

Çift-Modlu Dielektrik Tabanda Bütünleştirilmiş Dalga-Kılavuzu Filtre Tasarımı ve Geçiş Bandının İndüktif Yarık Yüklemeye Kontrolü

Ceyhun Karpuz, Gülfem Balasu Fırat, Pınar Öztürk Özdemir
Pamukkale Üniversitesi
Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü
Denizli
ckarpuz@pau.edu.tr, gfirat@pau.edu.tr, pozturk@pau.edu.tr

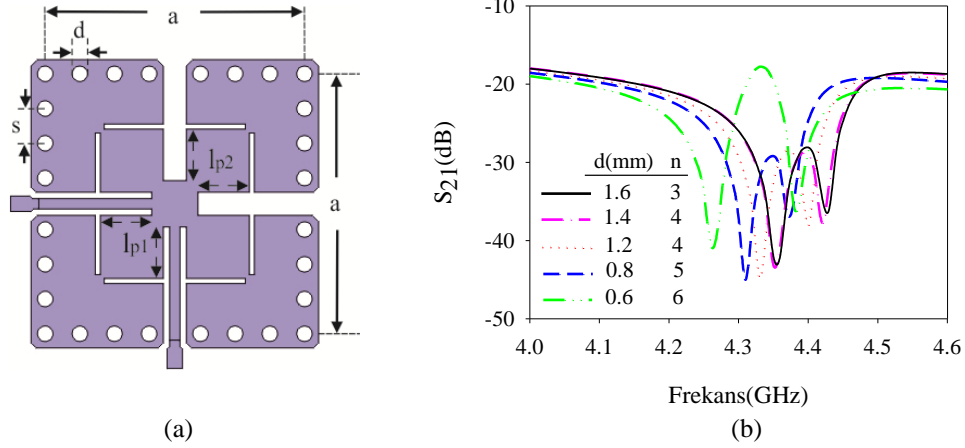
Özet: Bu bildiri, Dielektrik-tabanda Bütünleştirilmiş Dalga-kılavuzu (DBD) yapısına dayalı bir rezonatör kullanılarak tasarlanan iki yeni mikrodalga filtre sunulmaktadır. Tasarımda kullanılan rezonatör yapısı simetrik ya da asimetrik biçimli ince ve dar yarık gibi farklı tiplerde indüktif yüklemeye sahiptir. Bu indüktif yarık yüklemeler filtrelere kompakt devre özelliği de sağlamaktadır. İlave olarak, iki dejenere modu uyarmak ve böylece çift-modlu DBD rezonatör elde etmek için dar yarıkların uzunluğunun değiştirilmesine dayalı yeni bir pertürbasyon düzenlemesi önerilmektedir. Önerilen DBD rezonatörü kullanılarak iki adet çift-modlu DBD band geçiren filtre tasarlanmıştır. Ölçüm sonuçlarına göre, filtrelerin araya girme kayıpları (IL) ve geçiş bandındaki yansıma kayıpları (RL) 4.55GHz merkez frekansında yaklaşık olarak sırasıyla DBD-1 için -1.14dB ve -17.3dB, DBD-2 için de -2.1dB ve -17.5dB olarak elde edilmiştir.

Abstract: In this paper, two novel microwave filter designed by using a resonator based on a Substrate Integrated Waveguide (SIW) structure are presented. The resonator structure used in design has various types of inductive loading such as thin and narrow slot formed symmetrical or asymmetrical. Also, this inductive slot loadings provide that novel filters have a compact circuit property. In addition, to excite two degenerated mode and thus to obtain a dual-mode SIW resonator, a new perturbation arrangement based on the changing of narrow slot lengths are proposed. Two dual-mode SIW band pass filters are designed by using proposed SIW resonator. According to measured results, the insertion losses (IL) and the return losses (RL) in passbands of filters are about -1.14dB and -17.3dB for SIW-1, -2.1dB and -17.5dB, respectively.

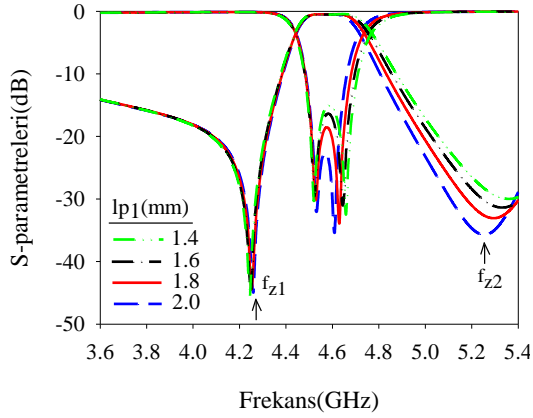
1. Giriş

Mikrodalga çift-modlu filtreler uydu haberleşme sistemleri, radar sistemleri, RF alıcı-verici modülleri gibi birçok alanda kullanıma sahiptirler. Küçük boyutlu tasarımlara izin verildiğinden ve imalatı kolay olduğundan mikroşerit iletim hatları, mikrodalga filtre tasarımlarında sıklıkla kullanılmaktadır. Fakat geleneksel dalga kılavuzlarına kıyasla yüksek kayıplıdır. Dikdörtgen dalga kılavuzları ise düşük kayıplara sahip olmalarına karşın, büyük boyutlu ve yüksek maliyetli yapılardır. Ayrıca, dikdörtgen dalga kılavuzlarının diğer düzlemsel devrelerle bağlantılarının kolay gerçekleştirilememesi ve yapılar arası geçiş zorlukları gibi entegrasyon problemleri mevcuttur. Son zamanlarda literatürde oldukça sık karşılaşılan alternatif filtre yapıları olarak ortaya çıkan DBD'ler [1-2], mikroşerit / eş düzlemsel dalga kılavuzu/eş düzlemsel şerit hatlar gibi düzlemsel iletim hatları ile dikdörtgen dalga kılavuzlarının en iyi özelliklerinin bir araya gelmiş halidir. Bu yapılar, geleneksel dikdörtgen dalga kılavuzlarının yüksek performans özelliğini korumanın yanında, düşük maliyet ve kolay üretim olanakları sağlamaktadır. Bu güne kadar çift-modlu DBD band geçiren filtrelerle ilgili birçok yapı önerilmiştir [3-5]. [3]'te, besleme hatları karşılıklı yerleştirilmiş bir DBD rezonatör ile mikroşerit geçişi sağlamak için iletken destekli eş düzlemsel dalga kılavuzu yapısı önerilmektedir. Yaklaşık olarak çeyrek dalga boyuna denk gelen bu yapı sayesinde fazladan bir iletim sıfırı elde edilmiş ve böylece filtrenin seçiciliği artırılmıştır. Besleme hatlarının ortogonal olarak yerleştirildiği devrelerde minyatürizasyon sağlamak için farklı şekilde yapılar kullanılabilir. Örneğin, [4]'deki çalışmada, boyutu 19.2x19.6 mm², merkez frekansı yaklaşık olarak 8 GHz olan bir filtrede asimetrik yarıklar açılarak iki dejenere mod oluşturulmuştur. Bir adet rezonansız düğüme sahip ve tek rezonatörden oluşan çift-modlu DBD filtrenin önerildiği [5]'teki çalışmada da iki iletim sıfırı oluşturmak için bir rezonansız düğüm kullanılmaktadır.

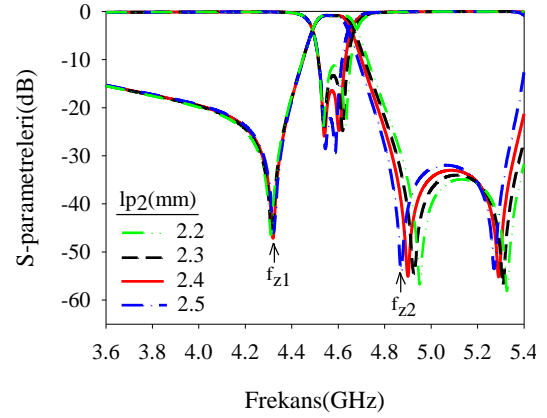
Bu bildiri önerilen ve Şekil 1(a)'da gösterilen çift-modlu band geçiren DBD filtrelerinde, ortogonal besleme hattı kullanılmış ve minyatürizasyon sağlamak için besleme hatlarından itibaren indüktif yarıklar açılmış, farklı uzunluklar kullanılarak dejenere modlar uyarılmış ve böylece çift-mod karakteristiği elde edilmiştir. Besleme hattı karşısındaki yarıklar devre simetrisini korumak ve pertürbasyon etkisi oluşturmak için yerleştirilmiştir. Ayrıca, toprak düzleme bağlantı deliklerinin çapının ve sayısının frekans cevabı üzerindeki etkisi araştırılmış.



Şekil 1: (a) Önerilen DBD yapısının konfigürasyonu ve (b) frekans cevabı



Şekil 2: DBD-1 filtresinin farklı l_{p1} uzunluklarına göre frekans cevabı değişimi ($l_{p2}=4.0$ mm)

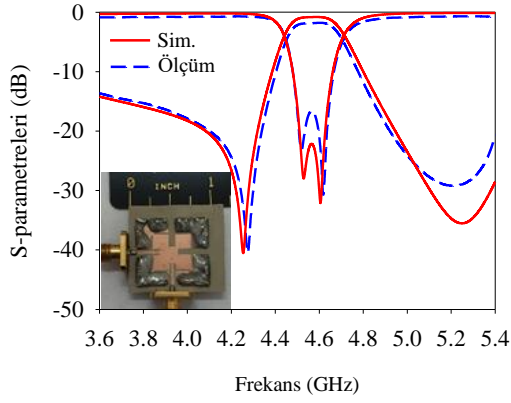


Şekil 3: DBD-2 filtresinin farklı l_{p2} uzunluklarına göre frekans cevabı değişimi ($l_{p1}=4.0$ mm)

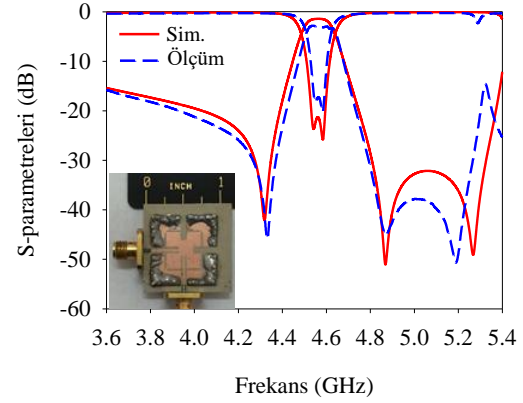
2. DBD Rezonatör Filtrelerde Çift-Mod Davranışı ve Band Genişliğinin Değişimi

Bu çalışmada önerilen DBD rezonatörünün Şekil 1(a)'daki görüntüsünde l_{p1} ve l_{p2} uzunlukları eşit alınmış ve devrede herhangi bir pertürbasyon düzenlemesi yapılmamıştır. Rezonatörün pertürbasyonsuz frekans cevabı Şekil 1(b)'de gösterilmiştir. "a" boyutu sabit tutulduğunda, delik çapı değişikçe delikler arası uzaklık da değişmekte ve Şekil 1(b)'den de görüleceği üzere delik çapları küçüldükçe sayıları artmakta, kuplaj seviyesi artış göstermekte ve ayrıca pertürbasyon etkisini ortaya çıkarmak için yeterli fiziksel alan oluşturulabilmektedir. Toprak düzleme bağlantıda kullanılan bu geçiş deliklerinin sayısının artırılması durumunda, kuplaj seviyesini belirlemek için kullanılan yarıkların boyutları yeniden düzenlenmelidir. [6]'daki pertürbasyon düzenlemesine benzer olarak, mod uyarımı sağlamak için l_{p1} ve l_{p2} farklı boyutlarda seçilmiştir. l_{p1} , l_{p2} den küçük alındığında ($l_{p1} < l_{p2}$), çift-modlu rezonatör filtrenin geçirme bandının sağında ve solunda birer adet iletim sıfırı elde edilmektedir. Şekil 2'den de görülebileceği gibi, DBD-1 filtresinde l_{p1} büyüklüğü değiştirilerek yansıma kaybı seviyesi kontrol edilebilmektedir. l_{p1} büyüklüğü 1.4mm'den 2.0mm'ye değiştiğinde yansıma kaybı artmakta, iletim sıfırlarından geçme bandının sol tarafındaki birinci sıfırın frekans değeri (f_{z1}) sabit kalırken sağ taraftaki ikinci sıfırın frekans değeri (f_{z2}) yavaş yavaş düşük frekanslara doğru kaymakta ve böylece band genişliği üst frekans bölgesinden daralmaktadır. Başka bir değişim durumu ise aynı yapıda l_{p2} 'nin l_{p1} den küçük ($l_{p2} < l_{p1}$) tutulmasıyla elde edilmiş olup daha yüksek seçiciliğe sahip DBD-2 rezonatör filtre yapısı elde edilmiştir. Değişken l_{p2} uzunluğunu rezonatörün frekans cevabı üzerindeki etkisi Şekil 3'te verilmiştir. Şekilden de görüleceği üzere filtrenin geçme bandının sağ tarafında bir çift iletim sıfırı oluşmaktadır.

Ayrıca, DBD-2 filtresinin yansıma kaybı l_{p2} büyüklüğünün değiştirilmesi ile kontrol edilebilmektedir. l_{p2} , 2.2mm'den 2.5mm'ye değiştirildiğinde, yansıma kaybı seviyesi artmakta ve f_{z1} neredeyse sabit kalırken f_{z2} düşük frekanslara doğru kaymaktadır. Sonuç olarak, l_{p1} ve l_{p2} büyüklüklerinin değiştirilmesiyle sırasıyla DBD-1 ve DBD-2 filtrelerinin band genişliklerinin ve yansıma kayıp seviyelerinin kontrol edilebilmesi mümkündür.



Şekil 4: Önerilen DBD-I filtresine ait ölçüm ve simülasyon sonuçlarının karşılaştırılması ($l_{p1}=2.0\text{mm}$)



Şekil 5: Önerilen DBD-2 filtresine ait ölçüm ve simülasyon sonuçlarının karşılaştırılması ($l_{p2}=2.5\text{mm}$)

3. Deneysel Çalışmalar

Önerilen çift-modlu filtrelerin ve bütün rezonatörlerin simülasyonları tam-dalga EM Simülatör [7] aracılığıyla yapılmış. Simülasyonda yüksek performans gösteren filtrelerin performans testini yapmak ve tasarımın geçerliliğini göstermek üzere üretim gerçekleştirilmiş ve deneysel çalışmalar yapılmıştır. Filtreler $\epsilon_r=10.2$ ve $h=1.27$ mm olan RT/Duroid taban malzemesi üzerinde imal edilmiştir. Ölçümler ise Agilent E5071C ENA Network Analyzer ile yapılmıştır. Devrede kullanılan toprak düzleme geçiş deliklerinin çapı 1.2mm ve iki geçiş deliği merkezleri arası mesafe $s=2.7\text{mm}$ seçilmiştir. İmal edilen devrelerin toplam boyutları besleme hatları dahil edilmeksizin $22.4 \times 22.4\text{mm}^2$ dir. Simülasyon ve ölçüm sonuçları karşılaştırılmıştır. DBD-1 ($l_{p1}=2.0\text{mm}$) ve DBD-2 ($l_{p2}=2.5\text{mm}$) filtreleri için ölçüm ve simülasyon sonuçları sırasıyla Şekil 4 ve Şekil 5'te verilmiştir. Yapılan deneysel çalışmalarda, filtrelere ait araya girme kayıpları sırasıyla -1.14dB ve -2.1dB, yansıma kayıpları ise yaklaşık olarak -17.3dB ve -17.5dB olarak ölçülmüştür.

4. Sonuçlar

Bu bildiriye iki adet yeni çift-modlu DBD mikrodalga band geçiren filtre tasarımı sunulmuştur. Önerilen filtreler literatürdeki mevcut DBD filtrelere göre küçük boyuta ve düşük kayba sahiptir. Simülasyon sonuçlarına göre DBD-1 filtresinin araya girme kaybı -0.81dB, yansıma kaybı -22.15dB'dir. DBD-2 filtresinin araya girme kaybı -1.4dB, yansıma kaybı ise -21.35dB olarak elde edilmiştir. Tasarlanan filtreler imal edilmiş, performans testleri yapılmış ve simülasyon sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Filtrelere ait araya girme kayıpları sırasıyla -1.14dB ve -2.1dB, yansıma kayıpları yaklaşık olarak -17.3dB ve -17.5dB ölçülmüştür. Simülasyon sonuçları ile ölçüm sonuçlarının iyi uyum içinde oldukları görülmüştür.

Kaynaklar

- [1]. Lai Q., Fumeaux C., Hong W., ve Vahldieck R., "Characterization of the propagation properties of the half-mode substrate integrated waveguide," in Microwave Theory and Techniques, IEEE Transactions on, cilt.57, no.8, s.1996-2004, Ağustos 2009.
- [2]. Deslandes D. ve Wu K., "Integrated microstrip and rectangular waveguide in planar form," in Microwave and Wireless Components Letters, IEEE, cilt.11, no.2, s.68-70, Şubat 2001.
- [3]. Hu G., Liu C., Yan L., Huang K. ve Menzel W., "Novel dual mode substrate integrated waveguide band-pass filters," Journal of Electromagnetic Waves and Applications, cilt.24, no.11-12, 1661-1672, 2010.
- [4]. Guan X., Wang B., Wang X., Liu H., Yuan Y. ve Zhan X., "Design of a dual-mode substrate integrated waveguide filter with slot line perturbation," in Microwave and Millimeter Wave Technology (ICMMT), 2012 International Conference on, cilt.1, no.s.1-4, 5-8 Mayıs 2012.
- [5]. Shen W., Sun X.-W., Yin W.-Y., Mao J.-F., ve Wei Q.-F, "A novel single-cavity dual mode substrate integrated waveguide filter with non-resonating node," in Microwave and Wireless Components Letters, IEEE, cilt.19, no.6, s.368-370, Haziran 2009.
- [6]. Gorur A. K. ve Karpuz C. "A novel perturbation arrangement for dual-mode resonators and its dual-band bandpass filter applications," in Microwave Conference (EuMC), 2011 41st European, cilt., no., s.468-471, 10-13 Kasım. 2011.
- [7]. EM User's Manual, Sonnet Software, Inc., Liverpool, NY, 2008.