

Mikrodalga Düzlemsel PBG Yapıların Analizi ve Uygulamaları

Demet S. Armağan Şahinkaya

TÜBİTAK, Marmara Araştırma Merkezi, Bilişim Teknolojileri Araştırma Enstitüsü

PK: 21, 41470 Gebze, Kocaeli

e-mail: demet.sahinkaya@btac.mam.gov.tr

Özet: Bu çalışmada düzlemsel PBG yapıların mikroşerit hatlarda toprak olarak kullanılması analiz edilmiştir. Bu tür PBG yapılar, toprak düzleminde kısmi yarıklar açılarak oluşturulurlar ve monolitik devre teknolojisi için oldukça uygundur. PBG yapıların benzetimleri zaman domeninde farklar (Finite-Difference Time-Domain: FDTD) yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Düzlemsel PBG yapıları mikrodalga süzgeç uygulamaları için incelenmiş ve benzetim sonuçları sunulmuştur.

1. Giriş

Fotonik bant boşluklu (Photonic Band Gap: PBG) yapılar, uzamsal olarak periyodik dielektrik sabitine sahip yapay elektromanyetik kristallerdir. Bu kristallerin kafes parametreleri elektromanyetik dalga boyu ile karşılaştırılabilir mertebededir. Uygun şekilde tasarlandıklarında PBG yapılar dalga boyu ilerleme yönünde bir frekans bandında elektromanyetik dalga yayılımını bastırma yeteneğine sahiptirler. Üç boyutlu PBG yapıların ilk deneysel gösterilimi Yablonovitch tarafından optik frekanslarında yapılmıştır [1]. Orijinal PBG araştırmaları optik bölgede yapılmasına karşılık PBG özellikleri geniş bir frekans aralığında ölçeklendirilebilir ve uygulanabilir. Son zamanlarda mikrodalga ve milimetre dalga uygulamalarında PBG yapıları gösterilen ilgi artmaktadır [2]. Özellikle PBG yapıların üç karakteristiği mikrodalga uygulamalarında kullanımını kolaylaştırmaktadır: (i) Yüksek empedanslı metalik yüzeyler, (ii) Metalik ince film 1-boyutlu süzgeçler, (iii) Yavaş dalga yapıları.

PBG yapıların mikrodalga uygulamaları arasında bant geçiren süzgeçler, uydu haberleşmesinde büyük önemi olan yüksek güçlü gezinen dalga tüpleri (traveling wave tube), verimliliği artırılmış kuvvetlendiriciler ve RF antenlerin performanslarının iyileştirilmesi başta gelmektedir. Özellikle havacılık uygulamalarında kullanılan antenlerdeki elektromanyetik girişime neden olan yüzey dalgalarının bastırılmasında PBG yapıların kullanımı ile anten etkinliğinin artırılması mümkündür.

2. PBG Yapılı Mikroşerit Hattın Analizi

Bu çalışmada düzlemsel PBG yapısı, mikroşerit hat için toprak düzlemi olarak kullanılmıştır. Bu tip PBG yapılar toprak düzleminin kısmi olarak aşındırılmasıyla oluşturulur ve monolitik devre teknolojisi ile uyumludur. Seçilen PBG yapısı Şekil 1'de gösterildiği gibi 50ohm'lık mikroşerit hattın toprak düzlemine iki boyutlu olarak kare şeklinde kafes yapılarla aşındırılması ile oluşur. Taban malzemesi olarak dielektrik sabiti (ϵ_r)10.2 olan 0.635mm kalınlıkta RT/Duroid kullanılmıştır.

FDTD benzetiminde farklı örnekler için hücre sayısı sabit tutulmuştur. Kafes yapının periyodu a olmak üzere, 5mm ve 3mm; kare delik ölçüleri ise değişken alınmıştır. Mikroşerit hatlarda elektrik ve manyetik alanlar hat yakınında yoğunlaştığından analiz için y doğrultusunda üç sıra hücre yeterli görülmüştür. Uyarıcı sinyal olarak Şekil 2'de gösterildiği gibi bir Gaussian darbe kullanılmıştır.

Şekil 4(a) ve 4(b) PBG yapısı üzerindeki mikroşerit hat için S-parametrelerinin FDTD benzetim sonuçları görülmektedir. Şekil 4(a)'da verilen yapının periyodu, $a=3$ mm deliğin ölçüleri 1.5mmx1.5mm, Şekil 4(b)'de verilen yapının periyodu, $a=5$ mm delik ölçüleri ise 2.5mmx2.5mm'dir. İletim katsayısı S_{21} incelendiğinde söndürme bandının (stopband) sırasıyla 17.5GHz ve 11 GHz'te olduğu görülmektedir. Dikkat edilirse bu söndürme bandının merkez frekansı (f_0), yapının periyodunun bir fonksiyonudur. Periyot a azaldıkça söndürme bandın merkez frekansı artmaktadır.

Diğer yandan söndürme bandının derinliği ve band genişliği deliğin boyutuna ve periyodun sayısına bağlıdır. Periyot sayısı burada 9 olarak sabit alınmıştır. Şekil 4(a) ve 4(b)'de görüleceği üzere delik boyutu arttığında söndürme band derinliği de artmaktadır. Ancak bu durumda S_{21} 'deki tepecik (ripple) de artar. Yansıma katsayısı

S11, Şekil 4(a)'da geçirme bandı boyunca yeterli bastırma gösterse de Şekil 4(b)'de geçirme bandı boyunca yansıma katsayısının iyileştirilmesine gereksinim vardır.

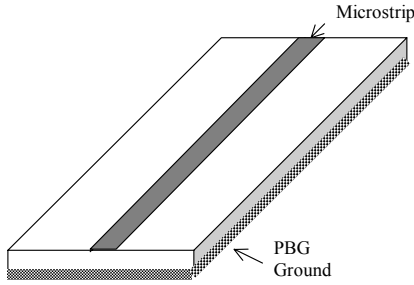
3. PBG Yapının Bozulması ve Etkileri

PBG yapısı, bir frekans aralığında bandın söndürülmesine neden olan bir periyodik dizidir. Enerji bu söndürülen bandın içerisinde belirli yönlerde ilerleyemez. PBG yapıların bozulması (defect), PBG kafesindeki bir sarsım (perturbation)dır. Bu periyodik kafesteki bir elemanın eklenmesi veya çıkarılması ile oluşturulabilir. Bu bozunma daha büyük durdurulan frekans bandı içerisinde daha dar bir geçirme frekans bandı yaratır. PBG yapılarıdaki bozulma daha önceleri optik bölgede incelenmiştir [3-4].

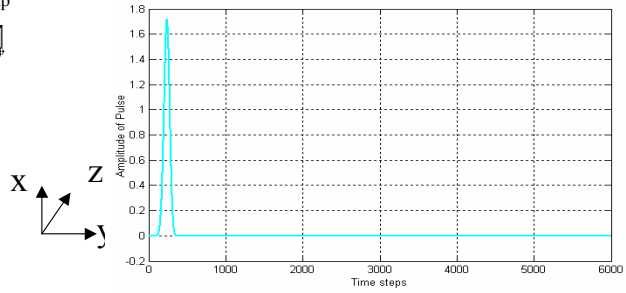
Bu bölümde PBG yapısında bazı bozulmalar üretilmiştir. İncelenen bozulmuş PBG yapısı Şekil 3'te verilmektedir. $d=1.67a$, $d=1.5a$ ve $d=1.33a$ için üç ayrı benzetim gerçekleştirilmiştir. Burada d delik merkezleri arasındaki uzaklıktır. Bozulmuş PBG yapısındaki mikroşerit hattın S-parametrelerinin FDTD benzetim sonuçları Şekil 5(a), 5(b) ve 5(c)'de görülmektedir. İletim katsayısı S_{21} , 11GHz'te söndürme bandına sahiptir ve yaklaşık 4 GHz band genişliğine sahiptir. Bozulma söndürme frekans bandı içerisinde yaklaşık 200MHz'lik bir geçirme bandı yaratır. Bu dar geçirme bandı değişik bozulma boyutları için söndürme frekans bandı içerisinde hareket etmektedir (bakınız Şekil 5(b)ve Şekil 5(c)). Yansıma katsayısı S_{11} , farklı bozulma boyutları için dar bir aralıkta frekansta hareket etmektedir. Yansıma katsayısındaki bastırma çok yeterli görülmemektedir. Bu değerin PBG kafes yapısı ve yapıdaki bozulma değiştirilerek artırılması mümkün olabilir.

4. Sonuç

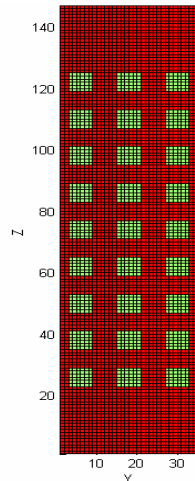
Bu çalışmada PBG yapıların mikroşerit hatlardaki davranışı incelenmiştir. Bu yapıların özellikle band söndüren süzgeçler başta olmak üzere birçok mikrodalga devre uygulamasında kullanımının mümkün olduğu görülmüştür. PBG yapının bozulma özelliği kullanılarak *add-drop* süzgeç tasarımı gibi çok kanallı ve çok frekanslı sistem uygulamalarında tasarım yöntemi olarak kullanılabileceği gösterilmiştir.



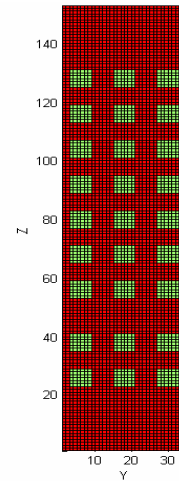
Şekil 1(a). PBG topraklı mikroşerit hat.



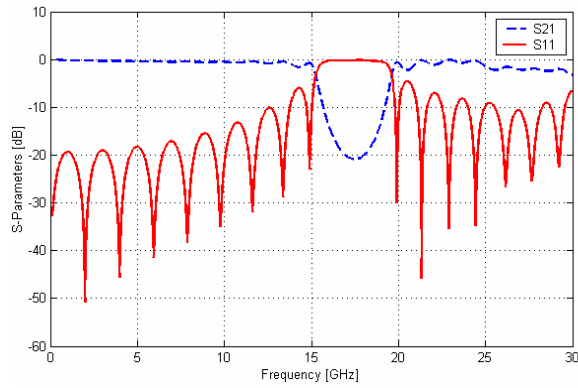
Şekil 2. Mikroşerit hatta uygulanan uyarı sinyali.



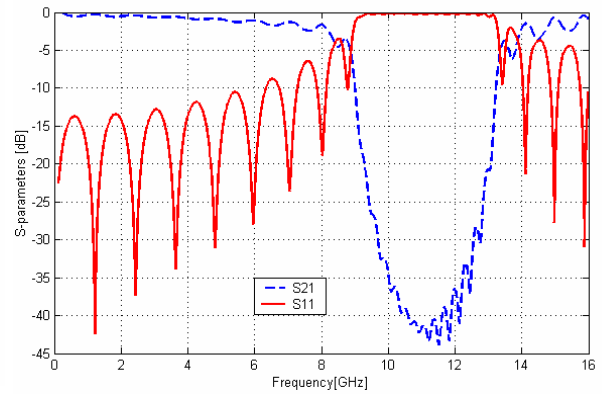
Şekil 1(b). PBG yapıli mikroşerit hattın alt yüzeyi.



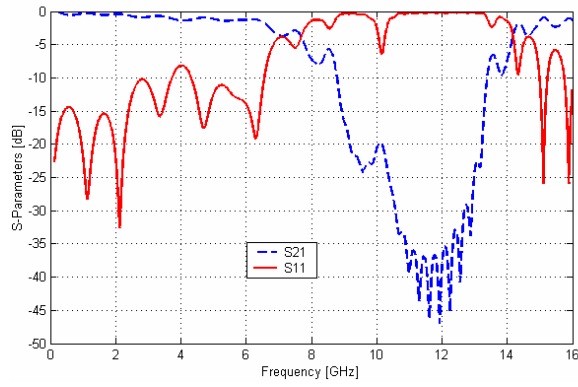
Şekil 3. Bozulmuş PBG yapıli mikroşerit hattın alt yüzeyi.



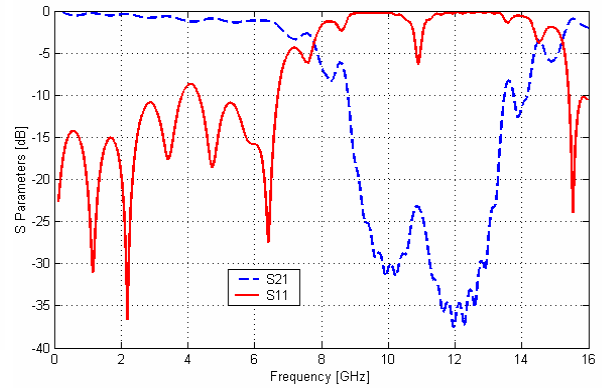
Şekil 4(a)



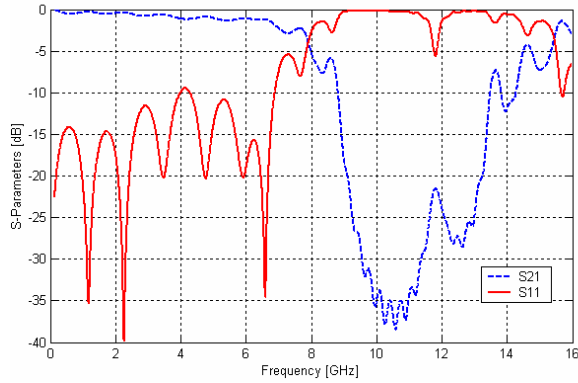
Şekil 4(b). PBG yapılı mikroşerit hat için S-parametreleri, (a) $a=3\text{mm}$, $b=1.5\text{mm}$; (b) $a=5\text{mm}$, $b=2.5\text{mm}$.



Şekil 5(a)



Şekil 5(b)



Şekil 5(c). Bozulmuş PBG yapılı mikroşerit hat için S-parametreleri, (a) $d=1.67a$, (b) $d=1.5a$ (c) $d=1.33a$

Kaynaklar

- [1] Yablonovitch E., "Photonic band-gap structures", *J. Opt. Soc. Amer. B, Opt. Phys.*, vol.10, pp. 283-295, Feb. 1993.
- [2] Yang F., "A uniplanar Compact Photonic-Bandgap (UC-PBG) Structure and its Applications for Microwave Circuits", *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, vol. MTT-47, pp.1509-1514, August 1999.
- [3] Smith D.R., "Defect studies in a two-dimensional periodic lattice", *J. Modern Opt.*, vol. 41, pp. 395-404, 1994.
- [4] Fan S., "Channel drop filters in photonic crystals", *Optics Express*, Vol. 3, pp. 4-11, July 1998.