

Elektronik Bant Aralıklı Yapılar Kullanılarak Alçak Geçiren Mikroşerit Filtre Tasarımı

Cenk Mülazımoğlu¹, Fulya Bağcı¹, Emrullah Karakaya¹, Sultan Can², Asım Egemen Yılmaz², Barış Akaoglu¹

¹Ankara Üniversitesi
Fizik Mühendisliği Bölümü
Ankara

cenkmulazimoglu@gmail.com, fbagci@eng.ankara.edu.tr, emrullah.fizik@gmail.com,
akaoglu@eng.ankara.edu.tr

²Ankara Üniversitesi
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
Ankara
sultancan@ankara.edu.tr, aeyilmaz@eng.ankara.edu.tr

Özet: Bu çalışmada, iki boyutlu elektronik bant aralıklı yapılardan yola çıkılarak, bir alçak geçiren mikroşerit filtre tasarımı gerçekleştirilmiştir. Filtre Wi-Max iletişim bandının en yüksek frekans noktası olan 5,8GHz'de merkezlenen bir bant aralığını geçirmeyecek şekilde tasarlanmıştır. Üst yüzey elektronik bant aralıklı malzemeli düzlem ve alt yüzey toprak düzlemden oluşacak şekilde tasarlanan filtrenin topolojisi, daha sonrasında alt ve üst düzlemlerin her ikisinde de sistematik kusurlar yaratılarak değişikliğe uğratılmış ve saçılma parametreleri ve bant genişliğine olan etkisi incelenmiştir.

Abstract: In this study, starting from the two-dimensional electronic band gap structures, a low-pass microstrip filter design is carried out. The filter is designed in order not to transmit the band centered at the highest frequency point of the Wi-Max communication band located at 5.8 GHz. The filter topology, which consists of an upper-plane as an electromagnetic band gap material and a bottom plane as a solid ground plane, is later modified by creating systematic defects on both the top and bottom plane of the filter and its impact on the scattering parameters and bandwidth is examined.

1. Giriş

Mikrodalga ve milimetre frekanslarda belirli frekans bantlarında elektromanyetik dalgaların ilerleyişini yasaklayan yapay periyodik yapılar elektromanyetik bant aralıklı (electromagnetic band gap-EBG) yapılar olarak adlandırılmaktadır. İlk EBG yapısı optik dalga boylarında 1987 yılında tasarlanmıştır [1]. Bu sebeple, bu yapılar fotonik bant aralıklı yapıları veya fotonik kristaller olarak da bilinmektedir. EBG yapıların en seçkin özelliği istenilen frekanslarda elektromanyetik dalgaların ilerlemesinin engellendiği bir bant aralığına sahip olabilmeleridir. Bir, iki ve üç boyutlu EBG yapılar içerisinde düzlemsel EBG yapıları basit fabrike edilebilme süreçleri ve üstün elektromanyetik özellikleri dolayısıyla bilimsel çevrelerin oldukça ilgisini çekmektedir. EBG malzemelerin antenlerin etkinliğini artırmak [2], bir çipte komşu elektronik bileşenler arasındaki elektromanyetik girişimi azaltmak [3], filtrelerde bant genişliği, seçicilik, sinyal zayıflaması özelliklerini geliştirmek [4]-[6] gibi çok çeşitli uygulamaları bulunmaktadır. EBG yapılar ayrıca, kablosuz iletişim sistemlerindeki artan bant genişliği ve performans gereksinimi sonucunda, geleneksel alçak geçirimli mikroşerit filtrelerin toprak düzleminde kusurların oluşturulmasıyla kusurlu toprak yapılarının tasarımında da kullanılmaktadır [4-8].

Bu çalışmada Wi-Max iletişim frekansının en üstü olan 5,8 GHz merkez frekansında iletimi durduracak 7. dereceden 1. tip Chebyshev alçak geçirimli bir mikroşerit EBG filtre tasarımı amaçlanmıştır. 2005 senesinde Huang vd. tarafından gerçekleştirilen elektronik bant aralıklı, 7,5 GHz merkez frekanslı, alçak geçiren mikroşerit filtre çalışmasında toprak düzleminde dairesel kusurlar açılarak bant aralığında sinyal iletimi zayıflatılmıştır [7]. Dairesel yerine kare oyuklar açmanın üretim açısından daha pratik olduğu göz önünde bulundurularak, bu çalışmada belirli bir fonksiyona göre toprak düzleminde karesel kusurlar açılarak ve filtrenin ön yüzündeki mikroşerit hattın genişliği azaltılarak yasak bant aralığı artırılmış ve bant aralığında sinyal iletimi en fazla -35.6 dB'ye kadar çekilmiştir.

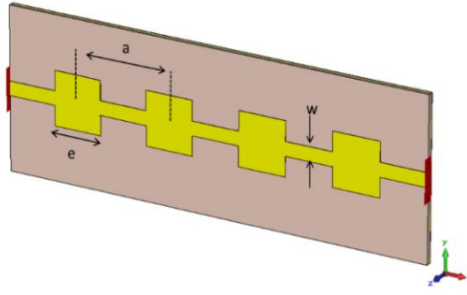
2. İki boyutlu Mikroşerit EBG Filtre Tasarımı

Çalışmanın ilk aşamasında üst yüzeyi elektronik bant aralıklı yapıları içeren, alt yüzeyi ise toprak düzlemi olan bir filtre yapısı seçilmiştir. Amaç, Wi-Max iletişim bandının en yüksek frekansı olan 5,8 GHz'i merkez alan bir frekans bölgesinde sinyal iletimini yasaklamaktır. Bu amaçla tasarlanan filtre Şekil 1'de gösterilmiştir. Filtre tasarımında en önemli husus amaca uygun frekansta iletimi durduracak şekilde EBG yapısında rezonatör boyutlarının seçilmesidir. Rezonatör periyodikliği (a), rezonans frekansı ve etkin dielektrik sabitine bağlı olarak eşitlik (1)'deki gibidir:

$$a = n \frac{c}{2fr\sqrt{\epsilon_{etkin}}} \quad (1)$$

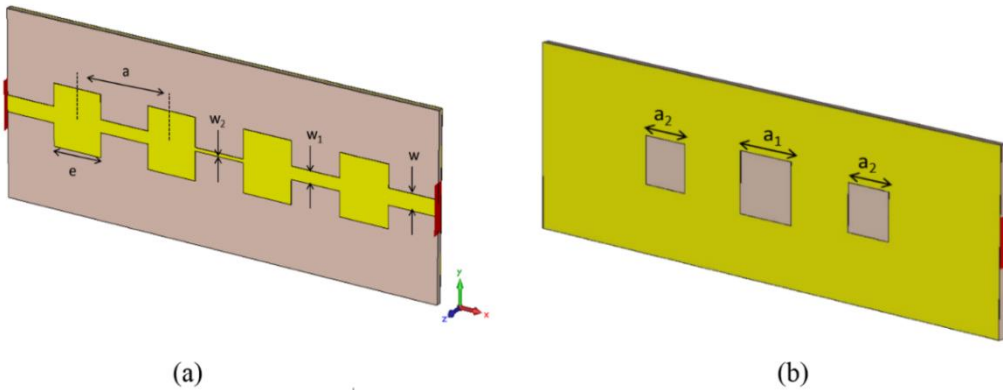
Burada f_r çalışılan rezonans frekansı, ϵ_{etkin} etkin dielektrik sabitidir. Tüm değerler eşitlik (1)'de yerine konulduğunda, $n=1$ için rezonatör periyodikliği Şekil 1'de gösterildiği üzere 13,9 mm olarak belirlenmiştir.

e ise kare yamaların birim hücredeki doluluk oranının ölçüsüdür. $e/a=0,5$ olduğu durumda en geniş bant aralığı elde edildiğinden e uzunluğu birim hücrenin yarısı olacak biçimde $e=6,95$ mm olarak ayarlanmıştır. Mikroşerit hattın genişliği ise 50Ω giriş empedansını sağlaması için 1,84 mm olarak seçilmiştir. Toprak düzlemi ve EBG yapısının olduğu en üst tabaka bakırdır ve kalınlığı $35 \mu\text{m}$ 'dir. Kullanılan dielektrik alttaş ise Rogers RO 4003C'dir. Bu alttaşın dielektrik sabiti, $\epsilon_r=3,55$ ve kayıp oranı, $\tan\delta=0,0027$ 'dir. Rogers firmasının standart dielektrik kalınlığı olan 0,813 mm alttaş kalınlığı olarak kabul edilmiştir.



Şekil 1. EBG mikroşerit filtre tasarımı (Alt yüzü tamamen bakır kaplıdır).

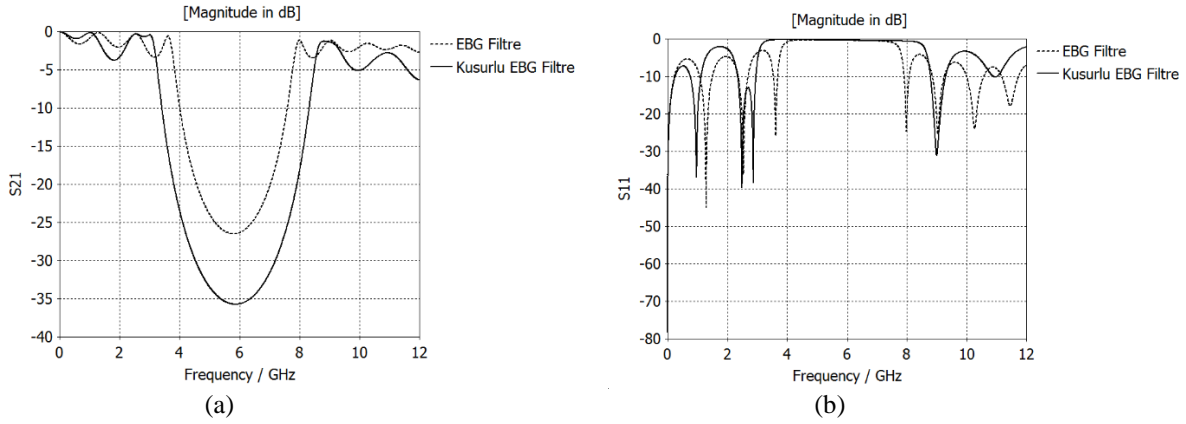
Üst yüzeyi bakır EBG yapısı ile kaplı filtre tasarımının ardından yapıda bir takım sistematik kusurlar oluşturularak filtre özelliklerinde iyileştirmeler amaçlanmıştır. Bunun için toprak düzleminde Chebyshev dağılımına bağlı karesel oyuklar açılmış [6] ve ön yüzeyde ortadaki iki kare yama arası mikroşerit hat daraltılmıştır. Chebyshev dağılımı, iki öğeli bir veri dizisi için normalize katsayıları 1 ve 0,78 olarak verilmektedir. Şekil 2(a)'da gösterilen ön yüzeyde $w=1,84$ mm, $w_1=1,44$ ($0,78w$) ve $w_2=0,40$ mm'dir. En alt tabakada ise a_1 e 'ye eşittir ve 6,95 mm'dir. a_2 ise 5,42 mm olarak ($0,78a_1$) seçilmiştir. (Saçılma parametrelerinin benzetim sonuçlarına göre en uygun boyutun $e=0,78a_1$ olduğu belirlenmiştir.) Girişteki mikroşerit kalınlığı yine 50Ω 'u sağlayacak şekilde sabit bırakılmıştır. Ön yüzeydeki karesel yamalarda ise değişiklik yapılmayarak EBG yapısı korunmuştur.



Şekil 2. Kusurlu EBG mikroşerit filtre tasarımının (a) ön ve (b) alt yüzü.

3. Analiz Sonuçları

Şekil 1’de gösterilen EBG filtrenin ve Şekil 2’de gösterilen kusurlu EBG filtrenin benzetimler sonucunda bulunan S-parametre grafikleri Şekil 3’de verilmiştir. Rogers RO4003C dielektrik tabaka üzerine tasarlanan her iki yapı da giriş ve çıkışa yerleştirilen portlar üzerinden 0-12 GHz frekans aralığında uyarılmış ve dedekte edilmiştir. Şekil 3 (a)’daki iletim grafiğinde görüldüğü gibi, kusurlar olmadığı durumda filtrenin iletim katsayısı merkez frekans olan 5,8 GHz’de -26 dB civarındadır. [7] no’lu çalışmada düz filtre U-şekilli filtreye dönüştürüldüğünde bant aralığı bitimindeki frekans bölgesinde oldukça fazla araya yerleştirme kaybı (S_{21} kaybı) meydana geldiği görülmektedir. Çalışmamızda düz filtreye toprak düzleminde kusurlar açıldığında ise bant aralığı bitiminde böyle bir duruma rastlanmamıştır. Yapıda meydana getirilen sistematik kusurlar sonucunda iletim -35,6 dB’ye kadar bastırılmıştır. Bunun yanında EBG filtreye kusurlar oluşturulduğu durumda bant genişliğinde de büyük oranda artış gözlenmiştir. -15 dB seviyesi baz almırsa, EBG mikroserit filtre yapısında bant genişliği 3,11 GHz iken kusurlu olarak tasarlanan ikinci filtre yapısında bant genişliği 4,56 GHz’e artmıştır. Böylece hem bant aralığının genişlediği, hem de filtre verimliliğinin artırıldığı görülmüştür. Benzer şekilde Gadvi vd. tarafından 7,8 GHz’i merkez alan frekansta bir alçak geçirimli filtre tasarlanmış ve bu filtreye toprak düzleminde karesel ve inter dijital oyuklardan oluşan bir kusurlu toprak düzlemi yapısı önerilmiştir [8]. Bu çalışmadaki [8] filtrenin S_{21} grafikleri ile tasarladığımız filtrenin S_{21} grafiği (Şekil 3(a)) karşılaştırıldığında filtremizin seçiciliğinin daha iyi olduğu görülmektedir. Şekil 3(a)’da görüldüğü gibi iletim bandında 4 adet doruk olması tasarladığımız filtrenin $N=7$. dereceden olduğunu göstermektedir, çünkü doruk sayısı $(N+1)/2$ ’dir. Şekil 3(b)’de görüldüğü gibi yansımanın gerçekleştiği bant aralığında da artış meydana gelmiştir. Çalışma frekansında sinyalin bastırılma oranında gözlenen artış ve banttaki genişleme elektronik bant aralıklı filtre yapısında simetriyi azaltıcı yönde kusurlar oluşturmanın faydalı olduğunu göstermektedir. Tüm bu sonuçlara bağlı olarak, Wi-Max iletişim bandının en üst noktası olan 5,8 GHz frekansta elektromanyetik iletimin bastırılacağı bir filtre yapısı önerilmiştir.



Şekil 3. Tasarlanan filtre topolojilerine ait (a) iletim ve (b) yansıma parametreleri.

Bu çalışma 16B0443005 numaralı Ankara Üniversitesi BAP projesi kapsamında desteklenmiştir.

Kaynaklar

- [1]. Yablonoitch E., “Inhibited spontaneous emission in solid-state physics and electronics,” Phys. Rev. Lett., cilt. 58, no. 20, s. 2059-2062, 1987.
- [2]. Brown E. R., Parker C. D., Yablonoitch E., “Radiation properties of a planar antenna on a photonic crystal substrate,” J. Opt. Soc. America, cilt. 10, no. 2, s. 404-407, 1993.
- [3]. Abhari R. ve Eleftheriades G. V., “Metallo-dielectric electromagnetic bandgap structures for suppression and isolation of parallel-plate noise in high-speed circuits,” IEEE Trans. Microwave Theory & Tech., cilt. 51, no. 6, s. 1629 –1639, 2003.
- [4]. Radisic V., Qian Y., Coccioli R., Itoh T., “Novel 2-D photonic band gap structure for microstrip lines”, IEEE Microwave Guided Wave Lett., cilt. 8, no. 2, s. 69-71, 1998.
- [5]. Lopetegi T., Laso M. A. G., Irisarri M., Erro M.J., Sorolla M., “Optimization of compact photonic band gap microstrip structures,” Microwave Opt. Technol. Lett., cilt. 26, no. 4, s. 211-216, 2000.
- [6]. Karmakar N. C., Mollah M. N., “Investigations into nonuniform photonic band-gap microstripline low-pass filters,” IEEE Trans. Microwave Theory Tech., cilt. 51, no. 2, s. 564-572, 2003.
- [7]. Huang S. Y., Lee Y. H., “Compact U-shaped dual planar EBG microstrip low-pass filter”. IEEE Trans. Microwave Theory Tech., cilt. 53, no. 12, s. 3799 – 3805, 2005.
- [8]. Gadvi D., Shah U., “Microstrip low pass filter designs using defected ground structure”, IJRET, cilt 4, no. 10, s. 43-48, 2015.