

# 유한한 유전체 격자구조의 모드에 관한 연구

김민년, 채규수, 임중수  
 백석대학교  
 myki@bu.ac.kr

## A Study on modes distribution for periodic dielectric structures

Min-Nyun Kim, Gyoo-Soo Chae, Joong-Soo Lim  
 University of Baekseok

### 요 약

본 논문은 유한한 유전체 격자구조에 입사되는 TE필드가 유전체 내부에 발생시키는 모드의 필드 분포와 방출하는 필드를 분석하였다. 입사되는 필드는 유전체 격자구조에 일정한 패턴의 모드를 형성한다. 유한한 길이의 격자구조의 영향을 받아 유전체 내부에 유한개의 모드가 만들어지며 모드들은 각기 독립적인 방사패턴을 갖는다. 이러한 방사패턴을 분석함으로써 실제로 제작되는 유전체 격자구조의 분석에 도움이 될 것으로 사료된다.

### 1. 서론

유전체 격자구조는 주파수 선택 특성을 갖고 있어 여러 가지 용도로 사용가능성을 평가 받고 있다. 그러나 실제 제작시 무한한 격자구조가 아닌 유한한 길이로 제작되어 오차가 발생할 여지가 있다. 본 논문에서는 유한한 구조를 갖는 유전체 격자구조가 격자구조 내부에 형성하는 모드를 분석하였고 이러한 모드들이 방출하는 필드 패턴을 분석하였다.

### 2. 본론

그림1과 같이 입사하는 TE 전자기파는 유전체 내부에 Froquet-Bloch 모드를 형성하는 것으로 알려져 있다. 형성되는 필드는 격자주기의 절반정도 주기의 정수배를 갖는 무한개의 필드가 형성될 수 있다. 그러나 격자의 수가 적은 유한한 구조에서는 격자주기성이 감소되어 유한개의 모드만이 형성된다.

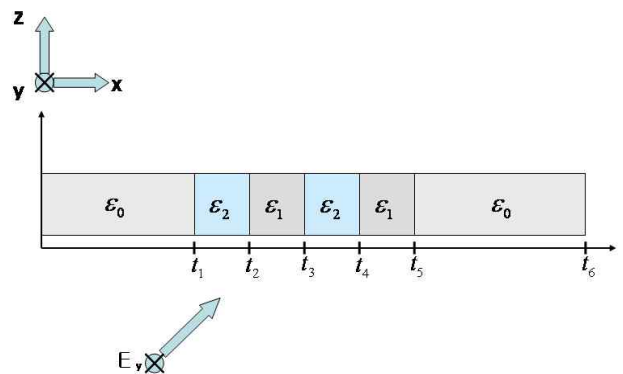


그림 1. 유한한 유전체 격자구조의 TE파 입사

그림 1의 구조는 x-방향으로 격자구조를 갖는 유한한 구조를 나타내고 있다. TE모드의 입사파는 유전체 구조에 모드를 형성한다. 형성하는 모드는 유전체 내부에 x-방향으로 경계조건을 만족하도록 형성된다.

우선, 각 영역에서 필드를 정의하면 아래의 수식으로 정리할 수 있다.

$$E_x = E_0 e^{-jk_z z} \quad \text{식 1}$$

$$E_{xn} = A_n \cos(k_{zn}(z_n - z_{n-1})) + B_n \sin(k_{zn}(z_n - z_{n-1}))$$

$$n = 1 \dots N \quad \text{식 2}$$

$$E_y = E_t e^{jk_x z} \quad \text{식 3}$$

식 1은 격자의 왼쪽 공기영역이고 식 2는 유전체 격자영역이며 식 3은 오른쪽 공기영역이다.

각 영역에서 경계조건을 만족하는 모드를 구하면 그림 2와 같이 나타나며 여기서 발생하는 모드는 모두 10개가 발생한다.

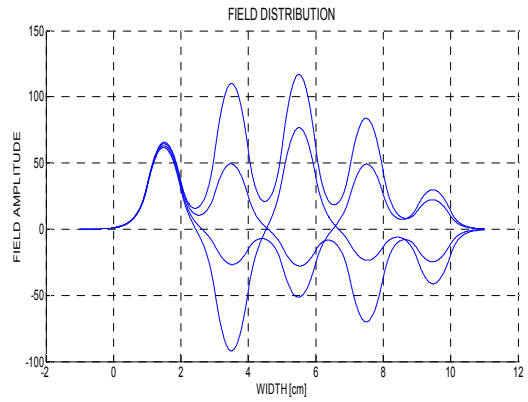


그림 3. 각 모드별 필드 분포

방사패턴

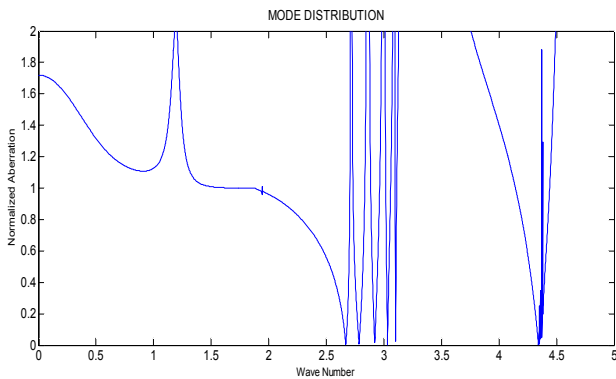


그림 2. 모드분포(주파수 3GHz, 유전율 2.44, 1.56, N=10)

그림 2의 모드 수를 조사해 보면 10개의 유한개의 모드가 발생하는 데 이는 유한한 격자구조가 갖고 있는 특성을 사료 되면 실제로 격자의 수가 변하면 모드의 수가 변하는 것으로 관측됐다.

그림 3은 10개의 모드들 중에 4개 모드의 필드 분포를 나타낸 것이다. 이들은 모두 격자 내부에서는 일정한 주기성을 띄고 있으며 이러한 주기성은 유전체 구조의 Febry-perot 성질과는 다르게 나타나고 있다.

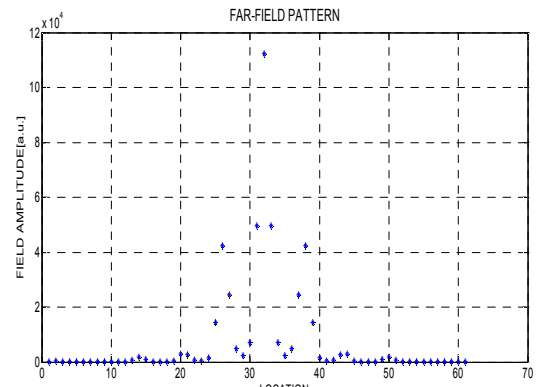


그림 4. 1차 모드의 방사패턴

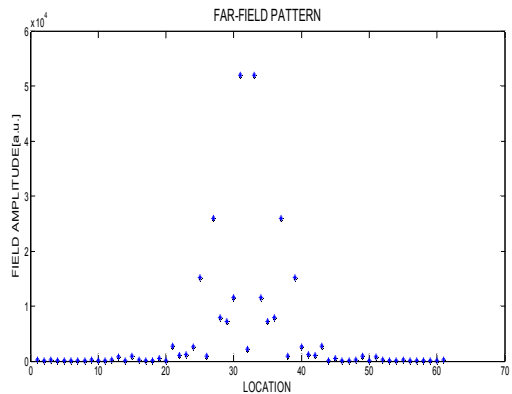


그림 5. 2차 모드의 방사패턴

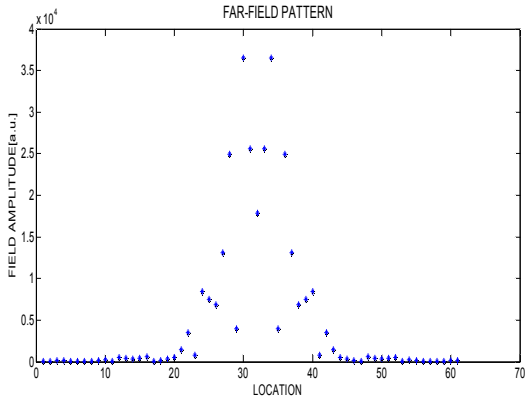


그림 6. 3차 모드의 방사패턴

### III. 결론

지금까지 유한한 격자구조의 유전체가 갖는 모드를 분석했으며 이들의 방사패턴을 알아보았다. 지금까지 대부분의 연구는 격자구조의 연구에서 무한한 구조를 가정하였다. 실제로 제작시 유한한 격자구조를 갖고 있는 경우에 분석할 수 있는 좋은 방법을 사료된다.

### References

- [1] BERTONI, H. L., et. al "Frequency-selective reflection and transmission by periodic dielectric layer," *IEEE Trans.*, vol. 37, no. 1, Jan. 1989.
- [2] M. G. Moharam and T. K. Gaylord, "Rigorous coupled-wave analysis of planar-grating diffraction," *J. Opt. Soc. Am.* 71, 811-818, 1981.
- [3] M. Born and E. Wolf, *Principles of Optics*, 7th ed., Ch. 13, Cambridge University Press, 1999.