

정재파측정법과 Time Domain법에 의한 전파흡수능 측정법의 비교 연구

김동일*, 김상태**, 박지용**, 정세모***

A Comparative Study on Measuring Methods of Absorption
Characteristics for Electromagnetic Wave Using Standing Wave
Measurement Method and Time Domain Method.

Dong Il Kim, Sang-Tae Kim, Ji-Yong Park, Se-Mo Chung

Abstract

The goal of this research is to get a measuring system for absorption characteristics of electromagnetic wave absorbers in ferrite type which are flat, grid-type, special type, etc. It is, however, very difficult to measure the absorption characteristics as in low frequency as in 30 MHz.

To solve the problem, therefore, we propose a standing wave method and a measurement method in time domain using parallel striplines, construct the measuring system, and measure the characteristics of ferrite microwave absorbers in grid type using the proposed measuring system.

1. 서론

1-1 연구배경

근년, OA화 및 이동체통신의 발전과 더불어 각종 전자기기로부터의 불요전파의 문제가 심각하게 부각되어가고 있다. 더욱이 각종시스템의 다양화와 점차 높아지는 전력소모에 기인한 불요 전자파잡음의 크기 및 점유주파수 대역이 증가하고 있으며 반대로 전자기기 및 시스템에서 사용하는 소자는 저소비전력화와 고집적화를 위해 점차적으로 그 감응레벨이 낮아지고 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. 따라서, 하한주파수인 30MHz근방에서 전파흡수체의 특성을 평가할 필요가 있다. [1]

* 한국해양대학교, 전파공학과
** 한국해양대학교, 전자통신공학과 석사과정
*** 한국해양대학교, 해사수송공학과

그러나, 하한주파수인 30MHz정도의 낮은 주파수에서 그 특성을 측정에 의해 평가하는 것은 종래의 방법으로는 거의 불가능하므로, 본 장에서는 스트립라인을 이용한 새로운 측정법을 제안하여 제4장 및 제5장에서 설계한 임의의 형상의 전파흡수체의 전파흡수특성을 하한주파수인 30MHz대에서 부터 평가 가능한 측정시스템을 구축하였다.

1-2 연구목적

Ferrite계 전파흡수체에는 용도,형상 모두 다양한 종류가 있으나, 그 가운데에서도 Tile상의 것에 주목하면, 대표적인 소결평판Ferrite, 광대역화를 시도한 격자형Ferrite라 불리는 특수형상의 것을 들 수가 있다.

본 연구개발의 목적은 이미 고안되어 실용화되고 있는 그림1에 표시한 것과 같은 소결평판 Ferrite(이하, Flat라 부른다) 및 격자형 Ferrite(이하, Grid라 부른다) 등의 Ferrite계 전파흡수에 대해서, 30MHz 이상에 대한 흡수특성의 측정계를 구축하는데 있다.

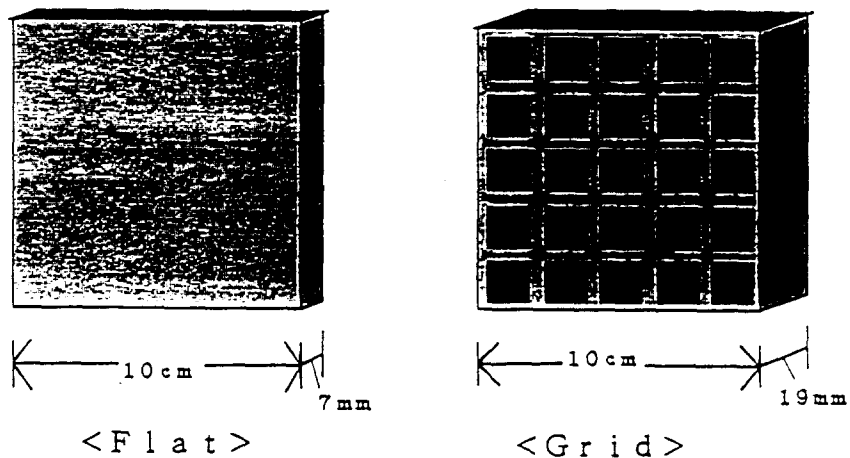


Fig.1 Samples of Electromagnetic Wave Absorbers.

그런데 30MHz의 낮은 주파수에 대한 적절한 실험은 용이하지 않다. 예를 들면 도파관에서의 실험을 시도하려고 하면, 그 치수가 대단히 크게 되기 때문에 현실적이 아니고 또, 스트립선로를 이용해서 입력단에서 흡수체를 들여다본 임피던스를 측정하기 위해서는 입력단 부근에서 정확하게 정합을 취할 필요가 있으므로, 테이퍼부를 정도높게 제작하지 않으면 안되는 만큼 대단히 어려운 문제가 많다. 기타 3차원구조를 갖는 격자형의 흡수체를 평가하는데 동축관에서의 측정은 불가능하다.[2]-[7] 따라서, 본 연구에서는 평형스트립선로를 이용하여 정재파법에 의한 측정 및 Vector Network Analyzer(이하, V.N.A로 부른다.)를 이용한 Time Domain상에서의 전파흡수능 측정법을 제안하고 그 측정시스템을 제작하여 Ferrite계 흡수체의 흡수특성을 측정하고 제안된 측정시스템의 타당성을 비교실험을 통하여 입증하였다.

2. 측정방법

2-1 평행 스트립선로를 이용한 정재파법 및 V.N.A Time Domain Method의 선택

구형도파관에 의하여 측정하는 경우를 생각해 보자. 단면의 장축이 a, 단축이 b인 구형도파관에서의 전파정수 γ 는,

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

이며, 이것으로부터 차단파장 λ_c 는

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

로 나타낼 수 있다.

따라서, 30MHz에서 구형도파관의 차단파장은 $\lambda_c=10m$ 이므로, 그것이 차단되지 않기 위해서는 모우드를 $m=1, n=0$ 으로 하면 단면의 한변이 5m인 도파관의 실험장치가 요구되며, 현실적인 것으로는 보이지 않는다. 또, 도파관내에서는 전파가 종단에 사입사하기 때문에 수직편파에 대한 측정이 불가능한 것도 중대한 결점이다. 다음에 동축관에 대해서 생각해 보자. 평판Ferrite에 관해서는 그것을 동축관의 사이즈에 맞추어 관통한 것을 사용하면 측정은 성립하나, 격자형 Ferrite에서와 같은 3차원 구조체의 측정이 불가능하다는 것은 자명하다.

또, 스트립선로등에서 임피던스를 보는 것을 생각해 보자. 측정시스템의 사이즈는 중심도체의 폭과 선로전체의 높이의 비가 적당하면 좋으므로, 단면의 크기나 형상은 적당하다고 말할 수 있으나, 입사단에서 임피던스를 본다고 하는 것은 입사단에서 반사단에 이르기까지의 방사나 반사단 이외에서의 반사가 있어서는 안되므로, 그 점을 고려해 넣으면 입사단으로부터의 테이퍼부를 최저 1파장분, 예를 들면 30MHz대에서는 10m의 긴 테이퍼가 필요하게 된다. 그래서 측정시스템이 거대한 것이 되어지지만, 그와 같은 실험장치에 있어서는 입사단에서 반사단까지의 불필요한 반사(선로의 이음매등)를 없애는 것은 용이하지는 않다. 따라서 임피던스로 측정한다는 발상은 현명하지 않다.[2]-[7]

따라서, 본 연구에서는 임피던스법이 아닌 정재파법에 의한 측정시스템을 제안하고 Time Domain Method에 의해 실험실적으로 간단하게 전파흡수능을 측정할 수 있는 새로운 측정 방법을 제시하여 그 타당성의 비교 실험을 행한다. 평형스트립선로를 이용한 정재파법에 의한 실험에 있어서는 스트립선로를 이용한 측정시스템의 단면의 치수가 적어도 좋고 테이퍼부에 있어서도 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 1파장분 필요하므로 30MHz의 측정에 관해서는 (적당한 테이퍼 + 동체10m)의 치수가 필요하다. 그러나, 정재파법은 선로내의 전계강도를 조사하는 것이고 측정안테나로부터 반사단까지의 영역에 남아있는 반사가 없으면 적절한 측정이 가능하므로 테이퍼, 입사단, 테이퍼와 동체(측정부)의 이음매, 선로의 이음매등의 제작은 간단한 것으로 좋고, 측정기의 제작은 가장 용이한것으로 된다.[6]-[8]

한편, 본 연구에서는 계측장비의 고급화와 다기능화로 평형 스트립라인을 이용한 V.N.A의 Time Domain 기능을 이용한 보다 간단한 측정방법을 도입하고 있으며 실험실적으로 전파흡수능을 간편하게 측정할수 있는 측정시스템을 제안하여 이의 타당성을 비교·검토하고자 한다.

2-2 측정시스템의 제작

본 연구에서는 테이퍼부1.5m, 동체부4m의 장치를 제작하는 것으로 했다. 이론상은 80MHz이상에 있어서 측정할 수 있다. 스트립의 폭(w)은 fringe effect가 상호작용을 하지 않을 만큼 충분히 넓은 경우이고, 이때 상호 금속판간의 간격(b)에 대한 w의 비(w/b)가 0.35보다 크므로,

$$Z_o \bar{\epsilon} = \frac{94.15}{\frac{w/b}{1-t/b} + \frac{C' f}{0.0885\epsilon_R}} \quad (3)$$

$$\text{단, } C' f = \frac{0.0885\epsilon}{\pi} \left[\frac{2}{1-t/b} \ln\left(\frac{1}{1-t/b} + 1\right) - \left(\frac{1}{1-t/b} - 1\right) \ln\left(\frac{1}{(1-t/b)^2} - 1\right) \right] \text{ pF/Cm} \quad (4)$$

에 의하여 Uniform Strip Line의 특성임피던스가 50Ω이 되도록 하는 전산program을 작성하고, Coaxial-to-Strip Line Launcher에서 Uniform Strip Line에 이르는 선로의 Taper부의 특성임피던스가 역시 50Ω이 되도록 선로폭 및 Strip의 폭, 평판과 strip간의 간격, strip의 두께를 결정하였다.[5]

그 결과 그림2(a)와 같은 측정 시스템을 완성했다. 안테나는 우선 다이오드가 부착된 변조용안테나이고, 이 안테나가 중심도체의 위 약 1.5Cm를 3.5m에 걸쳐서 이동시키면서 VSWR Meter로 관측한 전압을 A/D변환하여 컴퓨터에서 받아 들이도록 했다. 또, 제작된 측정시스템에 Time Domain 기능을 가진 V.N.A(본 실험에서는 Wiltron사의 360B를 사용하였음.)를 사용하여 스트립라인 의 입사단에 50Ω N-Type connector 로 연결하여 Stripline의 반사계수를 Time Domain 상으로 적절하게Gate를 걸어 측정을 행한다.

제작된 선로의 외관 및 제작된 측정시스템을 그림2(b)에 표시했다.

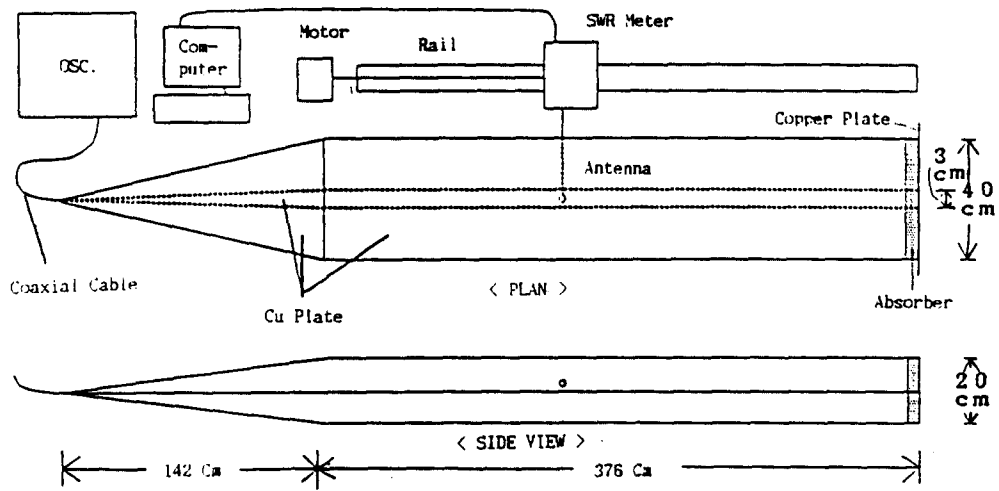


Fig. 2(a) Measuring System.

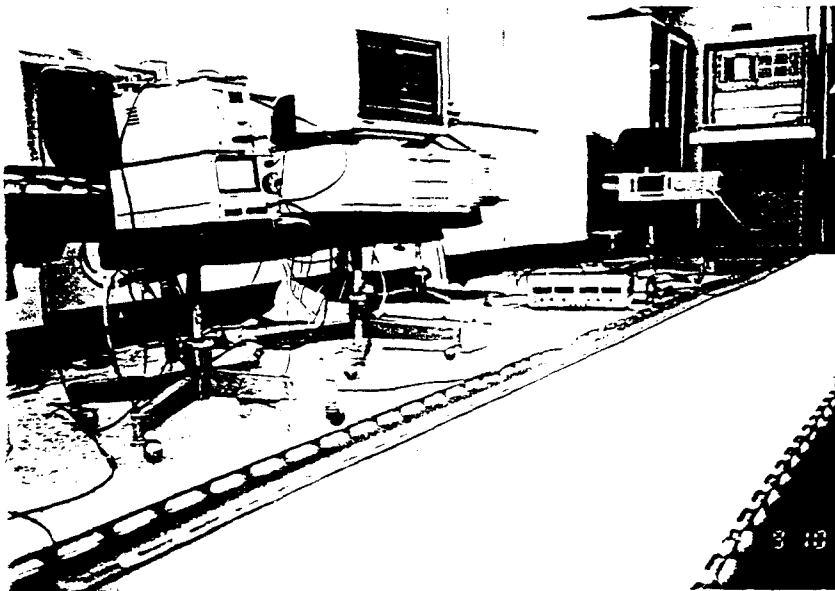


Fig.2(b) Fabricated Parallel Plate Stripline.

3. 측정결과

우선, 반사단의 흡수체를 장착하지 않은 short의 상태로서 그 정재파분포를 조사한다. 다음에 Flat형 및 Grid형의 Ferrite전파흡수체 각각에 대해서 그림2(a)의 종단에 적절하게 세트한다. 그리고 나서 흡수체장착시의 각각의 정재파분포를 측정한다. 얻어진 정재파분포의 일례를 그림 3, 4, 5에 표시하였다. 따라서, 전파흡수특성은 얻어진 정재파분포를 기본으로 다음과 같이 해서 구할 수 있다. 즉, 얻어진 정재파분포의 최대전압을 정규화하여 얻어진 종단short의 경우의 최소전압 V_s [a.u.] 및 전파흡수체 장착시의 최소전압 V_a [a.u.]를 이용하여,

$$\left[\begin{array}{l} \rho_s = 1/V_s \\ \rho_a = 1/V_a \end{array} \right. \quad (5)$$

라 하면 반사계수 Γ 는 (6)으로 계산할 수 있다.

$$\Gamma = 20 \log \frac{(\rho_a - 1)/(\rho_a + 1)}{(\rho_s - 1)/(\rho_s + 1)} \quad [dB] \quad (6)$$

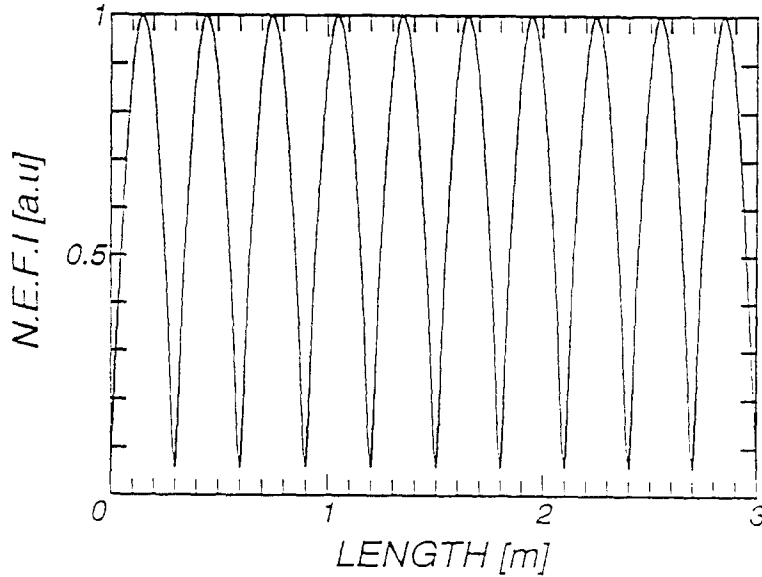


Fig.3 Short (500MHz).

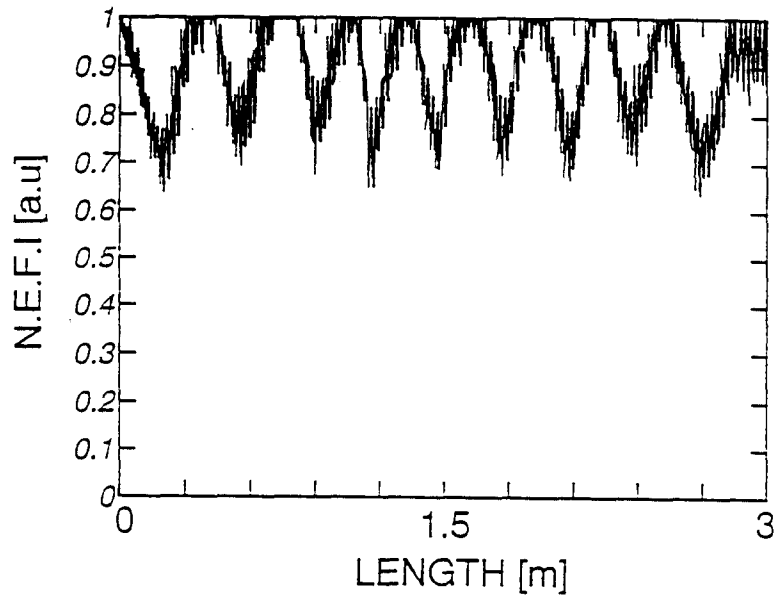


Fig.4 Flat (500MHz)

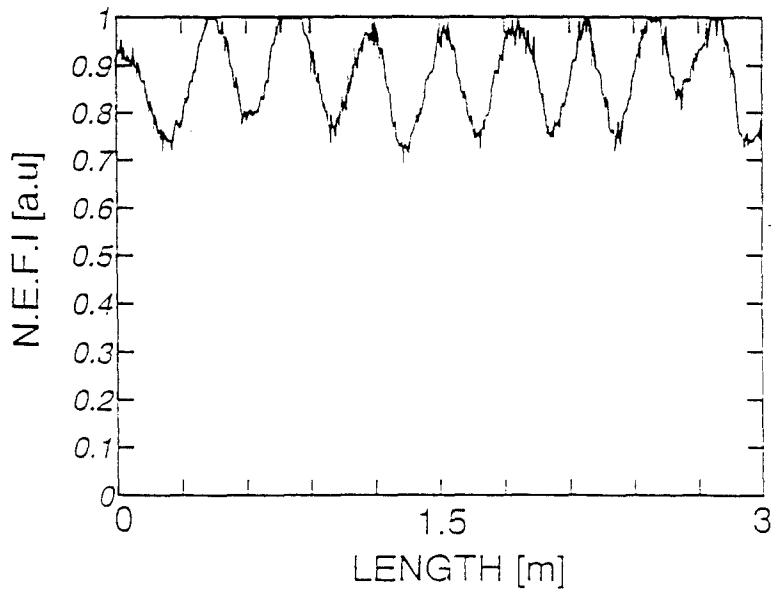


Fig.5 Grid(500MHz)

같은 방법으로 V.N.A를 사용하여 스트립라인의 입사단에 50Ω N-Type connector로 연결하고 반사계수를 측정하여 Time Domain상에서 중단단락된 부분에 적절히 Gate를 걸어 중단 단락시의 반사계수와 흡수체 장착시의 반사계수를 대수 차감함으로써 Gate된 위치의 흡수체에 의한 전파흡수능을 측정할 수 있다.[6]-[7] 그 결과 그림6 및 7과 같은 흡수특성이 얻어졌다[8]-[11].

그림 8, 9는 Time Domain 측정법으로 측정된 Flat형 및 Grid형 전파흡수체의 흡수특성과 정재파 측정법으로 얻어진 전파흡수특성을 비교하여 나타내고 있다. 전반적으로 약 700MHz부근까지 양호한 흡수특성을 보여주고 있으며 좋은 측정치를 나타내고 있음을 알 수 있다. 한편, 정재파측정법과 비교 하여 전반적인 측정오차에 있어서 간단하면서도 적절한 Gate에 의해 그 오차를 충분히 줄일수 있었다. 정재파비 측정법에 있어서는 측정시스템상 발진기의 충분한 Power를 얻지 못하여 VSWR Meter의 구동을 위해 제작된 증폭기의 오차를 생각할 수 있다. 그외의 측정 오차는 측정시스템에 있어 Center conductor의 굴곡등에 의한 오차 및 Tile Setting시 사이에 간격이 벌어져 버린 것등을 생각할 수가 있다.

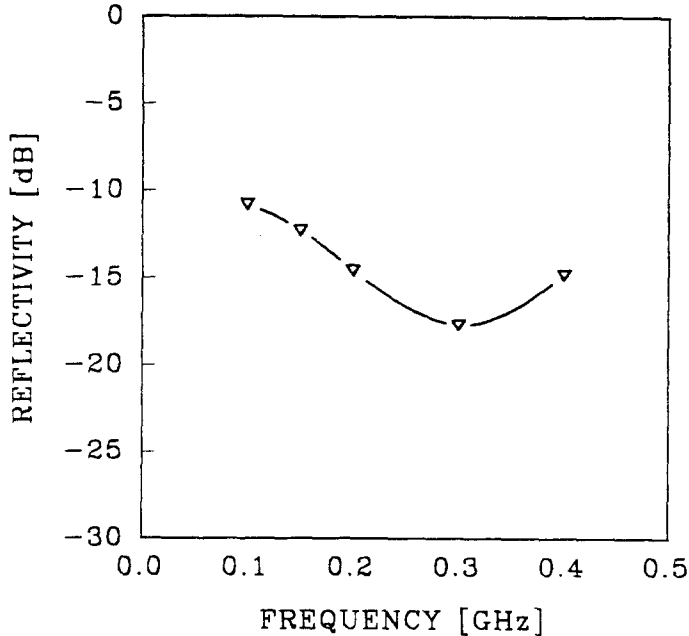


Fig.6 Absorption Characteristics of Flat(500MHz)

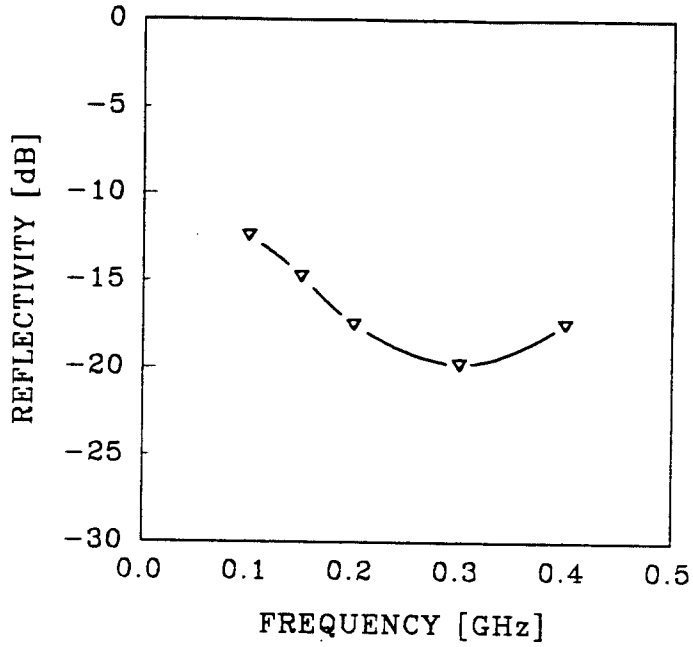


Fig.7 Absorption Characteristics of Grid(500MHz)

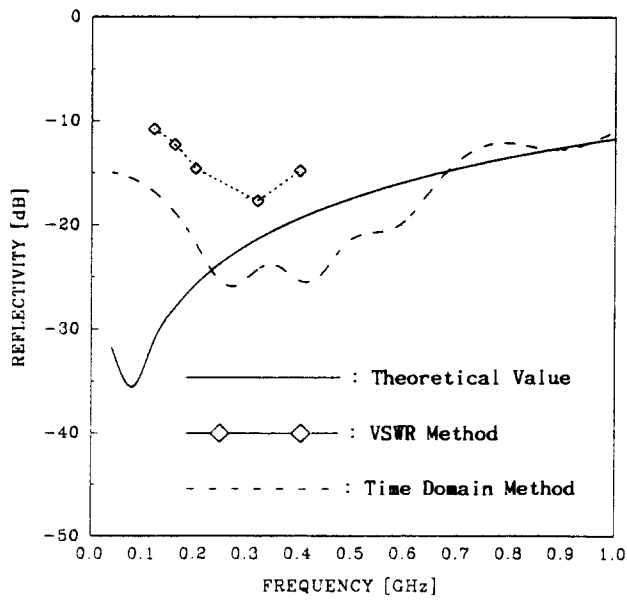


Fig.8 Comparison of Absorption Characteristics in Tile Type by Time Domain Method and VSWR Method

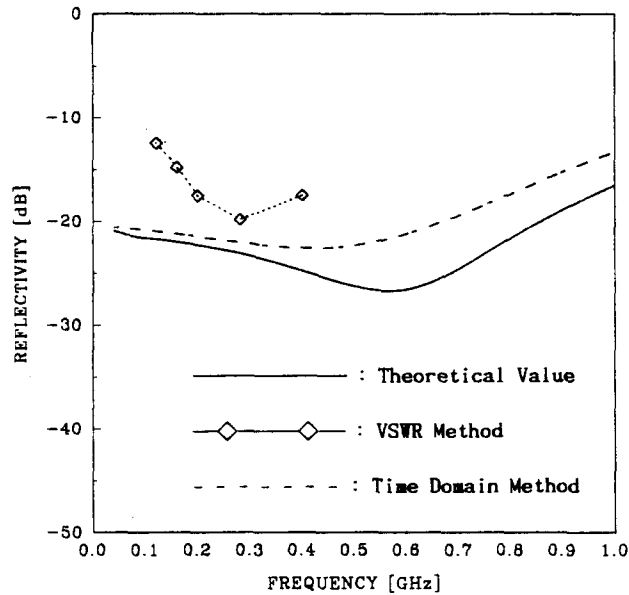


Fig.9 Comparison of Absorption Characteristics in Grid Type with Time Domain Method and VSWR Method

4. 결 론

본 연구에서는 전파암실용 TV Ghost방지용 전파흡수체와 같이 형상이 특이하거나, 크기가 큰 전파흡수체를 별도의 전파암실을 구비하여 특수안테나와 같은 고가장비를 이용하지 않고서도, 실험적으로 간편하게 측정할 수 있는 평형스트립라인을 이용한 간이측정장비를 제안하고 비교실험을 통하여 그 타당성을 입증하여 전파흡수체의 전파흡수능을 80MHz정도의 낮은 주파수에서도 측정할 수 있게 함으로써, 고성능전파흡수체의 실험적인 설계 및 성능평가를 가능하게 하였으며 EMC/EMI대책에 활용할 수 있게 하고, 실측을 행하여 타당성을 입증하였다. 그러나 평형스트립라인상의 정재파측정에 있어서는 측정장비의 미비로 측정상에 많은 오차가 있었으며 Center conductor를 Sweep하는 안테나의 높이를 일정하게 유지하는 데 있어 많은 오차를 유발하였으며 차후로 제안된 측정시스템을 사용하여 다른 여러 샘플에 대해서도 적용하여 비교실험을 행하고자 한다.

參 考 文 獻

- [1] 전자파장해(EMC)기술세미나, 한국전자파기술학회, pp.10, 1990.
- [2] S. O. Rice, "Steady State Solutions of Transmission Line Equations," The Bell System Technical Journal, Vol. XX, No. 2, pp. 131-178, Apr. 1941.
- [3] A. A. Oliner, "Equivalent Circuits for Discontinuities in Valanced Strip Transmission Line," IRE Trans. on MTT, pp. 134-143, Mar. 1955.
- [4] S. Cohn, "Problems in Strip Transmission Lines," IRE Trans. on MTT, Vol. 3, No. 2, pp. 119-126, 1955.
- [5] Harlan Howe, Strip Line Design, Artech House, Inc., 1979.
- [6] 김 동일, 정 세모 외, "카아본-페라이트 전파흡수체의 특성", 대한전자공학회 논문지, 제 26권 제 11호, pp. 92-97, (1989. 11)
- [7] 김 동일, 정 세모 외 " 전파흡수능력 측정기법연구" 국방과학연구소 기술보고서 MRDD-411- 91127(1991. 3)
- [8] M.N. Afsar et. al., "The Measurement of the Properties of Materials," Proc. IEEE, Vol. 74, No. 1, pp. 183-199, Jan, 1986.
- [9] 中島將光, 마이크로波 工學, 森北出版(株), (1979. 1)
- [10] 内藤喜之 外, "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)
- [11] 内藤喜之, 藤原, "フェライト電波吸收壁の 厚さについて", 日本電子通信學會 論文誌B, 53-B, 第9號, pp. 537 - 545(1970. 9)
- [12] "Materials Measurement Package, " Wiltron 기술자료.