

본 연구는 산학협동재단의 학술연구비지원에 의한 연구결과임.

평형스트립라인을 이용한 페라이트계 전파흡수체의 특성측정에 관한 연구

김 동 일* · 안 영 섭** · 민 경 찬*** · 정 세 모****

A Study on the Measurement of Absorption Characteristics for
Ferrite Electromagnetic Wave Absorbers Using Parallel Stripline.

Dong-Il Kim · Young-Sup Ahn · Kyung-Chan Min · Se-Mo Chung

〈目 次〉

Abstract	2-2 측정시스템의 제작
I. 서 論	III. 측 정
1-1. 연구배경	IV. 결 論
1-2. 연구목적	參考文獻
II. 측정방법	謝 辭
2-1 스트립선로를 이용한 정재파법의 선택	

Abstract

The goal of this research is to get a measuring system for absorption characteristics over the frequency band with 30MHz to 1,000MHz concerning the ferrite electromagnetic wave absorbers, for example, grid-type and sintered flat type, etc. It is, however, very difficult to measure the absorption characteristics as in low frequency as in 30 MHz.

In this research, therefore, we propose a standing wave method using parallel striplines, fabricate the measuring system, and measure the characteristic of ferrite microwave absorbers using the proposed measuring system.

* 正會員, 韓國海洋大學校 電波工學科

** 正會員, 木浦海洋大學 航海學科

*** 正會員, 韓國技術研究所

**** 正會員, 韓國海洋大學校 海事輸送科學科

I. 서 론

1-1. 연구배경

근년, OA화 및 이동체통신의 발전과 더불어 각종 전자기기로부터의 불요전파의 문제가 심각하게 부각되어가고 있다. 그에 따라서 전파흡수체의 용도는 다양해지고, 그 결과 완수해야 할 역할은 더욱 중요하게 되어 왔다고 생각되어 진다. 현재, 전자기기로부터의 누설전파의 국제적인 규제는 30MHz에서 1000MHz에 대해서 이루어지고 있다.

그러나, 하한주파수인 30MHz에서의 전파흡수 특성을 평가하는 것은 종래의 방법으로는 거의 불가능하므로, 본 연구에서는 스트립선로를 이용한 정재파 측정법을 제안하여 30MHz 부근의 주파수대에서 측정이 가능하도록 하고자 한다.

또, 측정대상인 Ferrite계 전파흡수체에는 용도, 형상 모두 다양한 종류가 있으나, 그 가운데에서도 Tile상의 것에 주목하면, 대표적인 소결평판 Ferrite, 광대역화를 시도한 격자형 Ferrite라 불리는 특수형상의 것을 들 수가 있다.

2-1. 연구목적

본 연구개발의 제1의 목적은 이미 고안되어 실용화되고 있는 그림1에 표시한 것과 같은 소결평판 Ferrite(이하, Flat라 부른다) 및 격자형 Ferrite(이하, Grid라 부른다) 등의 Ferrite계 전파흡수체에 대해서, 30MHz이상에 대한 흡수특성의 측정계를 구축하는데 있다. 그러나 지금까지 30MHz 근방의 낮은 주파수에 있어서의 실험은 용이하지 않았다. 상세히는 2-1에서 서술하겠으나 예를 들면 도파관에서의 실험을 시도하려고 하면, 그 사이즈가 대단히 크게 되기 때문에 현실적이지 않고 또, 스트립선로를 이용해서 입사측에서 흡수체를 들여다본 임피던스를 측정하기 위해서는 입사단 부근에서 정확하게 정합을 취할 필요가 있고, 그러기 위해서는 테이퍼를 정도높게 제작하지 않으면 안되는 만큼 대단히 어려운 문제가 많다. 기타 3차원구조를 갖는 격자형의 흡수체를 평가하는데 동측관에서의 측정은 불가능하

다. 따라서, 본 연구에서는 평형스트립선로를 이용한 정재파법에 의한 측정을 제안하고 그 측정 시스템을 제작하여 Ferrite계 흡수체의 특성을 측정하였다.

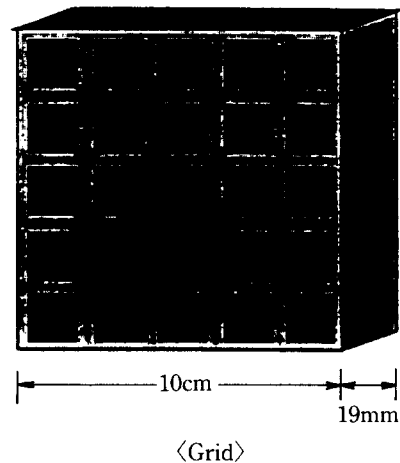
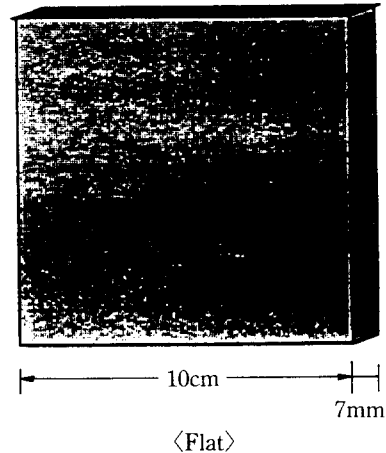


Fig. 1 Samples of Electromagnetic Wave Absorbers.

II. 측정방법

2-1. 평행스트립선로를 이용한 정재파법의 선택

1-2에서도 간단히 서술했으나 측정방법의 선택에 대해서 검토한다. 우선 도파관에 의한 측정

은 어떠할런지 구형도파관을 생각해 보자. 그림2와 같은 단면의 도파관에서의 전파정수 γ 는

$$\gamma = \pm \{ (m\pi/a)^2 + (n\pi/b)^2 - \omega^2 \epsilon \mu \}^{1/2} \dots \dots \dots (1)$$

이며, 이것으로부터 차단파장 λ_c 는

$$\lambda_c = \frac{2\pi}{\{ (m\pi/a)^2 + (n\pi/b)^2 \}^{1/2}} \dots \dots \dots (2)$$

로 나타낼 수 있다. 30MHz에서는 $\lambda_c = 10m$ 이므로, 그것이 차단되지 않기 위해서는 모우드를 $m=1, n=0$ 으로 하면 a 는 5m가 필요하다. 따라서 단면의 한변이 5m의 실험장치가 요구되므로 비현실적이다. 또, 도파관내에서는 전파가 종단에 사입사하기 때문에 수직편파에 대한 측정이 불가능한 것도 중대한 결점이다.

다음에 동축관에 대해서 생각해 보자. 평판 Ferrite의 경우에는 그것을 동축관의 사이즈에 맞추어 관통한 것을 사용하면 측정은 가능하나, 격자형 Ferrite의 경우에는 측정이 불가능하다는 것은 자명하다.

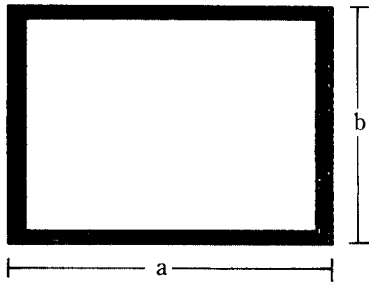


Fig. 2 Cross Section of Rectangular Waveguide.

또, 스트립선로 등에서 임피던스를 보는 것을 생각해 보자. 측정시스템의 사이즈는 중심도체의 폭과 선로전체의 높이의 비가 적당하면 좋으므로, 단면의 크기나 형상은 적당하다고 말할 수 있으나, 도도체 입사단에서 임피던스를 본다고 하는 것은 입사단에서 반사단에 이르기까지에서의 방사나 반사단 이외에서의 반사가 있어서는 안되므로, 그점을 고려해 넣으면 입사단으로부터의 테

이퍼부를 최저 1과장분, 예를 들면 30MHz대에서는 10m의 긴 테이퍼가 필요하게 되어 측정시스템은 거대해지며, 따라서 입사단에서 반사단까지의 불필요한 반사(선로의 이음매등)를 없애는 것이 용이하지는 않다. 따라서 임피던스로 측정한다는 발상은 현명하지 않다.

이러한 이유때문에 본 연구에서는 임피던스법이 아닌 정재파법에 의한 측정시스템을 제안했다. 평형스트립선로를 이용한 정재파법에 의한 실험에 있어서는 스트립선로를 이용한 측정시스템의 단면의 치수가 적어도 좋고 테이퍼부에 있어서는 반사나 방사가 다소 있어도 측정부분에 측정가능한 만큼의 Power가 있으면 좋으므로 테이퍼부는 적당한 길이로 해결되게 된다. 단, 측정부에서 정재파를 두개이상 관측하기 위해서는 측정부(Uniform Strip Line)의 길이가 적어도 1과장분 필요하므로 30MHz의 측정에 관해서는 적당한 테이퍼 + 동체 10m의 치수가 필요하다. 그러나 정재파법은 선로내의 전계강도를 조사하는 것이므로 측정안테나로부터 반사단까지의 영역에서의 반사가 없으면 적절한 측정이 가능하므로 테이퍼, 입사단, 테이퍼와 동체(측정부)의 이음매, 선로의 이음매등의 제작은 간단한 것으로 좋고, 측정기의 제작은 가장 용이한 것으로 된다.

2-2. 측정시스템의 제작

본 연구에서는 테이퍼부 1.5m, 동체부 4m의 장치를 제작하는 것으로 했다. 동체부의 길이가 4m이므로 이론상으로는 80MHz이상에 있어서 측정할 수 있다. 스트립의 폭(w)은 fringing effect가 상호작용을 하지 않을 만큼 충분히 넓고, 상하 금속판간의 간격(b)에 대한 w의 비(w/b)가 0.35보다 크므로,

$$Z_0 \sqrt{\epsilon} = \frac{94.15}{\frac{w/b}{1-t/b} + \frac{C_f}{0.0885\epsilon_R}} \dots \dots \dots (3)$$

$$C_f = \frac{0.0885\epsilon}{\pi} \left[\frac{2}{1-t/b} \ln \left(\frac{1}{1-t/b} + 1 \right) - \right]$$

$$\left(\frac{1}{1-t/b} - 1\right) \ln\left(\frac{1}{(1-t/b)^2} - 1\right)] \text{ Pf/cm} \dots\dots (4)$$

(단, t는 스트립에 두께 ϵ 및 ϵ_R 은 각각 스트립라인 내의 유전율 및 비유전율)에 의하여 Uniorm Strip Line의 특성임피던스가 50Ω 이 되도록 하는 전산program을 작성하고, Coaxial-to-Strip Line launcher에서 Uniform Strip Line에 이르는 선로의 Taper부의 특성임피던스가

역시 50Ω 이 되도록 선로폭 및 Strip의 폭, 평판과 strip간의 간격, strip의 두께(t)를 결정하였다.

그 결과 그림3(a)와 같은 시스템을 완성했다. 안테나는 우선 다이오우드가 부착된 변조용안테나이고, 이 안테나가 중심도체의 위 약 1.5cm를 3.5m에 걸쳐서 이동시키면서 SWR Meter로 관측한 진압을 컴퓨터에서 받아 들이도록 했다. 선로의 외관을 그림3(b)에 표시했다.

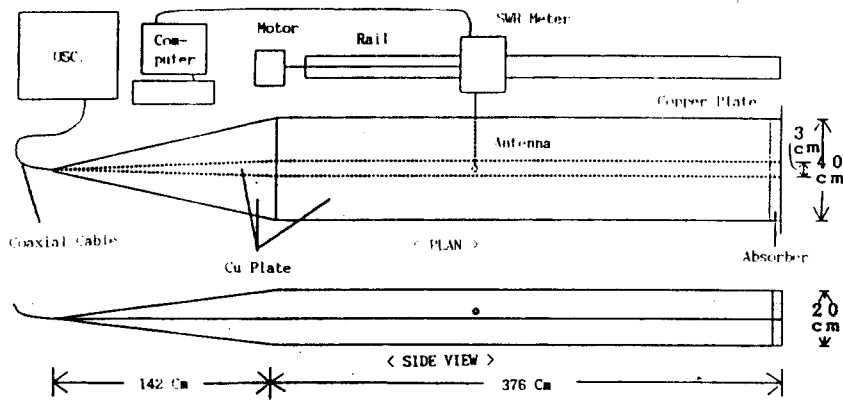


Fig. 3(a) Measuring System

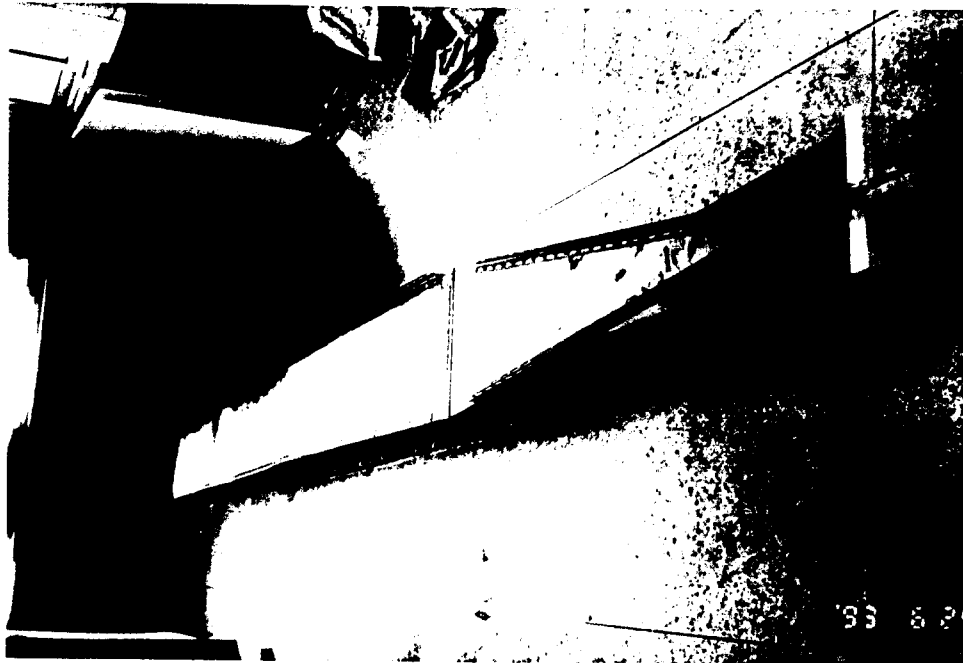


Fig. 3(b) Fabricated Parallel Plate Stripline.

III 측 정

우선, 반사단의 흡수체를 장착하지 않은 Short의 상태로서 그 정재파분포를 조사한다. 측정은 150MHz, 200MHz, 400MHz, 500MHz에 있어서 행했다. 다음에 흡수체를 그림4의 모양으로 배치하고 그림3(a)의 종단에 세트한다. 그리고 나서 Flat, Grid형 각각에 있어서 정재파분포를 측정한다. 얻어진 정재파분포(NEFI: Normalized Electric Field Intensity)의 일례를 그림 5, 6, 7에 표시하였다. 기타 150MHz, 200MHz, 300MHz, 400MHz에 대해서도 양호한 정재파가 관측되었다. 따라서, 전파흡수특성은 얻어진 정재파분포를 기본으로 다음과 같이 해서 구할 수 있다. 즉, 종단 short의 경우의 최소전압 V_0 [a. u.] 및 전파흡수체 장착시의 최소전압 V_1 [a. u.]을 이용하여,

$$\begin{cases} \rho_0 = 1/V_0 \\ \rho_1 = 1/V_1 \end{cases} \dots\dots\dots (5)$$

라 하면 반사계수 Γ 는

$$\Gamma = 20 \text{Log} \frac{(\rho_1 - 1)/(\rho_1 + 1)}{(\rho_0 - 1)/(\rho_0 + 1)} \text{ [dB]} \dots\dots (6)$$

그 결과 그림8 및 그림9와 같은 흡수특성이 얻어졌다. Flat형, Grid형 공히 반사가 -20dB이하가 되는 대역은 측정되지 않았다. 그 원인에 대해서는 Ferrite의 재료계수가 Tile의 제작시에 오차를 발생해 버린 것, 또 Tile사이에 간격이 벌어져 버린 것등을 생각할 수가 있다.

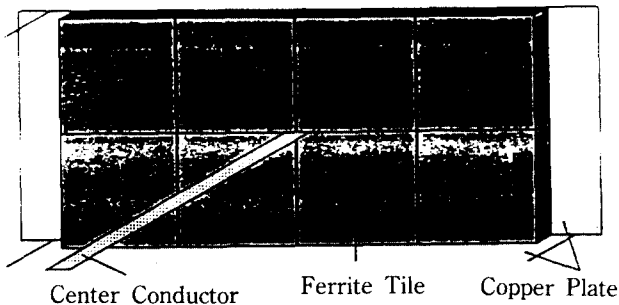


Fig. 4 Arrangement of Tiles.

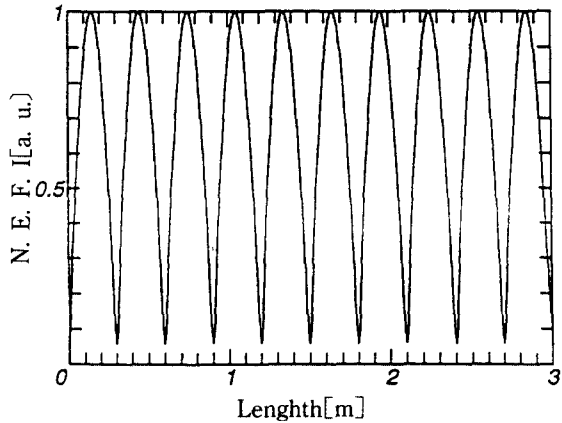


Fig. 5 Short(500MHz).

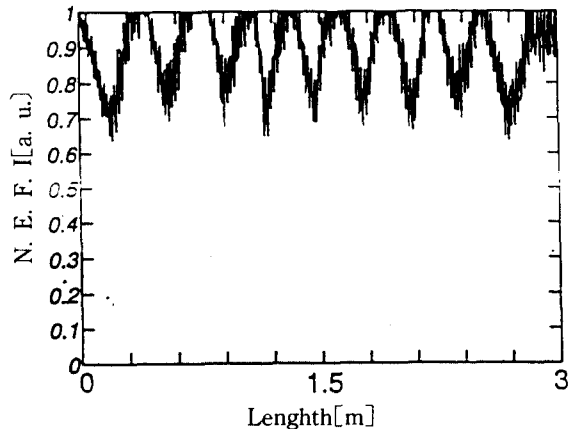


Fig. 6 Flat(500MHz)

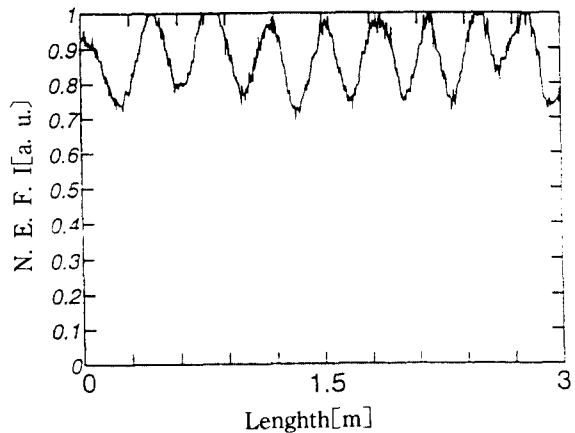


Fig. 7 Grid(500MHz)

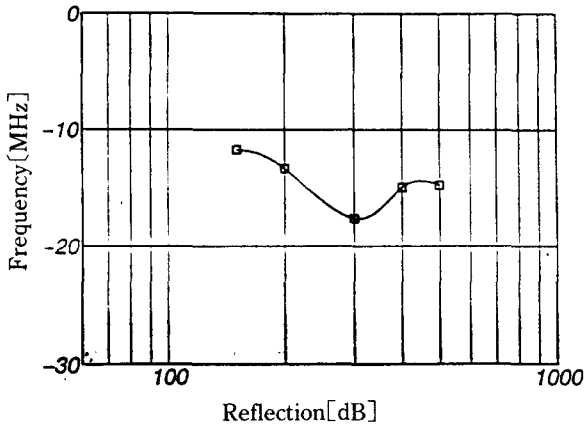


Fig. 8 Absorption Characteristics of Flat Tile.

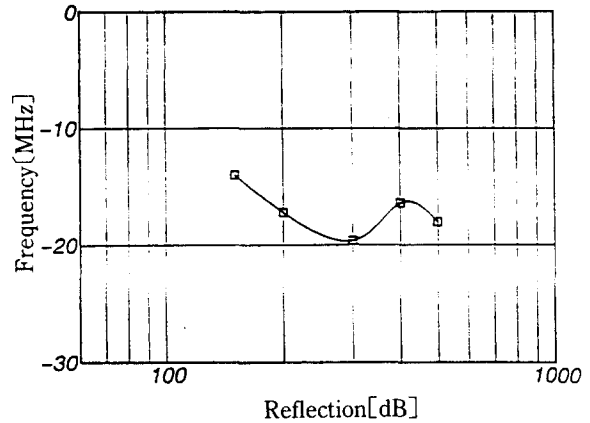


Fig. 9 Absorption Characteristics of Grid.

IV. 결 론

본 연구에서는 전파암실용, TV Ghost방지용 전파흡수체와 같이 형상이 특이하거나, 크기가 큰 전파흡수체를 별도의 전파암실을 구비하여 특수 안테나와 같은 고가장비를 이용하지 않고서도, 실험적으로 간편하게 측정할 수 있는 평행스트립 라인을 이용한 간이측정장치를 개발하여 전파흡수체의 전파흡수능을 80MHz정도의 낮은 주파수에서도 측정할 수 있게 함으로써, 고성능전파흡수체의 실험적인 설계 및 성능평가를 가능하게 함은 물론 EMC/EMI대책에 활용할 수 있게 하고, 실측을 행하여 타당성을 입증하였다.

參 考 文 獻

- (1) S. O. Rice, "Steady State Solutions of Transmission Line Equations", The Bell System Technical Journal, Vol. XX, No. 2, pp. 131-178, Apr. 1941.
- (2) A. A. Oliner, "Equivalent Circuits for Discontinuities in Balanced Strip Transmission Line", IRE Trans. on MTT, pp. 134-143, Mar. 1955.
- (3) Harlan Howe, Strip Line Design, Artech House, Inc., 1979.
- (4) S. Cohn, "Problems in Strip Transmission Lines", IRE Trans. on MTT, Vol. 3, No. 2, pp. 119-126, 1955.
- (5) 김동일·정세모 외, "카아본-페라이트 전파흡수체의 특성", 대한전자공학회 논문지, 제26권 제11호, pp. 92-97(1989. 11).
- (6) 김동일·정세모 외, "X-밴드 레이더용 전파흡수체의 개발에 관한 연구", 한국항해학회지, 제14권 제1호, pp. 9-19(1990. 3).
- (7) 김동일·정세모 외, "레이더용 고성능 전파흡수체의 개발에 관한 연구", 한국통신학회(체신부, 학술단체육성지원서후원) '90전기통신학술연구보고서'
- (8) 김동일·정세모 외, "전파흡수능력 측정기법연구" 국방과학연구소 기술보고서 MRDD-411-91127(1991. 3).
- (9) S. Li, C. Akyel, and R. G. Bosiso, "Precise Calculations and Measurements on the Complex Dielectric Constant of Lossy Materials Using TM_{010} Cavity Perturbation Techniques", IEEE Trans. on MTT, Vol. 29, No. 10, pp. 1041-1048, Oct. 1981.
- (10) L. P. Lightart, "A Fast Computational Tech-

- nique for Accurate Permittivity Determination Using Transmission Line Method”, IEEE Trans. on MTT, Vol. 31, No. 3, pp. 249-254, Mar. 1983.
- (11) M. N. Afsar et. al., “The Measurement of the Properties of Materials”, Proc. IEEE, Vol. 74, No. 1, pp. 183-199, Jan, 1986.
- (12) “Materials Measurement Package”, Wiltron 기술자료.
- (13) “Microwave Material Measurements Seminar”, The Johns Hopkin University, Oct. 1990.
- (14) “Mearuring Medhods for Properties of Gyromagnetic Materials Intended for Application at Microwave Frequencies”, International Electro-technical Commission IEC Standard, 1982.
- (15) 中島將光, マイクロ波 工學, 森北出版(株), (1979. 1).
- (16) 内藤喜之, フェライト吸收の電波吸收特性”, 日本電子通信學會 論文誌 B, 52-B, pp. 26-30(1969. 1).
- (17) 内藤喜之, 藤原, “フェライト電波吸收壁の厚さについて”, 日本電子電子通信學會 論文誌 B, 53-B, 第9號, pp. 537-545(1970. 9).
- (18) 内藤喜之 外, “フェライト電波吸收體の整合周波數について”, 日本電子通信學會 論文誌 B, 52-B, 7, pp. 398-404(1969. 7).

謝 辭

본 연구를 수행함에 있어서 연구비를 지원하여 주신 산학협동재단의 관계자 여러분과 실험장치의 제작을 도와준 김정훈, 이성표, 김상태, 김태균, 고대권군에게 감사드린다.