

“이 책은 1990년도 문교부 학술연구조성비 지원에 의하여 출판되었음”

레이다용 광대역형 고성능 전파흡수체의 개발에 관한 연구

김 동 일* · 안 영 섭** · 정 세 모***

A Study on Development of High Performance Microwave Absorbers in Wide-Band Type for RADAR

Dong-Il Kim · Young-Sub Ahn · Se-Mo Chung

〈 목 차 〉

Abstract

I. 서 론

II. 전파흡수능 및 재료정수의 측정기법

II-1. 전파흡수능의 측정기법

II-2. 재료정수의 측정법

III. 레이다용 전파흡수체의 설계 및 특성

III-1. 대역별 고성능 전파 흡수체

III-2. 광대역형 고성능 전파 흡수체

IV. 결 론

사 사

참고문헌

Abstract

The coaxial sample holder with 20mm in diameter and the adaptor from type N connector-to-20mmφ coaxial tube are designed and manufactured which have been used for designing and measuring the fabricated microwave absorbers. In addition, the measuring method of material constants of the microwave absorbers is described, which is focused on minimizing the error due to the sample's shapes, the fitting condition, etc.

After describing the design method of a single-layered microwave absorber, the microwave absorbers for X-band, C-band, and S-band RADARs are designed and fabricated, respectively, which are composed of ferrite, carbonyl, and binder and have good performance.

Furthermore, we develop the high performance microwave absorber in extremely wide-band type for RADAR, which is composed of different material and its mixing ratio and which could cover nearly from 4 to 10 GHz.

(* 본 연구는 1990년도 학술단체육성지원금 및 1990년도 산학협동재단과 CONY전자주식회사의 Matching Fund System에 의한 학술연구비지원금에 의하여 이루어졌음)

* 정회원, 한국해양대학

** 정회원, 목포해양전문대학

*** 정회원, 한국해양대학

I. 서 론

전파흡수체는 입사한 전파를 흡수해서 열로 변환하여, 반사파가 생기지 않게하는 특수재료이다. 전파흡수체의 역사는 길어서, 전파가 사용되게 된 당시부터 무반사 조난기 등에 사용되었으며, 그 후 공간을 전파하는 전파를 흡수하는 전파흡수체가 1960년대에 개발되어 전파암실(전파무향실)이나 안테나의 지향성 개선 등에 널리 사용되어 왔다.

그러나, 최근 환경전자공학의 연구의 진전과 더불어 전자파환경의 엄격한 규제 때문에 전파흡수체의 응용범위도 점차 넓어지고 있다. 이로 인하여 전파흡수체의 용도도 다양해져서 계측용전파암실을 비롯한 TV의 고스트(ghost)방지대책, 전자렌지(microwave oven)나 각종 전자기기로 부터 누설되는 전파를 억제하는 EMC/EMI대책 등에의 응용이 활발히 연구되고 있다.¹⁾ 이 경향은 세계적인 것이지만, TV나 RADAR의 고스트 대책용에 사용되는 전파흡수체는 일본에서 독특한 것이 개발되어 왔다.

한편, 제2차 세계대전중 잠수함이나 비행기가 레이다에 탐지되지 않도록 하기 위하여 전파흡수체의 제작이 시작된 이래, 최근에는 교량 또는 선박의 마스트등에 의한 레이다의 허상방지용 전파흡수체²⁾ 및 군사적으로 레이다에 탐지되지 않는 전함 또는 항공기의 제작을 위한 전자흡수체의 개발이 미국을 비롯한 선진국을 중심으로 활발히 행해져 Gulf전쟁에서 Stealth전투기의 위력을 과시한 바 있다.

이와같은 전파흡수체의 발전과정과 수반하여 전파흡수체의 전파흡수능력 측정방법도 지속적으로 발전되어 오고 있으나, 레이다(C, X-Band)용 전파흡수체의 경우 사용주파수가 높기 때문에 전파의 파장이 짧아서 측정방법에 따른 측정오차가 크기 때문에 정밀도 및 신뢰성에 문제가 남아있다. 단순히 레이다용 전파흡수체(RADAR Absorbing Material: RAM)의 품질관리 또는 생산개발을 위하여 전파흡수 능력만을 비파괴적으로 측정하고자 하는 경우에는 NRL Arch를 이용하는 반사전력법이 약 40년전에 개발되어 사용되고 있으나 이것은 전파흡수능 이외에 재료정수등의 측정이 불가능

할 뿐 아니라 비교적 큰 샘플(예를 들면 1*1 ft, 1*3 또는 2*2 ft)을 필요로 하기 때문에 실험적으로는 부적당한 방법이다. 또한, 정재파법을 이용하는 경우에는 단일 주파수(point frequency)에서만 측정이 가능하기 때문에 측정에 요하는 노력과 시간이 많이 요구되는 번거로움이 있다.

한편 동축관(coaxial air line)을 이용하는 방법이 있으나 일반적으로 사용되고 있는 gig는 그 칫수가 작기 때문에 유전율 또는 투자율이 큰 전파흡수체와 같은 시료의 경우에는 시료의 형상이나 air gap등에 기인하는 오차가 커서 실용적이지 못하다.

나아가서, 재료정수의 측정법에 관해서는 크게 나누어, 공진법, 섭동법, 동축관 또는 구형도파관을 이용한 투과반사측정법(2-port method) 및 open-short법, ℓ -2 ℓ 법 등이 있다.^{3,4)} 이들 중 공진법 및 섭동법은 하나의 공진기를 제작하였을때 한점의 주파수에서만 재료정수를 구할수 있으므로 실용적인 방법이 못되지만, 전자레인지(microwave oven)와 같은 특정 주파수(2.45 GHz)의 전파만을 사용하는 경우에 ferrite와 같은 특수재료의 재료정수 측정에 이용된다.

또한, 투과반사 측정법은 비교적 넓은 범위의 주파수대에 걸친 재료정수 측정에 유리한 방법이지만, 사용되는 gig의 칫수가 작거나 시료의 fitting이 어렵고, reference plane의 setting 방법등에 오차가 개입되기 쉬워서 측정오차에 큰 문제점이 남아 있다.

위의 각 측정방법이 가지고 있는 문제점을 해결하기 위하여 지속적인 연구가 수행되어오고 있으나, 아직까지 전파흡수능력 및 재료정수 측정방법에는 크고 작은 문제점이 그대로 남아 있다.

따라서 본 연구에 있어서는 1차적으로 N-Type Coaxial Line으로 부터 대형 coaxial Tube(내경: 9 mm, 외경 20mm정도)로 변환 시키는 adaptor 및 같은 내외경을 가지는 sample holder를 설계 제작하여, 비교적 sample의 형상이나 fitting 상태에 영향을 적게받는 동축관법에 의한 전파흡수능력 측정법을 개발함으로써 크기가 큰 시료를 준비하지 않고서도 간단히 전파흡수능력을 측정할 수 있는 lab-scale의 측정법을 제시한다.

나아가서, 도파관을 이용한 재료정수 측정법(투

파반사법)을 채용하여 시료의 형상등이 측정오차에 비교적 영향을 미치지 않는 측정 system을 구성하여 실측을 행하고, 이들을 전파흡수체의 설계 및 제작에 활용할 뿐만 아니라, 제작된 전파흡수체의 성능을 검증한 결과에 관하여 검토한다.

II. 전파흡수능 및 재료정수의 측정기법

II-1 전파흡수능의 측정기법

전파흡수체의 배면단락시의 흡수능측정 및 설계를 위한 입력임피던스는 그림 1에 나타난 측정장치를 사용하였으며, 이 측정을 위하여 마이크로파 전송선로의 동축선 이론¹⁰⁾에 바탕을 두고 제작한 20.05mmφ 50Ω계 동축관 샘플 홀더 및 50Ω계 Type-N connector로부터 20.05mmφ 동축관 샘플홀더로의 변환 adaptor의 도면은 각각 그림2(a) 및 그림 2(b)와 같다.

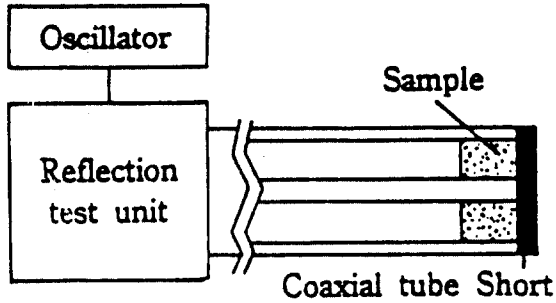


그림 1. 전파흡수능 측정장치
Fig. 1 Measurement Apparatus of Microwave Absorbing Characteristics

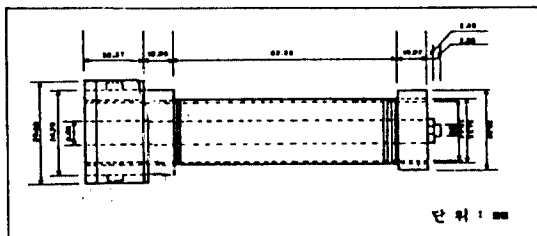


그림 2(a). 제작한 20.05mmφ 50Ω계 동축관 샘플 홀더의 도면
Fig. 2(a) Drawings of Fabricated Coaxial Sample Holder with 20mm Diameter

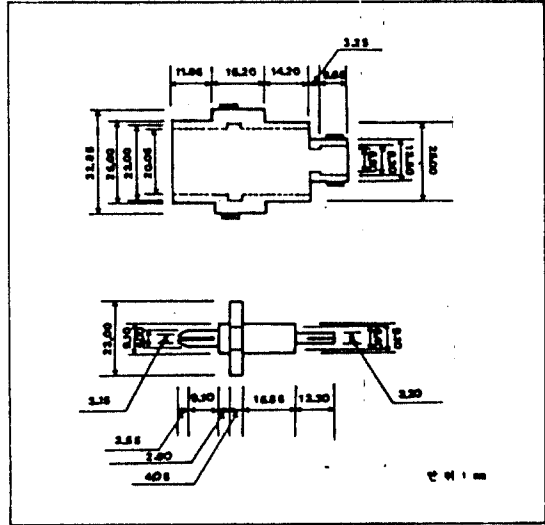


그림 2(b). 제작한 50Ω계 Type-N connector로부터 20.05mmφ 동축관 샘플홀더로의 변환 adaptor의 도면
Fig. 2(b) Drawings of Fabricated Adaptor from Type-N Connector to 20.05mmφ Coaxial Tube

따라서, 시편을 제작한 후 그림1 또는 그림2(a)의 동축관 샘플홀더의 배면 Short Plate에 시편이 밀착되도록 삽입하여 반사감쇠량(반사계수) 또는 입력임피던스를 측정하면 전파흡수능의 평가가 가능해진다.

II-2. 재료정수의 측정법

전파흡수체의 재료정수 측정법으로는 투과반사법(2-Port Method)채용하였으며, 이하 그 측정기법에 관하여 기술한다.

가) 이론

분포정수회로를 기본으로 하여 전송선로에 시료를 삽입하여 2-PORT 전송선로에 대한 입사파와 반사파를 구하고 그로부터 산란행렬을 구하고 투과계수와 반사계수를 구한 다음 재료정수 즉 복소 유전율과 복소투자율을 계산하여 보자. 우선 시료가 채워진 그림과 같은 전송선로를 생각해 보자.

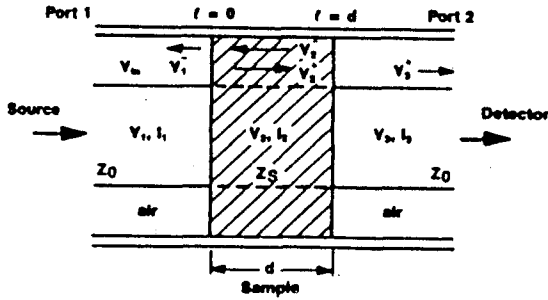


그림 3. 시료가 채워진 전송선로
Fig. 3 Transmission Line Filled with Sample

윗 그림을 참고로 해서 다음과 같은 전압·전류 방정식들을 유도할 수 있다.

$$V_1 = V_i e^{j\omega \ell} + V_1^- e^{-j\omega \ell} \quad \ell \leq 0 \quad \dots \dots \dots (1)$$

$$I_1 = \frac{1}{Z_0} (V_i e^{j\omega \ell} - V_1^- e^{-j\omega \ell})$$

$$V_2 = V_2^+ e^{-j\omega \ell} + V_2^- e^{j\omega \ell} \quad 0 \leq \ell \leq d \quad \dots \dots \dots (2)$$

$$I_2 = \frac{1}{Z_s} (V_2^+ e^{-j\omega \ell} - V_2^- e^{j\omega \ell})$$

$$V^3 = V_3^+ e^{-j\omega(\ell-d)} \quad \ell \leq d \quad \dots \dots \dots (3)$$

$$I_3 = \frac{1}{Z_0} (V_3^+ e^{-j\omega(\ell-d)})$$

위의 방정식을 다음과 같은 경계 조건하에서

$$\left. \begin{matrix} V_1 = V_2 \\ I_1 = I_2 \end{matrix} \right\} : \ell = 0 \text{일때}$$

$$\left. \begin{matrix} V_2 = V_3 \\ I_2 = I_3 \end{matrix} \right\} : \ell = d \text{일때}$$

다시 정리하여 $S_{11} = V_1^- / V_{in}$, $S_{21} = V_3^+ / V_{in}$ 을 이용하고 $k = Z_s / Z_0 = (1 + \Gamma) / (1 - \Gamma)$ 로 치환해서 S_{11} 과 S_{21} 에 대해서 정리하면

$$S_{11}(\omega) = \frac{(1 - T^2) \Gamma}{1 - T^2 \Gamma^2} \quad \dots \dots \dots (4)$$

$$S_{21}(\omega) = \frac{(1 - \Gamma^2) T}{1 - T^2 \Gamma^2} \quad \dots \dots \dots (5)$$

식(4)과 식(5)을 Γ 에 관해서 정리하면

$$\Gamma = \frac{T - S_{21} - S_{11}}{T(S_{11} + S_{21}) - 1} \quad \dots \dots \dots (6)$$

또 T에 관해서 정리하면

$$T = \frac{\Gamma - (S_{11} + S_{21})}{\Gamma(S_{11} + S_{21}) - 1} \quad \dots \dots \dots (7)$$

와 같이되고 식 (7)을 식 (8)에 대입하면

$$S_{11} \Gamma^2 - (S_{11}^2 - S_{21}^2 + 1) \Gamma + S_{11} = 0 \quad \dots \dots \dots (8)$$

식 (8)은 2차 방정식이므로 근의 공식에 의해

$$\begin{aligned} \Gamma &= \frac{(S_{11}^2 - S_{21}^2 + 1) \pm \sqrt{(S_{11}^2 - S_{21}^2 + 1) - 4S_{11}^2}}{2S_{11}} \\ &= \frac{S_{11}^2 - S_{21}^2 + 1}{2S_{11}} \pm \sqrt{\frac{(S_{11}^2 - S_{21}^2 + 1) - 4S_{11}^2}{4S_{11}^2}} \end{aligned} \quad \dots \dots \dots (9)$$

여기서

$$K = \frac{S_{11}^2 - S_{21}^2 + 1}{2S_{11}} \quad \text{이라고 하면}$$

$$\Gamma = K \pm \sqrt{K^2 - 1} \quad \dots \dots \dots (10)$$

와 같은 결과식을 얻을 수 있다.

식 (7)와 식 (10)에서 알 수 있듯이 투과계수 T와 반사계수 Γ 는 S-PARAMETER S_{11} 과 S_{21} 으로 나타낼 수가 있다.

여기서 Γ 는 시료의 길이가 무한대(즉 $\ell = \infty$)에서의 반사계수, T는 한정된 길이의 시료($\ell = d$)에서의 투과계수이며, 각각 다음과 같이 나타낸다.

$$\Gamma = \frac{Z_s - Z_0}{Z_s + Z_0} = \frac{\sqrt{\frac{\mu_r}{\epsilon_r}} - 1}{\sqrt{\frac{\mu_r}{\epsilon_r}} + 1} \quad \dots \dots \dots (11)$$

$$\begin{aligned} T &= \exp(-j\omega \sqrt{\mu \cdot \epsilon} \cdot d) \\ &= \exp[-j(\omega/c) \sqrt{\mu_r \cdot \epsilon_r} \cdot d] \end{aligned} \quad \dots \dots \dots (12)$$

식 (11), (12)를 각각 ϵ_r 과 μ_r 에 관해서 정리하면

$$\epsilon_r = \frac{1}{\Lambda^2} + \frac{1}{\lambda_c^2 \lambda_0^2} \quad \dots \dots \dots (13)$$

$$\mu_r = \frac{1+\Gamma}{\Lambda(1-\Gamma) \sqrt{\frac{1}{\lambda_0^2} - \frac{1}{\lambda_c^2}}} \dots\dots\dots (14)$$

단, λ_0 : 자유공간파장, λ_c : 도파관 차단파장

$$\frac{1}{\Lambda^2} = - \left[\frac{1}{2\pi d} \ln \left(\frac{1}{T} \right) \right]^2$$

와 같이 된다.

결론적으로 식 (7), (10)에서 알 수 있듯이 S_{11} 과 S_{21} 의 S-Parameter만을 측정하면 T와 Γ 는 계산할 수 있으며 식 (11), (12)를 이용해서 복소유전율 ($\epsilon_r = \epsilon_r' - j\epsilon_r''$)과 복소투자율($\mu_r = \mu_r' - j\mu_r''$)을 각각 식 (13)와 식(14)으로써 구할 수 있다.

III. 레이다용 전파흡수체의 설계 및 특성

III-1 대역별 고성능 전파흡수체

두께 d의 전파흡수체를 판상으로 하여 그림 4와 같이 놓은 경우, 평면파의 수직 입사에 대한 파동 임피던스 z는 진공중인 평면파의 파동 임피던스로 규격화하여 식 (15)와 같이 주어진다.

$$Z = \sqrt{\frac{\mu_r}{\epsilon_r}} \tan h \left(j \frac{2\pi}{\lambda} \sqrt{\epsilon_r \mu_r} d \right) \dots\dots\dots (15)$$

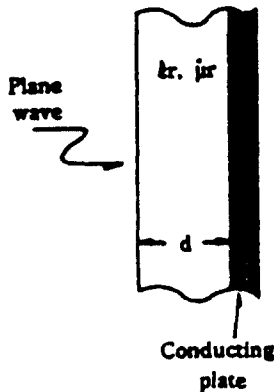


그림 4. 단층형 전파흡수체
Fig. 4 Single-layered Electromagnetic Wave Absorber

여기서, λ 는 입사된 평면파의 진공중의 파장이며, 비유전율 $\epsilon_r = \epsilon_r' - j\epsilon_r''$, 비투자율 $\mu_r = \mu_r' - j\mu_r''$ 이다.

완전한 전파흡수체로 되기 위한 조건은 식 (15)의 임피던스가 z가 1이 되는 것이다.

즉, 정합조건

$$Z = \sqrt{\frac{\mu_r}{\epsilon_r}} \tan h \left(j \frac{2\pi}{\lambda} \sqrt{\epsilon_r \mu_r} d \right) = 1 \dots\dots (16)$$

에서 주파수 f와 두께 d를 패러미터로 해서 z의 궤적을 Smith Chart상에 그려 z=1을 통하는 경우의 정합주파수 f_m 및 정합두께 d_m 을 결정하면 전파흡수체의 설계가 가능해진다. 주파수를 f_1 또는 f_3 에 고정하고, d를 $d_1 < d_2 < d_3$ 로 증가시켜 가면, 궤적은 정합점을 좌 또는 우로 보면서 호를 그리게 된다 <그림 5(a)> 따라서, 정합주파수는 f_1 과 f_3 의 사이에 존재한다. 이것이 소위 제1정합이다.^{11),12)} 주파수를 $f_4 < f_5 < f_6$ 로 더욱 높혀 d를 변화시키면, 궤적은 그림 5(b)의 파선과 같이 되돌아 간다. 따라서, f_4 와 f_5 사이에서 제2정합이 취해진다.¹³⁾

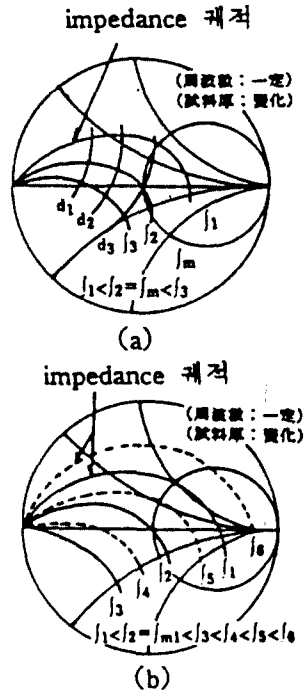


그림 5. 규격화 임피던스의 궤적
Fig. 5 Loci of Normalized Impedance

이와 같은 임피던스계적에 의한 전파흡수체의 설계방법은 임피던스의 측정이 용이하고, 유전율 및 투자율의 분산특성을 모르더라도 정합점을 찾을 수 있으므로 실험적으로는 뛰어난 방법이지만, 문자 그대로 cut-and-try의 수법이므로 이론적 고찰에는 적합하지 못하며 방대한 실험을 하여야 한다.

또한, 본 연구에서와 같이 전파흡수체의 조성비 별로 주파수대역별 샘플을 제작하여 정합조건을 구하는 경우에는 Network Analyzer를 "LOG MAGNITUDE"에 놓고 두께만을 바꾸어 가면서 흡수 주파수대역 및 정합두께를 결정할 수 있다.

(1) X-Band용 전파흡수체

앞에서 설명한 전파흡수체의 설계법에 따라, X-Band 레이더의 중심주파수인 9.5GHz 근방에서 설계, 제작한 sheet형 전파흡수체의 비중, 정합두께, 중심주파수 및 -20dB반사감쇠 대역폭은 표 1 과 같다.

표 1. 설계·제작한 X-Band용 sheet형 전파흡수체

Table 1. Designed and Fabricated Microwave Absorbers for X-Band Radar in sheet Type.

Sample Nos.	density	Matching Thickness	Center Frequency	Bandwidth
C-1	2.23	1.36(mm)	9.66(GHz)	400(MHz)
C-2	2.35	1.45	9.62	780
C-3	2.35	1.56	9.15	320

표 1에 나타낸 전파흡수체의 조성비는 보지재를 B, 페라이트를 F, 카이본을 C로 나타내면, 그 중량비가 C-1, C-2 및 C-3 모두 B:F:C=1:3.5:1로 하였으며, 그 이외의 혼합비에서는 특성이 양호한 전파흡수체의 설계치는 얻어지지 않았다. 보지재는 모두 CPE(Chlorinated Poly-Ethylene)를 사용하였으며, 페라이트는 초투자율 $\mu'=450$ 인 NiZn Ferrite를 사용하였다.

그림 6은 샘플 C-1의 전파흡수특성을 나타내고, 그림 7은 샘플 C-2 및 C-3의 전파흡수 주파수 특성을 나타낸다. 여기서, 샘플 C-1은 open roller를 사용하여 제작한 샘플이고, C-2 및 C-3는 T-Die를 사용하여 제작한 샘플이므로 조성비는

상호 일치하지만 제작된 전파흡수체의 밀도가 상이하므로 전파흡수특성에 큰 차이가 나타난다. 또, 그림 6 및 그림 7에서 알 수 있는 바와 같이, open roller로 제작한 전파흡수체(C-1)는 두께가 1.36mm로서 종래의 2.5mm 정도에 비하여 획기적으로 박층화되었으나 전파흡수 대역폭이 400MHz 정도에 불과한 반면, T-Die로 제작한 샘플(C-2)는 780MHz의 넓은 대역폭이 얻어지지만 두께가 1.45mm로서 C-1보다 약간 두꺼워지는 것이 명백해졌다.

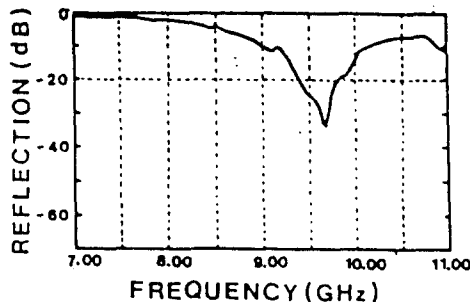


그림 6. X-Band 레이더용 쉬트형 전파흡수체의 주파수특성(샘플: C-1, 두께: 1.36mm)

Fig. 6 Frequency characteristics of Microwave Absorber for X-Band Radar in Sheet Type (Sample: C-1, Thickness: 1.36mm)

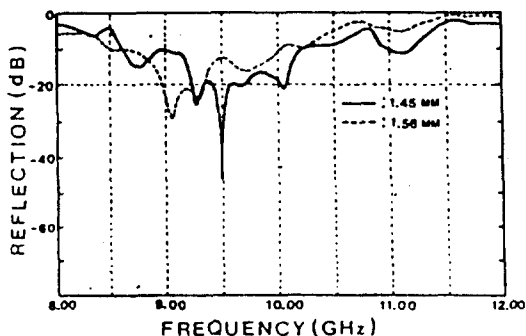


그림 7. X-Band 레이더용 쉬트형 전파흡수체의 주파수특성(샘플: C-2(1.45mm) 및 C-3(1.56mm))

Fig. 7 Frequency Characteristics of Microwave Absorber for X-Band Radar in sheet Type (Sample: C-2(1.45mm) and C-3(1.56mm))

(2) C-Band 및 S-Band용 전파흡수체

위와 같은 방법으로 설계하여 제작한 C-Band 및 S-Band 레이다용 전파흡수체의 전파흡수특성을 각각 그림 8 및 그림 9에 나타낸다. 특성이 양

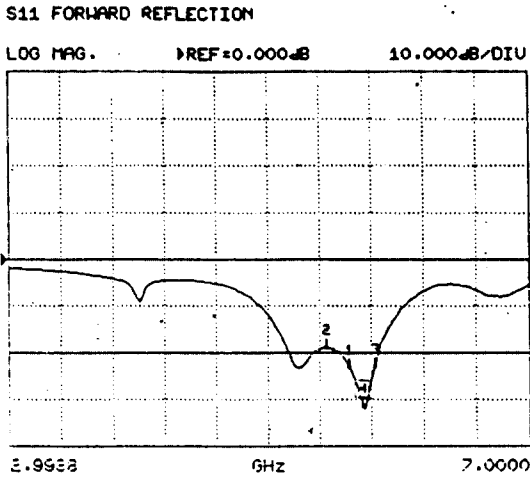


그림 8. 고성능 C-Band 레이다용 전파흡수체의 특성

Fig. 8 Frequency Characteristics of High Performance Microwave Absorber for C-Band RADAR

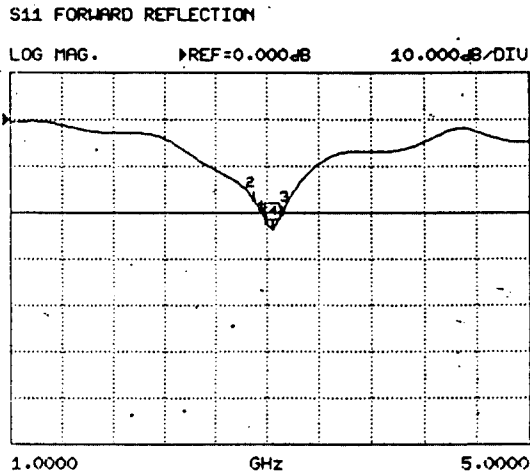


그림 9. 고성능 S-Band 레이다용 전파흡수체

Fig. 9 Frequency Characteristics of High Performance Microwave Absorber for S-Band RADAR

호한 전파흡수체를 개발하기 위하여는 위에서 설명한 바와 같이 방대한 실험적 설계를 요하므로, 본 연구에서는 보지재(B)를 1로 고정하고 케라이트(F)와 카이본(C)을 각각 중량비 0.5의 간격으로 조합한 조성비 및 B:F:C=1:x:x, 즉 F=C의 경우의 x의 간격을 0.1로 한 조성비로 이루어진 다수의 전파흡수체 샘플을 제작하여 두께를 조절해 가면서 전파흡수특성을 측정한 결과 가장 성능이 우수하고 대역폭이 넓은 것을 C-Band 및 S-Band용의 대역별로 각각 개발하였으며, 표 2에 각각의 고성능 전파흡수체의 배합율, 정합두께, 설계 중심주파수 및 대역폭을 나타낸다. 여기서, 대역폭은 -10dB 이하의 반사감쇠량이 얻어지는 주파수 대역을 나타낸다.

표 2. 설계, 제작한 고성능 C-Band 및 S-Band용 전파흡수체

Table 2. Designed and Fabricated Absorbers For C-Band and S-Band RADAR with High Performance

	Mixing Ratio (B : F : C)	Matching Thickness	Designed Center Frequency	Bandwidth in -10dB Reflec
for C-Band RADAR	1 : 25 : 1	242mm	5.6GHz	1,150MHz
for S-Band RADAR	1 : 0.9 : 0.9	495mm	3.0GHz	1,100MHz

III-2 광대역형 고성능 전파흡수체

위에서는 대역별 단층형 전파흡수체의 설계, 제작 및 특성에 관하여 살펴보았으나, 본 절에서는 광대역형 전파흡수체의 설계·제작 결과 및 특성에 관하여 기술한다.

레이다에 탐지되지 않는 항공기 또는 전함을 제작하거나, 레이다 고스트방지용에서 완전 무반사의 조건을 만족시키기 보다는 넓은 주파수대역에 걸쳐 주어진 허용범위 이내의 반사만을 일으키는 특성을 가지게 하는 것이 바람직한 경우가 많다. 예를 들어, X-Band 레이다용 전파흡수체는 X-Band의 전파를 효율적으로 흡수하여 열로 변화시

키지만, C-Band 레이다나 S-Band 레이다 전파에 대하여는 거의 흡수능이 없기 때문이다.

따라서, 본 연구에서는 전파흡수체의 반사감쇠량에 대한 허용한계를 -10dB 이하로 하고, 광대역형 고성능 전파흡수체를 설계·제작하여 전파흡수 특성을 평가 하였다. 전파흡수주파수대역의 목표치는 4GHz~10GHz로 하였으며, 표 3은 설계한 레이다용 광대역형 고성능 전파흡수체의 배합비율, 두께 및 -10dB 반사감쇠대역폭을 나타낸다. 표 3에서 S는 shell powder를 나타내며 이것은 전파흡수체내의 공극을 조절하여 전파흡수능을 향상시키기 위하여 페라이트분말에 premix한 것이다.

표 3. 설계·제작한 광대역형 고성능 전파흡수체
Table 3. Designed and Fabricated Absorbers with High Performance in Broad-Band Type

Sample Number	Mixing Ratio (B : F : S)	Thickness	Bandwidth in -10dB Reflection
B-1	17wt% : 80wt% : 3wt%	2.53mm	3,500MHz

그림 10은 표 3에 나타낸 레이다용 광대역형 고성능 전파흡수체의 전파흡수특성(반사감쇠량의 주

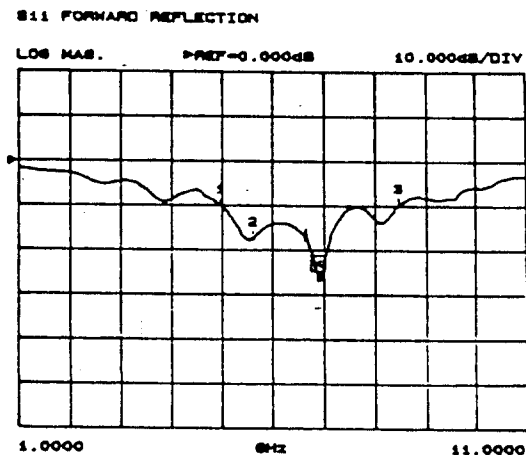


그림 10. 레이다용 광대역형 고성능 전파흡수체의 특성

Fig. 10. Frequency Characteristics of High Performance Microwave Absorber for RADAR in Broad-Band Type.

파수특성)을 나타내며, 이 전파흡수체는 목표치를 완전히 달성하고 있지는 못하지만 두께가 얇고 단층형임에도 불구하고 거의 4~10GHz의 범위를 약 -8dB 이하의 반사감쇠량으로 cover하는 고성능 특성을 가지고 있음을 알 수 있다.

IV. 결 론

전파흡수체의 전파흡수능을 실험실적으로 간단히 측정할 수 있게 하기 위한 20mmφ 동축관 샘플홀더 및 Type-N connector로 부터 20mmφ 동축관으로의 변환 Adaptor를 제작하여 전파흡수체의 설계 및 특성 전파흡수능 평가에 사용할 수 있게 하였다. 또 구형도파관을 이용한 재료정수 측정법을 채용하여 시료의 형상등의 영향을 적게 받는 실측방법에 관하여 기술 하였다.

나아가서, 단층형 전파흡수체의 설계법에 관하여 기술하고, X-밴드, C-밴드, S-밴드 레이다용 전파흡수체를 페라이트, 카아본 및 보지재로 구성하여 최상의 전파흡수특성이 각각 설계·제작한 결과, 양호한 전파흡수특성을 가짐을 밝혔으며, 4~10GHz의 광대역에 걸친 전파를 흡수할 수 있는 초광대역형 고성능 전파흡수체를, 불과 2.53mm의 두께로 개발하였다. 이들은 물리적 특성의 시험평가가 이루어지면 곧바로 실용화가 가능할 것으로 기대된다.

사 사

본 연구를 수행함에 있어서, 학술단체육성지원금을 지원하여 주신 체신부 및 한국전기통신공사, 학술연구지원금을 지원하여 주신 산학협동재단 및 코니전자주식회사의 관계자 여러분과 연구에 도움을 주신 KIST의 박 영우 박사, 연구조원 김 동철, 민 경식 그리고 전 상업군에게 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 1) 김 동일, 정 세모 외, "카아본-페라이트 전파흡수체의 특성", 대한전자공학회 논문지, 제

- 26권 제 1호, pp. 92~97, (1989. 11).
- 2) 김 동일, 정 세모 외, "X-밴드 레이다용 전파 흡수체의 개발에 관한 연구", 한국항해학회지, 제 14권 제 1호, pp. 9~19, (1990. 3).
 - 3) 内藤喜之, 마이크로波공학, 1986.
 - 4) 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.
 - 5) L. P. Lightart, "A fast Computational Technique for Accurate Permittivity Determination Using Transmission Line Method, "IEEE Trans. on MTT, Vol. 31, No.3, pp. 249~254, Mar. 1983.
 - 6) M. N. Afsar et. al., "The Measurement of the Properties of Materials", Proc. IEEE, Vol. 74, No. 1, pp. 183~199, Jan, 1986.
 - 7) "Materials Measurement Package", Wiltron 기술자료.
 - 8) "Microwave Material Measurements Seminar", 자료, The Johns Hopkin University, Oct. 1990.
 - 9) "Measuring Methods for Properties of Gyromagnetic Materials intended for application at microwave frequencies", International Electrotechnical Commission IEC Standard, 1982.
 - 10) 中島將光, 마이크로波 工學, 森北出版(株), (1979. 1).
 - 11) 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).
 - 12) 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).
 - 13) 内藤喜誌 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).