The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication (IIBC)
Vol. 16, No. 2, pp.87-92, Apr. 30, 2016. pISSN 2289-0238, eISSN 2289-0246

http://dx.doi.org/10.7236/JIIBC.2016.16.2.87
JIIBC 2016-2-10

2개 유전체층 위의 완전도체띠 격자구조에 의한 TE 산란에 관한 연구

A Study on TE Scattering by a Conductive Strip Grating Over Two Dielectric Layers

윤의중*

Uei-Joong Yoon*

요 약 본 논문에서는 2개 유전체층 위의 완전도체띠 격자구조에 의한 TE(transverse electric)산란 문제를 전자파 수치해석 방법으로 알려진 PMM(point matching method)를 이용하여 해석하였다. 경계조건들은 미지의 계수를 구하기 위하여 이용하였고, 산란 전자계는 Floquet 모드 함수의 급수로 전개하였으며, 도체띠의 해석을 위해 완전도체 경계조건을 적용하였다. 급변하는 대부분의 반사 및 투과전력은 입사각 이외의 다른 방향으로 산란된다. 완전도체띠의 폭과 주기, 입사각, 2개 유전층의 비유전율과 두께에 대한 정규화된 반사 및 투과전력을 계산하였다. 본 논문의 타당성을 검증하기 위하여 제안한 구조의 수치결과들은 기존의 수치해석 결과들과 비교하여 매우 잘 일치하였다.

Abstract In this paper, the solutions of TE(transverse electric) scattering problems by a conductive strip grating over two dielectric layers are analyzed by applying 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 conductive boundary condition apply to analysis of conducting strip. The most normalized reflected and transmitted powers having a sharp variations are scattered in direction of the other angles except incident angle. The numerical results for the normalized reflected and transmitted powers are analyzed by according as the width and spacing of conductive strip, incident angles, and the relative permittivity and thickness of the two dielectric layers. To confirm the validity of this paper, the numerical results of presented structure are shown in good agreement compared to those of the existing papers.

Key Words : TE scattering, conductive boundary condition, point matching method, two dielectric layers.

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

*종신회원, 가천대학교 의용생체공학과
접수일자 : 2016년 1월 13일, 수정완료 : 2016년 2월 23일
게재확정일자 : 2016년 4월 8일

Received: 13 January, 2016 / Revised: 23 February, 2016 / Accepted: 8 April, 2016
*Corresponding Author: ujyoon@gachon.ac.kr
Dept. of Biomedical Engineering, Gachon University, Korea

(conductive strip)를 사용한 기본 문제로서 Richmond[2]는 자유공간상에서 스트립에 유도되는 미지의 유도전류를 FGMM(fourier galerkin moment method)을 이용하여 수치해석하였고, Mittra[3]는 자유공간상에서 저항띠를 가진 경우는 파수영역에서 SGMM(spectral galerkin moment method)을 적용하여 수치해석하였으며, Kalhor[4]는 반사를 유리하도록 유전체 접지층 위에 도체띠를 가지는 경우에 대해 PMM(point matching method)을 이용하여 수치계산하였다. 또한 주기적인 유전체층 문제에 대해 전자기파의 산란 문제에 대해 근사화 이론을 이용하여 해석하였고[5], 주기적인 유전체 층을 사용한 안테나용 주파수 선택 반사기를 설계한 바 있다[6].

TE(transverse electric, H-polarized) 산란문제를 취급함에 있어, 접지 유전체층 위의 저항띠에 유도되는 전류밀도를 sine 함수와 cosine 함수로 나누어 홀수 항과 짝수 항으로 구분해서 수치해석하였고[7], 접지된 2개의 유전체층 위의 완전도체띠의 경우 FGMM을 이용하여 간단한 지수함수를 사용하여 수치계산하였다[8]. 1개 유전체층 위의 완전도체띠 격자구조에 의한 TE 산란 문제를 해석하였으며[9], 2개 유전체층 위의 완전도체띠 격자구조에 대해 TE 산란 문제를 취급한 바 있다[10].

본 논문에서는 TE 산란 문제의 경우, 기존 논문인 1개 유전체층의 산란문제를 2개 유전체층의 산란문제로 확장, 전개하여 산란문제를 취급하였다[9]. 본 논문에서는 2개 유전체층 위에 완전도체띠가 주기적으로 배열되어 있을 때, 수치해석 방법의 일종인 PMM을 이용하여 정규화된 기하광학적 반사전력 및 투과전력을 수치계산하고, 기존 논문의 수치계산 결과들과 비교하여 수치해석의 타당성을 검증하는 것이 본 논문의 목적이다.

II. 문제 구조의 전자계 수식전개

문제의 구조는 그림 1과 같이 TE 평면파가 가장자리에 나란하게 ϕ의 각도로 비스듬히 입사하고, 2개의 유전체층 위에 완전도체띠가 y 방향으로 무한하게 배열되어 있다. 도체띠의 격자는 $x-y$ 평면상에 위치하고 x 방향으로 주기적으로 배열되어 있다. 그림 1에서 스트립 주기(strip spacing)는 s, 스트립 폭(width)은 w, 영역 1과 2의 비유전율은 ϵ_{r1}, ϵ_{r2} [F/m], 영역 1과 2의 유전체층의 두께는 t_1 및 t_2이며, 단위는 파장[λ]이다.

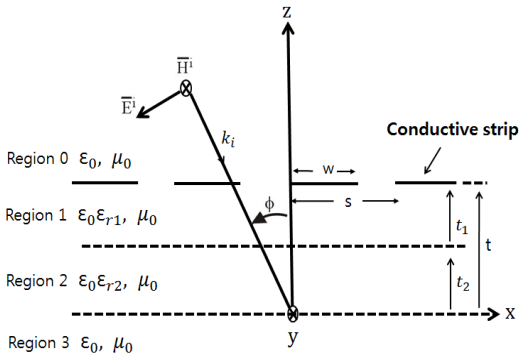

그림 1. 문제의 구조에 입사하는 TE 평면파
Fig. 1. Geometry of the problem and incident TE plane wave

그림 1과 같은 구조에 대하여 비스듬히 입사하는 자계 $\overline{H^i}$ 및 전계 $\overline{E^i}$ 는 다음과 같이 쓸 수 있다[4][9].

$$\overline{H^i} = \hat{a_y}\, H_0\, e^{-j\beta_0 x} e^{j\gamma_0 z} \tag{1}$$

$$\overline{E^i} = -\hat{a_x}\frac{H_0\gamma_0}{\omega\epsilon_0} e^{-j\beta_0 x} e^{j\gamma_0 z} - \hat{a_z}\frac{H_0\beta_0}{\omega\epsilon_0} e^{-j\beta_0 x} e^{j\gamma_0 z} \tag{2}$$

식 (1)과 (2)에서 $\hat{a_x}$, $\hat{a_y}$ 및 $\hat{a_z}$ 는 x, y 및 z 방향의 단위벡터이며, 매질의 전파상수(propagation constant) $k_0 = \omega\sqrt{\mu_0\epsilon_0}$, 고유 임피이던스 $\eta_0 = \sqrt{\mu_0/\epsilon_0}$, μ_0와 ϵ_0는 자유공간의 투자율 및 유전율, $\beta_0 = k_0\sin\phi$, $\gamma_0 = k_0\cos\phi$, H_0 는 입사 자계의 진폭으로서 1로 정규화하였으며, 편의상 모든 수식전개시 생략하기로 한다.

영역 0에서 산란자계 $\overline{H^s}$ 및 산란전계 $\overline{E^s}$ 는 다음과 같은 평면파(plane wave)의 합으로 표시할 수 있다[4][9].

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

$$\overline{E^s} = \hat{a_x}\sum_{n=-N}^{N}\frac{A_n\gamma_n}{\omega\epsilon_0} e^{-j\beta_n x} e^{-j\gamma_n (z-t)} - \hat{a_z}\sum_{n=-N}^{N}\frac{A_n\beta_n}{\omega\epsilon_0} e^{-j\beta_n x} e^{-j\gamma_n (z-t)} \tag{4}$$

식 (3)과 식 (4)에서 A_n 는 구해야 할 미지의 계수,

$\beta_n = \beta_0 + 2\pi n/s$, γ_n는 전파모드(propagation mode)와 감쇠모드(evanescent mode)로 표시할 수 있다.

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

영역 1과 2에서 전체 자계 $\overline{H_i^t}$ 및 전계 $\overline{E_i^t}$는 다음과 같이 무한급수의 합으로 표현할 수 있다.

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

$$\begin{aligned} \overline{E_i^t} = & \hat{a_x} \sum_{n=-N}^{N} \frac{B_{ni}\eta_{ni}}{\omega\epsilon_0\epsilon_{ri}} e^{-j\beta_n x} e^{-j\eta_{ni} z} \\ & + \frac{C_{ni}\eta_{ni}}{\omega\epsilon_0\epsilon_{ri}} e^{-j\beta_n x} e^{j\eta_{ni} z} \\ & - \hat{a_z} \sum_{n=-N}^{N} \frac{B_{ni}\beta_n}{\omega\epsilon_0\epsilon_{ri}} e^{-j\beta_n x} e^{-j\eta_{ni} z} \\ & + \frac{C_{ni}\beta_n}{\omega\epsilon_0\epsilon_{ri}} e^{-j\beta_n x} e^{j\eta_{ni} z} \end{aligned} \quad (7)$$

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

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

식 (8)에서 $k_i = \omega\sqrt{\mu_0\epsilon_0\epsilon_{ri}} = k_0\sqrt{\epsilon_{ri}}$, i는 영역 1과 2를 의미하며, ϵ_{ri}는 영역 1과 2의 비유전율이다. 또한 $z \leqq 0$인 영역 3에서 투과하는 전체 자계 $\overline{H_3^t}$ 및 전계 $\overline{E_3^t}$는 다음과 같이 무한급수의 합으로 표현할 수 있다.

$$\overline{H_3^t} = \hat{a_y} e^{-jk_0 x \sin\phi} \sum_n T_n e^{j\gamma_n z} e^{-j2n\pi x/s} \quad (9)$$

$$\overline{E_3^t} = -\hat{a_x} \frac{1}{\omega\epsilon_0} e^{-jk_0 x \sin\phi} \sum_n T_n \gamma_n e^{j\gamma_n z} e^{-j2n\pi x/s} \quad (10)$$

식 (9)와 식 (10)에서 T_n은 투과계수이며, 지금까지 사용된 미지의 계수를 구하기 위해 경계조건을 적용한다. 우선 $z = 0$인 접지평면(ground plane)에서 접선성분의 전체전계는 사라져야 하며, 영역 1과 2의 경계면인 $z = t$에서 접선성분의 자계와 전계는 연속이므로, 이들 경계조건을 정리하면 B_{n1}를 A_n의 항으로 표현할 수 있다.

$$B_{n1} = \frac{\epsilon_{r1}(A_n\gamma_n - \gamma_0 e^{j\gamma_0 t}\delta_n)}{\eta_{n1}(e^{-j\eta_{n1}t} - p_{n3}e^{j\eta_{n1}t})} \quad (11)$$

$$p_{n1} = e^{-j\eta_{n2}t_{2+}} + \left(\frac{\eta_{n2} + \epsilon_{r2}\gamma_n}{\eta_{n2} - \epsilon_{r2}\gamma_n}\right) e^{-j\eta_{n2}t_2} \quad (12)$$

$$p_{n2} = \left(\frac{\epsilon_{r2}}{\epsilon_{r1}}\frac{\eta_{n1}}{\eta_{n2}}\right)\left\{e^{-j\eta_{n2}t_{2+}} - \left(\frac{\eta_{n2} + \epsilon_{r2}\gamma_n}{\eta_{n2} - \epsilon_{r2}\gamma_n}\right) e^{-j\eta_{n2}t_2}\right\} \quad (13)$$

$$p_{n3} = \left(\frac{p_{n1} - p_{n2}}{p_{n1} + p_{n2}}\right) e^{-j2\eta_{n1}t_2} \quad (14)$$

식 (11)에서 δ_n는 $n = 0$일 때만 1이고, $n \neq 0$ 일 때는 0인 Kronecker delta 함수이며, $z = t$ 인 도체띠의 경계면에서 입사전계와 산란전계의 합인 영역 0에서의 전체 전계는 사라져야 하므로 식 (2)와 식 (4)를 이용하여 정리하면 도체띠에서 만족하는 A_n에 관한 식을 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned} & \sum_{n=-N}^{N} A_n(\gamma_n p_{n4} - 1) e^{-j\beta_n x} \\ & = e^{-j\beta_0 x} e^{j\gamma_0 t}(1 + \gamma_0 p_{n4}), \ 0 \leqq \mathrm{x} \leqq \mathrm{w} \end{aligned} \quad (15)$$

$$p_{n4} = \frac{\epsilon_{r1}}{\eta_{n1}}\left(\frac{e^{-j\eta_{n1}t} + p_{n3}e^{j\eta_{n1}t}}{e^{-j\eta_{n1}t} - p_{n3}e^{j\eta_{n1}t}}\right) \quad (16)$$

또한 $z = t$ 인 경계면의 도체띠 이외의 영역(slot)에서 접선성분의 자계성분은 연속이므로 식 (1), (3), (6) 및 식 (9)를 이용하여 정리하면 A_n에 관한 식을 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned} & \sum_{n=-N}^{N} A_n(\gamma_n p_{n4} - 1) e^{-j\beta_n x} \\ & = e^{-j\beta_0 x} e^{j\gamma_0 t}\left[\delta_n(1 + \gamma_0 p_{n4})\right], \ \mathrm{w} \leqq \mathrm{x} \leqq \mathrm{s} \end{aligned} \quad (17)$$

식 (15)와 식 (17)은 그림 1의 구조에서 한 주기 동안에 대해 반사계수 A_n을 구한 후, 각 경계면에서 전자계의 연속정리를 적용하면 투과계수 T_n을 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$T_n = \frac{4}{(\eta_{n2}-\gamma_n\epsilon_{r2})(p_{n1}+p_{n2})} \cdot \frac{(A_n\gamma_n - r_0 e^{\gamma_0 t}\delta_n)}{(e^{-j\eta_{n1}t} - p_{n3}\, e^{j\eta_{n1}t})} e^{-j\eta_{n1}t_2} \quad (18)$$

Ⅲ. 수치계산 결과 및 검토

본 논문에서는 TE 산란 문제의 경우, 2개 유전체층 위에 완전도체띠가 주기적으로 배열되어 있을 때 전자파 수치해석 방법인 PMM을 이용하여 정규화된 기하광학적 반사전력 및 투과전력을 계산하고, 기존 논문의 수치계산 결과들과 비교하여 수치해석의 타당성을 검증하는 것이 본 논문의 목적이다.

식 (15)와 식 (17)을 이용하여 미지의 계수 A_n을 구하기 위해서는 (2N + 1) 개의 등 간격으로 나누어 수치계산하며, 수치해석시 식 (15)와 식 (17)에 대해서 Dirac delta 함수와의 내적(inner product)을 수행하고, 메트릭스를 역변환을 수행한 후, $n=0$인 정규화된 기하광학적 반사전력(reflected power of zeroth order mode) $|A_0|^2$을 계산할 수 있으며, 또한 A_n을 구한 후 식 (18)에 대입하여 정규화된 기하광학적 투과전력(transmitted power of zeroth order mode) $|T_0|^2$을 계산할 수 있다. 그리고 식 (15)와 식 (17)을 해결하기 위하여 행렬의 크기 n=[-N:N]으로 N= 100을 사용하였으며, 각 유전체 층의 비유전율 ϵ_{r1} 및 ϵ_{r2}의 단위 [F/m]와 도체띠의 폭(w), 주기(s) 및 유전층의 두께 t_1 및 t_2의 단위는 파장 [λ]으로 편의상 단위는 생략하기로 한다.

그림 2와 그림 3은 수직입사시, 격자상수 $t_1=0.05$, $t_2=0.05$, w/s = 0.25, 영역 2의 비유전율 $\epsilon_{r2}=2$일 때, 영역 1의 비유전율 ϵ_{r1}의 변화에 따른 격자주기 s에 대한 정규화된 기하광학적 반사전력 및 투과전력을 계산하였다. 전반적으로 ϵ_{r1}의 값이 증가하면 반사전력은 감소하였으나 상대적으로 투과전력은 증가하였으며, 격자주기 s = 1 및 2 부근에서 급변하는 반사 및 투과전력이 발생하였는데, 이는 전파모드에서 감쇠모드로, 감쇠모드에서 전파모드로 전환될 때 발생하는 것으로 "Wood's anomaly"라고 언급한 바 있다[4]. 또한, 범례의 표시된 기호인 "●"는 비유전율 $\epsilon_{r1}=\epsilon_{r2}=2$일 때, 동일한 격자상수를 사용했을 때 1개 유전체층을 가지는 기존 논문[9]의 수치계산 결과와 일치하여 수치계산의 타당성을 검증하였다.

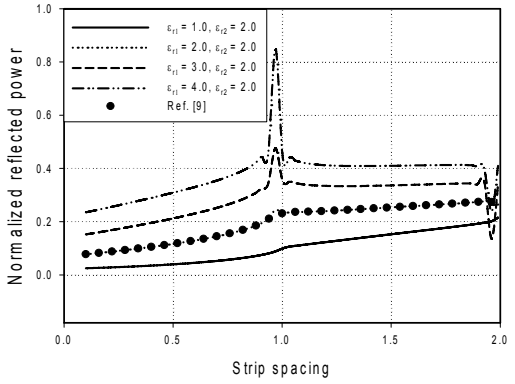

그림 2. 수직입사시 주기와 비유전율에 대한 반사전력
Fig. 2. Reflected power for strip spacing and relative permittivity at normal incidence

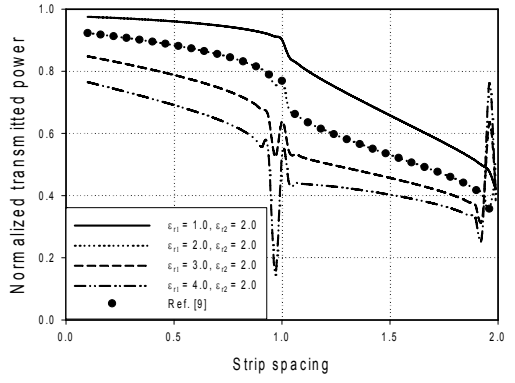

그림 3. 수직입사시 주기와 비유전율에 대한 투과전력
Fig. 3. Transmitted power for strip spacing and relative permittivity at normal incidence

그림 4와 및 그림 5는 입사각이 30도인 경우, 격자상수 $t_1=0.05$, $t_2=0.05$, $\epsilon_{r1}=2$, $\epsilon_{r2}=2$일 때, 격자주기 s의 변화에 따른 w/s의 비에 대한 반사전력 및 투과전력을 계산하였다. 전반적으로 격자주기 s가 증가하면

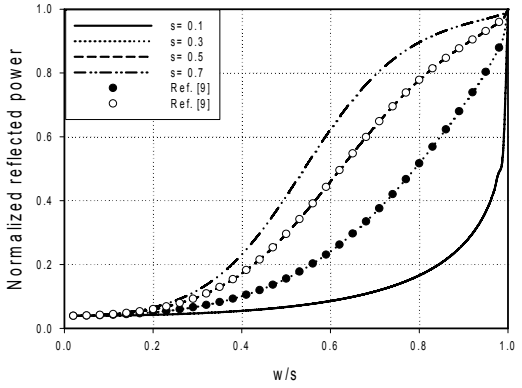

그림 4. w/s비와 비유전율에 대한 반사전력($\phi = 30^o$)
Fig. 4. Reflected power for w/s ratio and relative permittivity($\phi = 30^o$)

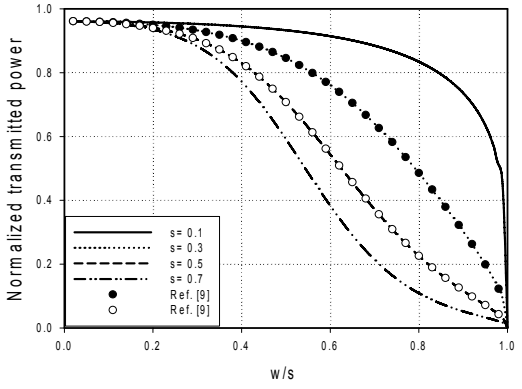

그림 5. w/s비와 비유전율에 대한 투과전력($\phi = 30^o$)
Fig. 5. Transmitted power for w/s ratio and relative permittivity($\phi = 30^o$)

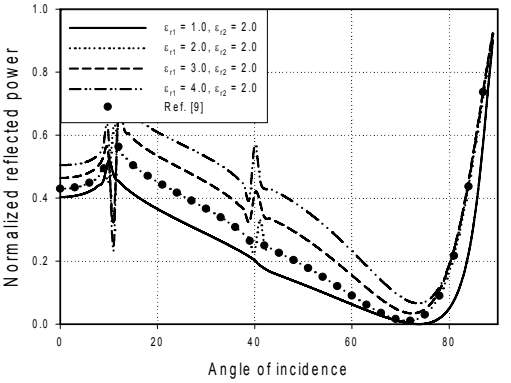

그림 6. 입사각과 비유전율에 대한 반사전력
Fig. 6. Reflected power for relative permittivity and incident angles

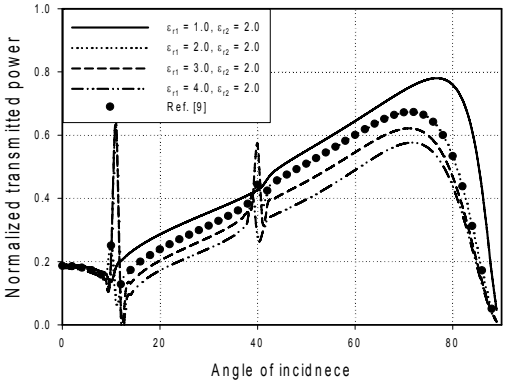

그림 7. 입사각과 비유전율에 대한 투과전력
Fig. 7. Transmitted power for relative permittivity and incident angles

반사전력은 증가하였으며, 상대적으로 투과전력은 감소하였다. 범례의 표시된 기호인 "●"는 그림 2에서 언급하였으며, 기존 논문과 동일한 격자상수를 사용했을 때 수치결과와 일치하였으며, 또한 w/s의 비가 1인 경우는 슬롯이 없는 영역이므로 반사전력은 1, 투과전력은 0의 값을 가지므로 수치해석의 타당성을 검증하였다.

그림 6과 그림 7은 격자상수 $t_1 = 0.05$, $t_2 = 0.05$, $\epsilon_{r2} = 2$일 때, 영역 1의 비유전율 ϵ_{r1}의 변화에 따른 입사각에 대한 반사전력 및 투과전력을 계산하였다. 전반적으로 ϵ_{r1}의 값이 증가하면 반사전력은 증가하였으며, 상대적으로 투과전력은 감소하였다. 또한 입사각이 10도 및 40도 부근에서 급변하는 반사전력이 발생하였다. 이는 전파모드에서 감쇠모드로, 감쇠모드에서 전파모드로 전환될 때 발생하는 것으로 "Wood's anomaly"라고 언급한 바 있으며[4], 범례에 표시된 기호인 "●"는 그림 2에서 언급하였으며, 기존 논문과 동일한 격자상수를 사용했을 때 수치결과가 일치하였으며, 또한 입사각이 90도인 경우, 반사전력은 1이고 투과전력은 0의 값을 가지므로 수치해석의 타당성을 검증하였다.

IV. 결 론

본 논문에서는 TE산란 문제의 경우, 1개의 유전체 층의 문제를 2개의 유전체층의 문제로 확장 전개하였다. 2개의 유전체 층 위에 완전도체띠가 주기적으로 배열되어 있을 때 PMM을 이용하여 수치해석의 하였으며, 수치해

석의 타당성을 검증하기 위하여 1개 유전체층을 사용한 기존 논문의 수치계산 결과와 일치하여 수치해석의 타당성을 검증하였다.

앞으로 다층 유전체층 및 2중 유전체층 사이의 완전도체띠 및 저항띠의 격자구조에 의한 TE 및 TM 산란 문제에 대해 수치해석 방법인 PMM 및 FGMM을 이용하여 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 Srips 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] M. N. Kim and G. S. Chae, "Analysis of Scattering of Electromagnetic Wave in Dielectric Periodic Media," Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society(JKAIS), Vol. 5, No. 5, pp. 385-388, 2004.

[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(JIIBC), 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. - H-Polarization case,” Journal of Korean Institute of Communications and Information 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, “TE Scattering by a Conductive Strip Grating Over the Two Dielectric Layers,” IIBC 2015 Conference, Vol. 13, No. 1, pp. 25-26, Nov. 2015.

저자 소개

윤 의 중(종신회원)

- 1993년 : 숭실대학교 대학원 전자공학과 공학박사
- 1997년 6월~1997년 8월 : Bemidji State University in Minnesota (USA), 미국방문연수
- 2006년 3월~2012월 2월 : 가천대학교 의용생체공학과 학과장
- 2008년 7월~2012월 1월 : 가천대학교 학생처장
- 2006년 3월~현재 : 가천대학교 의용생체공학과 교수

<주관심분야 : 전자파산란 수치해석, 마이크로파 회로, 생체신호 처리, 생체 모니터링 시스템 등>