

PERİYODİK OLARAK OLUKLU DALGA KILAVUZUNUN SPEKTRUMUNDA DURDURMA BANTLARI

Victor A. Pogrebnyak, Ömer Evren İnan, Uğur Cem Hasar,
Ali Neşet Küçükaltun, Tolgahan Eraslan, Eser Akaray, Sefa Meral
Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi,
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
Balcalı, Adana
vpog@cu.edu.tr

Periyodik olarak oluklu dalga kılavuzunun iletim özelliklerinin ölçümü, frekans spektrumundaki durdurma bantlarının genişliğinin ve yerinin, oluklu iki levhanın birbirlerine göre göreceli pozisyonuna bağlı olduğunu gösterir. Bir periyodik yüzeyin, diğerine göre oluğun yarım periyodu kadar kaydırılmasıyla, iletim, sıfırdan maksimum değerine doğru değişir. Bu da anahtarlama olgusunu gösterir. Deneyel veriler, teorik göstergelerle uyum içerisinde.

Anahtar Sözcükler: Elektromanyetik dalga, Düzlemsel dalga kılavuzu, Periyodiklik, Bragg yansıması, Ayarlanabilirlik.

Bölüm B, Alanlar ve Dalgalar

Periyodik yapılar içerisindeki elektromanyetik dalga yayılımının analizi, mikrodalga, antenler, entegre optik, optoelektronik, fotonik kristaller, fiber sensörler [1-5] ve bu problemle bu dallar kadar yakın ilişkisi olan iki boyutlu elektron gaz araştırmaları [6] gibi fizik ve teknolojinin çoğu alanlarında geniş uygulamalarından dolayı oldukça ilgi görmektedir. Periyodik yapılar, yukarıda sözü edilen belirli alanlar içerisinde, değişik bakış açılarıyla deneysel olduğu kadar teorik olarak da geniş çapta çalışıldı. Yukarıda belirtilen tamamlanmamış liste periyodik yapılarda dalga yayılımı konusuna adanmış çok fazla miktarda yayın içerir. Geçtiğimiz yıllarda, fotonik kristal teknolojisindeki [7,8] gelişmeden dolayı bu alanda büyük ilerlemeler kaydedildi.

Bir periyodik yapı içerisindeki dalga yayılımının temel fiziksel özelliği, yapının elektromanyetik spektrumunda durdurma bandı oluşumuna neden olan Bragg yansıması olgusu veya Bragg rezonansıdır [1-5]. Bragg yansıması, bir periyodik dalga kılavuzu gibi sınırlandırılmış periyodik yapı durumunda olduğu gibi sınırlandırılmamış ortam durumunda da meydana gelir. Üstelik iki durumda da Bragg yansıması, Bragg kanunu olarak bilinen tek ve aynı koşulda meydana gelir. Bragg kanunu, periyodik dalga kılavuzunun eksen boyunca, x eksen diyoruz, yol alan dalgaların yapıcı girişiminin matematiksel formülasyonudur. Entegre optikte, Bragg yansıması, boyuna modların (x bileşenleri) birleşimi veya boyuna faz eşleşmesi [3-5] olarak tanımlanır.

Biz, profilleri aşağı levha için $y_{-d}(x) = -d/2 + \xi \cos(qx)$ ve yukarı levha için $y_d(x) = d/2 + \rho \cos(qx + \theta)$ (Fig.1’de, koordinat sistemi içinde gösterilmiştir) olarak verilmiş periyodik olarak oluklu metal iki levhadan oluşmuş dalga kılavuzunu deneysel olarak inceledik. Burada d , dalga kılavuzunun ortalama kalınlığıdır, $q = 2\pi/a$; ξ , ρ ve a , büyüklükleri ve olukların bir periyodunu, θ parametresi ise aşağı ve yukarı periyodik oluklar arasındaki faz kaymasını gösterir. Bizim deneyimizde, periyodik olarak oluklu metal iki levha şu özelliklere sahipti; $a = 3,2$ cm, genişlik=90 cm, uzunluk=60 cm, $d=9,6$ cm, $x = r = 0,45$ cm.

Makale [9]’da, Bragg ve Bragg olmayan yansımaların, gerçekte, boyuna modlar (Bragg rezonansları) ve enine modlar (Bragg olmayan rezonanslar) arasındaki rezonanslar olduğu gösterildi. Bu analiz, spektrumdaki durdurma bandının (rezonans) pozisyonunun ve onun genişliğinin, $\delta\omega_p$, periyodik levhalar arasındaki faz kaymasına, dalga modlarının tam sayı oluşuna ve dalga kılavuzunun bir periyodu ile bir kalınlığı arasındaki ilişkiye olan güçlü bağlılığını açıklar. Bu bağlılık, formül [9] tarafından açıklanır.

$$\delta\omega_p = \frac{\omega_{0p}\omega_{0m}}{\omega_{pm}d} \left[\xi^2 + 2(-1)^{p-m+1} \xi\rho \cos\theta + \rho^2 \right]^{1/2} \quad (1)$$

Burada $\omega_{0p} = ck_{0p}$, $\omega_{0m} = ck_{0m}$, p ve m mod indisleridir ve $1,2,3,\dots$ 'e eşittir, $m \leq p$. Denklem (1)'de görüldüğü üzere boşluğun değeri, $\delta f_g = \delta \omega_{pm}/2\pi$, levhalar arasındaki faz kaymasına, θ , bağlıdır ve değeri sıfır ile maksimum değeri arasında değişir.

8-12 GHz. frekans aralığında periyodik dalga kılavuzunun iletim karakteristiğinin ölçümü için, iki “horn” anten içeren standart bir mikrodalga düzeneği kullanıldı. Deney düzeneği ve yapının geometrisi, Fig. 1’de gösterilmiştir.

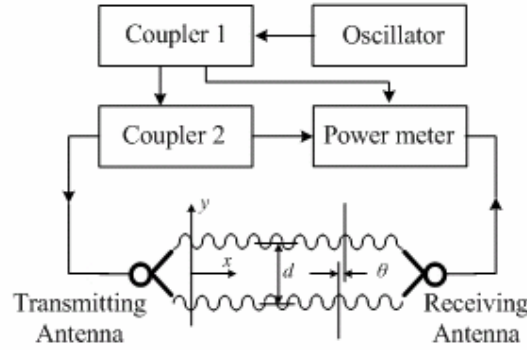


Fig. 1. Deney düzeneği ve periyodik olarak oluklu dalga kılavuzunun geometrisi. z -ekseni resmin düzlemine diktir.

Burada oluğun yivlerine paralel olan polarizasyon vektörüne sahip TE dalgasının yayılımı incelendi. Durdurma bandının yeri ve genişliği, dalga kılavuzunun kalınlığı ve oluğun periyodu değiştirilerek ayarlanabildi. Bragg frekansında, 9,1GHz., durdurma bandının ve anahtarlama olgusunun gözlemlenmesi Fig. 2’de gösterilmiştir. Eğer $\theta = 0$ ise, durdurma bandı maksimum değere sahiptir ve iletilen güç sıfıra eşittir (“off” durumu). $\theta = \pi$ durumunda, boşluk kapanır ve iletilen güç maksimum değere ulaşır (“on” durumu).

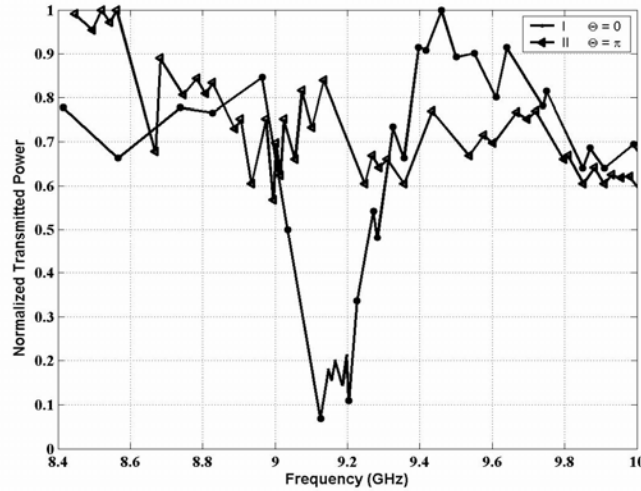


Fig. 2. İki durumda, periyodik olarak oluklu dalga kılavuzu boyunca iletilen güç ölçüldü: simetrik dalga kılavuzunda, $\theta = 0$, noktalarla etiketlenilmiş eğri ve asimetrik dalga kılavuzu durumu, $\theta = \pi$, üçgenlerle etiketlenilmiş eğri.

Fig. 2, iletim özelliklerini sadece iki durum için – simetrik ve asimetrik dalga kılavuzları – gösterir. Asimetrik dalga kılavuzu durumunda dalga kılavuzu, herhangi bir x -koordinat değerinde, birbirleri ile arasında sabit uzaklık olan benzer sınırlara sahiptir.

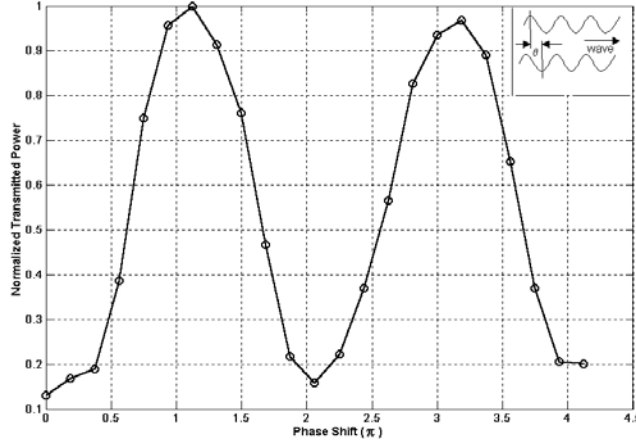


Fig. 3. Sabit bir frekansta, 9,1GHz., oluklu dalga kılavuzu boyunca iletilen güç, levhalar arasındaki faz kaymasının, θ , bir fonksiyonu olarak grafiklendirilmiştir. Üçgen izindeki eğri, dalga kılavuzu içindeki yansımaz dalga yayılımını bütün ölçülen frekans aralığında gösterir.

Fig.3’de anahtarlama olgusu açıkça görülebilir. Bu deneysel sonuçlar, durdurma band genişliğinin, θ ’ya bağlı değişimini tanımlayan formül (1) ile ve sonuç olarak dalga kılavuzu boyunca iletim ile uyum içerisinde. Sonuç olarak, periyodik olarak oluklu düzlemsel dalga kılavuzunun iletim özellikleri deneysel olarak incelenmiştir. Simetrik dalga kılavuzu için boşluğun maksimum genişliği gözlemlendi ve buna ek olarak levhalardan biri, diğerine göre olukun yarım periyodu kadar kaydırıldığında, boşluğun yok olduğu gözlemlendi.

Bu araştırma, Proje No: MMF2004BAP5 olarak Çukurova Üniversitesi Araştırma Fonu tarafından desteklendi.

References

- [1] L. Brillouin, Wave Propagation in Periodic Structures, Dover, New York, 2nd ed., 1953.
- [2] Harvey, A.F., IRE Trans. Microwave Theory Tech. MTT-8, 30 (1960).
- [3] A. Yariv ve P. Yeh, Optical Waves in Crystals / Propagation and Control of Laser Radiation. J. Wiley, New York, 1984.
- [4] R.E. Colling, Field Theory of Guided Waves. 2nd ed., IEEE PRESS, NJ, 1991.
- [5] S. Solimeno, B. Crosignani, P. DiPorto, Guiding, Diffraction and Confinement of Optical Radiation, Academic Press, Inc. 1986.
- [6] M.J.Kelly, Low-Dimensional Semiconductors: Materials, Physics, Technology, Devices, Clarendon Press, 1995.
- [7] E. Ozbay, J. Opt. Soc. Am. B13, 1945 (1996).
- [8] Photonic Band Gap Materials, ed. C. M. Soukoulis, (Norwell: MA, Kluwer, 2001).
- [9] V.A. Pogrebnayak, Opt. Comm. 231, 201 (2004).