

X-Bant Anten Uygulamaları için Yama İletken FSY ile Filtre Tasarımı

Cemanur Aydınalp, Mustafa Mikail Özçiloğlu, Kemal Delihacıoğlu
Kilis 7 Aralık Üniversitesi
Elektrik-Elektronik Mühendisliği
Kilis
cemanur@kilis.edu.tr

Özet: Bu çalışmada, üç yamalı iletkenlerden oluşan frekans seçici yüzeyler (FSY) ile X-bant (8.2-12.5 GHz) anten uygulamalarında kullanılabilir bant durdurucu filtre tasarımı gerçekleştirilmiştir. Dielektrik tabaka üzerine yerleştirilen periyodik yapının simülasyonu CST Microwave Studio yazılımında yapılmıştır. Tasarımın saçılma karakteristiklerinin farklı parametrelerde yapılan analizlerinin sonucunda değişen parametrelerin Bant genişliği ve rezonans frekansının üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Elde edilen sonuçlardan önerilen yapının X-bantında bant durdurucu filtre olarak kullanılabilirliği görülmüştür. Tasarlanan FSY'nin çalışma frekansları 9.372 ile 12.242 GHz olarak hesaplanmıştır.

Abstract: In this study, a band stop filter was designed via frequency selective surfaces (FSS) that can be used in X-band (8.2-12.5 GHz) antenna applications. Simulation of the periodic structure placed on the dielectric layer was performed in CST Microwave Studio software. The analysis of scattering characteristics at different parameters for the designed geometry showed that these parameters have an effect on bandwidth and resonance frequency. Thus, the proposed structure can be used as an X-band band stop filter for the resonant frequencies of 9.372 and 12.242 GHz.

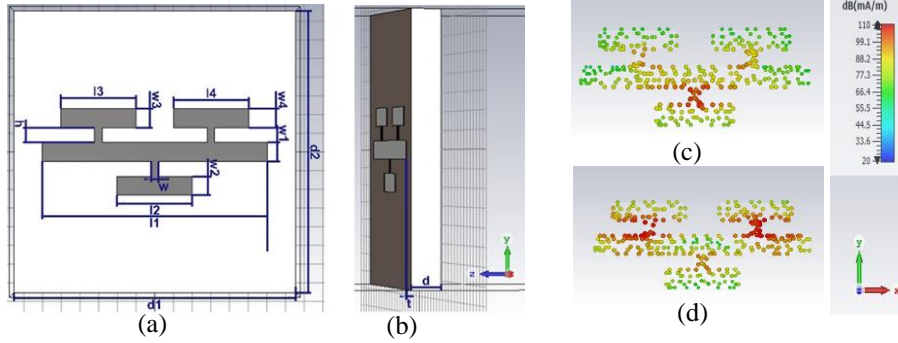
1. Giriş

Periyodik yapıların elektromanyetik dalgalara olan frekans tepkisi filtre özelliği göstermektedir. Bu yapılar bir mikrodalga frekansında tamamen yansıtıcı özellik gösterirken başka bir frekansta tamamen geçirici özellik gösterebilmektedir. Bu özelliğinden dolayı periyodik yapılar frekans seçici yüzeyler (FSY) olarak adlandırılmaktadır. Mikrodalga ve optik filtrelerin radar çatısı (radome) tasarımında, mikrodalga entegre devrelerinde, uydu haberleşmesinde, kablosuz haberleşmede ve anten tasarımlarında FSY'ler kullanılmaktadır. Bu sebeple bir çok farklı alandaki araştırmacılar bu konu üzerine çalışmalar yürütmektedir. Frekans seçici yüzeyler antenlerin tasarımında yansıtıcı yüzey olarak kullanılmaktadır [1-3]. [1]'de X-bant ve Ka-bantında çalışan cassegrain anten tasarımında, ikincil yansıtıcı olarak kullanılan FSY'ler sayesinde anten S-bantı ve Ku-bantında da eksen-simetrik parabolik reflektör anten olarak da çalışabilmektedir. FYS'lerin filtre uygulamaları kapsamında [4]'te yansıtıcı yüzey olarak tasarlanmış kosekant-kare ışına karakteristikli reflektör anten, elektromanyetik dalgaları 4 GHz frekansında iletirken 5 GHz frekansında yansıtmaktadır. Kablosuz haberleşmede önemli bir sorun olan girişimi engellemek için FSY'lerden oluşan bina içi duvar tasarımı 2.45 ve 5.8 GHz ISM bandlarının durdurulması ve iletilmesi kombinasyonlarına dayalı FSY tasarımları [5]'te önerilmiştir. Çalışma [6]'da, çift ve üçlü şeritlerden oluşan FSY'ler de yansıtılan (yansıma) ve iletilen (geçirgenlik) elektromanyetik dalganın güç fraksiyonu çeşitli dizayn parametreleri açısından analiz edilmiştir. Bu çalışmada tasarlanan tek katmanlı FSY'in tasarım parametrelerinin durdurma frekansına ve Bant genişliğine etkisi analiz edilmiştir. Tasarım parametrelerinin değiştirilmesiyle elde edilen sonuçlar Bant genişliğinin ve rezonans frekanslarının ayarlanabildiğini göstermektedir. Elde edilen sonuçlar tasarlanan yapının X-bantında bant durdurucu filtre olarak kullanılabilirliğini göstermektedir. Frekans seçici yüzeyin çalışma frekansları 9.372 ile 12.242 GHz olarak hesaplanmıştır. Yama üzerindeki üç ayrı parametre üç farklı uzunlukta incelenmiştir. Farklı parametrelerde yapılan analizlerin rezonans frekansı ve Bant genişliği üzerinde etkili olduğu nasıl etkili olduğu gösterilmiştir. Gelen dalganın rezonans frekanslarında tasarlanan yapı üzerinde indüklenen akım dağılımları da gösterilmiştir.

2. Frekans Seçici Yüzeyin Birim Hücre Tasarımı

Frekans seçici yüzeyin (FSY) tasarımı ve parametre analizleri için CST Microwave Studio yazılımı (CST, Framingham, MA, USA) kullanılmıştır. Tasarlanan frekans seçici yüzeyin birim hücresi Şekil 1 (a) ve (b)'de ön ve yan yüzeyleri ölçeklendirilerek gösterilmiştir. Birim hücrenin tasarım parametreleri Tablo 1'de listelenmiştir. Tek katmanlı dielektrik tabaka üzerine iletken yamalar periyodik olarak yerleştirilmiştir. Dielektrik tabaka olarak ucuz olması ve kolay bulunmasından dolayı Epoksi-FR4 ($\epsilon_r=4.3$ ve $\tan\delta=0.025$) olarak seçilmiştir. Dielektrik

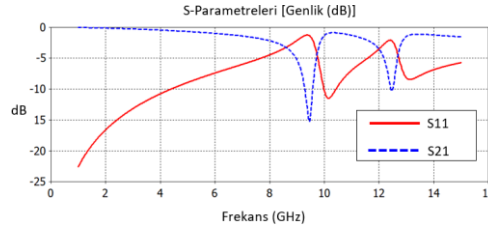
tabaka üzerine yama yapılırken iletken malzeme olarak bakır kullanılmıştır. Şekil 2’de tasarlanan FSY yapısının yansıma (S_{11}) ve iletim (S_{21}) karakteristiği frekansa bağlı olarak değişimi gösterilmiştir.



Şekil 1. Birim hücrenin (a) ön yüzeyinin, (b) yan yüzeyinin görünüşleri verilmiştir. Yüzey akım dağılımları (c) birinci rezonans frekansı 9.372 GHz ve (d) ikinci rezonans frekansı 12.242 GHz’deki gösterilmiştir.

Tablo I: Birim hücreye ait tasarım parametreleri

Parameters	$d1=d2$	$l1$	$l2$	$l3=l4$	w	$w1=w2, w3=w4$	h	t	d
Length (mm)	15	13	4	4	0.4	1	1	0.035	1.6



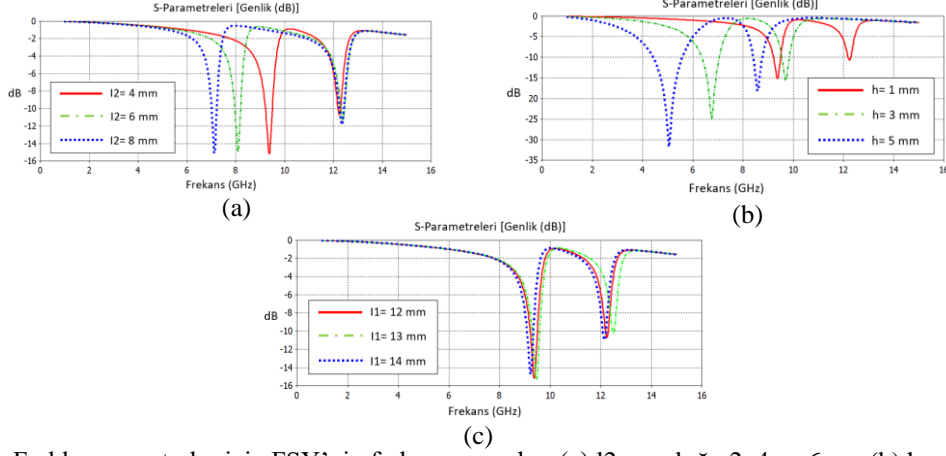
Şekil 2. Tasarlanmış frekans seçici yüzeye ait yansıma (S_{11}) ve iletim (S_{21}) karakteristikleri.

Yama iletkenlerle tasarlanan FSY’lerin 9.372 ve 12.242 GHz frekans noktalarında iki rezonansı olduğu görülmektedir. Ayrıca, rezonans frekanslarında yüzey akım dağılımları Şekil 1 (c) ve (d)’de verilmiştir. Şekil 1(c)’de 9.372 GHz’deki rezonanstaki akım alt yama ile ortadaki yama arasında, Şekil 1(d)’de ise 12.242 GHz’deki rezonanstaki akım üstteki yamaların bağlantı kısımlarında yoğunlaşmıştır. Dielektrik tabakanın kalınlığı $d=1.6$ mm ve ön yüzeyde kullanılan bakır yamanın kalınlığı $t=0.035$ mm olarak seçilmiştir. Birim hücrenin büyüklüğü $d1=d2=15$ mm kare olarak belirlenmiştir. Yamaların boyutları değiştirilerek analizler gerçekleştirilmiştir. İlk analizde $l3$ ve $l4$ uzunluğu (4 mm) sabit olarak seçilirken $l2$ uzunluğu 4, 6 ve 8 mm olarak üç farklı uzunluk seçilmiştir. İkinci analizde üçlü yamanın uzunlukları ($l2, l3, l4$) 4 mm’de sabitlenmiş ve h uzunluğu 1’den 5 mm’e kadar 2’şer mm artırılmıştır. Son analizde ise üçlü yamayı birleştiren iletken hattın uzunluğu ($l1$) 12’den 14 mm’ye kadar artırılmıştır. Bu uzunlukların frekans cevapları üzerindeki etkileri incelenmiştir. Tasarlanan yapı dual çalışma frekansına sahip olup, X-bandında çalışan anten uygulamalarında filtre olarak kullanılabilir.

3. Sonuçlar

Bu çalışmada tasarlanan üçlü yama yapısına sahip frekans seçici yüzeyin üç farklı parametresi değiştirilmiştir. Değiştirilen parametrelerin frekans cevapları çizdirilmiştir. Dual-bant durdurucu filtre karakteristiğine sahip olan FSY’nin değiştirilen parametreleri göre birinci rezonans frekansı, ikinci rezonans frekansı ve -3dB bant genişlikleri tablolarda listelenmiştir. $l2$ yama uzunluğunun üç farklı değeri (4, 6 ve 8 mm) için frekans cevapları Şekil 4a’da görülmektedir. Tablo 2’de bu değişime ait değişen rezonans frekansları ve bant genişlikleri verilmektedir. Tablo 2’de görüldüğü üzere $l2$ parametresinin artışı birinci rezonans frekansını düşürürken, ikinci rezonans frekansını yükseltmektedir. Ayrıca, birinci rezonans frekansa ait Bant genişliğinin azalmasına sebep olurken, ikinci rezonans frekansına ait Bant genişliğini artırmaktadır. Üçlü yamaları hatta bağlayan bağlantıların (h) uzunluklarının 1’den 5 mm’e 2’şer mm artırılması durumunda frekans cevabı Şekil 4b’deki gibidir. Tablo 3’te bu değişime ait değişen rezonans frekansları ve bant genişlikleri verilmektedir. h uzunluğuna ait artış birinci rezonans frekansını ve ikinci rezonans frekansını düşürmüştür. Birinci rezonans frekansına ait Bant genişliğini önemli ölçüde artırırken, ikinci rezonans frekansına ait Bant genişliğine büyük etkisi bulunmamıştır. Üçlü yamanın bağlı olduğu hattın uzunluğundaki değişiminin frekans cevabına olan etkisi Şekil 4c’te görülmektedir.

Ayrıca, Tablo 4'te l_1 değişimi ait değişen rezonans frekansları ve bant genişlikleri de verilmektedir. Şekil 4c'te görüldüğü üzere bu parametrenin değişimi frekans cevabını fazla etkilememektedir. Yapılan parametre analizi sonucunda l_2 uzunluğu birinci rezonans frekansına katkı sağlarken, h uzunluğu ikinci rezonans frekansında etkili olduğu anlaşılmaktadır. l_1 uzunluğunun rezonans frekanslarına ve bant genişliklerine katkısı görülmemiştir. Böylece, bu tasarlanan FSY'nin parametrelerini değiştirerek farklı frekanslarda bant durdurucu filtre yapmak mümkündür.



Şekil 4. Farklı parametreler için FSY'nin frekans cevapları (a) l_2 uzunluğu 2, 4 ve 6 mm (b) h uzunluğu 1, 3 ve 5 mm (c) l_1 uzunluğu 12, 13 ve 14 mm.

Tablo II. l_2 uzunluğuna bağlı olarak FSY'nin frekans cevapları

l_2 uzunlukları (mm)	Birinci rezonans frekansı (GHz)	Bant genişliği (GHz)	İkinci rezonans frekansı (GHz)	Bant genişliği (GHz)
4	9.372	1.29	12.242	0.88
6	8.518	0.98	13.166	1.04
8	7.412	0.85	13.11	1.16

Tablo III. h uzunluğuna bağlı olarak FSY'nin frekans cevapları

h uzunlukları (mm)	Birinci rezonans frekansı (GHz)	Bant genişliği (GHz)	İkinci rezonans frekansı (GHz)	Bant genişliği (GHz)
1	9.372	1.29	12.242	0.88
3	6.796	2.25	9.89	1.00
5	5.046	3.17	8.728	1.10

Tablo IV. l_1 uzunluğuna bağlı olarak FSY'nin frekans cevapları

l_1 uzunlukları (mm)	Birinci rezonans frekansı (GHz)	Bant genişliği (GHz)	İkinci rezonans frekansı (GHz)	Bant genişliği (GHz)
12	9.456	1.32	12.494	0.87
13	9.372	1.29	12.242	0.88
14	9.232	1.17	13.11	0.918

Kaynaklar

- [1]. Bayatpur F., Metamaterial-inspired frequency-selective surfaces. 2009.
- [2]. Erdemli Y. E., Sertel K., Gilbert R. A., Wright D. E., ve Volakis J. L., Frequency-selective surfaces to enhance performance of broad-bant reconfigurable arrays, IEEE Transactions on Antennas and Propagation, cilt. 50, no. 12, s. 1716–1724, 2002.
- [3]. Güngör İ., Frekans seçici yüzeyler kullanarak iki farklı frekansta istenilen ışın desenlerine sahip reflektör anten tasarımı, Doktora tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2012.
- [4]. Schennum G., Frequency-selective surfaces for multiple-frequency antennas., Microwave Journal, cilt. 16, s. 55–57, 1973.
- [5]. Döken B., Geniş bantlı kablosuz iletişime uygun yapısal yüzey malzemesi tasarımı, Doktora tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 2011.
- [6]. Delihacioglu K., Frequency selective surfaces with multiple-strip group elements, IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, cilt. 11, s. 1370–1373, 2012.