

페라이트층을 갖는 유전체 슬랩 도파관  
격자구조의 해석

이 민준, 윤 상원, 장 익수  
서강대학교 전자공학과

Analysis of planar dielectric waveguide  
gratings with a ferrite layer

Min-joon Lee, Sang-won Yun, Ik-soo Chang  
Dept. of Electronic Engin. Sogang University

Abstract

By cascading the step discontinuities on planar dielectric waveguides with a ferrite layer through two uniform planar dielectric waveguides, nonreciprocal scattering characteristics of planar dielectric waveguide gratings are analyzed. The calculated results at 35GHz shows that the isolation mechanism takes place near band stop frequency range.

1. 서 론

유전체 도파관 격자(grating)구조는 대역저지 특성을 갖고 있어 밀리미터파 또는 광주파수 대역에서 발진기를 구성하는데 쓰이고 있다. (1)

본 논문에서는 격자구조의 일부가 페라이트와 같은 자성체로 대체되고 외부자계가 인가되었을 때 전자파가 갖는 비가역 전파특성을 해석하였다. 유전체 슬랩도파관 격자구조를 계단형 불연속 구조가 두개의 전송선로를 통하여 cascade로 연결된 것으로 볼수 있으므로 먼저 페라이트층이 있는 하나의 계단형 불연속 구조가 갖는 비가역 산란행렬을 유도하고 (2), 이로부터 유한개의 격자를 갖는 유전체 슬랩 도파관의 비가역 산란특성을 계산하였다.

2. 해 석

그림1의 두개의 불연속 구조를 해석한다. A구조는 도체위의 유전체도파관이고 B구조는

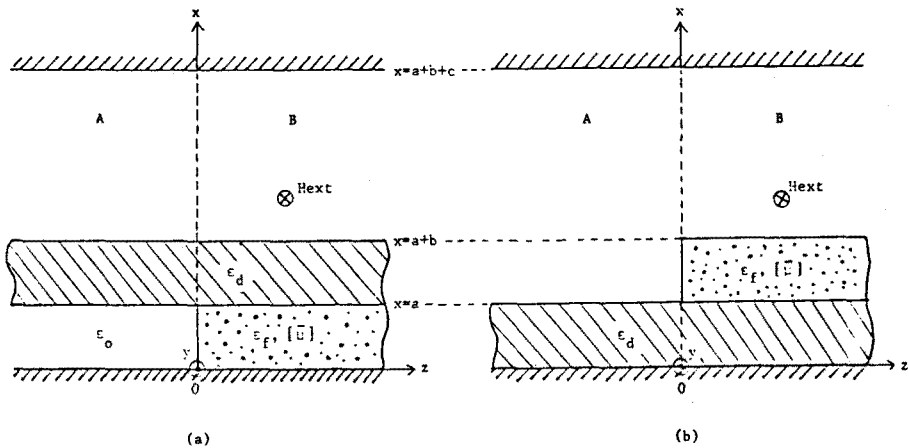


그림1. 계단형 불연속 구조

본 연구는 한국 과학재단 연구비 지원에 의한것임

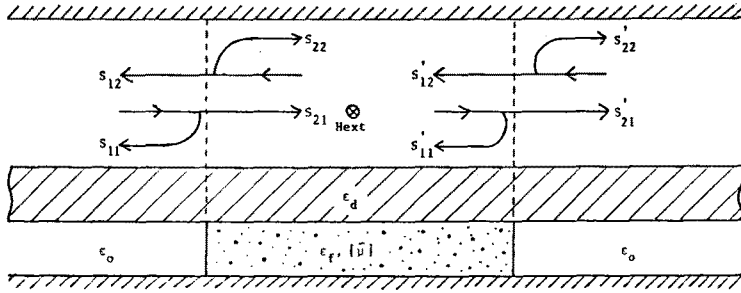


그림2. 산란계수의 정의

비가역 특성을 갖도록한 도계위의 유전체-패라이트 도파관과 그반대인 경우이다. 공기층위의 도체는 해석상의 편의를 위한것이다. 여기서 비가역특성을 갖는 TE 모드 만을 고려한다.

먼저 modified transverse resonance법(3) 사용하여 각구조에서의 고유지방정식을 구할수 있다. 여기에서 fast mode와 bound mode의 전파상수및 field성분을 구할수 있다. 이로부터 산란계수를 구하기 위해 z=0에서 mode-matching법을 적용시키면

$$\text{waveguide A} \quad \text{waveguide B}$$

$$e_1^a + \sum_{n=1}^{\infty} a_n e_n^a = \sum_{m=1}^{\infty} b_m e_m^b \quad (1)$$

$$h_1^a - \sum_{n=1}^{\infty} a_n h_n^a = \sum_{m=1}^{\infty} b_m h_m^b \quad (2)$$

가 얻어지며 최저차 bound mode만이 임사한다고 가정하였다. 여기서 en 과 hn 은 각각 전계와 자계의 normalized transverse 성분이고 천자 a,b는 waveguide A,B 를 나타낸다. 식 (1),(2)에서 각영역에서의 모드의 직교성(4)을 이용하여 an 과 bn 을 구할수 있고 이들로 부터 산란계수를 얻는다. 두번째로 최저차모드가 구조B로 부터 불연속면에 입사한경우에 대해서 위와 같은 방법을 다시 적용시킨다.

그림2에서 정의된 산란계수에서 처음에 [S11], [S21]을 구하고 Hext 의 방향을 바꾸어서 [S'22], [S'12]을 구한다. 위와같은 과정을 반복하여 [S22], [S12],[S'11],[S'21]을 모두 구할수있다.

앞에서 분석한 그림2의 구조를 연속적으로 배열하면 그림3과 같은 격자 구조를 갖는다.

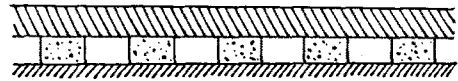


그림3. 기본구조를 cascade로 연결한 유전체 도파관 grating

그림의 주기적인 구조를 해석하기 위해 기본단의 산란계수를 구한후 chain scattering parameter로 바꾸면 임의의 N단에 대한 산란계수를 구할수 있다. 위의 grating 구조에서 기본단은 그림(4)와 같이 이루어져 있다.

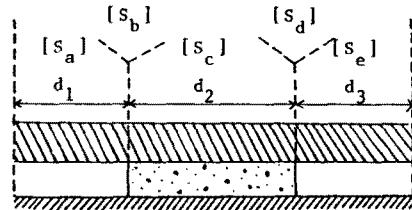


그림4. grating구조의 기본단

등가 산란행렬을 유도하는 과정에서 고차모드의 산란계수가 bound 모드에 비해서 매우 작으므로 무시하고 이경우 불연속에서의 산란행렬은 2-port로 표시된다. 이같은 가정하에서 각각의 산란행렬은 다음과 같다.

$$[S_a] = \begin{bmatrix} 0 & \exp(-j\beta_1 d_1) \\ \exp(-j\beta_1 d_1) & 0 \end{bmatrix} \quad [S_b] = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{bmatrix}$$

$$[S_c] = \begin{bmatrix} 0 & \exp(-j\beta_2' d_2) \\ \exp(-j\beta_2' d_2) & 0 \end{bmatrix} \quad [S_d] = \begin{bmatrix} S'_{11} & S'_{12} \\ S'_{21} & S'_{22} \end{bmatrix}$$

$$[S_e] = \begin{bmatrix} 0 & \exp(-j\beta_1 d_1) \\ \exp(-j\beta_1 d_1) & 0 \end{bmatrix}$$

3. 결 과

수치해석에 사용된 data 는 다음과 같다.

유전체 :  $\epsilon_r = 9.6$ ,  $a = 1.0\text{mm}$

페라이트 :  $\epsilon_f = 11.5$ ,  $b = 1.0\text{mm}$

Hext=5.0KOe, 4nMs=5.0KG

그림1.a 의 구조에서 순방향으로 진행하는 최저차 모드의 반사는 거의 없고 역방향인 경우는 상당한 반사가 있다. 이것은 순방향인 경우 waveguide A,B 의 phase constant 가 비슷한 반면 역방향인 경우 상당한 차이가 있기 때문이다. ( $\beta_d = 16.48 \text{ rad/cm}$ ,  $\beta_f = 15.08 \text{ rad/cm}$ ,  $\beta_b = 19.84 \text{ rad/cm}$  : 35Ghz)

그림5에 산란계수의 주파수 특성을 나타내었다. 여기에서 보면 순방향 진행특성이 나타질수록 반사파의 크기가 커짐을 알 수 있는데 그럼에도 fast 모드의 크기는 여전히 작으므로 이 구조는 비가역 소자에 응용될 수 있다.

그림1.(b)의 구조는 waveguide A,B의 phase constant 가 비슷하지 않기 때문에( $\beta_d = 11.22 \text{ rad/cm}$ ,  $\beta_f = 16.67 \text{ rad/cm}$ ,  $\beta_b = 19.33 \text{ rad/cm}$  : 35Ghz)  $S_{11}$ 이 그림1.(a)의 구조보다 상당히 커짐을 알 수 있다. 그러므로 이 구조에서 비가역 산란특성을 이용하려면 순방향 진행특성을 높여야 한다. 이 구조에 대한 주파수 특성은 그림6에 나타내었다.

그림2의 구조를 cascade로 20단 연결한 경우의 주파수 특성을 그림7.(a)에 나타내었고 그림7.(b)는 이구조가 35GHz 에서 대역저지 여파특성을 갖게한 경우의 주파수 특성이다.

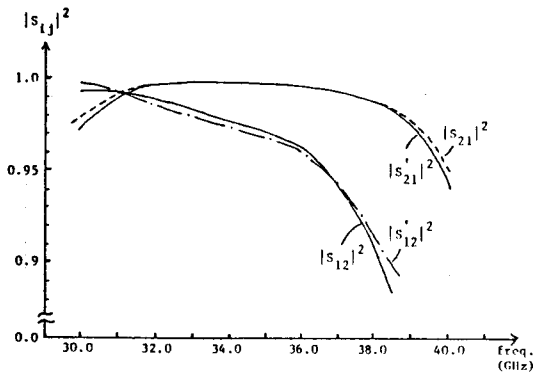


그림5. 그림1.(a)구조에서 bound 모드의 산란계수

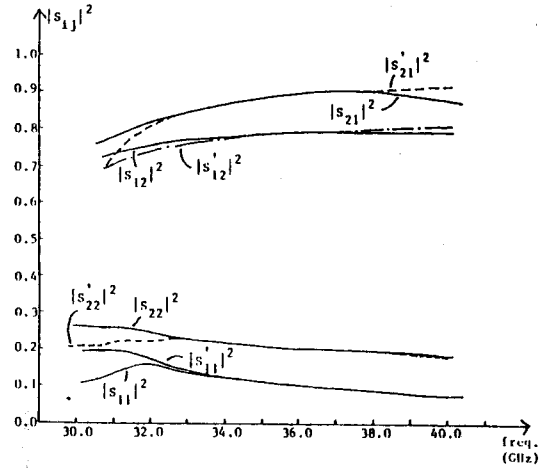
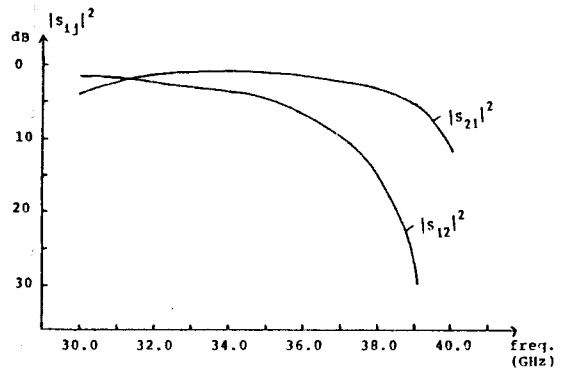
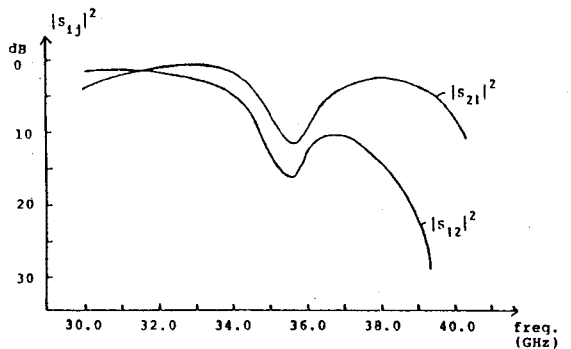


그림6. 그림1.(b)구조에서 bound 모드의 산란계수



a) 대역저지 여파특성을 갖지 않는 경우



b) 대역저지 여파특성을 갖는 경우

그림7. 그림2구조로 이루어진 격자구조의 특성

4. 결 론

밀리미터파 대역에서 비가역특성을 얻을수 있는 구조로서 페라이트층을 갖는 유전체 슬랩 도파관 격자구조를 제시하고 그 특성을 해석하였다. Computer Simulation의 결과 대역저지 주파수 근처에서 격자구조를 설계할때 isolation 특성이 우수함을 알았다.

참고 문헌

1. T.Itoh and F.J.Hsu, "Distributed bragg reflector gunn oscillators for dielectric millimeter wave integrated circuits", IEEE Trans. Microwave Theory Tech, Vol.MTT-27, no.5, pp.514-518, May 1979.

2. Sang-won Yun, Min-joon Lee, Ik-soo Chang, "Analysis of step discontinuities on planar dielectric waveguide containing a gyrotropic layer", to be published.

3. I.Awai and T.Itoh, "Multilayered open dielectric waveguide with a gyrotropic layer", Int. Journal of Infrared and millimeter-waves, Vol.2, pp.1-14, Jan.1981

4. D.Marcuse, "Coupled-mode theory for anisotropic optical waveguide", Bell System Tech. Journal, Vol54, pp.985-995, May 1975