스무스를 중심으로 원통 구조를 만들어 차단효과를 실험 측정 하고자 한다.

전기장 과 자기장을 국부적으로 차단해야 될 경우 지금까지 단순히 철[10], 구리[11] 등의 물질로만 차폐효과를 이용 하였으나, 차단 효과가 반자성[3][4] 물질 과 다른 물질과의 비교가 어떠한지 알 수 있는 실제 실험측정 예를 알 수가 힘들었다. 지금까지의 상식대로 과연 철이나 구리가 가장 전자기장에 차단 효과가 있는지 반자성 물질은 왜 쓸모가 없다고 언급 되는지, 또는 유효한지를 알고자 한다. 구리도 반자성 물질의 일부이나 반자성이 강한 비스무스의 사용에는 차단제로 언급이 없고 초전도[6][7] 재료로만 소개 되고 있다. 여기서는 차단재료로서 측정의 편의를 위해서 비스무스를 녹여서 원통으로 만들고 철, 알루미늄, 구리, 스텐 을 비교 대상으로 역시 원통을 만들어 전기장과 자기장을 각각 측정 하였다. 또한 구리, 연철, 알루미늄[5], 무자화 스텐 원통 속에 비스무스를 원통으로 만들어 함께 차단효과를 측정하여 자속보호 및 차단을 할 수있는 2중 차단재의 정전장(ESF)[1]과 자기장(EMF)[2]의 결과를 알고자 하였다.

II. Bi 원통의 영구자석(PM)의 자속 차단 특성

Bi 를 원통 두께 5mm 내경 10mm 높이 20mm 만든 원통 속에 영구자석(PM)[9]을 넣을 경우 실험에 사용된 PM은 모서리 거리 5mm에서 약 17mT 정도인데 이것은 반자성 효과가 나타나지 않고 Gauss 자속 밀도측정기로 모서리 거리 약 30mm에서 측정결과 자속밀도의 차단 효과는 전혀없고 오히려 미약하나마 증가하는 경향으로 나타났다. 상식적으로는 차단이 될것 같지만 그림1. 과 같이 역자성이 생겨 측정기에 감소효과를 기대하였으나 Gauss 메타에는 전혀 변화가 없고 보통 알고 있는 철 원통만이 현저한 감소가 일었다. 철은 일반적으로 자기차폐의 효과가 크다는 것을 이미 알고 있으므로 PM에 대한 철원통의 측정은 생략 하였다.

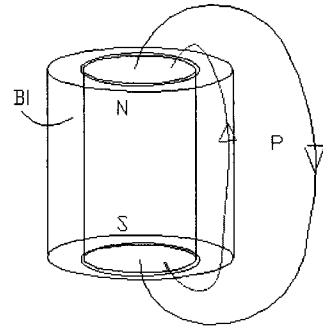


그림 1. 영구자석과 Bi 원통구조
Fig. 1. PM and Bi cylinder

III. 교류 저주파에 대한 정전장(ESF) 및 자기장(EMF) 차폐 측정

먼저 그림2 와 같이 0.2mmφ 390 μH (dc7Ω)코일[15]을 감아서 무차폐시 정전기와 자기장을 측정 하고 Bi 원통의 두께2mm 내경 10mmφ 높이 20mm 안에 코일을 넣어서 차폐된 EMF(Electro Magnetic Field)와 ESF(Electro static Field)를 주파수10Hz에서 120Hz 까지는 11종 150Hz에서 500Hz 까지 8종 500Hz에서 1KHz 까지 6종 1.1KHz에서 4KHz 까지는 8종 총 33종류의 주파수에 대해서 측정하였다. Cu,,Fe,,Al, 및 Bi 원통 밖에 2중 원통구조인 Bi+Fe, Bi+Al, Bi+Cu, Bi+Sten, 도 같은 높이와 두께로 만들어 차폐된 EMF와 ESF 및 접지시 까지 측정 비교하면 EMF에서 561 data ESF에서 561 data 총 1222개 data가 측정 비교 된다.

EMF 측정기구로는 Lutron EMF-822A EMF FIELD TESTER (Range :0.1m-199.9m Gauss) 이고 ESF 측정기구로는 TRIFIELD METER Model 100XE (Range :0-100KV/m)계기이다. 그림 3과 같이 발전기에서 나오는 사인(sine) 파형을 증폭하여 포텐서 메터를 이용 공급전력(출력)을 일정하게 차폐 원통 없이 EMF와 ESF를 방사 하는 값을 무차폐 값으로 측정하고 차폐 원통체를 통하여 측정값과 접지된 경우 값을 3종류로 구분 측정한다. 실제 실험 장치구성은 그림4와 같다.

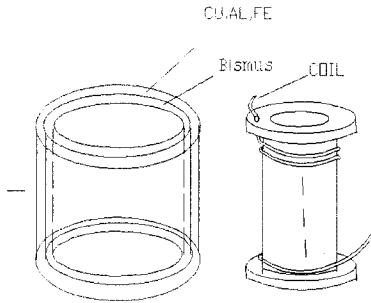


그림 2. 코일과 원통
Fig. 2. Coil and cylinder

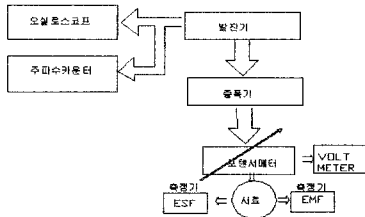


그림 3. EMF와 ESF 측정 Block도
Fig. 3. Block diagram of measured EMF and ESF

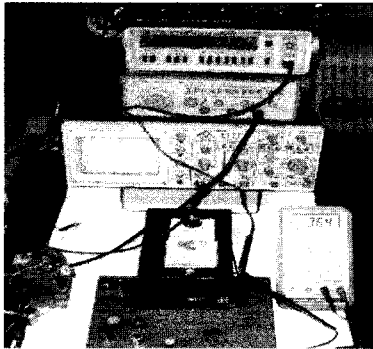


그림 4. 측정 시스템
Fig. 4. The measured system

3.1. Bi 원통과 철, 구리, 알루미늄 물질의 교류 자기장(EMF) 차폐의 측정 비교

저주파 10Hz에서 4KHz 까지 561개의 EMF 측정 data[16]를 얻는데 sin 파를 마이크 증폭기로 증폭하여 1~3.5volt 로 일정한 공급 전압을 만든후 코일만 EMF 무차폐시 값을 측정 한 후 수집된 data의 Bi중심으로 차폐효과가 있는 경우를 연구하는 목표로 한다.

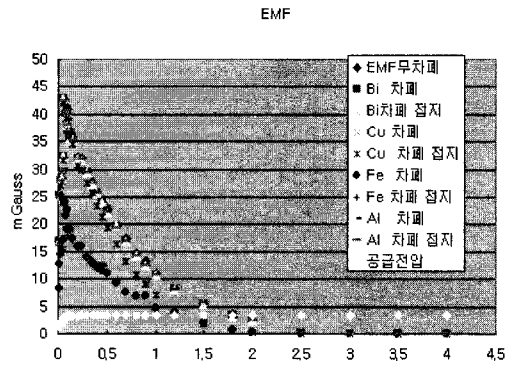


그림 5. Bi와 Cu,Fe,Al의 EMF 차폐특성
Fig. 5. The EMF shielding characteristics of Bi,Cu,Fe and Al

그림5은 일정한 저주파에 대한 Bi,Cu,Fe,Al원통속에 코일의 EMF 를 측정 한 것이다. 여기서 Cu가 Bi보다 EMF 차폐특성이 좋다는 것이다. 또 Fe[8]가 Bi보다 월등히 EMF 차폐효과가 크다. 또한 Fe는 Cu보다 EMF 차폐가 좋다는 것은 상식적이다.

그림6는 단일 원통 Bi와 2중구조 Fe+Bi, Cu+Bi 2중 원통구조의 2종에대한 실험치인데 여기서도 Fe+Bi가 Cu+Bi보다 차폐효과가 좋다. 이것은 당연히 그림5와 같이 Cu가 Bi보다 EMF 차폐특성이 좋기 때문이다.

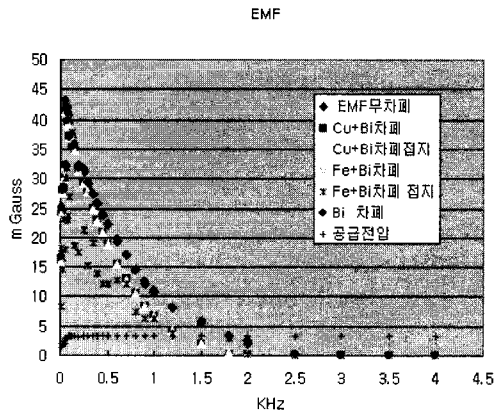


그림 6. Bi와 Fe+Bi, Cu+Bi의 EMF 차폐특성
Fig. 6. The EMF shielding characteristics of Bi, Fe+Bi and Cu+Bi

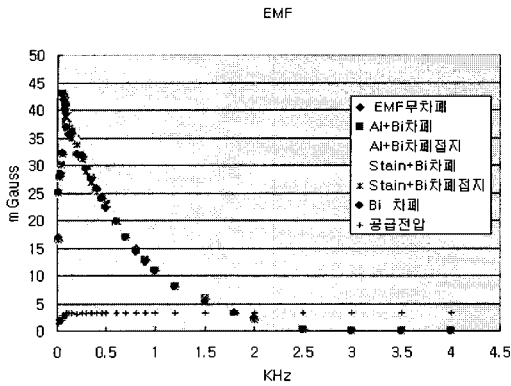


그림 7. Bi와 Al +Bi, Stain+Bi EMF 차폐특성
Fig. 7. The EMF shielding characteristics of Bi,Al+Bi and Stain+Bi

Fe 와 Al의 원통에 대한 비접지 차폐된 EMF 값과 접지된 EMF 값은 EMF 측정결과 차폐물질에 대해서 접지시키거나 비접지시켜도 거의 유사한 값을 갖고 있다. Al 보다 Fe가 우수한 차폐특성[10]임을 볼 수 있다.

Bi와 Al의 EMF 차폐특성은 그림 8과 같이 비슷하다. EMF 차폐에서는 접지시나 비접지시 유사한 값이 나타나므로 접지시 값은 그래프에서 생략한다.

그림7은 2중구조 원통 Al+Bi, Stainless+Bi 에 대한 EMF실험치로 이 두가지는 비슷하다.

그림7은 Al, Bi가 그림 5에서 유사 하듯이 Bi 및 Al+Bi와 Stain+Bi도 차폐효과가 비슷하다.

그림 6 의 Fe, Bi의 실험치 처럼 Bi보다 Fe+Bi가 더 효과적이거나 Fe와 함께 Bi의 반자성 효과로 차폐의 실험치가 굴곡이 심하다.

3.2. Bi 원통과 철, 구리, 알루미늄 물질의 교류 정전장(ESF) 차폐의 측정 비교

sin파 저주파(10Hz-4kHz)에 대한 단일 구조및 2중구조 원통의 ESF 측정치를 총 561개 수집하는데 EMF 측정과는 달리 차폐물질의 접지시와 비접지시 큰 차이가 나는데 접지시는 ESF 값이 차폐되지 않고 오히려 무차폐시 보다 크게 나타난다.

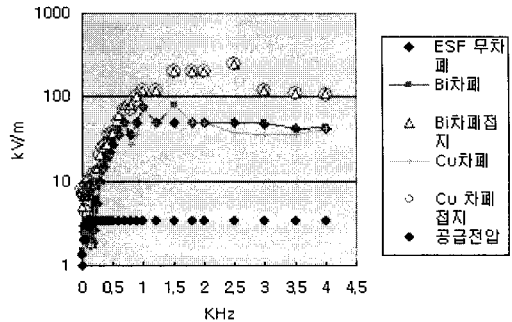


그림 8. Bi와 Cu의 ESF 차폐특성
Fig. 8. The ESF shielding characteristics of Bi and Cu

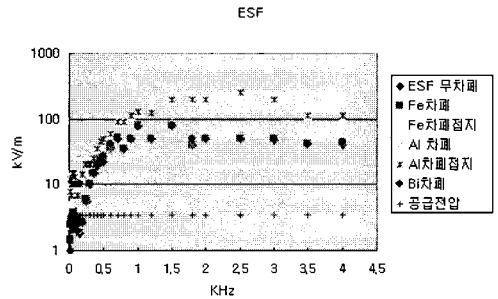


그림 9. Bi와 Fe,Al의 ESF 차폐특성
Fig. 9. The ESF shielding characteristics of Bi,Al and Fe

그림 9 은 Bi, Al ,Fe의 단일 원통에 대한 거리10 mm에서 ESF 값을 접지시와 비접지시 나타냈다.

ESF 측정치는 변화가 크기 때문에 Log 눈금으로 나타냈다. 그림에서 Fe와 Bi가 비슷하고 그림8에서 Cu가 조금 좋다. 접지시는 각주파수 별로 거의 같은 값을 나타내고 있다.

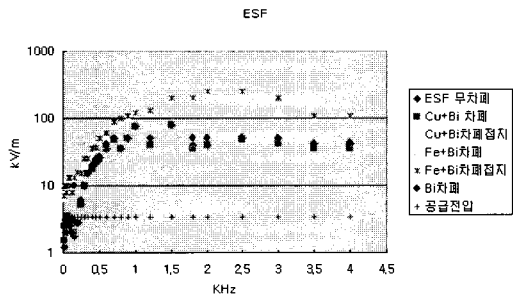


그림10. Cu+Bi 와 Fe+Bi의 ESF 차폐특성
Fig. 10. The ESF shielding characteristics of Cu+Bi and Fe+Bi

그림 10은 2중구조 원통인 Cu+Bi, Fe+Bi에 대한 것으로 역시 ESF 차단은 Cu가 들어간 것이 Fe보다 차폐효과가 큰 것이 나타난다. Bi와 Cu+Bi의 차폐비교에서 Cu가 들어간 2중구조가 Bi보다 효과적이다.

그림10은 Bi와 2중구조 원통 Al+Bi, Stain+Bi에 대한 측정비교인데 Fe+Bi 비교로 무차폐값과 3 개가 유사하다고 볼 수 있다.

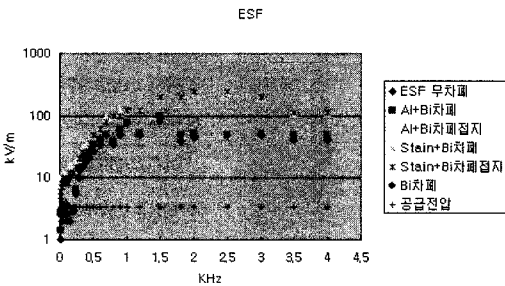


그림 11. Al+Bi와 Stain+Bi의 ESF 차폐특성
Fig. 11. The ESF shielding characteristics of Bi and Stain +Bi

그림11는 Bi와 2중구조 Al+Bi, Stain+Bi에 대한 ESF 차단 특성인데 두 개의 특성이 유사하다.

IV. 결과고찰

그림 5-7 까지 EMF 그래프를 분석 한 결과 무차폐시, 차폐시, 차폐 접지시 측정 결과 접지시는 큰 영향이 없었다. 차폐시 Cu가 Bi 보다 차폐 특성이 좋으나 Al과 Bi는 비슷한 특성을 나타냈고 Fe가 가장 차폐특성이 좋았다. 2중구조 원통에서도 Bi와 함께 만든 Fe가 가장 좋고 다음 Cu가 좋고 스테인은 비 자성 스텐을 택해서인지 Bi와 비슷 했다. 따라서 Bi의 제조 용이성과 자계가 큰 경우 반자성효과를 가지므로 영구자석 차폐보강재로 Fe와 함께 사용해도 된다는 것이고 모터[12][13][14]의 EMF 차폐에도 함께 쓸 수 있음을 예측 된다. EMF의 정량적 DATA 약534개 를 부록에 첨부 하였다.

그림 8-11 그래프로 ESF의 분석 측정내용은 역시 무차폐시 차폐 접지시, 무접지 차폐시 단일 원통구조로 Bi, Al, Cu, Stain,을 측정 하였고 2중구조 원통으로 각각 측정하였다. ESF는 접지시 는 큰 영향이 있으나 값은 주

파수 대로 거의 일정 하였고 간혹 진동 하는 경우가 있는데 진동 중간 값을 잡았다. 차폐시 Cu의 특성이 가장 좋았고 Bi는 Al및 Fe와 비슷 하였으므로 정전 차폐시에는 Cu가 가장 뛰어 남을 수치로 알 수 있다. ESF 정량적 측정 DATA 약544개 를 부록에 첨부 하였다

V. 결론

비스무스(Bi 용점:271°C)는 반자성 물질로 초전도 재료 및 금속의 용점을 낮추는데 많이 쓰인다. 본 논문에서는 Bi를 저주파에서 EMF 및ESF 차폐재로서 쓰일 때 Al, Cu, Fe, 무자화 Stain 과 측정 비교한 결과이다.. ESF 차폐에서는 Cu보다는 못하나 Al과 유사하고 EMF 차폐에서는 자기장 으로부터 직접적인 차폐효과는 없고 반자성 성질로 추정되는 그래프의 불안정으로 나타났다. 이러한 불안정성을 정량적 정성적으로 분석하여 응용점을 찾고 ESF 차폐재로 쓸 경우에 용점이 낮아서 틴사이드 재조가 용이 하다. EMF 차폐제로서는 본 논문에서는 쏘스에서 직접 방사하는 것만 다루었으나 반자성 차폐재 직각방향으로 EMF의 변화를 앞으로 연구가 필요하다. 차폐재의 응용은 특히 저주파대의 전원장치나 모터에 틴새를 차폐 할 때 정전차폐로 Bi가 제조에 용이 하다.

참고문헌

- [1] Pritindra Chawdhuri 'Elelectro magnetic Transients in Power Systems 'Reserch studies LTD. John wiley & Sons INC. ,1996
- [2] David K.Cheng 'Field and Wave Electromagnetics' ADDISON-WESLEY PUBLISHING COMPANY, 1989
- [3] 고재귀, 송재만 저 '자성물리학의 기초와 응용' 숭실대학교 출판부,1999
- [4] ROBERT C.O'HANDLEY 'Modern Magnetic Materials Principles and Applications' JOHN WILEY &SONS, INC.,2000
- [5] Richard C. Dorf " The Engineering Hand Book "1996 by CRC pross, Inc.

[6] DAVID HALLIDAY, ROBERT RENSICK, JEARL WALKER 'FUNDMENTALS OF PHYSICS' JOHN WILEY & SONS, INC.,1993

[7] 김종국 'Information Center for Materials' 창원대학교 March, 2002, Vol.7No3, pp3-8

[8] 이준웅 외1' 전기전자 재료 '동일 출판사,1998

[9] 權肅一 외4 共譯'固體物理學'半島出版社,1993

[10] Peter Atkins.Julio de Paula 지음. 안운선 옮김 '물리화학', OXFOORD. 교보문구,2004

[11] 李喜洙 외1'材料科學工學',二友出版社,1982

[12] 도서출판 세운 편집부 'DC 모터의 제어회로 설계' 도서출판 세운,1985

[13] 안진우 '스위치드 릴럭턴스 전동기' 오성미디어, 2004

[14] 세화편집부 '리니어 모터 應用 핸드북' 세화 출판사, 1988

[15] Joseph A. Edminster 'Schaum's outline of Theory and Problems of Electromagnetics 2/ed' McGraw-Hill, INC.,1993

[16] 장미희'Office XP Excel VBA' 정일출판사,2002

[17] 슬기계측기 '기술자료:EMF Tester' 슬기계측기,2007

저자소개



황운택(Yoon-taek Hwang)

1973년 2월 광운대학교 전자공학과 (공학사)

1981년 2월 숭실대학교 전자공학과 (공학석사)

1998년 2월 한국해양대학교 전과공학과 박사수료

1977년 2월 -현재 시립인천전문대학 정보통신과 교수
※관심분야:무선기기 전원부 설계,이동통신 기술개발

부 록

1. EMF 정량적 측정 DATA (주파수 Hz)

주파수	EMF 무차폐	Bi 차폐	Bi차폐 접지	Cu 차폐	Cu 차폐 접지	Fe 차폐	Fe 차폐 접지	Al 차폐	Al 차폐 접지	공급전압
20	25.5	25.2	25.2	25.2	25.2	12.8	12.8	25	25	2
30	28	28	28	27	27	14.5	14.5	28	28	2
40	28.4	28.4	28.4	28.4	27.8	15.3	16	29.8	29.5	2
50	32	32.3	32.3	31.7	31.5	24.5	23.5	42.5	42.5	2
60	43	43	43	42	42	17.2	15.9	30	30	3
70	42.3	41.8	41.8	42	41.5	24	24	42.5	42.4	3
80	41	40	40	39.7	39.2	21.5	21.5	40.8	40.8	3
90	41	41	41	40.9	41	22.5	23	39	40	3
100	38	37	38	37	37	19	18	38	38	3.4
120	37	35.5	35.5	36	36	19	18.9	37	37	3.4
150	35.8	35.8	35.2	35.4	34.5	17.3	17.2	35.3	35.2	3.3
200	32	31.9	31.9	31	30.7	15.9	15.8	31.8	31.8	3.2
250	31.9	31.7	31.7	30.2	30	16	16	31.9	31.9	3.4
300	29.5	29.4	29.3	27.8	27.4	14	13.9	29.5	29.3	3.4
350	27.7	27.3	27.3	25.7	25.8	13	13	27.4	27.4	3.4
400	25.8	25.8	25.8	23.3	23.2	12.2	11.9	25.8	25.8	3.4
450	24	23.9	23.9	21.4	21.3	11.5	11.4	22.5	22.7	3.4
500	22.8	22.2	22	19.4	19.4	11	11	22.2	22.2	3.4
600	19.8	19.7	19.8	16	16.3	9.4	9.4	19.4	19.4	3.4
700	17.3	17	17	13.3	13.3	7.7	7.8	16.8	16.8	3.4
800	14.8	14.3	14.3	10.8	10.8	6.8	6.8	14.2	14.2	3.4
900	13.2	12.5	12.5	9.2	9	6.8	6.8	12.4	12.4	3.4
1000	11	10.9	10.8	7	7	4.7	4.7	10.8	10.8	3.4
1200	8.2	8	8	4.4	4.4	3.8	3.5	8	8	3.4
1500	5.4	5.4	5.4	1.9	1.9	2	2	5.7	5.7	3.4
1800	3.7	3.4	3.2	0.5	0.5	0.8	0.8	3	3.4	3.4
2000	2.5	2.5	2.5	0.2	0.2	0.3	0.3	2.4	2.4	3.4
2500	0.3	0.3	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.3	3.4
3000	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	3.4
3500	0.1	0.1	0.1	0.08	0.08	0.1	0.1	0.1	0.1	3.4
4000	0.1	0.1	0.1	0.08	0.08	0.08	0.08	0.1	0.1	3.4

주파수	EMF 무차폐	Bi 차폐	Cu+Bi차폐	Cu+Bi차폐 접지	Fe+Bi차폐	Fe+Bi차폐 접지	Al+Bi차폐	Al+Bi차폐 접지	Stain+Bi차폐	Stain+Bi차폐 접지	공급전압
10	16.9	16.8	16	16	8.3	8.3	16.4	16.4	16.4	16.4	1.3
20	25.5	25.2	24.04	24.1	18.7	18.2	25	25	25	25	2
30	28	28	28	27.5	14.8	14.5	27.8	27.8	27.8	27.8	2
40	28.4	28.4	30	30	23.2	23.2	30	30	30	30	2
50	32	32.3	32	32	18	18	32	32	32	32	2
60	43	43	41.2	41.2	31.5	30	42.8	42.8	42.8	42.8	3
70	42.3	41.8	41.7	41.7	31.8	31.8	42.2	42	41.2	41	3
80	41	40	39.2	39.2	23.9	23.8	41	40.5	40.2	39	3
90	41	41	38.7	38.7	23	22.8	39.8	40.5	40	39.8	3
100	38	37	37	37	28	27	37.5	37.5	37	36.8	3.4
120	37	35.5	37	37	38	38	36.5	36.5	36.8	36.8	3.4
150	35.8	35.8	34.8	34.8	18.5	18.7	35.9	35.8	35	34.9	3.3
200	32	31.9	31.4	31.4	17.4	17.4	34.4	34.8	33.7	33.7	3.2
250	31.9	31.7	29.2	29.2	21.9	21.3	31.3	31.2	31	31.2	3.4
300	29.5	29.4	27.9	27.9	15.3	15.3	29.4	29.3	29	29	3.4
350	27.7	27.3	24.9	24.9	19	19	27.8	27.8	27	26.8	3.4
400	25.8	25.8	22.8	22.7	13.8	13.8	25.3	25.3	25.2	25.2	3.4
450	24	23.9	20.8	20.8	12.2	12.2	23.8	23.8	24	24	3.4
500	22.8	22.2	18.9	18.9	12	12	22.8	22.8	22.4	22.9	3.4
600	19.8	19.7	15.4	15.4	12.8	12.8	19.4	19.4	19.9	19.9	3.4
700	17.3	17	13	12.8	12	12	17	17	17	17	3.4
800	14.8	14.3	10.5	10.5	7.4	7.4	14.5	14.5	14.5	14.5	3.4
900	13.2	12.5	8.4	8.4	6.2	6.2	12.9	12.9	12.9	12.9	3.4
1000	11	10.9	6.8	6.8	6.3	6.3	10.8	10.8	10.7	10.7	3.4
1200	8.2	8	4.3	4.3	3.8	3.8	8	8	8	8	3.4
1500	5.4	5.4	2	2	5.8	5.8	5.9	5.9	5.8	5.8	3.4
1800	3.7	3.4	0.3	0.4	3	3	3.2	3.2	3.3	3.3	3.4
2000	2.5	2.5	0.2	0.2	0.3	0.3	2	2	2	2	3.4
2500	0.3	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.3	0.3	0.3	3.4
3000	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	3.4
3500	0.1	0.1	0.08	0.08	0.08	0.08	0.1	0.1	0.1	0.1	3.4
4000	0.1	0.1	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	3.4

2. ESF 정량적 측정 DATA (주파수 Hz)

주파수	ESF 무차폐	Bi차폐	Bi차폐 접지	ESF 측정치				Al 차폐	Al차폐 접지	공급 전압
				Cu차폐	Cu 차폐 접지	Fe차폐	Fe차폐 접지			
10	1	1.5	5	1.5	8	1.5	5	1	12	1.3
20	2.5	2.5	6.5	2.5	7	2.5	8	2.5	8	2
30	3	3	7	2	7	3	15	2.5	10	2
40	2.5	2.5	8	2.5	7	2.5	10	2.3	7	2
50	2.3	2.5	7	2.3	8	4	10	3	10	2
60	3	3.5	7	3	4.5	2.2	10	2	15	3
70	3.2	3.5	8	3.5	9	4	15	3.6	15	3
80	3.3	3.3	7.5	3.2	9	3.3	8	3.3	10	3
90	3	3	7	3	10	3	15	3	13	3
100	2.3	2.5	7	2.3	8	2.5	9	2.5	10	3.4
120	2	2	7	2	8	3	15	2	7	3.4
150	1.8	10	1.8	1.8	1.8	1.8	10	1.8	10	3.4
200	2.6	2.7	9	2.5	12	2.7	12	2.6	14	3.4
250	5.51	6	14	5	12	6	15	6	20	3.4
300	10	10	20	9	20	10	20	10	20	3.4
350	15	15	25	13	25	15	25	15	25	3.4
400	19	20	27	17	27	20	35	20	35	3.4
450	22	24	35	20	35	24	35	25	45	3.4
500	27	27	37	25	37	27	50	26	49	3.4
600	36	42	60	35	51	37	60	35	60	3.4
700	50	50	80	47	70	51	90	50	90	3.4
800	35	35	80	27	70	35	90	35	90	3.4
900	50	50	100	35	100	50	110	60	110	3.4
1000	75	75	120	75	120	80	120	75	125	3.4
1200	50	50	120	48	120	50	200	50	120	3.4
1500	50	80	200	80	200	80	200	100	200	3.4
1800	50	50	200	50	200	40	200	40	200	3.4
2000	50	50	200	50	200	50	200	50	200	3.4
2500	50	50	250	37	250	50	250	49	250	3.4
3000	48	50	120	36	120	50	200	50	200	3.4
3500	42	42	110	35	110	42	110	42	110	3.4
4000	42	43	110	42	105	43	105	42	110	3.4

주파수	EMF 무차폐	Bi 차폐	Cu+Bi차폐	Cu+Bi차폐 접지	Fe+Bi차폐	Fe+Bi차폐 접지	Al+Bi차폐	Al+Bi차폐 접지	Stain+Bi차폐	Stain+Bi차폐 접지	공급 전압
20	25.5	25.2	24.04	24.1	18.7	18.2	25	25	25	25	2
30	28	28	28	27.5	14.8	14.5	27.8	27.8	27.8	27.8	2
40	28.4	28.4	30	30	23.2	23.2	30	30	30	30	2
50	32	32.3	32	32	18	18	32	32	32	32	2
60	43	43	41.2	41.2	31.5	30	42.8	42.8	42.8	42.8	3
70	42.3	41.8	41.7	41.7	31.8	31.8	42.2	42	41.2	41	3
80	41	40	39.2	39.2	23.9	23.8	41	40.5	40.2	39	3
90	41	41	38.7	38.7	23	22.8	39.8	40.5	40	39.8	3
100	38	37	37	37	28	27	37.5	37.5	37	36.8	3.4
120	37	35.5	37	37	38	38	36.5	36.5	36.8	36.8	3.4
150	35.8	35.8	34.8	34.8	18.5	18.7	35.9	35.8	35	34.9	3.3
200	32	31.9	31.4	31.4	17.4	17.4	34.4	34.8	33.7	33.7	3.2
250	31.9	31.7	29.2	29.2	21.9	21.3	31.3	31.2	31	31.2	3.4
300	29.5	29.4	27.9	27.8	15.3	15.3	29.4	29.3	29	29	3.4
350	27.7	27.3	24.9	24.9	19	19	27.8	27.8	27	26.8	3.4
400	25.8	25.8	22.8	22.7	13.8	13.8	25.3	25.3	25.2	25.2	3.4
450	24	23.9	20.8	20.8	12.2	12.2	23.8	23.8	24	24	3.4
500	22.8	22.2	18.9	18.9	12	12	22.8	22.8	22.4	22.9	3.4
600	19.8	19.7	15.4	15.4	12.8	12.8	19.4	19.4	19.9	19.9	3.4
700	17.3	17	13	12.8	12	12	17	17	17	17	3.4
800	14.8	14.3	10.5	10.5	7.4	7.4	14.5	14.5	14.5	14.5	3.4
900	13.2	12.5	8.4	8.4	6.2	6.2	12.9	12.9	12.9	12.9	3.4
1000	11	10.9	6.8	6.8	6.3	6.3	10.8	10.8	10.7	10.7	3.4
1200	8.2	8	4.3	4.3	3.8	3.8	8	8	8	8	3.4
1500	5.4	5.4	2	2	5.8	5.8	5.9	5.9	5.8	5.8	3.4
1800	3.7	3.4	0.3	0.4	3	3	3.2	3.2	3.3	3.3	3.4
2000	2.5	2.5	0.2	0.2	0.3	0.3	2	2	2	2	3.4
2500	0.3	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.3	0.3	0.3	3.4
3000	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	3.4
3500	0.1	0.1	0.08	0.08	0.08	0.08	0.1	0.1	0.1	0.1	3.4
4000	0.1	0.1	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	3.4