

<https://doi.org/10.7236/JIIBC.2019.19.4.21>
JIIBC 2019-4-4

PMM을 이용한 2중 유전체층 사이의 저항띠 격자구조에 의한 TE 산란에 관한 연구

A Study on TE Scattering by a Resistive Strip Grating Between a Double Dielectric Layer Using PMM

윤의중*

Uei-Joong Yoon*

요약 본 논문에서는 2중 유전체층 사이의 저항띠 격자구조에 의한 TE(transverse electric) 산란 문제는 전자파 수치 해석 방법으로 알려진 PMM(point matching method)를 이용하여 해석하였다. 경계조건들은 미지의 계수를 구하기 위하여 이용하였고, 산란 전자계는 Floquet 모드 함수의 급수로 전개하였고, 저항띠의 해석을 위해 저항 경계조건을 적용하였다. 저항띠의 폭과 주기, 2중 유전체층 사이의 비유전율, 두께, 입사각 및 균일저항율에 대해 정규화된 반사파 투과전력을 계산하였다. 전반적으로, 도체 스트립에 대한 반사 전력은 비유전율의 값이 증가함에 따라 증가하였고, 균일 저항율을 갖는 저항띠에 대한 반사 전력은 저항율의 값이 증가함에 따라 감소하였다. 본 논문의 제안된 구조에 대한 수치결과들은 기존 논문의 수치해석 결과들과 비교하여 매우 잘 일치하였다.

Abstract In this paper, TE(transverse electric) scattering problems by a resistive strip grating between a double dielectric layer are analyzed by using the PMM(point matching method) known as a numerical method of electromagnetic field. The boundary conditions are applied to obtain the unknown field coefficients, the scattered electromagnetic fields are expanded in a series of Floquet mode functions, and the resistive boundary condition is applied to analysis of the resistive strip. The numerical results for the normalized reflected and transmitted power are analyzed by according as the width and spacing of resistive strip, the relative permittivity and thickness of the double dielectric layers, incident angles, and uniform resistivity. Typically, the reflected power for the conductive strip increased as the value of the relative dielectric constant increased, the reflected power for the resistive strip with uniform resistivity decreased as the value of the resistivity increased. The numerical results for the presented structure of this paper are shown in good agreement compared to those of the existing papers.

Key Words : TE scattering, Conductive boundary condition, double dielectric layer.

*충신회원, 가천대학교 의용생체공학과
접수일자 2019년 7월 16일, 수정완료 2019년 7월 28일
게재확정일자 2019년 8월 2일

Received: 16 July, 2019 / Revised: 28 July, 2019 /
Accepted: 2 August, 2019

*Corresponding Author: ujyoon@gachon.ac.kr

Dept. of Biomedical Engineering, Gachon University, Korea

I. 서 론

유전체 판상의 스트립 회절격자(strip grating)에 의한 산란문제는 광학, 필터, 레이더, 안테나 및 전자기학의 이론 및 응용분야에서 중요시 되었고, 광학에서는 이러한 구조들은 전송회절격자로 널리 이용되어 왔으며, reflector antenna systems, wave polarizers, artificial dielectrics, side lobe suppression angular filter 등 반사나 투과 현상을 취급하기 위해서 여러 연구자들에 의해서 많은 관심을 가져왔다^{[1]-[10]}. 격자구조에 도체띠(conductive strip)를 사용한 기본 문제로서 Richmond^[2]는 자유공간 상에서 스트립에 유도되는 미지의 유도전류를 계산하기 위하여 FGMM(fourier galerkin moment method)을 이용하여 수치해석하였고, Mittra^[3]는 자유공간상에서 저항띠를 가진 경우에 대해 파수영역(spectral domain)에서 SGMM(spectral galerkin moment method)을 적용하여 수치해석하였다. 그리고 Kalhor^[4]는 반사를 유리하도록 유전체 접지층 위에 도체띠를 가지는 경우에 대해 PMM(point matching method)을 이용하여 수치계산하였고, Volakis^[5]는 유전체층 위에 저항띠가 배열되어 있을 때 FGMM을 이용하여 TE(transverse electric, H-polarized) 산란 해석을 하였으며, 주기적인 유전체 층을 사용한 안테나용 주파수 선택 반사기를 설계하였다^[6].

참고문헌 [7]에서는 산란 문제를 취급 함에 있어, 접지 유전체층 위의 저항띠에 유도되는 전류밀도를 sine 함수와 cosine 함수로 나누어 흡수 항과 짝수 항으로 구분해서 수치해석하였고 참고문헌 [8]은 접지된 2개의 유전체 층 위의 완전도체띠의 경우 FGMM을 이용하여 수치해석할 때 전류밀도를 sine 함수와 cosine 함수로 나누어 처리한 것을 간단한 지수함수를 이용하여 수치계산하였다. 또한 참고문헌 [9]는 1개 유전체층 위의 완전도체띠 격자 구조에 의한 TE 산란 문제를 해석하였으며, 참고문헌 [10]은 2중 유전체층 사이의 도체띠 격자구조에 대해 TE 산란 문제를 PMM을 이용하여 수치해석하였다.

본 논문에서는 TE 산란 문제의 경우, 2중 유전체층 사이에 매우 얇은 완전도체띠에 대한 문제를 저항띠의 문제로 확장하여 전개하고 함수 문이 필요 없는 경계조건만을 가지고 수치해석할 수 있는 PMM을 이용하여 수치 계산하였으며, 기존 논문의 수치결과와 비교하여 본 논문의 타당성을 입증하는 것이 본 논문의 목적이다.

II. 문제 구조의 전자계 수식전개

문제의 구조는 그림 1과 같이 TE 평면파가 가장자리에 나란하게 ϕ 의 각도로 비스듬히 입사하고, 접지된 2중 유전체층 사이에 저항띠가 y 방향으로 무한하게 배열되어 있다. 저항띠의 격자는 $x-y$ 평면상에 위치하고 있으며, x 방향으로 주기적으로 배열되어 있다. 그림 1에서 스트립 주기(strip spacing) s , 스트립 폭 w , 영역 1과 2의 비유전율(relative permittivity) 및 두께는 ϵ_{r1} , ϵ_{r2} [F/m] 및 t_1 , t_2 이며, 단위는 파장[λ]이다.

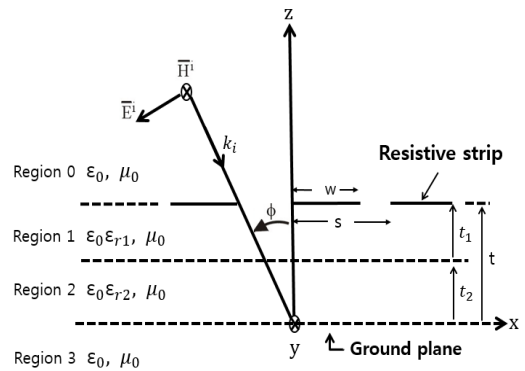


그림 1. 2중 유전체층 사이의 저항띠 격자구조와 입사 TE 평면파
Fig. 1. Geometry of resistive strip grating between a double dielectric layer and incident TE plane wave

그림 1과 같은 구조에 대하여 영역 0에 입사하는 자체 \overline{H}^i 및 전계 \overline{E}^i 는 다음과 같이 쓸 수 있다^[10].

$$\overline{H}^i = \hat{a}_y H_0 e^{-j\beta_0 x} e^{j\gamma_0 z} \quad (1)$$

$$\overline{E}^i = -\hat{a}_x \frac{H_0 \gamma_0}{\omega \epsilon_0} e^{-j\beta_0 x} e^{j\gamma_0 z} - \hat{a}_z \frac{H_0 \beta_0}{\omega \epsilon_0} e^{-j\beta_0 x} e^{j\gamma_0 z} \quad (2)$$

식 (1)과 (2)에서 \hat{a}_x , \hat{a}_y 및 \hat{a}_z 는 x , y 및 z 방향의 단위벡터(unit vector)이며, 매질의 전파상수(propagation constant) $k_0 = \omega \sqrt{\mu_0 \epsilon_0}$, μ_0 와 ϵ_0 는 자유공간의 투자율 및 유전율, $\beta_0 = k_0 \sin \phi$, $\gamma_0 = k_0 \cos \phi$, H_0 는 입사 자체의 진폭으로서 1로 정규화하였으며, 편의상 수식 전개시 생략하기로 한다.

영역 0에서 산란 자체 \overline{H}^s 및 전계 \overline{E}^s 는 다음과 같은 평면파(plane wave)의 합으로 표시할 수 있다^[10].

$$\overline{H^s} = \hat{a}_y \sum_{n=-N}^N A_n e^{-j\beta_n x} e^{-j\gamma_n(z-t)} \quad (3)$$

$$\overline{E^{rs}} = \hat{a}_x \sum_{n=-N}^N \frac{A_n \gamma_n}{\omega \epsilon_0} e^{-j\beta_n x} e^{-j\gamma_n(z-t)} - \hat{a}_z \sum_{n=-N}^N \frac{A_n \beta_n}{\omega \epsilon_0} e^{-j\beta_n x} e^{-j\gamma_n(z-t)} \quad (4)$$

식 (3)과 식 (4)에서 A_n 는 구해야 할 미지의 계수이며, $\beta_n = \beta_0 + 2\pi n/s$, γ_n 는 2가지 모드인 전파모드(propagation mode)와 감쇠모드(evanescent mode)로 표시할 수 있다^[10].

$$\gamma_n = \begin{cases} \sqrt{k_0^2 - \beta_n^2}, & k_0^2 > \beta_n^2 \\ -j\sqrt{\beta_n^2 - k_0^2}, & k_0^2 < \beta_n^2 \end{cases} \quad (5)$$

영역 1($t_2 \leq z \leq t$)과 영역 2($0 \leq z \leq t_2$)에서 전체 자계 $\overline{H_i^t}$ 및 전계 $\overline{E_i^t}$ 는 다음과 같이 무한급수의 합으로 표현할 수 있다^[10].

$$\overline{H_i^t} = \hat{a}_y \sum_{n=-N}^N [B_{ni} e^{-j\beta_n x} e^{-j\eta_n z} + C_{ni} e^{-j\beta_n x} e^{j\eta_n z}] \quad (6)$$

$$\overline{E_i^t} = \hat{a}_x \sum_{n=-N}^N \frac{B_{ni} \eta_{ni}}{\omega \epsilon_0 \epsilon_{ri}} e^{-j\beta_n x} e^{-j\eta_n z} + \frac{C_{ni} \eta_{ni}}{\omega \epsilon_0 \epsilon_{ri}} e^{-j\beta_n x} e^{j\eta_n z} - \hat{a}_z \sum_{n=-N}^N \frac{B_{ni} \beta_n}{\omega \epsilon_0 \epsilon_{ri}} e^{-j\beta_n x} e^{-j\eta_n z} + \frac{C_{ni} \beta_n}{\omega \epsilon_0 \epsilon_{ri}} e^{-j\beta_n x} e^{j\eta_n z} \quad (7)$$

여기서 B_{ni} 와 C_{ni} 는 구해야 할 미지의 계수, i 는 영역 1과 2를 의미하며, η_{ni} 는 다음과 같이 2가지 모드로 구분하여 표시할 수 있다^[10].

$$\eta_{ni} = \begin{cases} \sqrt{k_i^2 - \beta_n^2}, & k_i^2 \geq \beta_n^2 \\ -j\sqrt{\beta_n^2 - k_i^2}, & k_i^2 < \beta_n^2 \end{cases} \quad (8)$$

식 (8)에서 $k_i = \omega \sqrt{\mu_0 \epsilon_0 \epsilon_{ri}} = k_0 \sqrt{\epsilon_{ri}}$, ϵ_{ri} 는 영역 1과 2의 비유전율[F/m]이며, 자유 공간상의 영역 3에서 투과하는 전체 자계 $\overline{H_3^t}$ 및 전계 $\overline{E_3^t}$ 는 다음과 같이 무한급수의 합으로 표현할 수 있다^[10].

$$\overline{H_3^t} = \hat{a}_y \sum_n T_n e^{-j\beta_n x} e^{j\gamma_n z} \quad (9)$$

$$\overline{E_3^t} = -\hat{a}_x \frac{1}{\omega \epsilon_0} \sum_n T_n \gamma_n e^{-j\beta_n x} e^{j\gamma_n z} \quad (10)$$

식 (9)와 (10)에서 T_n 은 투과계수이며, 지금까지 사용된 미지의 계수를 포함한 식(1)부터 식(10)까지의 수식들은 그림 1과 같은 구조를 해석하기 위해서 전자계에 대한 기본 수식으로 주어져야만 하며^[10], 이 둘 기본 수식들에 대하여 각 영역에 대한 전자계의 연속성 및 저항 경계조건을 적용하여 수치해석하게 된다.

우선, 영역 2와 3의 경계면 $z=0$ 에서 전계와 자계는 연속이고 경계면 $z=t$ 인 영역 0과 영역 1 사이에서 접선성분의 전체전계는 연속이며, 경계면 $z=t_2$ 에서 영역 1과 영역 2의 접선성분의 전체자계는 연속이어야 하므로, 이들 관련 식들을 정리하여 슬롯(slot)에서 만족하는 식을 A_n 에 관한 식으로 정리하면 다음과 같은 선형방정식(linear equation)을 얻을 수 있다.

$$\sum_{n=-N}^N A_n p_{n6} e^{-j\beta_n x} = -e^{-j\beta_0 x} e^{j\gamma_0 t} (\delta_n p_{n7}), \quad w < x \leq s \quad (11)$$

$$p_{n0} = 0.5(1 + \epsilon_{r1} \gamma_n / \eta_{n1}) e^{j\eta_{n1} t_1} \quad (12)$$

$$p_{n1} = 0.5(1 - \epsilon_{r1} \gamma_n / \eta_{n1}) e^{j\eta_{n1} t_1} \quad (13)$$

$$p_{n2} = \frac{\eta_{n2} + \gamma_n \epsilon_{r2}}{\eta_{n2} - \gamma_n \epsilon_{r2}} \quad (14)$$

$$p_{n3} = \left(\frac{\epsilon_{r2}}{\epsilon_{r1}} \frac{\eta_{n1}}{\eta_{n2}} \right) \left(\frac{e^{-j\eta_{n2} t_2} + p_{n2} e^{j\eta_{n2} t_2}}{e^{-j\eta_{n2} t_2} - p_{n2} e^{j\eta_{n2} t_2}} \right) \quad (15)$$

$$p_{n4} = p_{n0} \left\{ (p_{n3} - 1) + (p_{n3} + 1) e^{-j2\eta_{n1} t_1} \right\} - (p_{n3} + 1) e^{-j\eta_{n1} t_1} \quad (16)$$

$$p_{n5} = p_{n1} \left\{ (p_{n3} - 1) + (p_{n3} + 1) e^{-j2\eta_{n1} t_1} \right\} - (p_{n3} + 1) e^{-j\eta_{n1} t_1} \quad (17)$$

경계면 $z = t_2$ 인 경계면에 균일 저항율을 갖는 저항띠에 대하여 다음과 같은 저항 경계조건(resistive boundary condition)을 만족해야 한다^{[3][5]}.

$$\overline{E_1^t} = R_0 \overline{J}(x) \quad (18)$$

식 (18)에서 R_0 는 저항 띠의 균일저항율(Ω/square)이며, \overline{E}_1^t 는 영역 1에서의 전체 전계, $\overline{J}(x)$ 는 저항띠에 유도되는 전류밀도로서 Maxwell 방정식($\nabla \times \overline{H} = \overline{J}$)을 이용하여 구한 후 A_n 에 관한 식으로 정리하면 다음과 같은 선형방정정식을 얻는다.

$$\sum_{n=-N}^N A_n (p_{n6} - R_0 p_{n4}) e^{-j\beta_n x} \quad (19)$$

$$= -e^{-j\beta_0 x} e^{j\beta_0 t} [\delta_n (p_{n7} - R_0 p_{n5})], 0 \leq x \leq w$$

$$p_{n6} = \frac{\eta_0 \eta_{n1}}{k_0 \epsilon_{r1}} \left\{ p_{n0} (1 + e^{-j2\eta_{n1} t_1}) - e^{-j\eta_{n1} t_1} \right\} \quad (20)$$

$$p_{n7} = \frac{\eta_0 \eta_{n1}}{k_0 \epsilon_{r1}} \left\{ p_{n1} (1 + e^{-j2\eta_{n1} t_1}) - e^{-j\eta_{n1} t_1} \right\} \quad (21)$$

식 (19)에서 δ_n 은 $n=0$ 일 때는 1, $n \neq 0$ 일 때는 0인 Dirac delta 함수이다. 식 (11)과 식 (19)는 한 주기 구간 $0 \leq x \leq s$ 에서 만족하는 식이며, 각 영역에서 전자계의 연속정리를 이용하여 투과계수 T_n 을 구할 수 있다.

$$T_n = \frac{2\eta_{n2}}{(\eta_{n2} - \gamma_n \epsilon_{r2})} \left\{ \frac{A_n p_{n8} - e^{j\beta_0 t} \delta_n p_{n9}}{e^{-j\eta_{n2} t_2} - p_{n2} e^{j\eta_{n2} t_2}} \right\} \quad (22)$$

$$p_{n8} = \frac{k_0}{\eta_0} \epsilon_{r2} \cdot \frac{p_{n6}}{\eta_{n2}} \quad (23)$$

$$p_{n9} = \frac{k_0}{\eta_0} \epsilon_{r2} \cdot \frac{p_{n7}}{\eta_{n2}} \quad (24)$$

III. 수치계산 결과 및 검토

식 (11)과 식 (19)에 대해서 Dirac delta 함수와의 내적(inner product)을 수행한 후, $N \times N$ 의 크기를 갖는 정방행렬을 역변환하여 $n=0$ 인 정규화된 반사전력 $|A_0|^2$ 과 식 (22)를 이용하여 투과전력 $|T_0|^2$ 을 계산한다.

본 논문에서는 행렬의 크기 $n = [-N:N]$, $N = 100$ 을 사용하므로 역변환 정방행렬의 크기는 201×201 이며, 격자상수들의 단위는 편의상 단위는 생략한다.

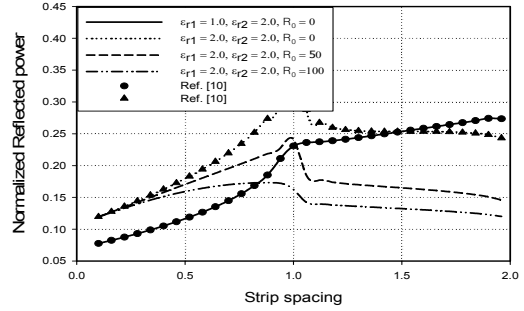


그림 2. 수직입사시 스트립 주기에 대한 반사전력
Fig. 2. Reflected power for strip spacing at normal incidence

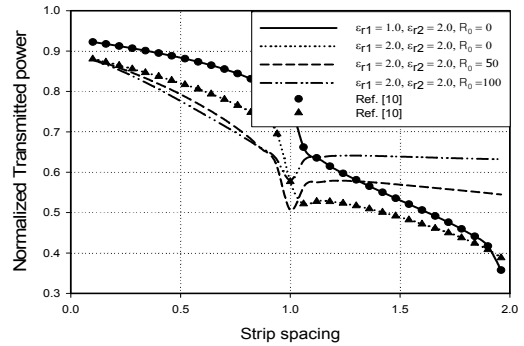


그림 3. 수직입사시 스트립 주기에 대한 투과전력
Fig. 3. Transmitted power for strip spacing at normal incidence

그림 2와 그림 3은 수직입사시, 격자상수 $t_1 = 0.1$, $t_2 = 0.1$, $w/s = 0.25$ 이고 영역 1과 2의 비유전율 ϵ_{r1} , ϵ_{r2} , 균일저항율 R_0 에 대하여 격자주기 s 에 대한 정규화된 반사 및 투과전력을 나타내었다. $R_0 = 0$ 인 경우인 완전도체인 경우는 유전율이 증가하면 반사전력이 증가하였으며^[10], 저항율이 $R_0 = 50$ 인 경우가 $R_0 = 100$ 인 경우보다 반사전력이 크게 나타남을 확인할 수 있어 수치해석의 타당성을 알 수 있으며, 범례의 표시된 기호인 “●” 및 “▲”는 참고문헌[10]의 수치계산 결과로서 본 논문의 $R_0 = 0$ 인 경우와 동일한 도체띠의 수치결과이며 또한, 동일한 수치해석법(PMM)의 계산결과이므로 본 논문의 계산결과는 동일하다. 격자주기 $s = 1$ 부근에서 급변하는 반사 및 투과전력이 발생하는 현상을 ‘Wood’s anomaly’라고 언급한 바 있다^[4].

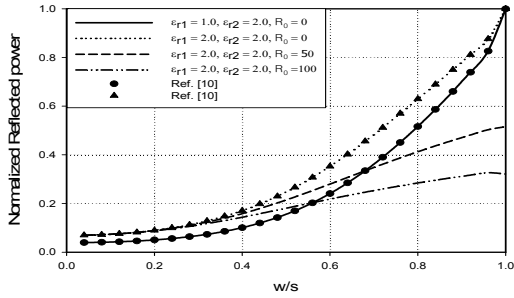


그림 4. 입사각 30도에서 w/s비율에 대한 반사전력
 Fig. 4. Reflected power for w/s ratio at incident angle $\phi = 30^\circ$

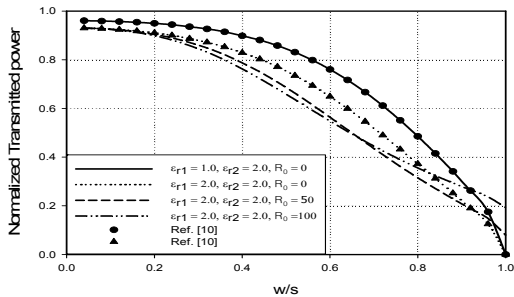


그림 5. 입사각 30도에서 w/s비율에 대한 투과전력
 Fig. 5. Transmitted power for w/s ratio at incident angle $\phi = 30^\circ$

그림 4와 그림 5는 입사각이 30도인 경우, 격자상수 $s = 0.3$, $w = 0.6$, $t_1 = 0.1$, $t_2 = 0.1$ 일 때 비유전율 ϵ_{r1} 및 ϵ_{r2} , 균일저항을 R_0 에 대하여 w/s의 비에 대한 반사 및 투과전력을 계산하였다. $R_0 = 0$ 인 완전도체인 경우는 비유전율이 증가하면 반사전력도 증가하였으며, 저항율이 $R_0 = 50$ 인 경우가 $R_0 = 100$ 인 경우보다 반사전력이 크게 나타남을 확인할 수 있어 저항율이 크면 반사전력도 감소함을 알 수 있었다.

그림 6과 그림 7은 격자상수 $s = 1.2$, $w = 0.8$, $t_1 = 0.1$, $t_2 = 0.1$ 일 때 비유전율 ϵ_{r1} 및 ϵ_{r2} , 균일저항을 R_0 에 대하여 입사각에 따른 반사 및 투과전력을 계산하였다. 입사각이 10도, 40도 부근에서 급변점이 발생하였고^[4], 전반적으로 비유전율이 큰 경우가 작은 경우보다 반사전력이 크게 나타났으며, 저항율이 $R_0 = 50$ 인 경우가 $R_0 = 100$ 인 경우보다 반사전력이 크게 나타남으로써 수치해석의 타당성을 알 수 있다.

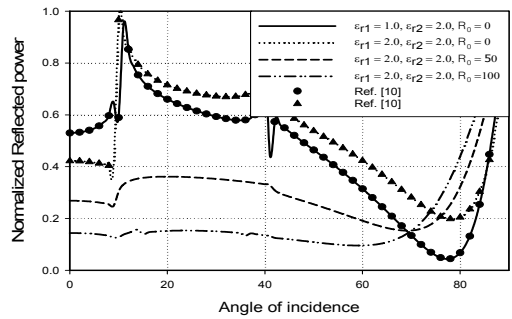


그림 6. 입사각에 대한 반사전력
 Fig. 6. Reflected power for incident angles

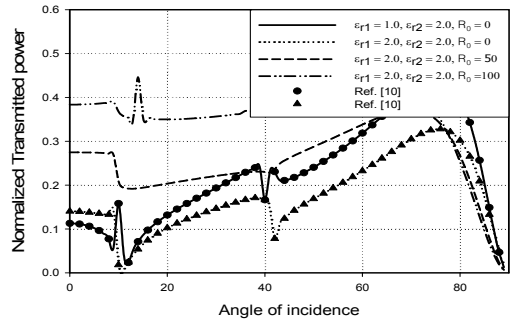


그림 7. 입사각에 대한 투과전력
 Fig. 7. Transmitted power for incident angles

IV. 결론

본 논문에서는 TE 산란문제의 경우, 2중 유전체층 사이에 매우 얇은 도체피의 문제를 저항피의 문제로 확장 전개하고 수치해석 방법인 PMM을 이용하여 수치 계산하였다. 기존의 도체피인 경우의 수치계산 결과와 비교하여 수치결과가 매우 잘 일치하였으며, 전반적으로 유전율의 값이 증가하면 반사전력은 증가하였고, 상대적으로 투과전력은 감소하였으며, 저항율이 증가하면 작은 경우보다 반사전력이 작아지는 것을 확인하였다.

앞으로 2중 유전체층 사이의 저항피를 갖는 구조에 따른 TM 산란 문제를 PMM을 이용한 수치해석이 가능할 것으로 기대되어 지속적인 연구가 필요하다.

References

[1] M. Ando and K. Takei, "Reflection and Transmission

Coefficient of a Thin Strip Grating for Antenna Application," IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. AP-35, No.4, pp.367-371, Mar. 1987. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/TAP.1987.1144112>

[2] J. H. Richmond, "On the Edge Mode in the Theory of TM Scattering by a Strip or Strip Grating," IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. AP-28, pp. 883-887, Sept. 1980. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/TAP.1980.1142427>

[3] R. C. Hall and R. Mittra, "Scattering from a Periodic Array of Resistive Strips," IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. AP-33, pp. 1009-1011, Sept. 1985. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/TAP.1985.1143706>

[4] H. A. Kalhor, "Electromagnetic Scattering by a Dielectric Slab Loaded with a Periodic Array of Strips Over a Grounded Plane," IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. AP-36, No. 1, pp. 147-151, Jan. 1988. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/8.1088>

[5] J. L. Volakis, Y. C. Lin and H. Anastassiou, "TE Characterization of Resistive Strip Grating on a Dielectric Slab Using a Single Edge-Mode Expansion," IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. AP-42, No. 2, pp. 205-212, Feb. 1994.

[6] K. C. Ho, "Design of Frequency-Selective Reflector for Large Reflecting Antennas using a Periodic Dielectric Layer," The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication(IIBC), Vol. 10, No. 1, pp. 33-38, 2010.

[7] Y. S. Choi and S. I. Yang, "Analysis of the Electromagnetic Scattering of Resistive Strip Grating with Uniform Resistivity on a Grounded Dielectric Layer," Journal of Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Sciences(JKIEES), Vol. 31, No. 3A, pp. 321-327, Mar. 2006.

[8] U. J. Yoon, "Solution of TE Scattering by a Perfectly Conducting Strip Grating Over the Grounded Two Dielectric Layers Applying Fourier-Galerkin Moment Method," Journal of Korea Navigation Institute(JKNI), Vol. 16, No. 4, pp. 635-640, Aug. 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.12673/jkoni.2012.16.4.635>

[9] U. J. Yoon, "A study on TE Scattering by a Perfectly Conductive Strip Grating Over a Dielectric Layer," Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society(JKAIS), Vol. 16, No. 6, pp. 4158-4163, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2015.16.6.4158>

[10] U. J. Yoon, "A Study on TE Scattering by a Conductive Strip Grating Between a Double Dielectric Layer," The journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication (IIBC), Vol. 17, No. 2, pp. 83-88, Apr. 2017. DOI: <https://doi.org/10.7236/IIBC.2017.17.2.83>

저 자 소 개

윤 의 중(중신회원)



- 1993년 : 숭실대학교 대학원 전자공학과 공학박사
- 1997년 6월 ~ 1997년 8월 : Bemidji State University in Minnesota (USA), 미국방문연수
- 2006년 3월 ~ 2012년 2월 : 가천대학교 의용생체공학과 학과장
- 2008년 7월 ~ 2012년 1월 : 가천대학교 학생처장
- 2006년 3월 ~ 현재 : 가천대학교 의용생체공학과 교수
- 주관심분야 : 전자파산란 수치해석, 마이크로파 회로 설계, Embedded System, 생체모니터링 시스템 등