

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ELEKTRONİK VE HABERLEŞME MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

X-BANTTA ÇALIŞAN BANTDURDURAN FREKANS SEÇİCİ
YÜZEY KULLANARAK ULTRA GENİŞ BANT MİKROŞERİT
ANTENLERDE KİSMİ KAZANÇ ARTTIRIMI

KOMRON HOTAMI

KOCAELİ 2018

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ELEKTRONİK VE HABERLEŞME MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ



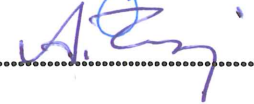
X-BANTTA ÇALIŞAN BANTDURDURAN FREKANS SEÇİCİ
YÜZEY KULLANARAK ULTRA GENİŞ BANT MİKROŞERİT
ANTENLERDE KISMİ KAZANÇ ARTTIRIMI

KOMRON HOTAMI

Doç. Dr. Gonca ÇAKIR
Danışman, Kocaeli Üniversitesi

Doç. Dr. Sibel Çimen
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Yahya TEŞNELİ
Jüri Üyesi, Sakarya Üniversitesi


.....

.....

.....

Tezin Savunulduğu Tarih: 19.07.2018

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Tez çalışmasında, Ultra Geniş Bantlı (UGB) antenlerde, sadece X-bantta kazanç arttırımını sağlayabilmek için band durduran Frekans Seçici Yüzey (FSY) kullanımı önerilmiş ve tasarımlar yapılmıştır. Utra geniş bantlı sistemler için anten tasarımları son yıllarda birçok araştırmacının ilgi odağı olmuştur. Mikroşerit antenlerin kazancının düşük olması sebebiyle, özellikle UGB boyunca kazanç arttırımı ile ilgili çalışmalar da literatürde yerlerini almaya başlamıştır. Ancak, UGB içinde belirli bir frekans aralığı için kazanç arttırımına ilişkin çalışmalara rastlanmamaktadır.

Tez çalışmasında frekans seçici yüzeyler, ultra geniş bant teknolojisi ve ultra geniş bant mikroşerit antenlerin özellikleri ve bunların kullanım alanının anlatımının yanı sıra, kısmi kazanç arttırımı için tasarlanan frekans seçici yüzeylerin fabrikasyon ve ölçümlerine de yer verilmiştir. Tasarım aşamasında benzetimler için CST Microwave Studio programı kullanılmıştır.

Yardımlarını esirgemeyen ve her zaman anlayışla karşılayan değerli danışman hocam Doç.Dr. Gonca Çakır, Doç.Dr. Sibel Çimen, Öğr. Gör. Dr. M. Cengizhan Dikmen, araştırma görevlileri Aybike Kocakaya, Mehmet Duman ve Hande Bodur'a teşekkürlerimi sunarım. Aynı zamanda manevi desteğini eksik etmeyen aileme teşekkür ederim.

Mayıs – 2018

Komron HOTAMI

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iii
TABLOLAR DİZİNİ	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	vii
ÖZET	viii
ABSTRACT	ix
GİRİŞ	1
1. ULTRA-GENİŞ BANTLI FREKANS SEÇİCİ YÜZEY (FSY) TASARIMI	3
1.1. UGB Teknolojisi	3
1.2. Frekans Seçici Yüzeyler	4
1.2.1. FSY’lerde birim hücre tipleri.....	8
1.2.2. Pasif ve aktif FSY	10
1.2.3. FSY uygulamaları	11
2. FREKANS SEÇİCİ YÜZEY TASARIMI	13
2.1. FSY birim hücresi	13
2.1.1. Çember FSY birim hücresi	14
2.1.2. İki katlı Çember FSY birim hücresi.....	16
2.1.3. İki katlı S Tasarım FSY birim hücresi	20
2.1.4. İki katlı Çapraz-I FSY birim hücresi	23
3. ULTRAGENİŞ BANT MİKROŞERİT ANTEN TASARIMI, BENZETİM VE ÖLÇÜM SONUÇLARI	29
3.1. UGB Mikroşerit Anten Tasarımı	29
3.2. UGB Mikroşerit Antenin Benzetim ve Ölçüm Sonuçları	31
4. ARKASINA FREKANS SEÇİCİ YÜZEY VE YANSITICI PLAKA OLARAK MÜKEMMEL ELEKTRİK İLETKEN YERLEŞTİRİLEN ANTENLERDE KAZANÇ ARTIRIMI.....	35
4.1. Arkasına Çember FSY ve MEİ Yerleştirilen Antenin Benzetim Sonuçları	35
4.2. Arkasına İki Katlı Çember FSY ve MEİ Yereştirilen Antenin Benzetim Sonuçları.....	39
4.3. Arkasına İki Katlı S Tasarım FSY ve MEİ Yerleştirilen Antenin Benzetim Sonuçları	44
4.4. Arkasına İki Katlı Çapraz-I FSY ve MEİ Yerleştirilen Antenin Benzetim Sonuçları	47
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	54
KAYNAKLAR	55
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER	58
ÖZGEÇMİŞ	59

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	FSY tasarımında sık kullanılan birim hücre desenleri.....	4
Şekil 1.2.	Gelen dalganın yansıması	5
Şekil 1.3.	Gelen dalganın iletimi.....	5
Şekil 1.4.	Üç katmanlı FSY	6
Şekil 1.5.	(a) Alçak geçiren ve (b) Yüksek geçiren FSY'lerin karşılık gelen eşdeğer devreleri ve frekans karakteristiği.....	7
Şekil 1.6.	(a) Bant durduran ve (b) Band geçiren FSY'lerin karşılık gelen eşdeğer devreleri ve frekans karakteristiği	8
Şekil 1.7.	FSY'lerde tipik birim hücre türleri	9
Şekil 1.8.	Sonlu 3×3 pasif çapraz dipol FSY	11
Şekil 1.9.	Reflektör anten sisteminde çift beslemeli frekans seçici yüzey kullanımı.....	12
Şekil 2.1.	Çember şeklinde FSY birim hücresi.....	14
Şekil 2.2.	Çember şeklinde FSY'nin iletim ve yansıma karakteristikleri.....	14
Şekil 2.3.	Çember şeklinde FSY'nin TE ve TM polzarizasyonda iletim karakteristikleri	15
Şekil 2.4.	Çember şeklinde FSY'nin TE polzarizasyonda farklı geliş açıların iletim karakteristikleri.....	15
Şekil 2.5.	Çember şeklinde FSY'nin TM polzarizasyonda farklı geliş açıların iletim karakteristikleri	15
Şekil 2.6.	Çember şeklinde FSY'nin iletim karakteristiğinin X-Bant dışında kalan bölgeleri	16
Şekil 2.7.	İki katlı Çember FSY yapısı (a) öndeki tabaka (b) arkadaki tabaka.....	17
Şekil 2.8.	İki katlı Çember'in (a) ön tabaka (b) arka tabaka iletim karakteristikleri	18
Şekil 2.9.	İki katlı çember şeklindeki FSY'nin iletim ve yansıma karakteristikleri	18
Şekil 2.10.	İki katlı çember şeklindeki FSY'nin TE ve TM polzarizasyonda iletim karakteristikleri.....	19
Şekil 2.11.	İki katlı çember şeklindeki FSY'nin TE polzarizasyonda farklı geliş açıların iletim karakteristikleri.....	19
Şekil 2.12.	İki katlı çember şeklindeki FSY'nin TM polzarizasyonda farklı geliş açıların iletim karakteristikleri.....	19
Şekil 2.13.	İki katlı S Tasarım yapısı (a) öndeki tabaka (b) arkadaki tabaka.....	20
Şekil 2.14.	İki katlı S Tasarım'ın iletim ve yansıma karakteristikleri	21
Şekil 2.15.	İki katlı S Tasarım'ın TE ve TM polzarizasyonda iletim karakteristikleri	21

Şekil 2.16.	İki katlı S Tasarım'ın TE polzarizasyonda farklı geliş açılarının iletim karakteristikleri.....	21
Şekil 2.17.	İki katlı S Tasarım'ın TM polzarizasyonda farklı geliş açılarının iletim karakteristikleri.....	22
Şekil 2.18.	İki katlı S Tasarım'ın TE polzarizasyonda farklı geliş açılarının iletim karakteristiklerinin büyütülmüş hali.....	22
Şekil 2.19.	İki katmanlı çapraz-I FSY'nin yapısı (a) öndeki tabaka (b) arkadaki tabaka.....	23
Şekil 2.20.	İki katmanlı çapraz-I FSY'nin iletim ve yansıma karakteristikleri.	24
Şekil 2.21.	İki katmanlı çapraz-I FSY'nin TE ve TM polzarizasyonda iletim karakteristikleri.....	24
Şekil 2.22.	İki katmanlı çapraz-I FSY'nin TE polzarizasyonda farklı geliş açılarının iletim karakteristikleri	24
Şekil 2.23.	İki katmanlı çapraz-I FSY'nin TM polzarizasyonda farklı geliş açılarının iletim karakteristikleri	25
Şekil 2.24.	İki katmanlı çapraz-I FSY'nin TE polzarizasyonda farklı geliş açılarının iletim karakteristiklerinin büyütülmüş hali	25
Şekil 2.25.	Arlon Diclad 880 üzerinde üretilen iki katlı FSY	26
Şekil 2.26.	Ölçüm düzeneği	26
Şekil 2.27.	TE polarizasyon için FSY'nin benzetim ve ölçülen iletim katsayılarının karşılaştırılması	27
Şekil 2.28.	TM polarizasyon için FSY'nin benzetim ve ölçülen iletim katsayılarının karşılaştırılması	28
Şekil 3.1.	Tasarlanan UGB anten (a) geometrisi (b) anten parametrelerinin önden görünümü (c) yama yapısı parametreleri	30
Şekil 3.2.	Tasarlanan UGB antenin yansıma katsayısının benzetim sonucu	31
Şekil 3.3.	Antenin yansıma katsayısının benzetim ve ölçüm ile elde edilen grafikleri	32
Şekil 3.4.	Anten kazancının benzetim sonuçları	32
Şekil 3.5.	Anten kazancının benzetim ve ölçüm karakteristikleri.....	33
Şekil 3.6.	Antenin ışınma örüntüsünün $\Phi=0^\circ$ iken 9, 10 ve 11 GHz için benzetim sonuçları	33
Şekil 3.7.	Antenin ışınma örüntüsünün $\Phi=0^\circ$ iken 9, 10 ve 11 GHz için ölçüm sonuçlar	34
Şekil 4.1.	Arkasına Çember FSY yerleştirilen antenin görünümü.....	35
Şekil 4.2.	Arkasına MEİ yerleştirilen antenin görünümü	36
Şekil 4.3.	Yalnız anten, anten+FSY ve anten+MEİ'in yansıma katsayısının benzetiminin karşılaştırılması	36
Şekil 4.4.	Yalnız anten, anten+FSY ve anten+MEİ'in maksimum kazanç benzetiminin karşılaştırılması	37

Şekil 4.5.	Yalnız anten, anten+FSY ve anten+MEİ'in $\varphi=0$ için ışınma örüntüsünün benzetiminin karşılaştırılması (a) 3 GHz (b) 9 GHz (c) 10 GHz (d) 11 GHz	37
Şekil 4.6.	Arkasına İki katlı Çember FSY yerleştirilen antenin görünümü	40
Şekil 4.7.	Arkasına MEİ yerleştirilen antenin görünümü	40
Şekil 4.8.	Yalnız anten, anten+FSY ve anten+MEİ'in yansıma katsayısının benzetiminin karşılaştırılması	41
Şekil 4.9.	Yalnız anten, anten+FSY ve anten+MEİ'in maksimum kazanç benzetiminin karşılaştırılması	41
Şekil 4.10.	Yalnız anten, anten+FSY ve anten+MEİ'in $\varphi=0$ için ışınma örüntüsünün benzetiminin karşılaştırılması (a) 3 GHz (b) 9 GHz (c) 10 GHz (d) 11 GHz	42
Şekil 4.11.	Arkasına İki katlı S Tasarım FSY yerleştirilen antenin görünümü	44
Şekil 4.12.	Arkasına MEİ yerleştirilen antenin görünümü	44
Şekil 4.13.	Yalnız anten, anten+FSY ve anten+MEİ'in yansıma katsayısının benzetiminin karşılaştırılması	45
Şekil 4.14.	Yalnız anten, anten+FSY ve anten+MEİ'in maksimum kazanç benzetiminin karşılaştırılması	45
Şekil 4.15.	Yalnız anten, anten+FSY ve anten+MEİ'in $\varphi=0$ için ışınma örüntüsünün benzetiminin karşılaştırılması (a) 3 GHz (b) 9 GHz (c) 10 GHz (d) 11 GHz	46
Şekil 4.16.	Arkasına İki Kudüs Çaprazı FSY yerleştirilen antenin görünümü	48
Şekil 4.17.	Arkasına MEİ yerleştirilen antenin görünümü	48
Şekil 4.18.	Yansımasız odada ölçüm düzeneği	48
Şekil 4.19.	Yalnız anten, anten+FSY ve anten+MEİ'in yansıma katsayısının benzetiminin karşılaştırılması	49
Şekil 4.20.	Yalnız anten, anten+FSY ve anten+MEİ'in yansıma katsayısının ölçümünün karşılaştırılması	49
Şekil 4.21.	Yalnız anten, anten+FSY ve anten+MEİ'in maksimum kazanç benzetiminin karşılaştırılması	50
Şekil 4.22.	Yalnız anten, anten+FSY ve anten+MEİ'in maksimum kazanç ölçümünün karşılaştırılması	50
Şekil 4.23.	İki katlı çapraz I tasarım FSY ve MEİ yerleştirilen anten için, $\varphi=0$ 'da yalnız anten, anten+FSY ve anten+MEİ'in benzetim ile elde edilen ışınma örüntülerinin karşılaştırılması (a) 9 GHz, (b) 10 GHz ve (c) 11 GHz	51
Şekil 4.24.	İki katlı çapraz I tasarım FSY ve MEİ yerleştirilen anten için, $\varphi=0$ 'da yalnız anten, anten+FSY ve anten+MEİ'in ölçüm ile elde edilen ışınma örüntülerinin karşılaştırılması (a) 9 GHz, (b) 10 GHz ve (c) 11 GHz	52

TABLULAR DİZİNİ

Tablo 2.1.	FSY Birim hücrelerinin parametreleri.....	23
Tablo 4.1.	Yalnız anten, anten+İki katlı çapraz I tasarım FSY ve anten+MEİ'nin ışınma parametrelerinin özeti.....	53



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar

EMI	: Electromagnetic Interference (Elektromanyetik Enterferans)
FCC	: Federal Communications Commission (Federal Haberleşme Komisyonu)
FSY	: Frekans Seçici Yüzey
IEEE	: Institute of Electrical and Electronics Engineers (Elektrik-Elektronik Mühendisleri Enstitüsü)
MEİ	: Mükemmel Elektrik İletken
RFID	: Radio Frequency Identification (Radyo Frekans Tanımlaması)
TE	: Transverse Electric (Transvers Elektrik)
TM	: Transverse Magnetic (Transvers Magnetik)
UGB	: Ultra Geniş Bant
VNA	: Vector Network Analyzer (Vektör Şebeke Analiz Cihazı)
WLAN	: Wireless Local Area Network (Kablosuz Yerel Alan Ağı)

X-BANTTA ÇALIŞAN BANTDURDURAN FREKANS SEÇİCİ YÜZEY KULLANARAK ULTRA GENİŞ BANT MİKROŞERİT ANTENLERDE KISMI KAZANÇ ARTTIRIMI

ÖZET

Tez çalışmasında, X-bantta çalışan bant durduran Frekans Seçici Yüzeyler (FSY) kullanarak 3,1-10,6 GHz frekans aralığında çalışan Ultra Geniş Bantlı (UGB) mikroşerit antenlerde belli frekans aralığında kısmi kazanç arttırımı sağlanabileceği gösterilmiştir. Ultra geniş bantlı antenler birden fazla haberleşme bandı için kullanılabilir. Örneğin, aynı anten ile wi-fi, bluetooth, GSM sinyallerini alabilmek mümkündür. Klasik UGB mikroşerit antenlerde kazanç düşüktür, yani, antenin hemen hemen her yöne ışına yaptığı söylenebilir. Antenin UGB bandı boyunca her yöne ışına yapmasını istemediğimiz, belli bir frekansta belli bir yönden gelen sinyalleri daha güçlü almak için ilgili frekanstaki kazancını arttırmak ve anteni o frekans bandı için yönlü hale getirmek, UGB içindeki diğer frekanslarda ise tüm yönlü özelliğini korumasını sağlamak için tez çalışmasında önerilen teknik kullanılabilir. UGB antenin kazanç değişimi, 8-12 GHz frekans aralığı için tasarlanan dört farklı frekans seçici yüzey kullanılarak gözlenmiştir. Gerek analiz gerekse ölçüm sonuçları, bant-durduran FSY'lerin UGB haberleşme sistemlerinde, haberleşme sisteminin içerdiği daha dar bir bant boyunca antenin kazancını arttırdığını göstermektedir. Tasarlama aşamasında frekans seçici yüzeylerin karakteristiklerinin TE ve TM modlarında açısız kararlılığa sahip olmalarına dikkat edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Anten, FSY, Işıma Örüntüleri, Kazanç, UGB, X-Bant.

PARTIAL GAIN INCREASE FOR ULTRAWIDE BAND MICROSTRIP ANTENNAS USING X-BAND BANDSTOP FREQUENCY SELECTIVE SURFACE

ABSTRACT

In the thesis study, it has been shown that it is possible to achieve partial gain increase at certain frequency range in Ultra Wide Band (UWB) microstrip antennas operating at the 3,1-10,6 GHz frequency range using the X-band band-stop Frequency Selective Surfaces (FSS). Ultra-wideband antennas can be use for more than one communication band. For example, it is possible to receive wi-fi, bluetooth, GSM signals with the same antenna. In conventional UWB microstrip antennas the gain is low, so it can be said that the antenna radiates in almost every direction. We do not want the antenna to radiate in all directions along the ultra-wide band, but to increase the frequency gain of a particular frequency to receive signals from a particular direction more strongly and to make the antenna directional for that frequency band, in other frequencies within the UWB, the technique proposed in the thesis study can be used to ensure that it retains its all-round feature. The gain variation of the UWB antenna was observed using four different frequency selective surfaces designed for a frequency range of 8-12 GHz. Both analysis and measurement results indicate that the band-stop FSSs increase the gain of the antenna over UWB communication systems and through a narrower band that the communication system contains. It has been paid attention that the characteristics of the FSSs in the design phase have angular stability for TE and TM modes.

Keywords: Antenna, FSS, Radiation Patterns, Gain, UWB, X-Band.

GİRİŞ

Frekans seçici yüzeyler, uzaysal mikrodalga ve optik filtreler gibi yaygın uygulamaları için uzun zaman yoğun araştırma konusu olmuştur [1-7]. Frekans seçici yüzeyler genellikle, rastgele geometrilerin periyodik olarak düzenlenmiş metalik yamalardan veya metalik bir ekran içindeki yamalara benzer açıklık (aperture) elemanlardan oluşan tamamlayıcı geometriden oluşturulur.

Ultra geniş bant, radyo spektrumunun büyük bir kısmı üzerinden kısa menzilli, yüksek bant genişliğine sahip iletişim için çok düşük enerji seviyesi kullanabilen bir radyo teknolojisidir.

Ultra geniş bant antenler, özellikle iki faktöre bağlı olarak modern ve gelecekteki kablosuz iletişim sistemlerinde ön plana çıkıyor ve cazip hale geliyor. Öncelikle, Federal Haberleşme Komisyonu (FCC) resmi olarak 2002'de UGB teknolojisi için düzenlemeyi yayınladıktan bu yana kablosuz iletim hızı ve yüksek veri hızı, düşük güç tüketimi ve düşük maliyet gibi UGB özelliklerine giderek artan talep, endüstri ve akademik alanlarda araştırma ve geliştirmesine büyük katkıda bulunuyor. İkincisi, kablosuz taşınabilir aygıtın, çeşitli kablosuz iletim fonksiyonları için farklı frekanslarda çalışabilen bir antene ihtiyacı var ve çalışma bantları ve fonksiyonları gittikçe artmakta ve bu da anten alanı sınırlaması gibi anten tasarımında zorluklara neden olabilmektedir. Anten miktarını etkili bir şekilde azaltabilen çok dar bantlı antenlerin yerine bir UGB anteni kullanılabilir. Bir antenin bant genişliği, antenin düzgün çalışabileceği frekans aralığını belirtir. Bütün antenlerde olduğu gibi UGB antenler için de anten kazancı önemli bir faktördür. UGB antenlerin kazancı farklı yöntemler uygulanarak arttırılabilir. Örneğin, antenin arka kısmına düz metal konulduğu zaman o antenin kazancı bütün çalışma bandı boyunca artar. Ama belli frekans aralığında kazancın arttırılması gerekiyorsa antenin arkasına ilgili frekans aralığında çalışan FSY konulması gerekir. Böylece antenin sadece FSY'in çalıştığı frekans aralığında antenin kazancı artar.

Bu tez çalışmasında X-Bant'ta çalışan bant durduran FSY kullanarak UGB mikroşerit antenin kazanç artırımı araştırılıp olumlu sonuç elde edilmiştir. Tezin birinci bölümünde UGB teknolojisi, FSY'ler ve FSY tasarımında sıkça kullanılan birim hücreleri, türleri ve kullanılan uygulamalar, ikinci bölümde ise tasarlanan dört farklı birim hücrelerin analizi, benzetimi ve ölçüm sonuçları anlatılmıştır. Üçüncü bölümde UGB mikroşerit antenin tasarımı, benzetim ve ölçüm sonuçları yer almıştır. Son bölümde ise UGB antenin arkasına yerleştirilmiş dört farklı FSY'nin ve yansıtıcı plaka olarak kullanılan mükemmel elektrik iletkenin benzetim ve ölçüm sonuçları incelenerek karşılaştırılmıştır.



1. ULTRA-GENİŞ BANTLI FREKANS SEÇİCİ YÜZEY (FSY) TASARIMI

Bu bölümde Ultra Geniş Bant (UGB) teknolojisinin tarihsel gelişiminden kısaca bahsedilecektir. Ayrıca, frekans seçici yüzey tasarımları genel hatları ile anlatılıp, UGB sistemler için FSY tasarımları hakkında bilgi verilecektir.

1.1. UGB Teknolojisi

Ultra geniş bantlı haberleşme teknolojileri, Amerika Birleşik Devletleri Federal İletişim Komisyonu'nun (Federal Communications Commission-FCC), 3,1-10,6 GHz frekans aralığını lisanssız kullanım için tahsis etmesiyle birlikte, belirtilen bantta çalışan haberleşme teknolojileri, araştırmacıların ilgi odağı haline gelmiştir. UGB'de, iletim ve alım için ultra kısa darbeler kullanılır ve spektrum çok geniş bir frekans aralığına yayılır [10]. Alıcı ve verici arasındaki iletişim ultra kısa darbeler ile yapıldığı için çok geniş bir frekans bant genişliği gereklidir. Böylece, düşük güç spektral yoğunluğuna sahip UGB sistemleri, diğer iletişim sistemlerinin sinyalleri ile girişim olmadan ayrılmış olan frekans spektrumlarını kullanabilirler.

Ultra Geniş Bant teknolojisi şu anda kablosuz iletişim için yeni bir yaklaşımı temsil etse de ilk defa kullanılan bir kavram değildir. İlk UGB radyo, 1800'lü yılların sonlarında Guglielmo Marconi tarafından geliştirilen sinyal temelli kıvılcım aralığı (Spark Gap) radyosuydu. Bu radyo sistemi, birkaç on yıl boyunca mors kodunu dalgalar yoluyla iletmek için kullanıldı. Bununla birlikte, 1924 yılında, Spark Gap telsizleri, güçlü emisyonları ve radyo sistemlerinde girişime neden olduğu için çoğu uygulamada yasaklanmıştı. [11, 12].

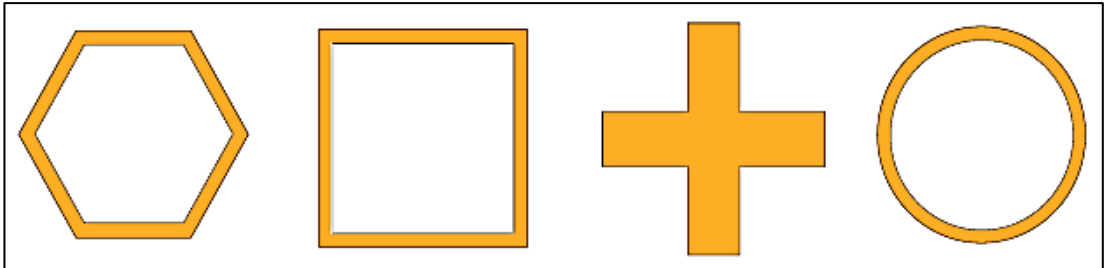
1960'lı yılların başında MIT'nin Lincoln Laboratuvarı ve Sperry Araştırma Merkezi tarafından zaman düzleminde elektromanyetizmaya olan ilginin artması 1962'de Hewlett-Packard tarafından osiloskobun gelişimini hızlandırdı [12]. Bu, mikrodalga şebekelerinin sinyal tepkisinin analizini ve sub-nanosaniyelik nabız üretimi için katalize edilmiş yöntemleri analiz etmeyi mümkün kıldı. Logaritmik spiral antenler

geliştiren Rumsey ve Dyson [13, 14] ve geniş bantlı anten elemanlarının tasarımına impuls ölçüm teknikleri uygulayan Ross gibi anten tasarımcıları tarafından önemli araştırmalar yapıldı [14].

1960-1999 yılları arasındaki yaklaşık 40 yıllık dönemde, Elektrik-Elektronik Mühendisleri Enstitüsü (IEEE) dergilerinde 200'den fazla makale yayımlandı ve ultra geniş bant teknolojisi ile ilgili konular hakkında 100'den fazla patent alındı [15].

1.2. Frekans Seçici Yüzeyler

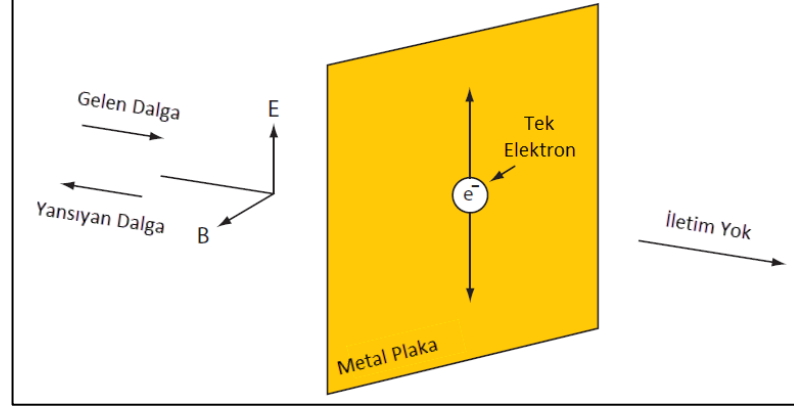
Amerikalı bir fizikçi David Rittenhouse 18. yüzyılda ipek bir mendil ile sokak lambasını izlendiğinde spektrumun bazı renklerinin bastırıldığını keşfetti [9]. Mendilin frekans seçici özelliği, yüzeylerin farklı frekans dalgaları için farklı iletim özellikleri sergilediğini kanıtladı. Dolayısıyla, bu tür yüzeylere “Frekans Seçici Yüzey” denir. FSY, belirli frekansları geçirmek ve diğer frekansları bastırmak için kullanılabilen bir serbest alan filtresi olarak düşünülebilir. Bu uzaysal filtreler, Şekil 1.1'de gösterildiği gibi dielektrik üzerinde periyodik geometrik metalik desenler oluşturarak tasarlanır.



Şekil 1.1. FSY tasarımında sık kullanılan birim hücre desenleri

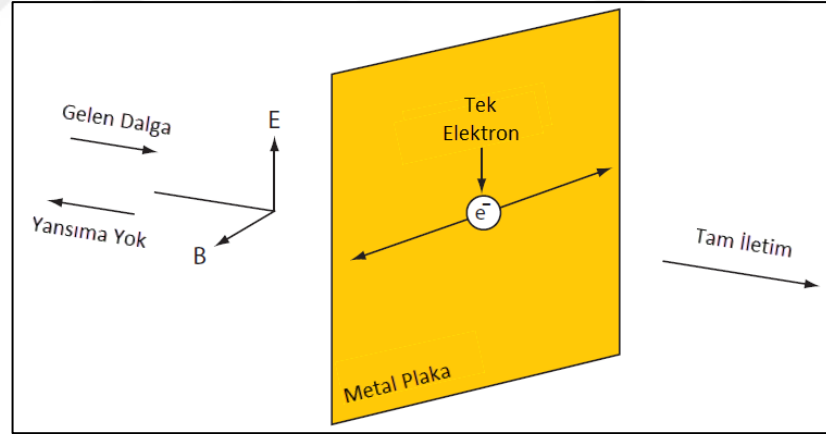
Uzaysal filtreleme kavramını anlamak için, Şekil 1.2'de gösterildiği gibi bir metal yüzeye yüzey normali doğrultusunda çarpan bir düzlem elektromanyetik dalga düşünelim [16]. Metal yüzey düzleminde tek bir elektron olduğunu varsayalım. Gelen dalganın E vektörü metalik yüzeye paraleldir. Bu nedenle, gelen dalga metal yüzeyine çarptığında, elektron üzerine bir kuvvet uygulayarak E vektörü doğrultusunda hızlanmasını sağlar. Elektronu sürekli salınım halinde tutmak için, enerjinin bir kısmı bu nedenle elektronun kinetik enerjisine dönüştürülmelidir. Bu gelen enerjinin çoğunun elektron tarafından yutulmasına ve yansıtılmasına neden

olacaktır. Gelen dalganın tüm enerjisi elektron için kinetik enerjiye dönüştürülürse, filtreden geçen iletim sıfır olacaktır.



Şekil 1.2. Gelen dalganın yansıması

Şekil 1.3'te, elektronun yön vektörü, gelen dalganın E vektörüne diktir. Bu durumda, E vektör tarafından uygulanan kuvvet olmasına rağmen, elektron yön vektörü boyunca hareket etmeye zorlanmaktadır. Dolayısıyla elektron, gelen dalganın kinetik enerjisini ememez. Bu nedenle yüksek bir geçirgenlik oluşur.

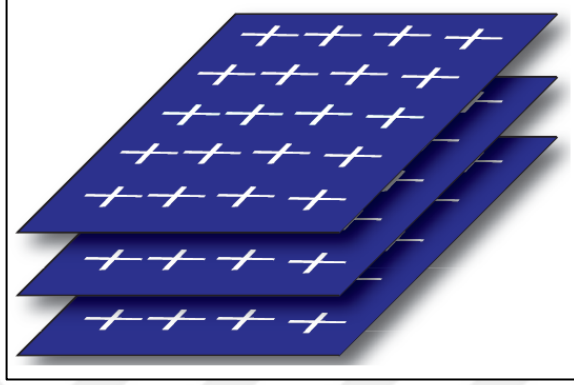


Şekil 1.3. Gelen dalganın iletimi

FSY'ler, filtre işlemi gerçekleştirmek için tek tabakalı veya çok tabakalı olabilirler. Genellikle her biri bir dielektrik tabaka ile ayrılmış olarak, birden çok FSY'yi bir araya getirmek yaygındır [17]. FSY'ler, fiziksel yapılarına, malzemelerine ve geometrilerine bağlı olarak, alçak geçiren, yüksek geçiren, bant durduran ve bant geçiren olmak üzere dört filtre türüne ayrılmıştır. Şekil 1.4, üç boyutlu bir fotonik

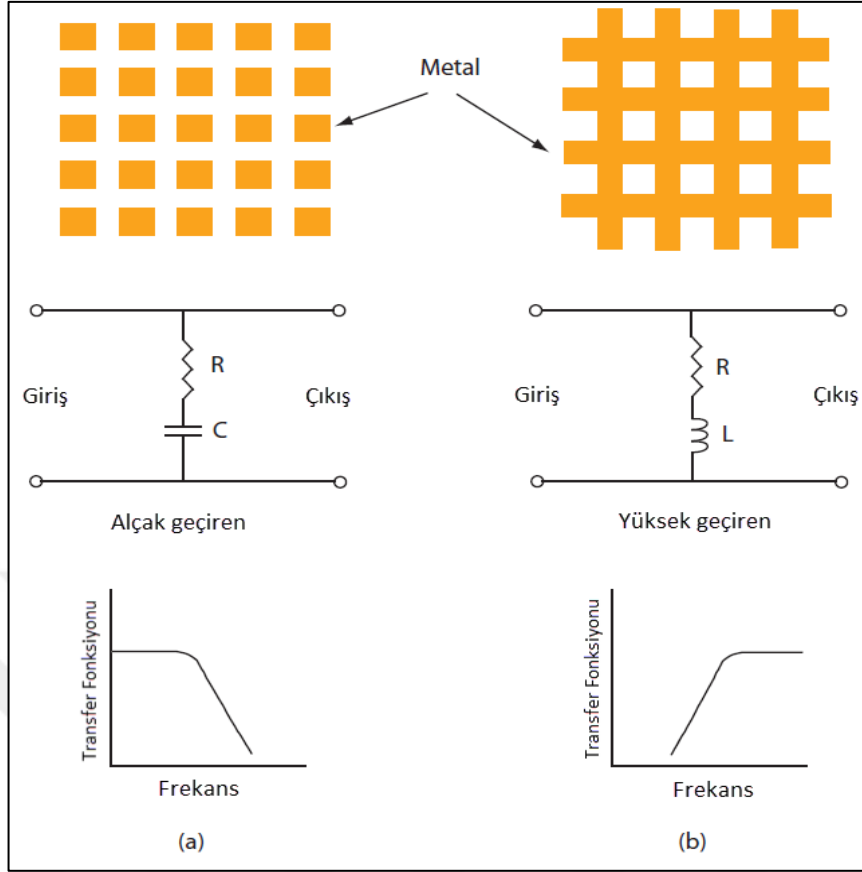
kristal olarak düşünölebilen çapraz dipolleri kullanan üç tabakalı bir FSY'yi göstermektedir.

Babinet ilkesi, yapı simetrik olması koşuluyla, bant durduran FSY'den bant geçiren FSY'ye; alçak geçiren FSY'den yüksek geçiren FSY'ye, ve tam tersini dönüştürmek



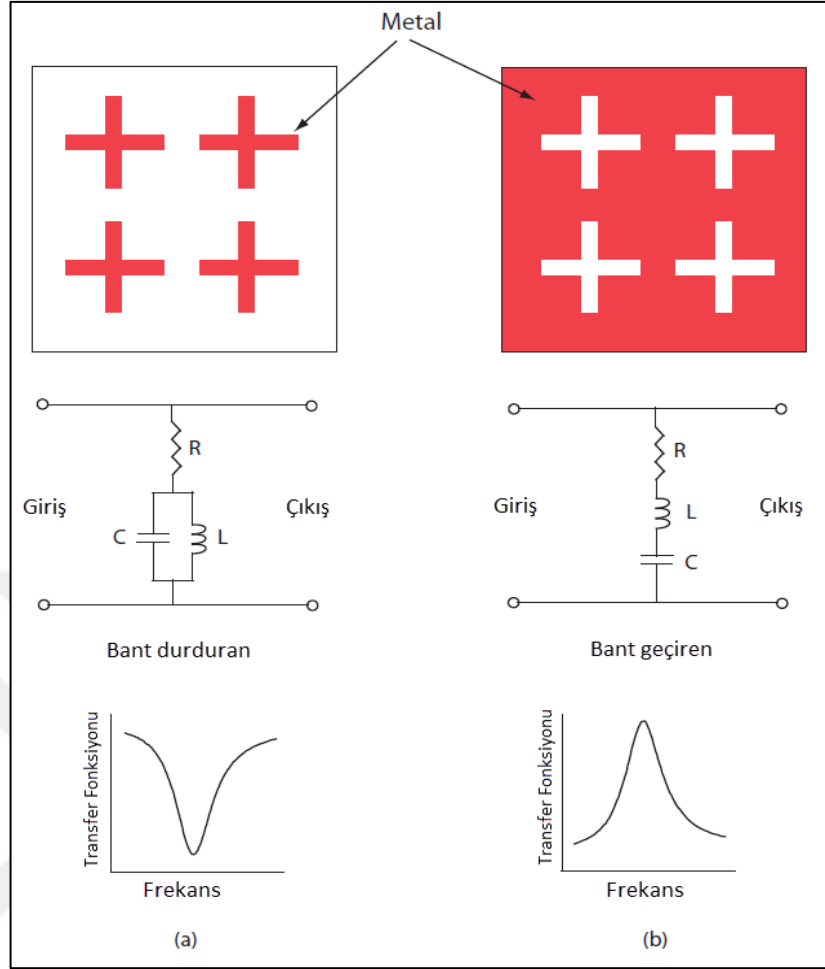
Şekil 1.4. Üç katmanlı FSY

için kullanılabilir. Bu, bir yüksek geçiren filtrenin bir alçak geçiren filtreye dönüştürölmesi için iletken ve iletken olmayan elemanların Şekil 1.5'de gösterildiği gibi tersine çevrilmesi gerektiği anlamına gelir. Zayıflatma seviyesi, bant durdurma/band geçirme frekansı, bant genişliği ve elektromanyetik dalganın geliş açısına duyarlılık gibi tasarım ölçütlerine bağlı olarak uygun bir FSY elemanı seçilir.



Şekil 1.5. (a) Alçak geçiren ve (b) Yüksek geçiren FSY'lere karşılık gelen eşdeğer devreler ve frekans karakteristikleri

Şekil 1.6'da ise, bant durduran ve bant geçiren FSY'lerin de, iletken ve iletken olmayan elemanların yer değiştirmesi ile birbirine dönüştürülebileceğini, eşdeğer devrelerini ve frekans karakteristiklerini göstermektedir.



Şekil 1.6. (a) Bant durdurucu ve (b) Bant geçiren FSY'lerin eşdeğer devreleri ve frekans karakteristikleri

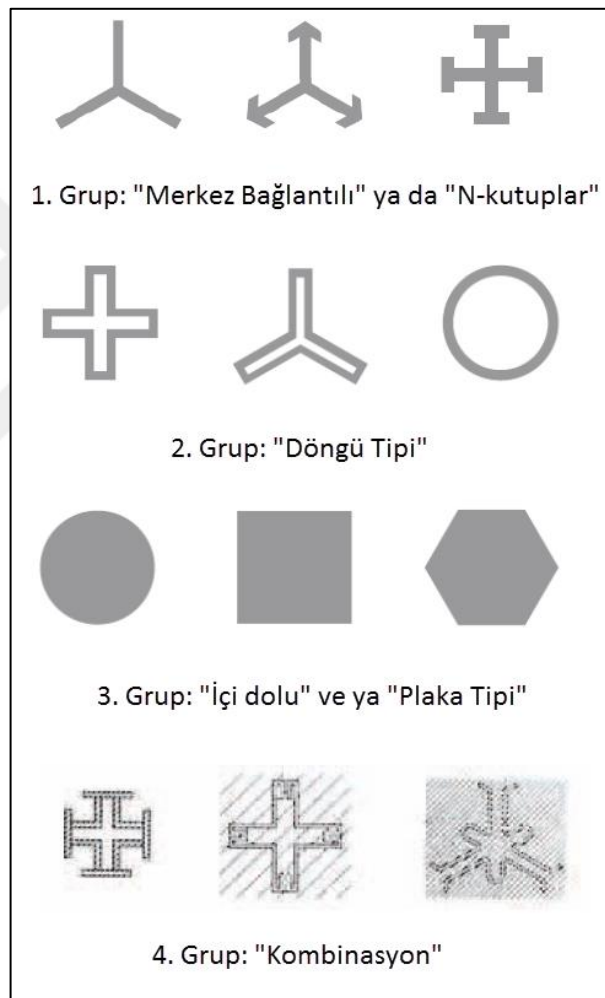
Belli bir geometrik şeklin FSY filtre tepkisi onun eşdeğer devresi ile ilişkilendirilebilir. Kapasitif ve endüktif FSY'lerin isimleri devre teorisinden türetilmiştir. Şekil 1.5, kendilerine karşılık gelen eşdeğer devreleri olan bir alçak geçiren ve yüksek geçiren bir FSY'yi gösterirken, Şekil 1.6, bant durdurucu ve bant geçiren FSY'ler için eşdeğer devreleri göstermektedir. Kısacası, bir FSY, alçak geçiren, yüksek geçiren, bant geçiren veya bant durdurucu karakteristiklerinin tasarımına bağlı olarak bir seri veya paralel RLC devresi (veya ikisinin birleşimi) gibi davranıyor diyebiliriz.

1.2.1. FSY'lerde birim hücre tipleri

Bölüm 1.1'de açıklanan dört temel FSY yapısı, farklı karakteristiklere sahip birçok yeni FSY oluşturmak için birleştirilebilir. Çok bantlı, açısız kararlılığı olan, polarizasyondan bağımsız, arttırılmış bant genişliği ve küçültülmüş FSY boyutları,

FSY elemanlarının kombinasyonu ile elde edilebilen özelliklerden birkaçıdır. Şekil 1.7'de gösterildiği gibi FSY birim hücre tipleri dört temel gruba ayrılabilir [8], şöyle ki

- 1. Grup: N-kutuplu veya dipoller, tripoller, kare spiraller ve Kudüs Çaprazları gibi Merkez Bağlantılı olanlar
- 2. Grup: Dairesel, kare ve altıgen döngüler gibi döngüsel türler
- 3. Grup: Çeşitli şekillerde yama türleri
- 4. Grup: Yukarıdakilerin herhangi birinin kombinasyonları



Şekil 1.7. FSY'lerde tipik birim hücre türleri

FSY birim hücre tipleri ve kombinasyonları, araştırmacılar tarafından farklı uygulamalar için kullanılmış ve çalışmaları da yayınlanmıştır. Birinci grupta, çapraz dipoller [18, 19], tripoller [20, 21] ve Kudüs Çaprazları [22] bu grubun en popüler olanlarıdır. Bu elemanlar, farklı yeni FSY'ler üretmek için diğer eleman türleri ile de

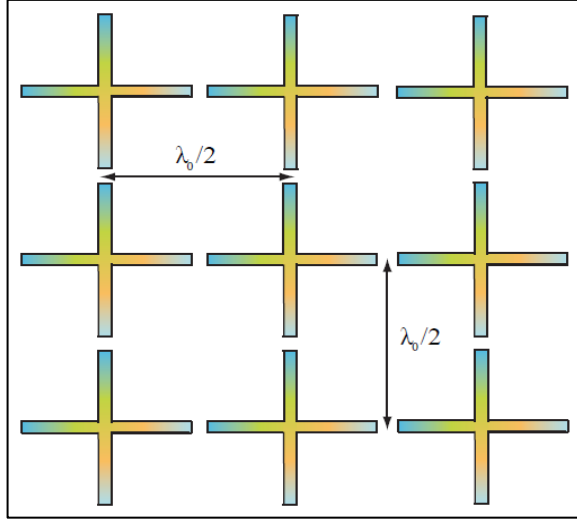
kombine edilmiştir [8, 23]. Döngü tipi birim hücreye sahip FSY'lerde, kare halkalar [24-26], çemberler [27-29] ve halkalı tripoller [8, 20, 30] çalışmalarda en çok rastlanan türlerdir. Yama tipi FSY'ler üçüncü gruba dahildir ve farklı geometrik şekillere sahip yamalar kullanılarak tasarlanana literatürde sıkça rastlanmaktadır [31, 32]. Hem tek hem de çok katlı konfigürasyonlar yapılabilir [33]. Dördüncü grupta yer alan, diğer üç gruptaki yapıların kombinasyonları ile oluşturulan FSY'ler [8, 34, 35], farklı polarizasyonlarda açılabilir kararlılık meselesinin çözülmesinde yardımcı olabilir ki bunun tek elemanlı FSY'ler [36, 37] ile elde edilmesi zordur.

1.2.2. Pasif ve aktif FSY

FSY, uzaysal filtreleme karakteristiklerini dinamik olarak yeniden yapılandırma becerisine dayanarak iki farklı türe ayrılabilir:

- Pasif FSY
- Aktif FSY

Pasif FSY, periyodik yapıların belirli bir frekansın iletilmesi veya yansıtılması için bir dielektrik tabaka üzerine baskı devre tekniği kullanarak basılarak imal edildiği bir FSY'dir. Bu yüzeyin imal edildikten sonra özellikleri değiştirilemez. Buradaki önemli nokta, istenen sinyali engellemek ya da iletmek için büyük bir duvarın veya bir pencerenin kesitine yapıştıırılacak kadar büyük olması gerekliliğidir. Bu FSY'lerin avantajı, tasarımı ve üretimlerinin kolay olması; dezavantajı ise, bunların yeniden yapılandırılmaz olmasıdır. Şekil 1.8 sonlu bir 3×3 pasif çapraz dipol FSY'yi göstermektedir. Öte yandan, aktif bir FSY, PIN diyot veya varaktör diyot gibi aktif devre elemanlarını içeren periyodik yapılardan oluşur. Bu aktif elemanları DC güç kaynağıyla ayarlayarak, FSY yeniden yapılandırılabilir hale gelir. Bu tür yüzeylerin dezavantajları, üretim maliyeti, güç tüketimi ve bir DC güç kaynağına olan ihtiyacı içermektedir.



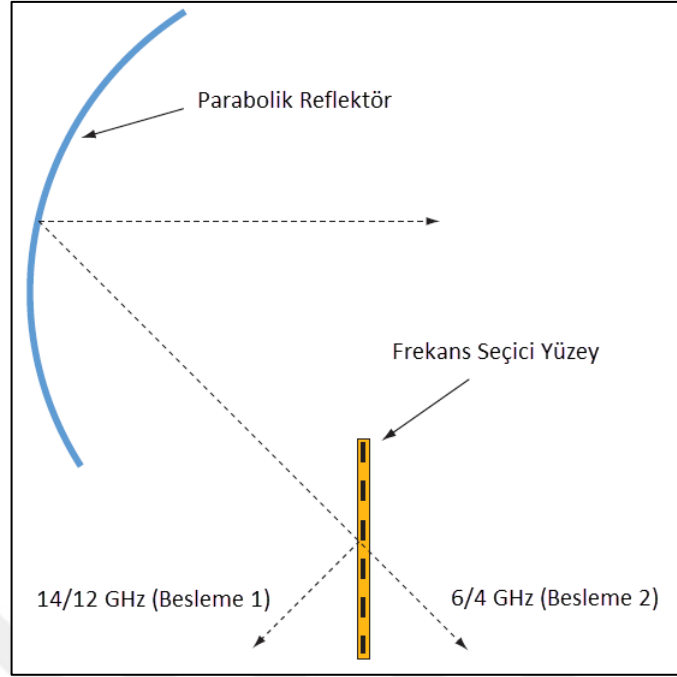
Şekil 1.8. Sonlu 3×3 pasif çapraz dipol FSY

1.2.3. FSY uygulamaları

FSY aşağıda yer alan pek çok mühendislik uygulamasında kullanılabilir:

- Antenlerde kazanç arttırımı
- RFID (Radyo Frekans Tanımlaması) uygulamaları
- Çarpışma önlemesi
- RKA (Radar Kesiti Alanı) azaltımı
- Elektromanyetik girişim (EMI) koruması
- Fotonik bant boşlukları yapıları
- Parabolik reflektör antenlerindeki dikroik yan reflektörler
- Dalga kılavuzu veya boşluk kontrol kuplajı
- Kablosuz Yerel Ağ (WLAN) güvenliği

Örnek olarak, parabolik reflektör antenleri için bir dikroik yan reflektör olarak FSY uygulaması Şekil 1.9'da gösterilmiştir [27]. FSY, besleme 1'de dalgayı tamamen yansıtmaktadır ve besleme 2 için tamamen geçirgendir. Dolayısıyla, iki bağımsız besleme tek reflektör antenini aynı anda paylaşabilir.



Şekil 1.9. Reflektör anten sisteminde çift beslemeli frekans seçici yüzey kullanımı

Ayrıca, yukarıda yazıldığı gibi FSY antenlerde kazanç arttırımında kullanılabilir. Bölüm 4'te FSY kullanarak mikroşerit antenlerde istenen frekans aralığında kazanç arttırımı ile ilgili araştırmalar yapıp sonuçları incelenmiştir.

2. FREKANS SEÇİCİ YÜZEY TASARIMI

Bu bölümde, mikroşerit antenlerin kazanç arttırımında kullanılan frekans seçici yüzeylerin tasarım aşamaları, benzetimler ve ölçüm sonucunda elde edilen frekans karakteristikleri verilmiştir.

2.1. FSY Birim Hücresi

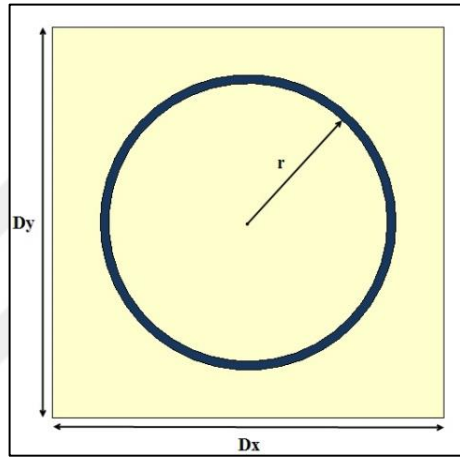
Frekans seçici yüzeyleri anten arkasına koyup kazancın sadece istenen frekans aralığında arttırdığını görmek için farklı FSY birim hücreleri tasarlanmış olup bunlardan dört tanesine tez çalışmasında yer verilmiştir. Anten arkasına kazanç arttırımı için yerleştirilecek olan FSY'nin bant durduran karakteristiğine sahip olması ve iletim katsayısının geçirme bandına ait kısmının mümkün olduğunca 0dB'ye oturması gerekmektedir. Tez çalışmasında, kısmi frekans bandında kazanç arttırımı hedeflendiği için, UGB'de çalışan mikroşerit antenlerde X-bantta kazanç arttırımı ele alınmış ve X-bantta çalışan FSY tasarımları incelenmiştir. Tasarım sürecinde kullanılacak 4 tip FSY'nin birim hücre şekillerine göre isimlendirilmeleri şöyledir.

1. Çember
2. İki katlı Çember
3. İki katlı S Tasarım
4. İki katlı çapraz-I tasarım

Başlangıç olarak en basit figürler test edilip sonuçları incelenmiştir. Bant durduran filtreler, teorik olarak etkisini -3 dB ve onun altına indiğinde göstermektedirler. Ancak, FSY anten arkasına koyulduğu zaman bant geçiren kısmı 0 dB'den uzaklaştıkça anten kazancı da etkilenmeye başlamaktadır. Yani FSY'nin bant geçiren kısmı -1 dB'den aşağı indiğinde antenin o aralıktaki kazancı da artmaktadır, ki bu tez çalışmasında hedeflenen birşey değildir.

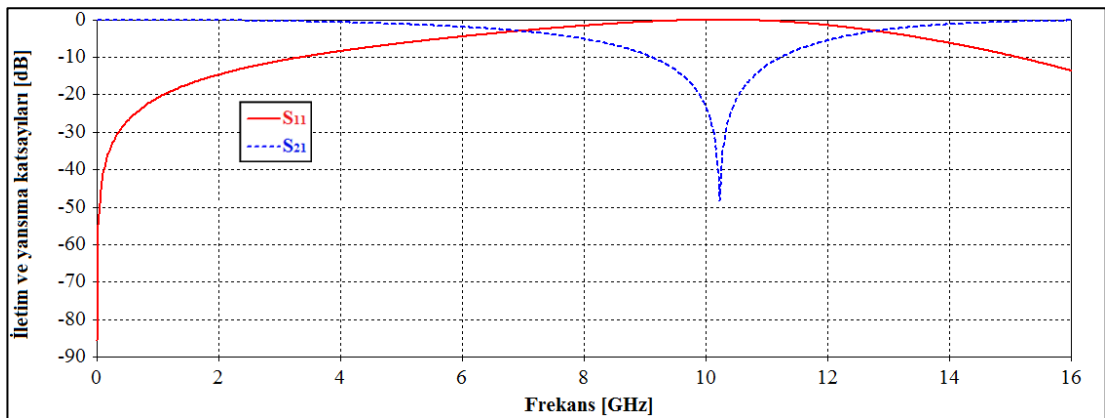
2.1.1. Çember FSY birim hücresi

İsminden de belli olduğu gibi bu FSY’de en basit şekil, yani çember kullanılmıştır. Tasarlanan FSY için bağıl dielektrik sabiti 6 ve dielektrik kaybı 0,0035 olan Arlon AR600 alt tabakası kullanılmıştır. Birim hücrenin boyutları 9×9 mm olup, tabakanın kalınlığı 0,5 mm’dir. Dielektrik alt tabakanın üzerine çizilen metal şeritin genişliği 0,2 mm’dir. Yapı band durdurucu filtre olarak çalışmakta olup 5,77 GHz’lik bant genişliğine ve 45 dB’lik zayıflamaya sahiptir. Çember, Şekil 2.1’de gösterildiği gibi FSY birim hücresinin ortasına yerleştirilmiştir.



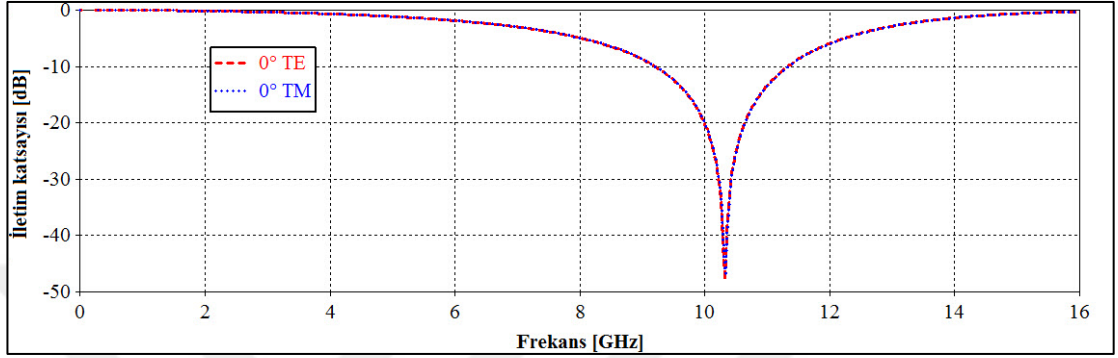
Şekil 2.1. Çember şeklinde FSY birim hücresi

Burada $D_y=9$ mm, $D_x=9$ mm ve $r=3,2$ mm’dir. Tasarlanan birim hücresinin benzetimi yapılmış olup saçılma parametreleri normal doğrultusunda geliş açısı için Şekil 2.2’de gösterilmiştir. Benzetim sonuçlarına göre FSY’nin rezonans frekansı 10,22 GHz, -3 dB çalışma bandı frekansları ise yaklaşık 7-12,3 GHz’dir

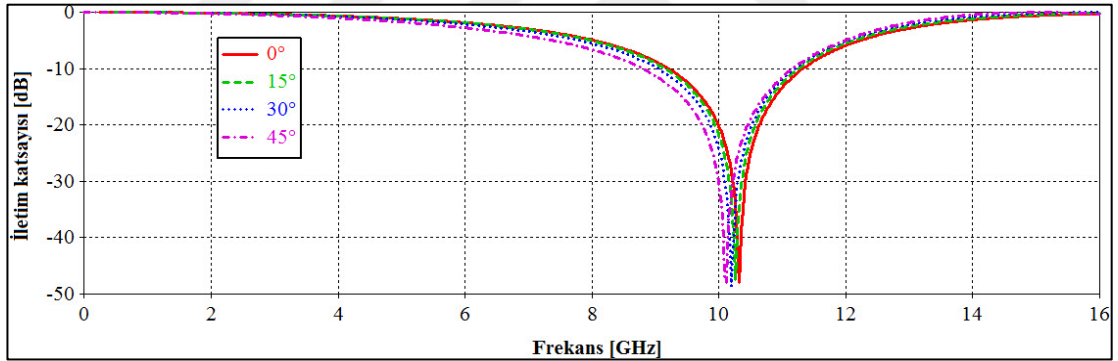


Şekil 2.2. Çember şeklinde FSY'nin iletim ve yansımaya karakteristikleri

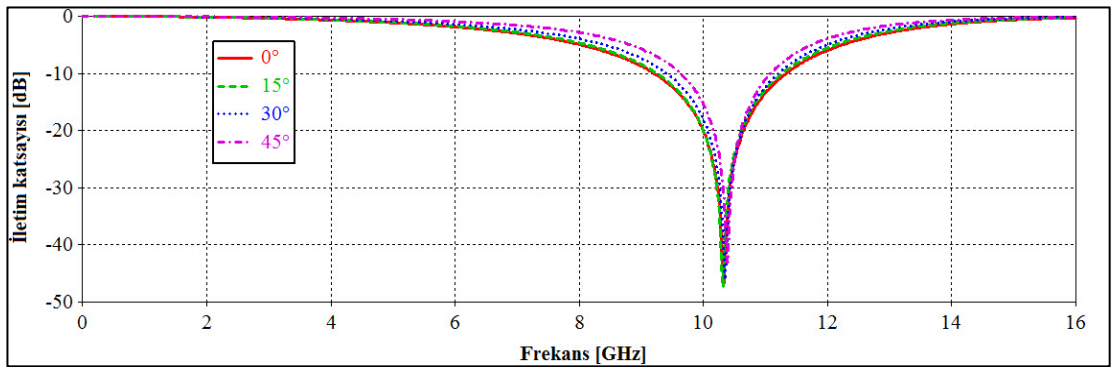
Tasarlanan FSY yapısının hem TE (Transvers Elektrik) hem de TM (Transvers Magnetik) polarizasyon için benzetimi yapılmıştır. Şekil 2.3'te $\theta=0^\circ$ için TE ve TM polarizasyonda iletim karakteristiği, Şekil 2.4'te TE polarizasyonda ve Şekil 2.5'te TM polarizasyonda θ geliş açısının sırasıyla 0° , 15° , 30° ve 45° 'lik değerleri için iletim karakteristikleri verilmiştir.



Şekil 2.3. Çember şeklinde FSY'nin TE ve TM polarizasyonda iletim karakteristikleri

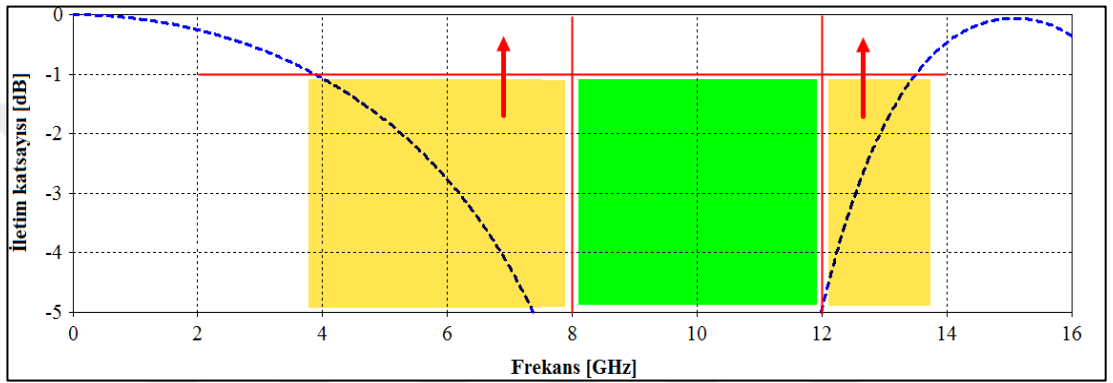


Şekil 2.4. Çember şeklinde FSY'nin TE polarizasyonda farklı geliş açılarının iletim karakteristikleri



Şekil 2.5. Çember şeklinde FSY'nin TM polarizasyonda farklı geliş açılarının iletim karakteristikleri

Yukarıdaki şekillerde görüldüğü gibi FSY'nin hem TM hem de TE polarizasyon için açılal bağımlılığı her ne kadar çok olmasa da -1 dB altına inen kısmın X-Bant'ın çok dışında olduğu görülmektedir. FSY tabakası anten arkasına koyulduğu zaman birim hücrenin iletim karakteristiğinde -1 dB altına inen bütün frekans aralığında kazanç artacaktır. Şekil 2.6'da gösterildiği gibi bunu engellemek için birim hücrenin bant geçiren kısmının (X-Bant dışı) oldukça 0 dB'ye yakın olmasını sağlamak gerekmektedir. Başka deyişle sarı bölgede kalan karakteristiğin yukarı çekilmesi, daraltılması lazımdır.



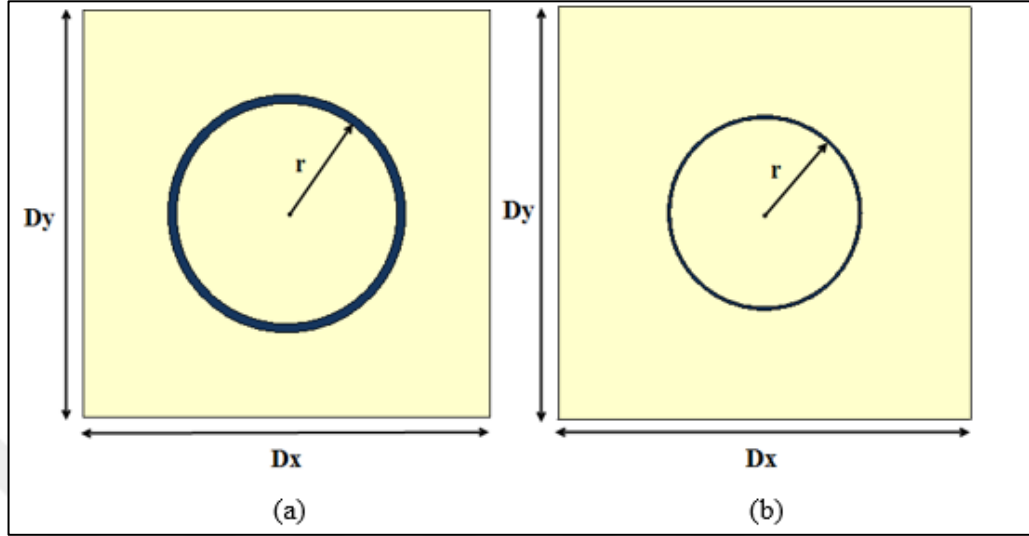
Şekil 2.6. Çember şeklinde FSY'nin iletim karakteristiğinin X-Bant dışında kalan bölgeleri

Benzetimleri yapılan FSY yapısının anten arkasına yerleştirilip anten kazancını nasıl etkilediğine dair çalışmalara tezin ilerleyen bölümlerinde yer verilecektir.

2.1.2. İki katlı Çember FSY birim hücresi

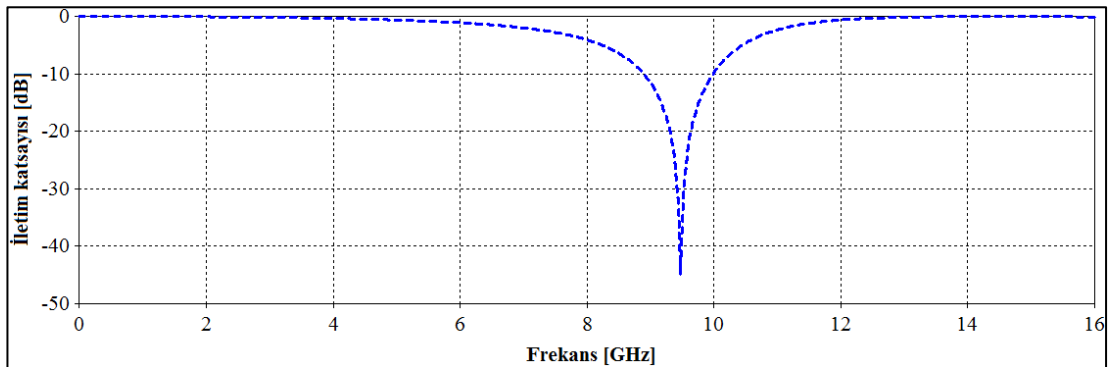
Tasarlanan ikinci FSY "İki katlı Çember" olarak adlandırılmış olup, farklı çaplara sahip olan çember şeklindeki birim hücrelerden oluşan iki tabakanın arka arkaya yerleştirilmesiyle oluşturulmuştur. İki katlı olması ve çemberlerin çaplarının farklı olması, iki rezonans frekansına sahip olmasını sağlamaktadır. Tasarım için ilk FSY gibi dielektrik sabiti 6 ve kayıp tanjantı 0,0035 olan Arlon AR600 dielektrik alt tabakası kullanılmıştır. Her iki tabakanın birim hücre boyutları aynı olup 14×14 mm'dir. Tabakanın kalınlığı ise 0.5 mm'dir. İlk tabakanın üzerindeki dairenin yarıçapı 3,8 mm olup şerit genişliği 0,3 mm'dir. İkinci tabakanın üzerindeki dairenin yarıçapı ise 3,2 mm, şerit genişliği de 0,1 mm'dir. Normal şartlarda boşluk $\lambda/4$ 'ten hesap edilir ve X-Bant'ın merkezi olan 10 GHz referans olarak alınır ki o da 7,5 mm eder. Ama bu yapı için yapılan optimizasyon çalışması neticesinde, en uygun aralığın

4,5 mm olduğu tespit edilmiştir. Şekil 2.7’de her iki tabakanın görünüşü ve boyutları verilmiştir.



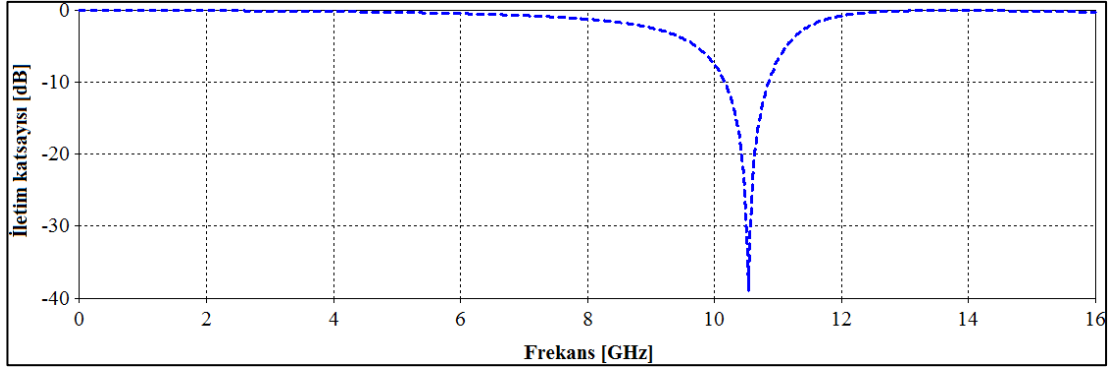
Şekil 2.7. İki katlı Çember FSY yapısı (a) öndeki tabaka (b) arkadaki tabaka

Burada her iki tabaka için D_x ve D_y değerleri 14 mm olup öndeki tabaka için $r=0,3$ mm, arkadaki tabaka için ise $r=0,1$ mm’dir. Birim hücre şekli yukarıdaki gibi olan FSY’yi oluşturulan tabakaların ayrı ayrı saçılma parametreleri normal geliş açısı için Şekil 2.8’de gösterilmiştir. Her iki tabakada çizilmiş olan dairelerin yarıçapı ve kalınlığı farklı olduğu için iki farklı rezonans frekansı elde edilmiştir. Şekil 2.8 (a) ve Şekil 2.8 (b)’de sırasıyla ön ve arka tabakanın iletim karakteristikleri gösterilmiştir. Ön tabaka ilk rezonans frekansı olan 9,48 GHz’i arka tabaka ise ikinci rezonans frekansı olan 10,54 GHz’i sağlar.



(a)

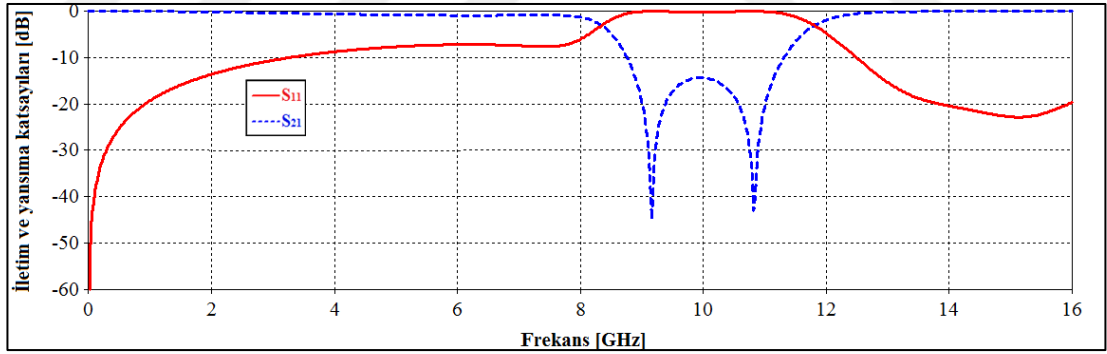
Şekil 2.8. İki katlı Çember’in (a) ön tabaka (b) arka tabaka iletim karakteristikleri



(b)

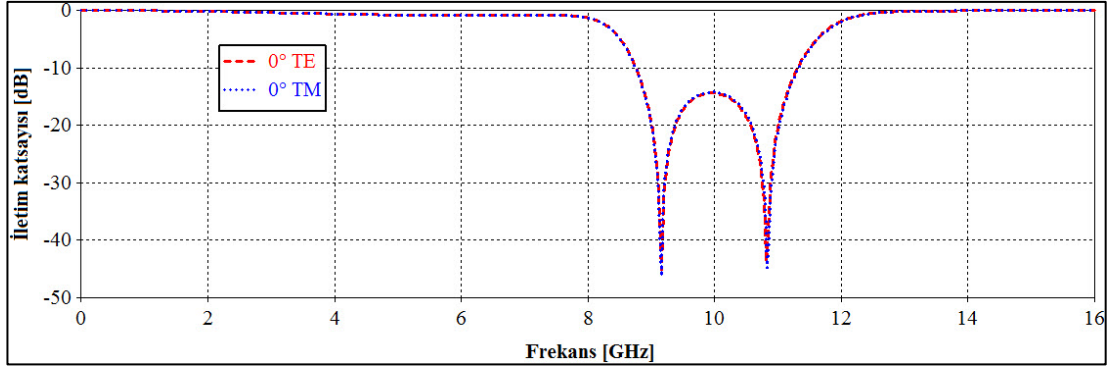
Şekil 2.8. (Devam) İki katlı Çember'in (a) ön tabaka (b) arka tabaka iletim karakteristikleri

Bu iki tabaka aralarında belli bir boşlukla aynı anda bir bütün olarak çalıştırıldığında Şekil 2.8'de gösterilen her iki rezonans frekansı hafif kayarak yeni bir iletim karakteristiği oluşturacaktır. Benzetim sonuçlarına göre FSY'nin rezonans frekansları 9,16 GHz ve 10,82 GHz'tir. Yapı bant durdurucu filtre olarak çalışmaktadır. Şekil 2.9'da gösterildiği gibi FSY 3,6 GHz'lik bant genişliğe ve 45 dB'lik zayıflamaya sahiptir.

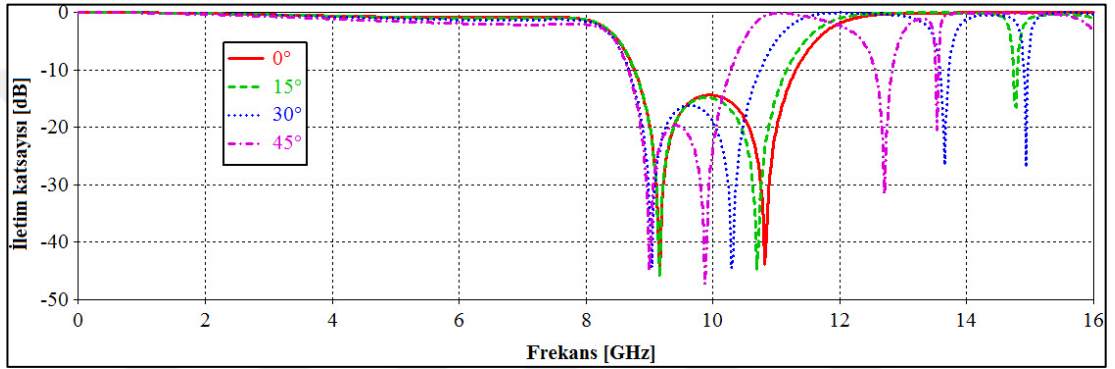


Şekil 2.9. İki katlı çember şeklindeki FSY'nin iletim ve yansımaya karakteristikleri

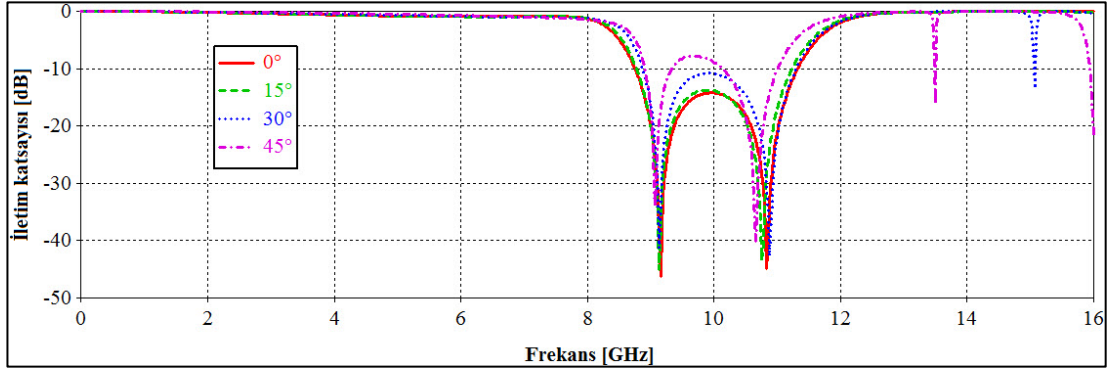
Tasarlanan FSY yapısının hem TE hem de TM polarizasyon için benzetimi yapılmıştır. Şekil 2.10'te $\theta=0^\circ$ için TE ve TM polarizasyonda iletim karakteristiği, Şekil 2.11'te TE polarizasyonda ve Şekil 2.12'te TM polarizasyonda θ geliş açısının sırasıyla 0° , 15° , 30° ve 45° 'lik değerleri için iletim karakteristikleri verilmiştir.



Şekil 2.10. İki katlı çember şeklindeki FSY'nin TE ve TM polzarizasyonda iletim karakteristikleri



Şekil 2.11. İki katlı çember şeklindeki FSY'nin TE polzarizasyonda farklı geliş açılarının iletim karakteristikleri

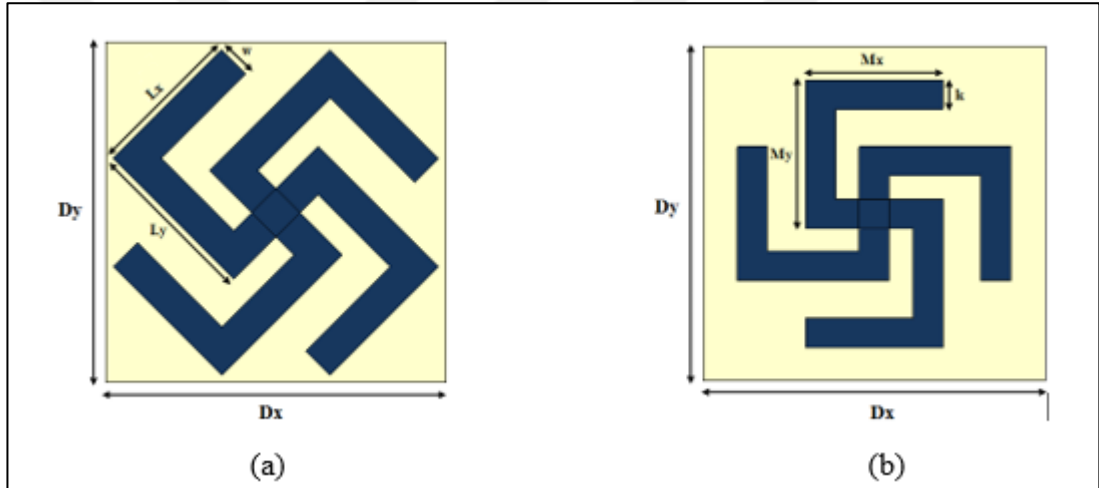


Şekil 2.12. İki katlı çember şeklindeki FSY'nin TM polzarizasyonda farklı geliş açılarının iletim karakteristikleri

Yukarıdaki şekillerde gösterildiği özellikle TE modunda açılı gönderimlerde bozulmalar meydana gelmektedir. Tasarlanan FSY'nin anten arkasına yerleştirilmesi durumunda kazanç etkisi ilerleyen kısımlarda incelenecektir.

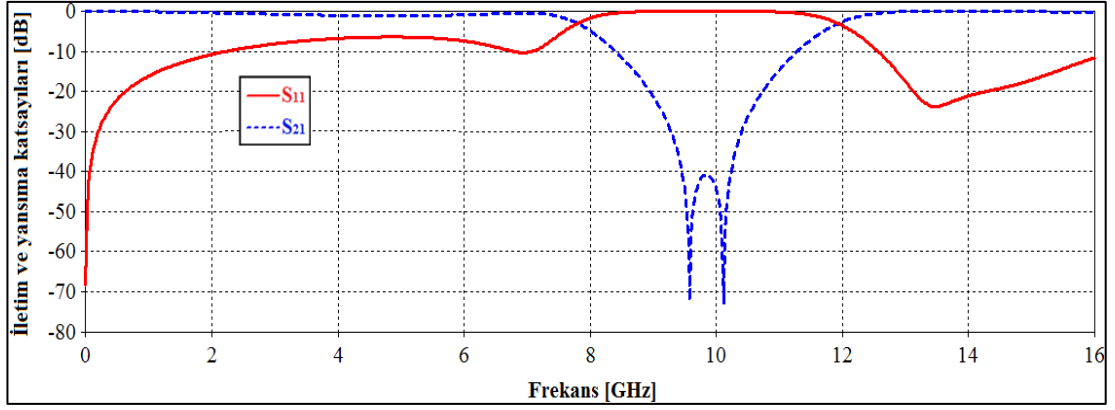
2.1.3. İki katlı S Tasarım FSY birim hücresi

Sıradaki FSY birim hücresi de iki tabakadan oluşmaktadır. Dielektrik alt tabakalarda malzeme olarak Arlon Di 880 kullanılmıştır. Malzemenin dielektrik sabiti 2,2, kayıp tanjantı ise 0,0009'dur. Yapının boyutu 8×8 mm, tabaka kalınlığı da 0,762 mm'dir. Bu yapı da iki tabakadan oluştuğu için iki rezonans frekansına sahiptir. Öndeki alt tabakanın üzerindeki mikroşeritlerin uzunluğu ve genişliği Şekil 2.13 (a)'da gösterilmiş olup $D_y = D_x = 8$ mm, $L_x = 3,6$ mm, $L_y = 4$ mm, w ise 0.8 mm'ye eşittir. Arkadaki alt tabakanınki ise Şekil 2.13 (b)'de gösterilmiştir. İkinci tabakadaki çizimin parametreleri: $D_y = D_x = 8$ mm, $M_x = 3,2$ mm, $M_x = 3,55$ mm, $k = 0,7$ mm. Çizilen şekiller alt tabakanın ortasına yerleştirilmiştir. İki tabaka arasındaki mesafe 5 mm olarak belirlenmiştir.



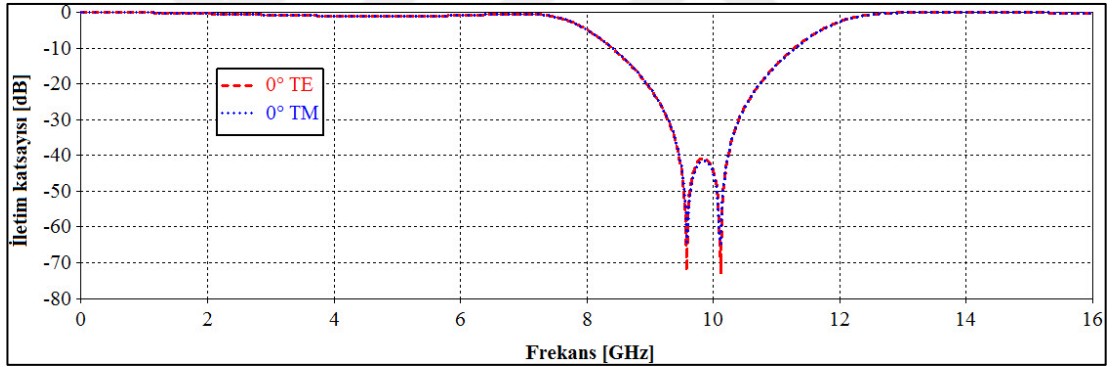
Şekil 2.13. İki katlı S Tasarım yapısı (a) öndeki tabaka (b) arkadaki tabaka

Tasarlanan FSY yapısının benzetimi yapılmış ve saçılma parametreleri normal geliş açısı için Şekil 2.14'de gösterilmiştir. Her iki tabakadaki çizilmiş olan şekillerin boyutları farklı olduğu için iki farklı rezonans frekansı elde edilmiştir. Benzetim sonuçlarına göre birim hücresinin rezonans frekansları ön ve arka tabakalar için sırasıyla 9,58 GHz ve 10,12 GHz'tir. Yapı bant durduran filtre olarak çalışmaktadır. Şekil 2.14'de gösterildiği gibi 4,14 GHz'lik bant genişliğe ve 73 dB'lik zayıflamaya sahiptir.

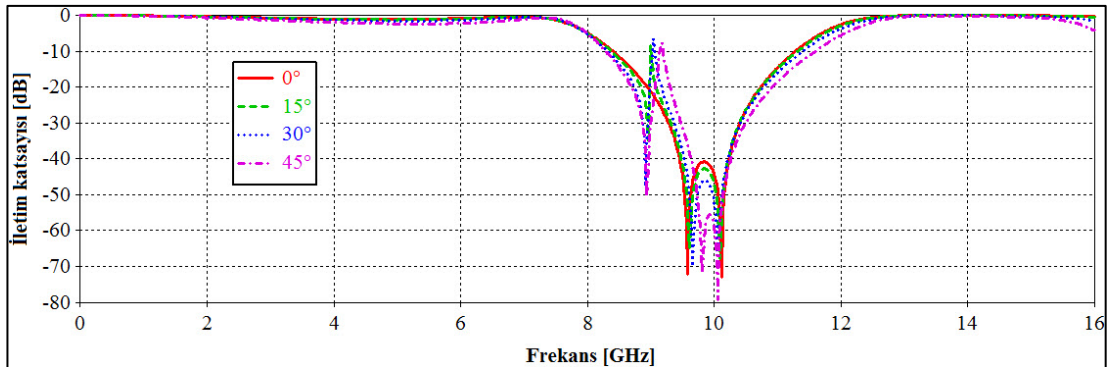


Şekil 2.14. İki katlı S Tasarım'ın iletim ve yansıtma karakteristikleri

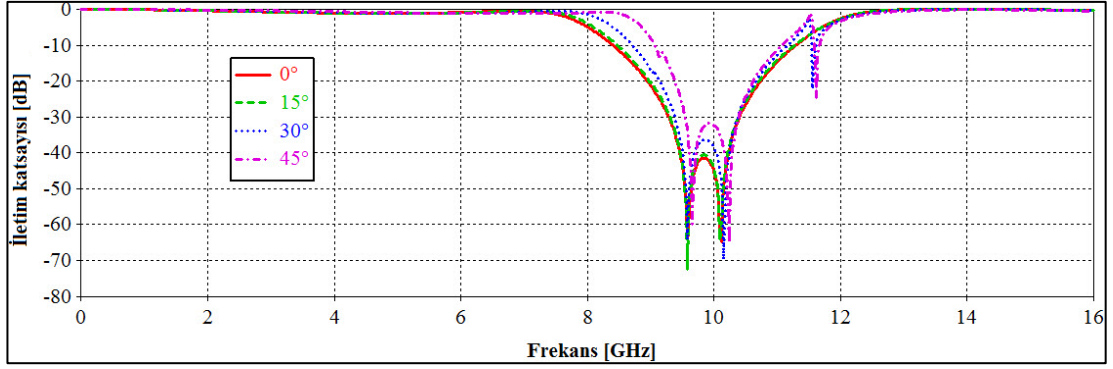
Tasarlanan FSY yapısının hem TE hem de TM polarizasyon için benzetimi yapılmıştır. Şekil 2.15'te $\theta=0^\circ$ için TE ve TM polarizasyonda iletim karakteristiği, Şekil 2.16'te TE polarizasyonda ve Şekil 2.17'te TM polarizasyonda θ geliş açısının sırasıyla 0° , 15° , 30° ve 45° 'lik değerleri için iletim karakteristikleri verilmiştir.



Şekil 2.15. İki katlı S Tasarım'ın TE ve TM polarizasyonda iletim karakteristikleri

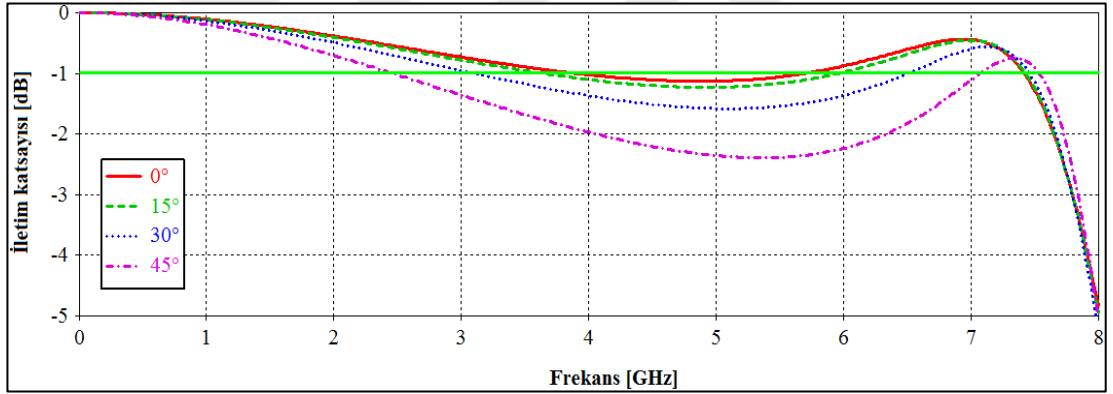


Şekil 2.16. İki katlı S Tasarım'ın TE polarizasyonda farklı geliş açıların iletim karakteristikleri



Şekil 2.17. İki katlı S Tasarım'ın TM polzarizasyonda farklı geliş açıların iletim karakteristikleri

Şekillerde gösterildiği dalganın geliş açısı 0° olduğu durumlarda X-Banda uyum sağlıyor. Yalnız dikkat edildiğinde 8 GHz'e kadar (bant geçiren) olan kısımda, özellikle TE polzarizasyonda inişler gözükmemektedir. İnişler -3 dB altına inmese de dalga 30° ve 45° 'de gönderildiğinde -1 dB'nin altına inmektedir.

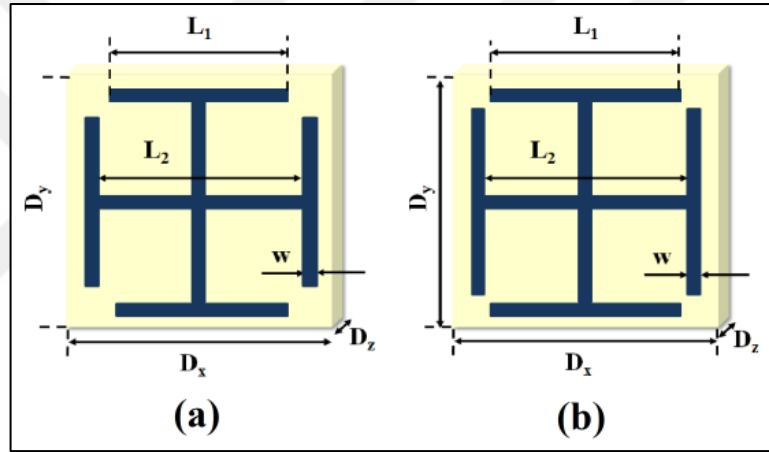


Şekil 2.18. İki katlı S Tasarım'ın TE polzarizasyonda farklı geliş açıların iletim karakteristiklerinin büyütülmüş hali

Özellikle Şekil 2.16'da gösterilen TE polzarizasyondaki iletim karakteristiğinin 8 GHz'e kadar olan bant geçiren kısmını büyütüp bakıldığında zaman filtrenin bant geçiren kısmının -1 dB altına indiği Şekil 2.18'de gösterilmektedir. Bu ise FSY'nin anten arkasına konduğu zaman o kısımlarda da kazanç arttıracaklarını göstermektedir. Bunun gösterdiği etki FSY'nin anten arkasına eklendiği zaman ayrıntılarıyla gösterilecektir.

2.1.4. İki katlı Çapraz-I FSY birim hücresi

Son olarak, anten arkasına kazanç artırımı için yerleştirilebilecek, istenen kriterlere en uygun FSY birim hücresi sunulmaktadır. Diğer iki yapı gibi bu FSY de iki katmandan oluşmaktadır. Alt tabaka malzemesi olarak dielektrik sabiti 2,2 ve kayıp tanjantı 0,0009 olan Arlon Di 880 kullanılmıştır. Yapının boyutu $7,4 \times 7,4$ mm olup kalınlığı 0,762 mm'dir. Bu yapı şekil olarak Jerusalem Cross'a benzemekte olup uzatılmış kollar ve inceltilmiş kalınlığa sahiptir. Çizilen şeritlerin kalınlığı 0,2 mm'dir. Tasarlanan FSY Şekil 2.20'de gösterildiği gibi 3,44 GHz'lik bant genişliği ve 70 dB'lik zayıflama ile bir bant durdurucu filtre olarak çalışmaktadır. Şekil 2.19'da birim hücresinin yapısı gösterilmiştir.

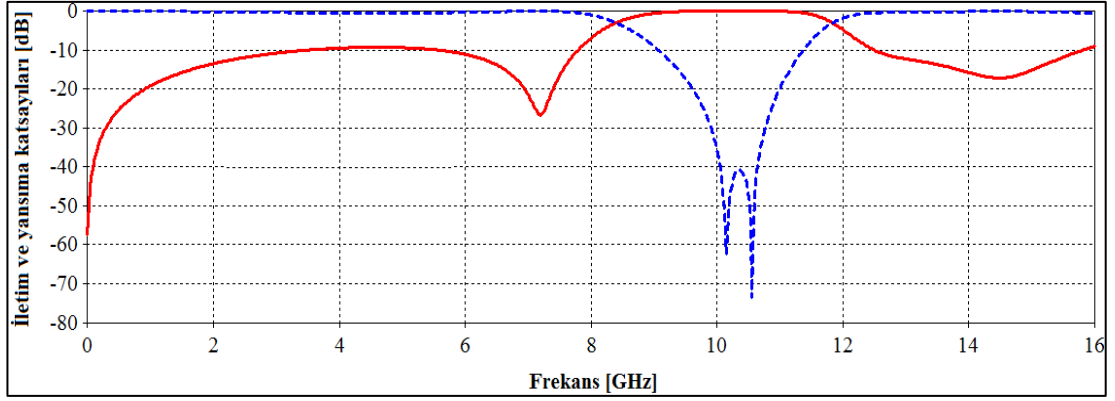


Şekil 2.19. İki katmanlı çapraz-I FSY'nin yapısı (a) öndeki tabaka (b) arkadaki tabaka

Tablo 2.1: FSY Birim hücresinin parametreleri

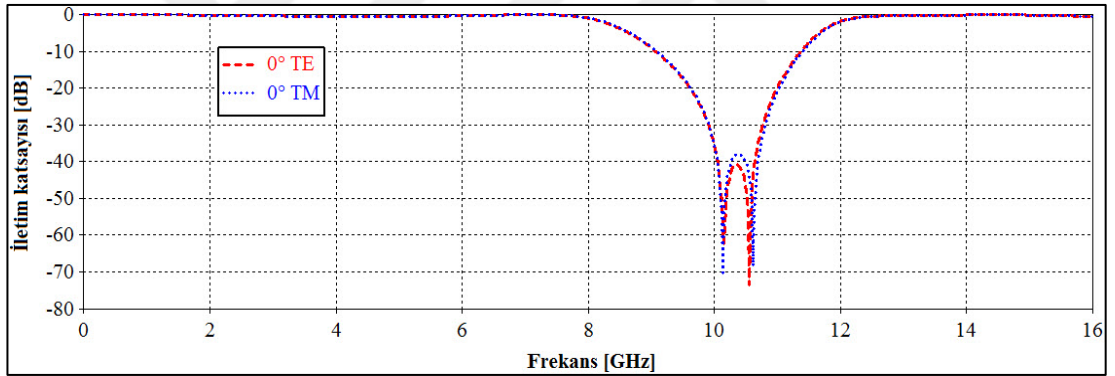
	Dx	Dy	Dz	D	L1	L2	w
Tabaka 1	7,4	7,4	0,762	6	4,4	5	0,2
Tabaka 2	7,4	7,4	0,762	6	4,8	5	0,2

Birim hücresi iki katmandan ibaret ve alt tabakaların üzerindeki şekillerin boyutları farklı olduğu için iki farklı rezonans frekansı oluşmuştur. İki tabaka arasındaki mesafe 6 mm'dir. İlk rezonans frekansı 10,16 GHz, ikinci ise 10,56 GHz'tir.

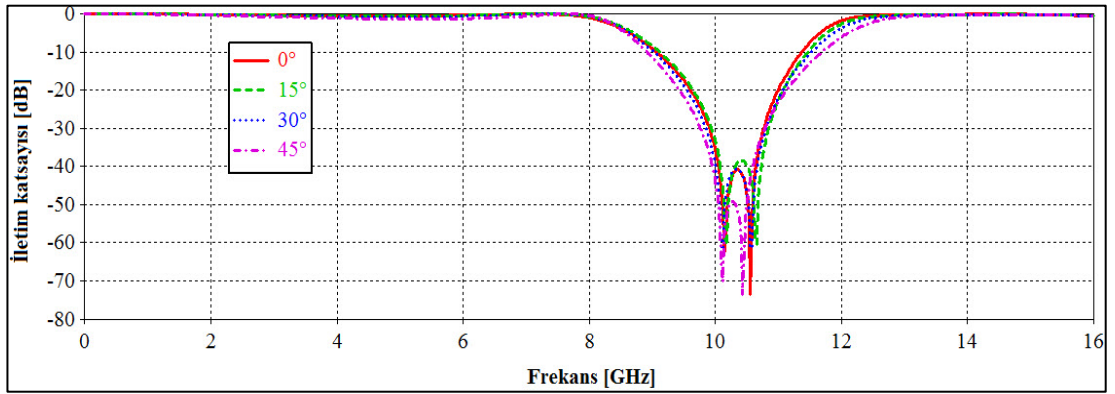


Şekil 2.20. İki katmanlı çapraz-I FSY'nin iletim ve yansımaya karakteristikleri

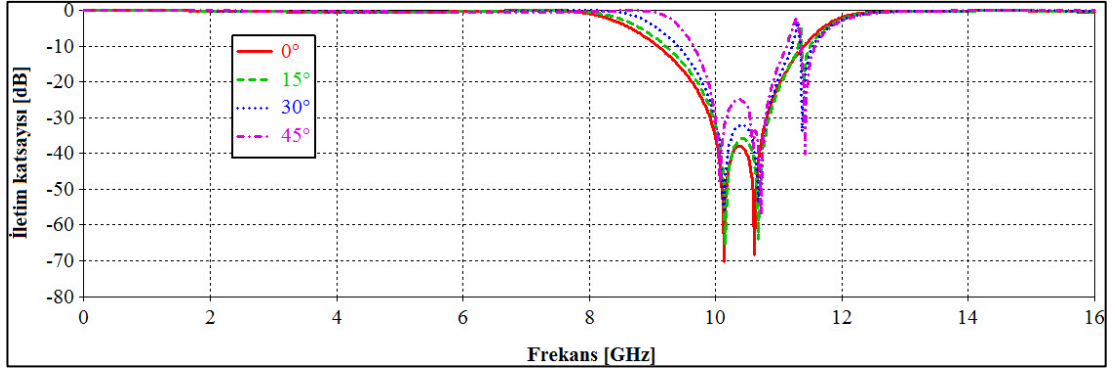
Tasarlanan FSY yapısının hem TE hem de TM polarizasyon için benzetimi yapılmıştır. Şekil 2.21'te $\theta=0^\circ$ için TE ve TM polarizasyonda iletim karakteristiği, Şekil 2.22'te TE polarizasyonda ve Şekil 2.23'te TM polarizasyonda θ geliş açısının sırasıyla 0° , 15° , 30° ve 45° 'lik değerleri için iletim karakteristikleri verilmiştir.



Şekil 2.21. İki katmanlı çapraz-I FSY'nin TE ve TM polarizasyonda iletim karakteristikleri

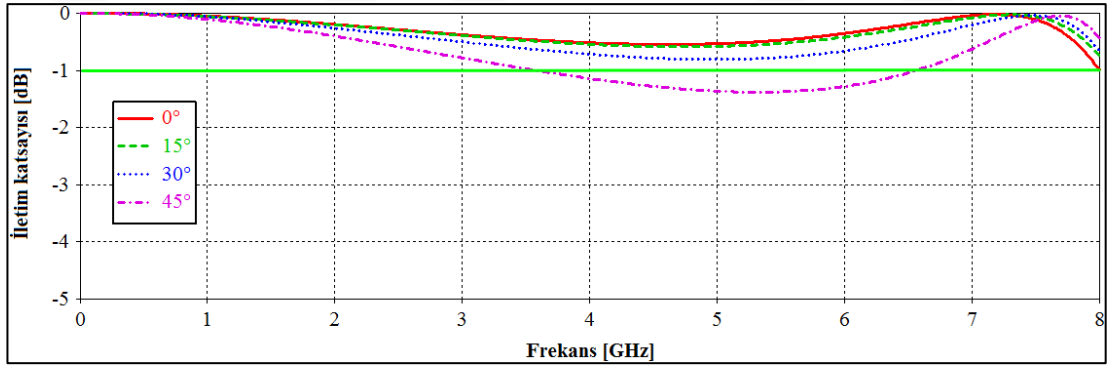


Şekil 2.22. İki katmanlı çapraz-I FSY'nin TE polarizasyonda farklı geliş açılarının iletim karakteristikleri



Şekil 2.23. İki katmanlı çapraz-I FSY'nin TM polarizasyonda farklı geliş açılarının iletim karakteristikleri

Şekillerde gösterildiği gibi tasarlanan FSY, X-Bantta bant söndüren filtre olarak çalışıyor ve bu yapının bundan önce sunulan yapılardan farkı hem TE hem de TM polarizasyon için açısal kararlılığa sahip olmasıdır. İki katlı S Tasarım'ın karakteristiği her ne kadar buna benzer olsa da aralarındaki farkı dalga'nın geliş açısı 45 olduğu halde de iletim karakteristiği grafiğinde 8 GHz'ten önceki frekanslarda -1,4 dB'yi geçmemesidir. Şekil 2.24'te TE polarizasyondaki iletim karakteristiğinin 8 GHz'e kadar olan bant geçiren kısmının büyütülmüş hali gösterilmiştir.



Şekil 2.24. İki katmanlı çapraz-I FSY'nin TE polarizasyonda farklı geliş açılarının iletim karakteristiklerinin büyütülmüş hali

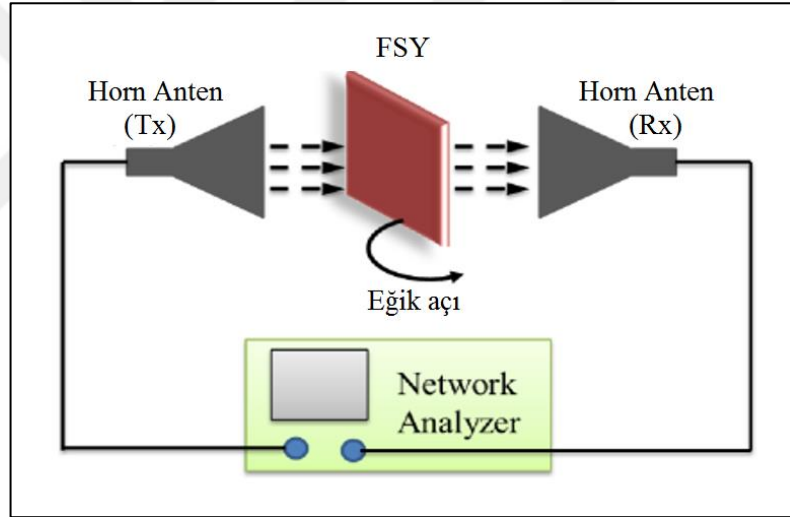
Şekil 2.24' gösterildiği gibi filtrenin iletim grafiğinin 8 GHz'e kadar olan bant geçiren kısmında dalga'nın geliş açısı sadece 45 derece ile gönderildiği zaman -1 dB'nin altına inmektedir, ki o da -1,38 dB'i geçmemektedir.

Bu dört tasarımdan açısal bağımlılığı en az olan "İki katmanlı çapraz-I FSY'nin" fabrikasyonu Şekil 2.25'te gösterildiği gibi 185×118 mm boyutunda ve 25×16 birim hücresi teşkil edecek şekilde yapılmıştır.



Şekil 2.25. Arlon Diclac 880 üzerinde üretilen iki katlı FSY

Üretilen bant durduran frekans seçici yüzey Şekil 2.26'da gösterildiği gibi standart serbest uzay ölçüm yöntemi kullanarak yansısız odada ölçülmüştür.

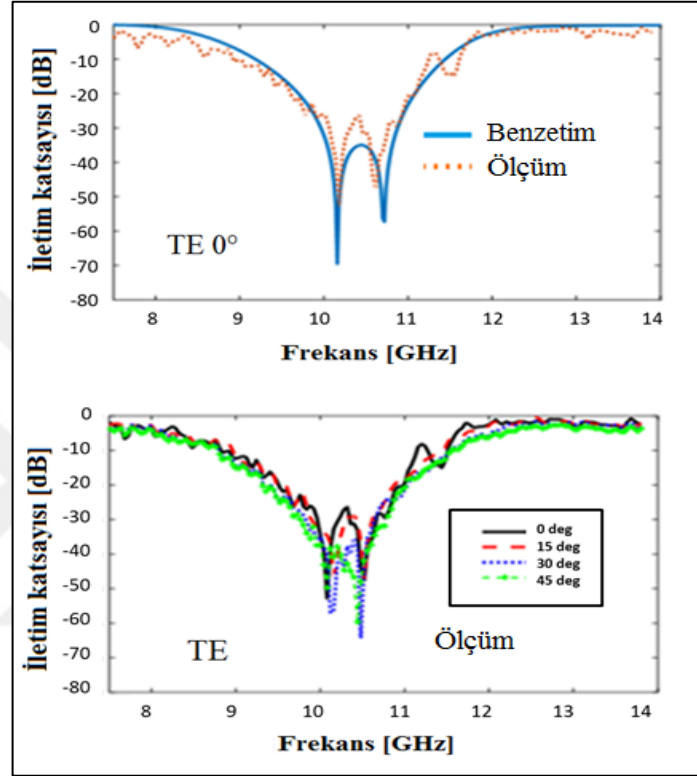


Şekil 2.26. Ölçüm düzeneği

Oda 3 metrelik bir yansısız oda olup 0,9-20 GHz ölçüm frekans aralığına sahiptir. Ölçüm için 8-12 GHz çalışma bant genişliğine sahip iki özdeş yüksek kazançlı piramidal horn anten düşük kayıplı bir koaksiyal kablo ile Rohde & Schwarz ZVB 20 vektör network analizör cihazına (VNA) bağlanarak yapılmıştır. Piramidal horn antenler 61 mm × 45 mm açıklık ve 120 mm koniklik uzunluğuna sahiptir. Ayrıca horn antenler sırasıyla E-düzleminde ve H-düzleminde 10 GHz için 33,4° ve 32,2° 3 dB hüzme genişliği ve yaklaşık 15 dB kazançla sahiptirler. Verici ve alıcı antenler, aynı yükseklikteki görüş hattı yönünde konumlandırılıp çift katmanlı FSY'den aynı

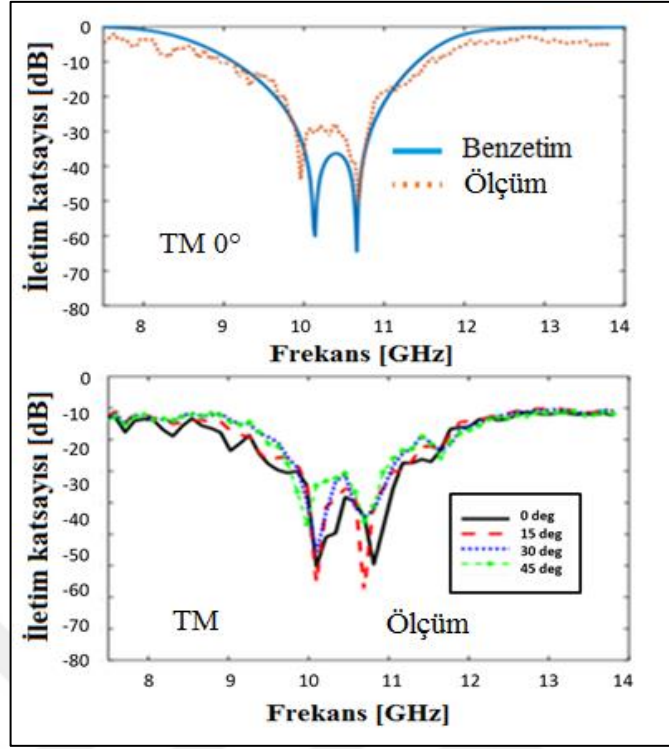
uzaklığa yerleştirilmiştir. Ölçüm sonuçları kaydedilip benzetim sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

Şekil 2.27’de TE polarizasyonda 0, 15, 30 ve 45 derecelik geliş açısı için benzetim ve ölçüm sonuçlarının karşılaştırması yapılmıştır.



Şekil 2.27. TE polarizasyon için FSY'nin benzetim ve ölçülen iletim katsayılarının karşılaştırılması

Şekil 2.28’de TM polarizasyonda 0, 15, 30 ve 45 derecelik geliş açısı için benzetim ve ölçüm sonuçlarının karşılaştırması yapılmıştır.



Şekil 2.28. TM polarizasyon için FSY'nin benzetim ve ölçülen iletim katsayılarının karşılaştırılması

Şekil 2.27 ve Şekil 2.28 üretilen iki katlı bant durduran frekans seçici yüzeyin dalganın farklı geliş açılarında sağladığı açısal kararlılığı, benzetim ve ölçüm sonuçlarının birbirine uyduğunu göstermektedir. Bu FSY'nin tezin ilerideki kısmında antenin arkasına ekleyip anten kazancının hangi aralıkta artış olacağı hakkında bilgi verilecektir.

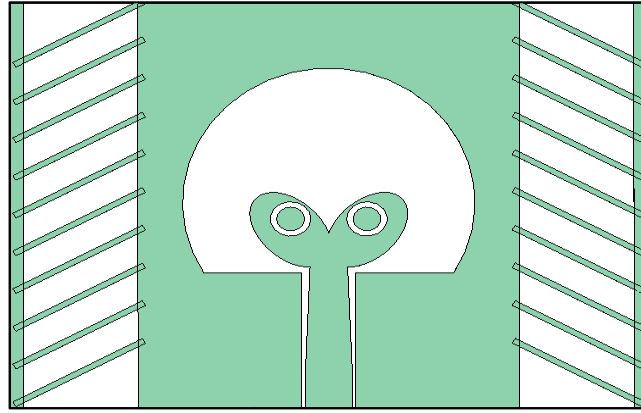
3. ULTRAGENİŞ BANT MİKROŞERİT ANTEN TASARIMI, BENZETİM VE ÖLÇÜM SONUÇLARI

Bu bölümde UGB mikroşerit antenin tasarımı, parametrik analizi ve benzetim sonuçları anlatılmaktadır. Ayrıca benzetim sonuçlarının doğrulanabilmesi için, tasarlanan UGB mikroşerit antenin fabrikasyonu yapıp ölçümü de gerçekleştirilmiştir.

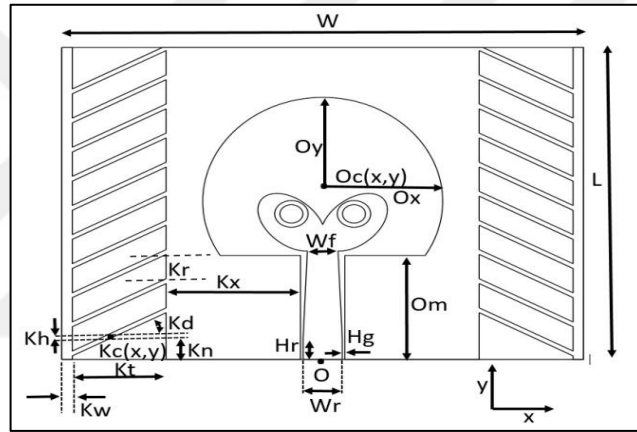
3.1. UGB Mikroşerit Anten Tasarımı

Birinci bölümde bahsedildiği gibi antenlerin belli başlı özellikleri vardır. Bu projede kullanılacak olan anten ultra geniş bantta çalışan bir antendir. Çalışma bandı, FCC tarafından UGB için tanımlanan 3,1 ile 10,6 GHz seçilmiş ve anten tasarımı bu bandı kapsayacak şekilde yapılmıştır. Tasarlanan antenin alt tabakasının malzemesi Arlon AD300A olup dielektrik sabiti 3, kalınlığı ise 1,534 mm'dir. Şekil 3.2.1'de antenin boyutları gösterilmektedir. Antenin boyutları $W=100$ mm and $L=75$ mm'dir. Antenin yaması, x eksenine göre simetrik olan iki eliptik parçadan oluşur. Eliptik parçanın $E_c(x,y)$ merkezi, O menşee noktasına göre $x=6$ mm ve $y=31$ mm'de bulunur. Eliptik parçanın merkezinden $E_d=50^\circ$ çevrilmiştir. Her iki eliptik parçaların içinde birbirine simetrik olan iki halka yerleştirilmiştir. Sol halkanın merkezi $x=-6$ mm ve $y=35$ mm olan $C_c(x,y)$ 'de yer almıştır. Halkanın iç yarıçapı $C_i=2,2$ mm olup dış yarıçapı $C_o=3,2$ mm'dir. Yama ile koniklik besleme arasındaki bağlantı düzleminde $W_f=5,89$ mm genişliğindedir. Antene 50 Ohm'luk besleme hattının eşleştirilmesi için besleme hattının genişliği $W_r=7,5$ mm ve $H_r=5$ mm olarak tanımlanmıştır. Besleme hattının yanındaki boşluk $H_g=0,5$ mm genişliğe sahiptir. Yama çevresindeki büyük eliptik zemin $O_c(x,y)$ 'de $x=0$ mm ve $y=38$ mm olarak bulunur. Eliptik geometri, $O_y=25$ mm ve $O_x=23$ mm'lik yarıçapa sahiptir. Antenin her iki kenarında iki şerit hattı vardır ve bunların genişliği de $K_w=2$ mm'dir. Her iki şerit antenden $K_t=18$ mm uzaklıkta bulunur. Ayrıca iki kenarda olan şerit hatlara $K_d = 30^\circ$ açıyla döndürülen on küçük şerit hatları antene eklenmiştir. Döndürülen küçük şerit çizgileri $K_h=1$ mm genişliğine sahip olup alt şerit çizgisinin dönüş merkezi, $x=-39,25$ ve $y=6,5$ olan

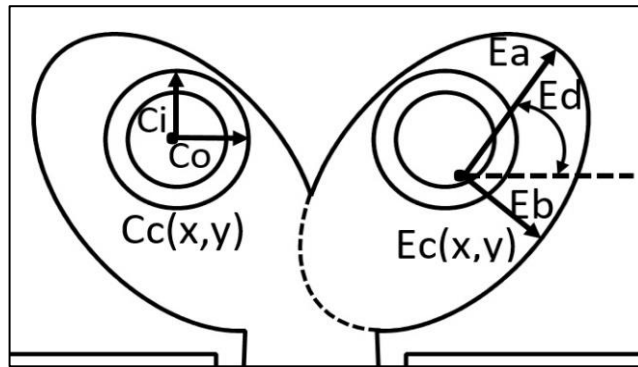
$K_c(x,y)$ 'de bulunur. Döndürülen her küçük şerit hattı arasındaki mesafe $K_r=5,845$ mm'dir.



(a)



(b)

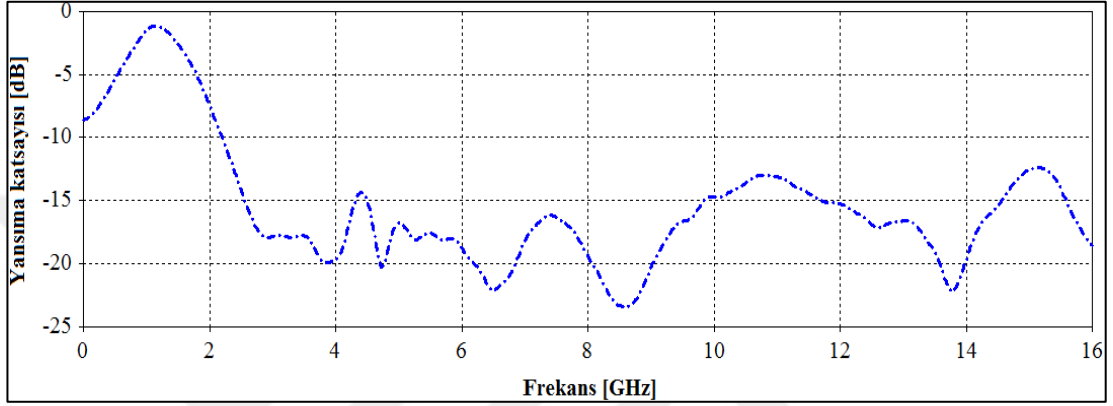


(c)

Şekil 3.1. Tasarlanan UGB anten (a) geometrisi (b) anten parametrelerinin önden görünümü (c) yama yapısı parametreleri

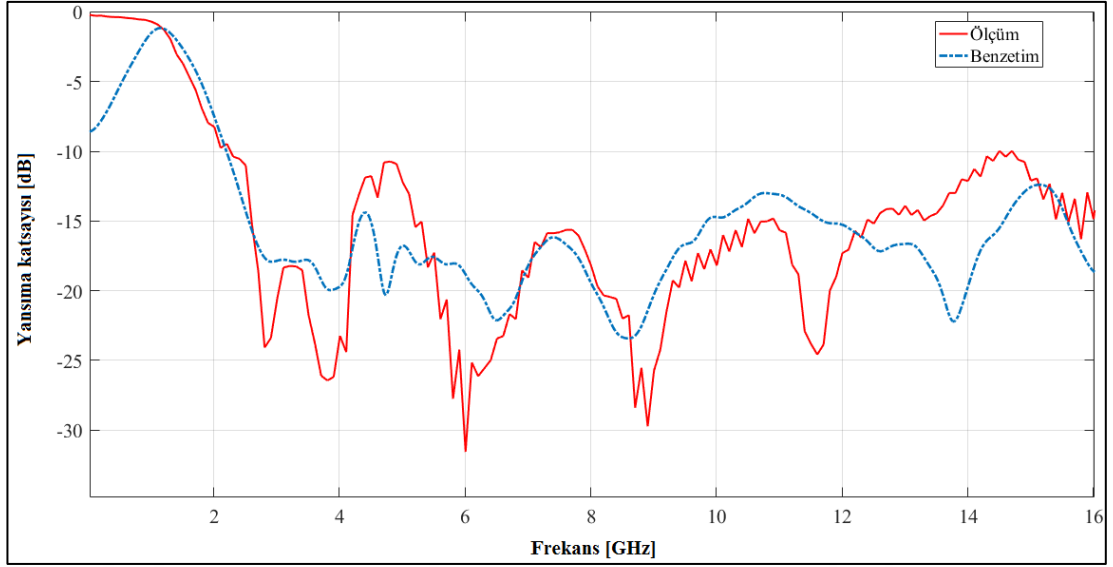
3.2. UGB Mikroşerit Antenin Benzetim ve Ölçüm Sonuçları

Tasarlanan UGB mikroşerit antenin fabrikasyonu yapılmış olup hem benzetim hem de ölçümleri yapılmıştır. Şekil 3.2’de yansımaya katsayısının benzetim sonucu gösterilmiştir. Şekil 3.2’de görüldüğü gibi anten UGB bandında çalışmaktadır. Bu anten için çalışma bandı yansımaya katsayısının -10 dB altına inen kısımdır, yani 2,2 GHz’den başlamaktadır.



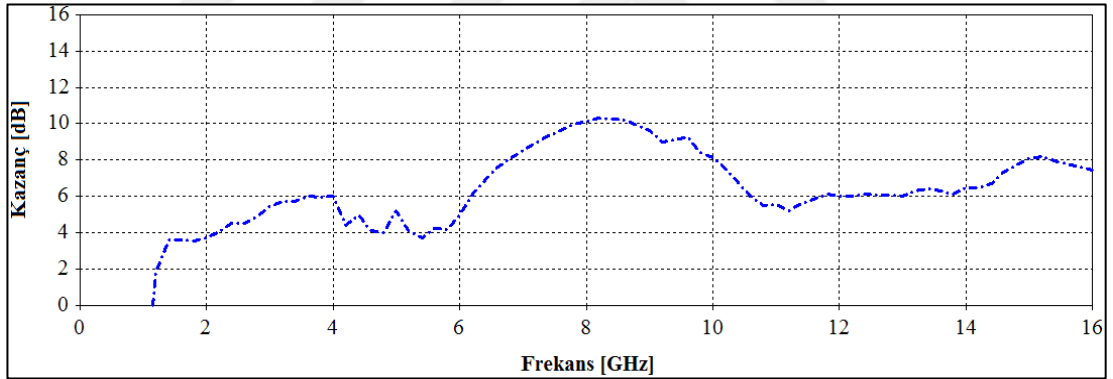
Şekil 3.2. Tasarlanan UGB antenin yansımaya katsayısının benzetim sonucu

Şekil 3.3’de antenin yansımaya katsayısının benzetim ve ölçüm karakteristiklerinin karşılaştırılması gösterilmektedir. Ölçüm sonuçlarına göre tasarlanan antenin yansımaya katsayısı 2,2 GHz sonra -10 dB altına inmektedir. Yansımaya katsayısının benzetim ve ölçüm karakteristiğinde hem zayıflamanın hem de zayıflamanın frekans üzerindeki dağılımında biraz farklılık görülmektedir. Benzetim ve ölçüm sonuçları bire bir aynı olmasa da genel anlamda benzemekte olup ultra geniş bantta çalıştığını göstermektedir.



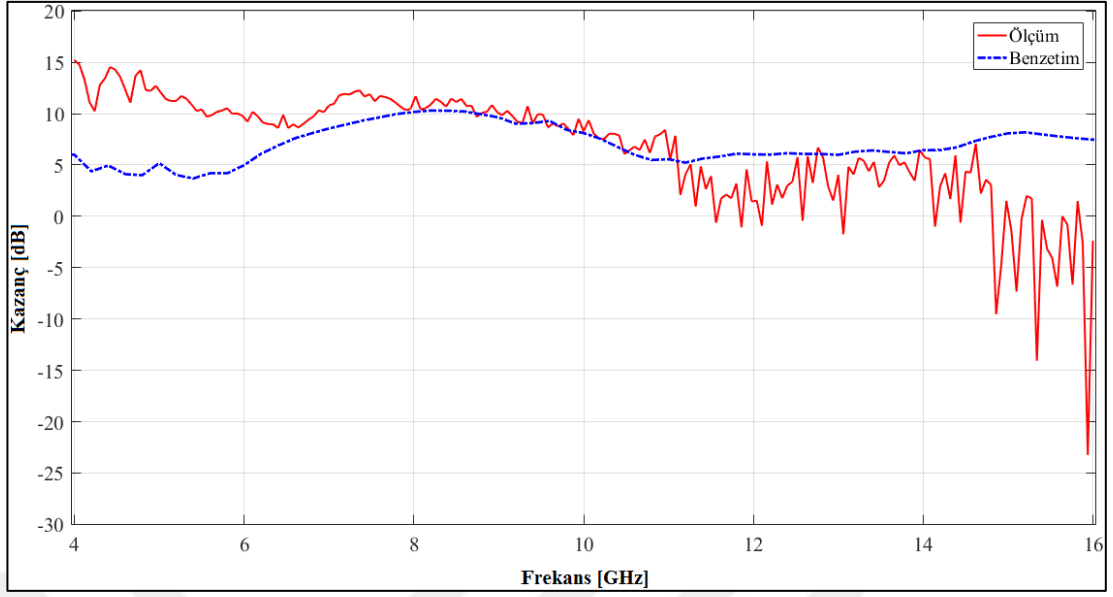
Şekil 3.3. Antenin yansımaya katsayısının benzetim ve ölçüm ile elde edilen grafikleri

Ayrıca antenin kazanç ve ışınma örüntüsünün benzetim ve ölçümleri de yapılmıştır. Şekil 3.4'te kazanç benzetimi gösterilmektedir.



Şekil 3.4. Anten kazancının benzetim sonuçları

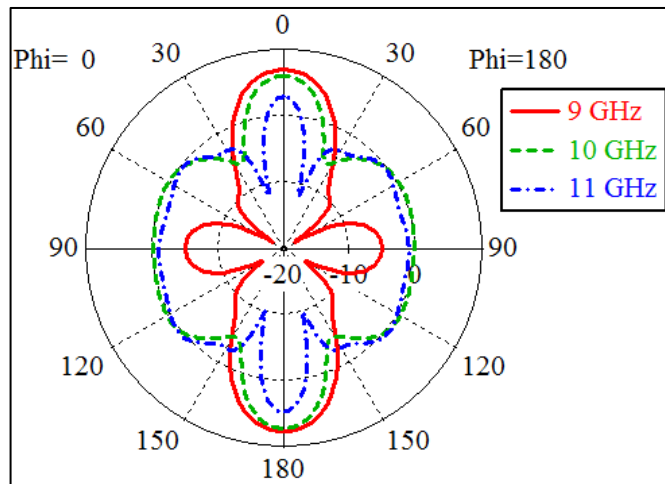
Şekil 3.4'te görüldüğü gibi benzetim sonuçlarına göre antenin maksimum kazancı 10 dB civarındadır. Şekil 3.5'te kazancın benzetim ve ölçüm karakteristiğinin karşılaştırılması gösterilmektedir.



Şekil 3.5. Anten kazancının benzetim ve ölçüm karakteristikleri

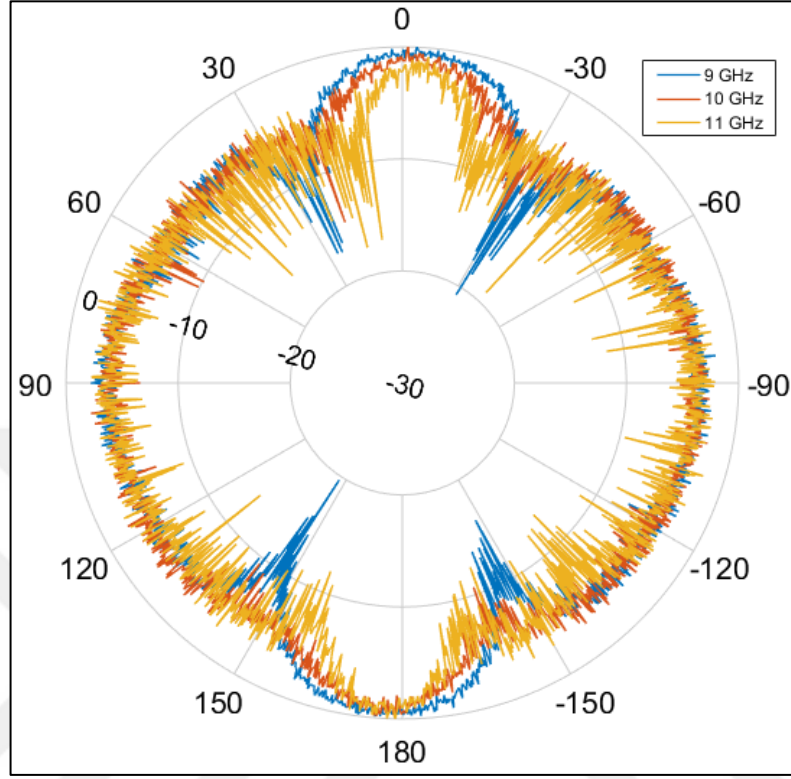
Genelde ölçüm ve benzetim sonuçlarında hafif farklılıkların olması çok anormal olmamakla beraber ölçüme etkisi olan dış faktörlerden ve ölçümün hata payından kaynaklanıyor olabilir. Şekil 3.5'te gösterildiği gibi frekansların çoğunda benzetim ve ölçümle elde edilen kazanç örtüşmektedir.

Işıma örüntüsü için X-Bandın orta frekansları yani 9, 10 ve 11 GHz seçilmiştir. Şekil 3.6'da antenin ışıma örüntüsünün $\Phi=0^\circ$ iken 9, 10 ve 11 GHz için benzetimi gösterilmiştir.



Şekil 3.6. Antenin ışıma örüntüsünün $\Phi=0^\circ$ iken 9, 10 ve 11 GHz için benzetim sonuçları

Şekil 3.7’de ise antenin ışınma örüntüsünün $\Phi=0^\circ$ iken 9, 10 ve 11 GHz için ölçüm sonuçları gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Antenin ışınma örüntüsünün $\Phi=0^\circ$ iken 9, 10 ve 11 GHz için ölçüm sonuçları

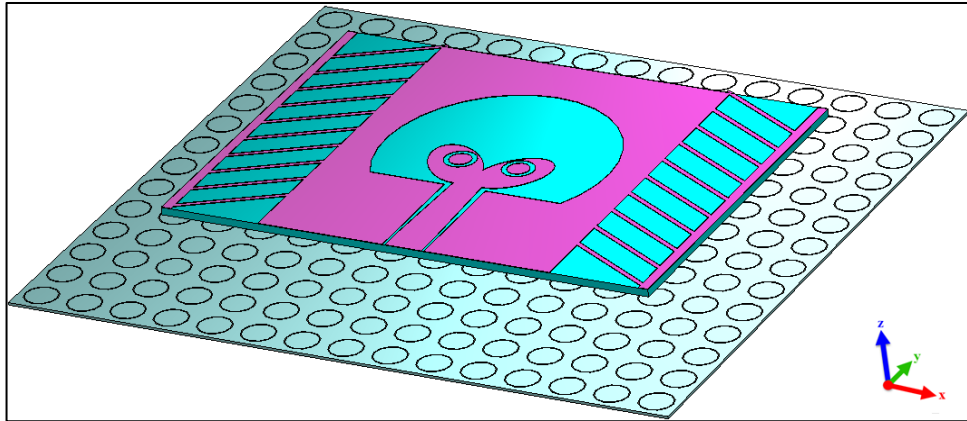
Şekil 3.7’de gösterildiği gibi sadece 9 GHz’te antenin ışınma örüntüsünün ölçüm sonucunda benzetim sonucuna nazaran yan lobların daha fazla yayılma yapması görülmektedir. 10 ve 11 GHz için benzetim ve ölçüm sonuçları örtüşüp aynı olmaktadır.

4. ARKASINA FREKANS SEÇİCİ YÜZEY VE YANSITICI PLAKA OLARAK MÜKEMMEL ELEKTRİK İLETKEN YERLEŞTİRİLEN ANTENLERDE KAZANÇ ARTIRIMI

Mikroşerit antenlerde kazanç artırımı için kullanılabilen, literatürde kullanılan farklı teknikler bulunmaktadır. Bunlardan biri, anten arkasına FSY veya MEİ (Mükemmel Elektrik İletken) tabaka yerleştirmektir. Tezin bu bölümünde, ultra geniş bantlı antenlerde kısmi kazanç artırımı için, anten arkasına MEİ yerleştirmek ile FSY yerleştirmek arasındaki fark sunulacaktır.

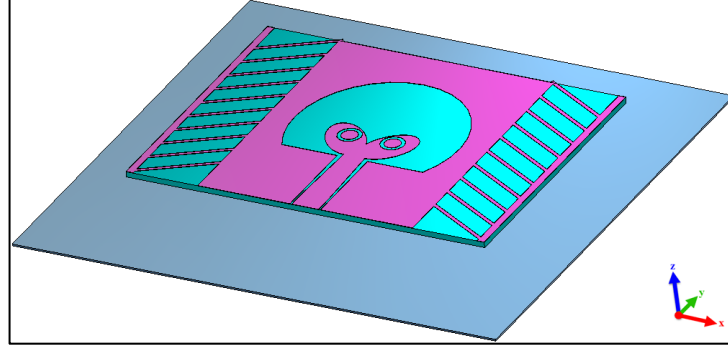
4.1. Arkasına Çember FSY ve MEİ Yerleştirilen Antenin Benzetim Sonuçları

İkinci bölümde antende kazanç artırımı için tasarlanan dört farklı FSY yapısı tanıtılmıştı. Bu yapılardan birincisi olan çember biçimli ve tek katmanlı FSY'nin anten arkasına yerleştirilmesi durumunda elde edilen kazanç benzetim ile incelenmiştir. Şekil 2.1'de gösterilen FSY birim hücresi periyodik yapıya dönüştürülüp, 14×14 birim hücreye sahip tabaka UGB antenin arkasına yerleştirilmiştir. Anten ve FSY arasındaki mesafe X-Bandın merkez frekansı olan 10 GHz referans alınarak $\lambda/4$ 'ten hesaplanmış olup 7,5 mm olarak belirlenmiştir. Anten ve FSY'nin görünümü Şekil 4.1'de verilmiştir.



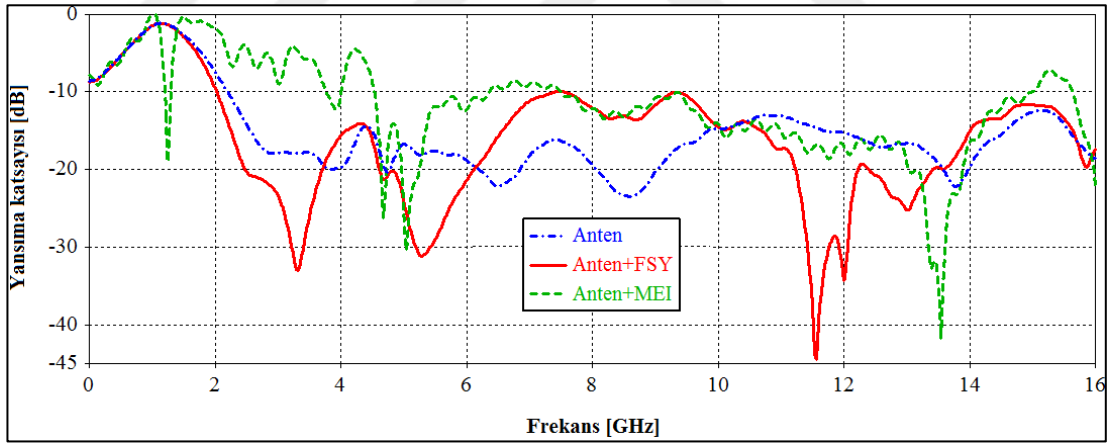
Şekil 4.1. Arkasına Çember FSY yerleştirilen antenin görünümü

Benzer şekilde MEİ'in anten kazancının üzerindeki etkiyi görmek için Şekil 4.2'de gösterildiği gibi FSY, MEİ ile değiştirilmiştir.



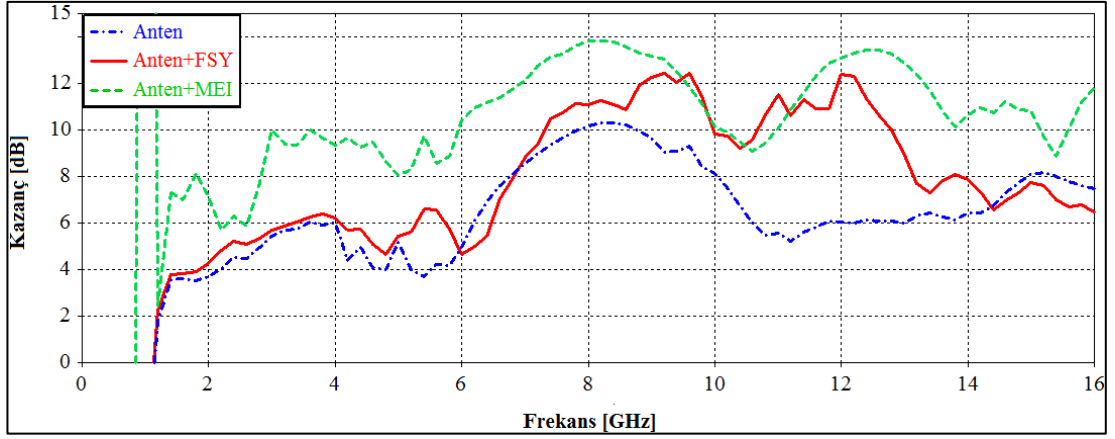
Şekil 4.2. Arkasına MEİ yerleştirilen antenin görünümü

Yalnız antenin, anten+FSY ve anten+MEİ'in farkını görmek için benzetim ile elde edilen yansımaya katsayısı, kazanç ve ışınma örüntüsü incelenecektir. Şekil 4.3'de yalnız anten, anten+FSY ve anten+MEİ'in yansımaya katsayılarının benzetimi gösterilip karşılaştırılması yapılmıştır.



Şekil 4.3. Yalnız anten, anten+FSY ve anten+MEİ'in yansımaya katsayısının benzetiminin karşılaştırılması

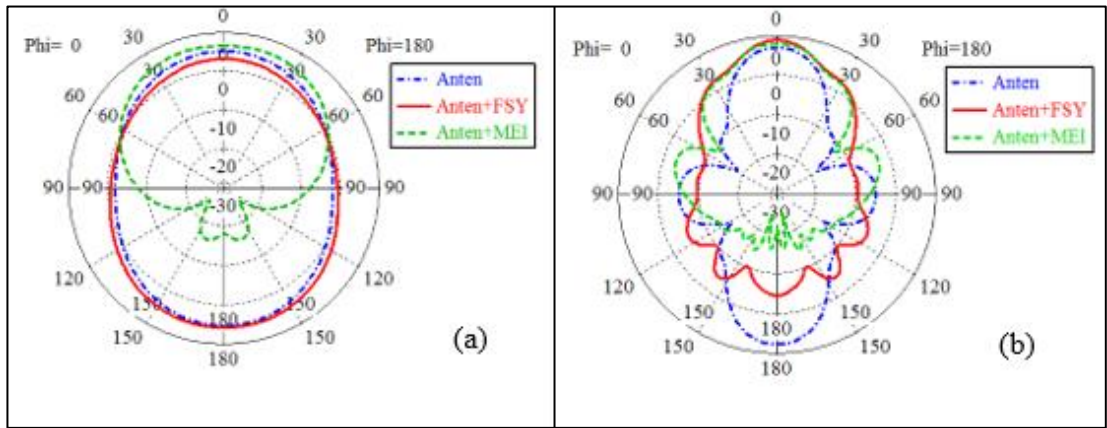
Şekil 4.3'te gösterildiği gibi ultra geniş bantlı çalışan anten, arkasına frekans seçici yüzey yerleştirildiği zaman çalışma bandını korumaktadır. MEİ yerleştirildiği zaman bazı frekanslarda -10 dB'nin üstüne çıksa da bandını koruduğu söylenebilir. Şekil 4.4'te yalnız anten, anten+FSY ve anten+MEİ'in kazanç grafiğinin karşılaştırılması gösterilmiştir.



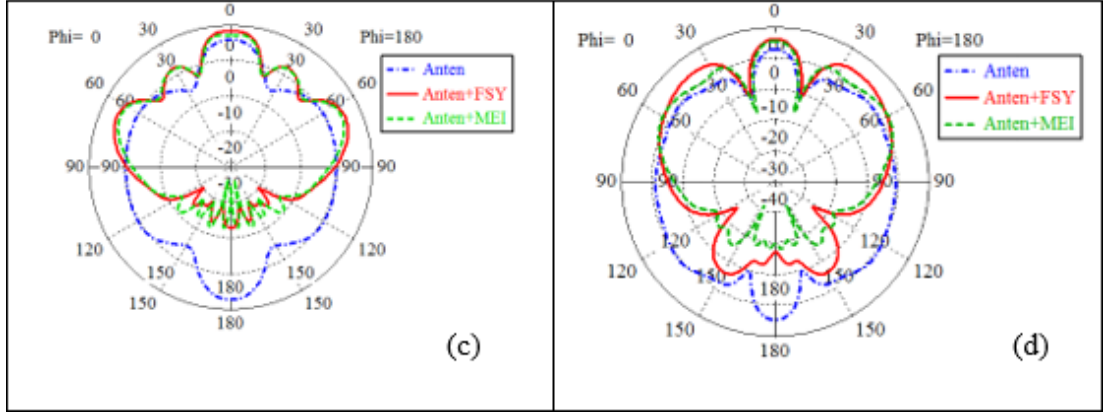
Şekil 4.4. Yalnız anten, anten+FSY ve anten+MEI'in maksimum kazanç benzetiminin karşılaştırılması

Şekil 4.4'te gösterildiği gibi anten+MEI UGB mikroşerit antenin kazancını tüm çalışma bandı boyunca bütün frekanslarda en fazla 7,4 dBi kadar arttırmıştır, anten+FSY ise sadece kendi çalışma bandında ve sadece o frekans aralığında antenin kazancını arttırmıştır. anten+FSY'de UGB antenin kazancı 8,6-13,4 GHz frekans aralığında en fazla 6,34 dBi kadar artmıştır.

Şekil 4.5'te $\varphi=0$ için yalnız anten, anten+FSY ve anten+MEI'in 3 GHz, 9 GHz, 10 GHz ve 11 GHz frekansları için ışınma örüntüsünün benzetimi ve karşılaştırılması gösterilmiştir.



Şekil 4.5. Yalnız anten, anten+FSY ve anten+MEI'in $\varphi=0^\circ$ için ışınma örüntüsünün benzetiminin karşılaştırılması (a) 3 GHz (b) 9 GHz (c) 10 GHz (d) 11 GHz



Şekil 4.5. (Devam) Yalnız anten, anten+FSY ve anten+MEİ'nin $\varphi=0^\circ$ için ışıma örüntüsünün benzetiminin karşılaştırılması (a) 3 GHz (b) 9 GHz (c) 10 GHz (d) 11 GHz

Şekil 4.5'te gösterilen ışıma örüntülerinde yalnız anten, anten+FSY ve anten+MEİ'nin hüzmeleri gösterilmiştir. Şekil 4.5 (a)'da 3 GHz için gösterilen ışıma örüntüsünde yalnız anten ve anten+FSY'nin yayılan hüzmeye genişliği ve yönlülüğü hemen hemen aynı olup sadece anten+MEİ'nin hüzmeleri farklıdır. Bunun sebebi de 3 GHz frekansı tasarlanan FSY'nin çalışma bandı olmadığı, yani çalışma bandı olan X-Bant dışı olduğu için etkisi görülmemiştir. MEİ ise gelen dalgayı yansıttığı için bütün frekanslarda yansıma yapıp antenin kazancını arttırmıştır, ışıma örüntüsündeki ana hüzmeyi tek tarafa, yönlendirmiştir.

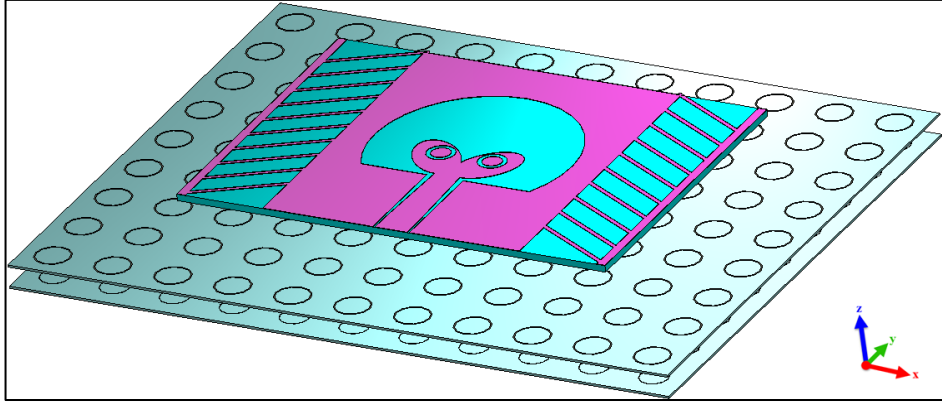
Şekil 4.5 (b)'de ise 9 GHz için ışıma örüntüsü gösterilmiştir. 9 GHz'te antenin ışıması öne ve arkaya doğru ve yalnız antenin 9 GHz'teki kazancı 7,6 dBi. Yarım güç hüzmeye genişliği ve yan lob seviyesi ise sırasıyla 30,4 derece ve -0,7 dB'dir. Anten+FSY'nin örüntüsü incelendiğinde ana hüzmelerin tek tarafa yönlendiği söylenebilir. Bu FSY'nin çalışma bandının etkisidir. Anten+FSY'nin kazancı 8,85 dBi olup yönü 0 derecedir, bu da anten ışımasının öne doğru olduğunu göstermektedir. Yarım güç hüzmeye genişliği ve yan lob seviyesi ise sırasıyla 28,2 derece ve -13,4 dB'dir. Anten+MEİ'nin kazancı ise 7,69 dBi olup ana lob yönü 3 derecedir. Yarım güç hüzmeye genişliği ve yan lob seviyesi ise sırasıyla 33,7 derece ve -10,9 dB'dir. 9 GHz için yalnız anten, anten+FSY ve anten+MEİ'nin $\varphi=0$ için ışıma örüntüsünün benzetimi incelendiği zaman anten+FSY'nin kazancı ve ana lob yönü olarak hem yalnız antenden hem de anten+MEİ'den daha iyi olduğu görülmektedir.

Şekil 4.5 (c)'de 10 GHz için ışınma örüntüsü gösterilmiştir. Yalnız anten varken 10 GHz'teki kazancı 7,12 dBi'dir. Yarım güç hüzmeye genişliği ve yan lob seviyesi ise sırasıyla 24,5 derece ve -1,2 dB'dir. Bu frekans için anten+FSY'nin kazancı 8,19 dBi olup ana lob yönü 2 derecedir ki bu da anten ışınmasının öne doğru olduğunu göstermektedir. Yarım güç hüzmeye genişliği ve yan lob seviyesi ise sırasıyla 24,1 derece ve -3,1 dB'dir. Anten+MEİ'nin ışınması anten+FSY'ninkine çok benzemektedir. Anten+MEİ'nin kazancı 7,22 dBi olup ana lob yönü 4 derecedir. Yarım güç hüzmeye genişliği ve yan lob seviyesi ise sırasıyla 24,6 derece ve -3,0 dB'dir.

Şekil 4.5 (d)'de 11 GHz için ışınma örüntüsü gösterilmiştir. Yalnız antenin 11 GHz'teki kazancı 4,65 dBi olup ana lob yönü 180 derecedir. Yarım güç hüzmeye genişliği ve yan lob seviyesi ise sırasıyla 15,6 derece ve -1,9 dB'dir. Bu frekansta anten+FSY genel olarak ön ve arkaya ışınma yapmaktadır. Anten+FSY'nin kazancı 6,07 dBi olup ana lob yönü 0 derecedir. Yarım güç hüzmeye genişliği ve yan lob seviyesi ise sırasıyla 16,4 derece ve -1,9 dB'dir. Anten+MEİ'nin ışınması arka lobları hariç genel anlamda anten+FSY'nin ışınmasına benzemektedir. Anten+MEİ'nin kazancı 5,53 dBi olup ana lob yönü 0 derecedir. Yarım güç hüzmeye genişliği ve yan lob seviyesi ise sırasıyla 15,2 derece ve -3,3 dB'dir. 11 GHz için yalnız anten, anten+FSY ve anten+MEİ'nin $\varphi=0$ için ışınma örüntüsünün benzetimi incelendiği zaman anten+FSY'nin kazancı ve ana lob yönü yalnız anten'den çok daha verimli, anten+MEİ'den de 0,54 dBi daha yüksek kazançlıdır.

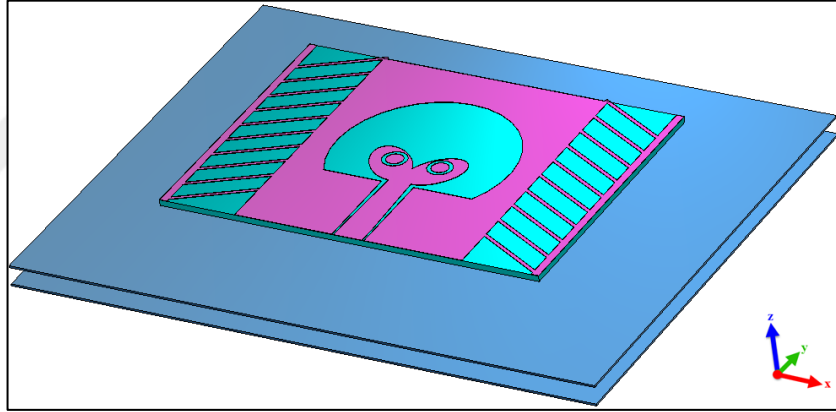
4.2. Arkasına İki Katlı Çember FSY ve MEİ Yereştirilen Antenin Benzetim Sonuçları

İkinci bölümde Şekil 2.7'de gösterilen FSY birim hücresi periyodik yapıya dönüştürülüp anten arkasına yerleştirilerek anten kazancına olan etkisi, MEİ ile karşılaştırılarak incelenecektir. FSY tabakanın boyutu 9×12 birim hücresi olarak belirlenmiştir. UGB mikroşerit anten tasarlanan frekan seçici yüzeyin merkezinde yerleştirilip analizi yapılmıştır. Anten ve FSY arasındaki mesafe X-Bandın merkez frekansı olan 10 GHz referans alınarak $\lambda/4$ 'ten hesaplanmış olup 7,5 mm olarak belirlenmiştir. Anten ve FSY'nin görünümü Şekil 4.6'da gösterilmiştir.



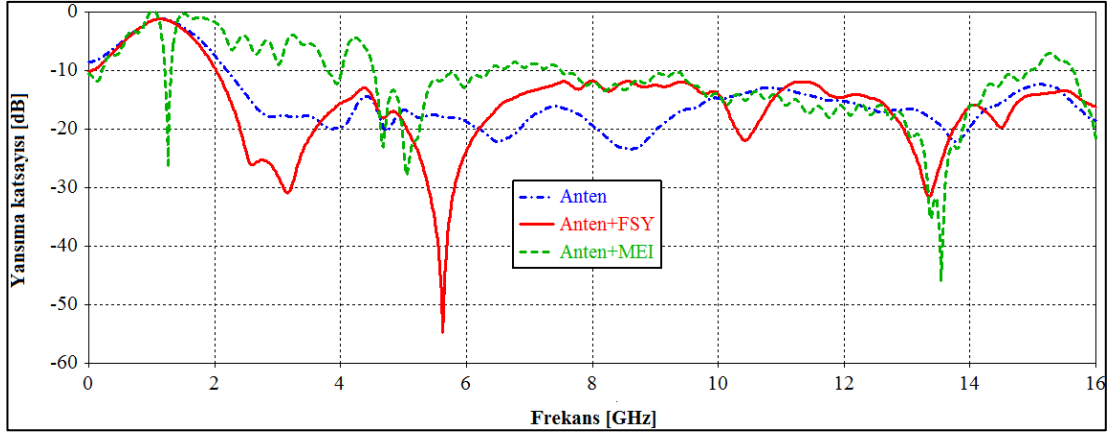
Şekil 4.6. Arkasına İki katlı Çember FSY yerleştirilen antenin görünümü

Aynı şekilde MEİ'in anten kazancının üzerindeki etkiyi görmek için Şekil 4.7'de gösterildiği gibi FSY MEİ ile değiştirilmiştir.



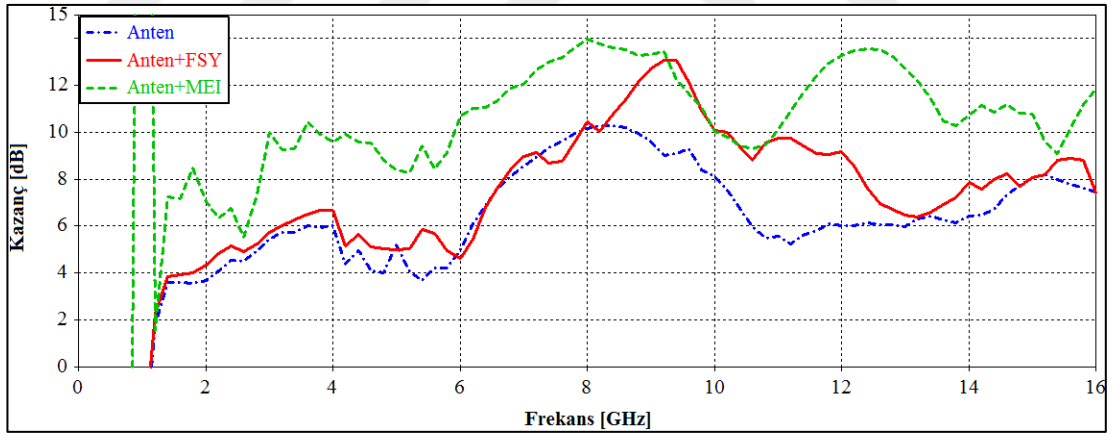
Şekil 4.7. Arkasına MEİ yerleştirilen antenin görünümü

Yalnız antenin, anten+FSY ve anten+MEİ'in farkını görmek için bilgisayar benzetimi yapılmış ve yansıma katsayısı, kazanç ve ışınma örüntüleri karşılaştırılmıştır. Şekil 4.8'de yalnız anten, anten+FSY ve anten+MEİ'in yansıma katsayılarının benzetimi gösterilip karşılaştırılması yapılmıştır.



Şekil 4.8. Yalnız anten, anten+FSY ve anten+MEİ'in yansıma katsayısının benzetiminin karşılaştırılması

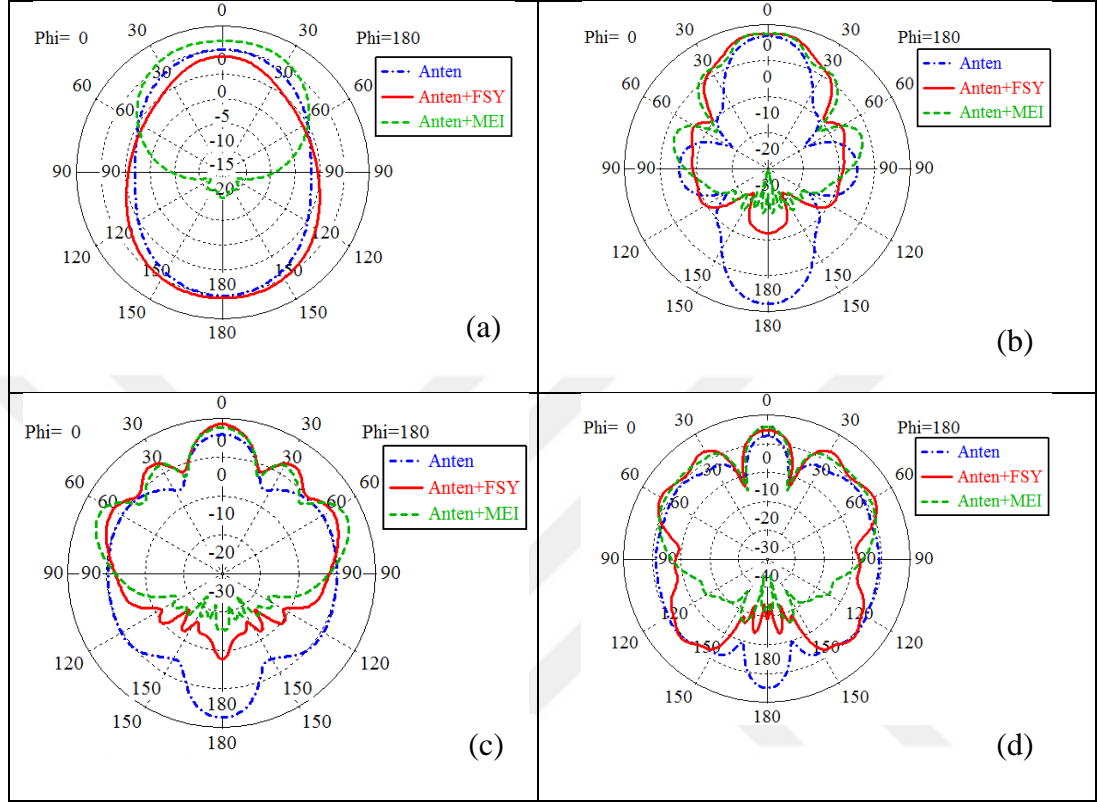
Şekil 4.8'de gösterildiği gibi ultra geniş bantlı çalışan anten, arkasına frekans seçici yüzey ya da yansıtıcı plaka olarak mükemmel elektrik iletken yerleştirildiği zaman çalışma bandını korumaktadır. Bundan sonraki kısımda kazanç ve ışımaya örüntüleri incelenecektir. Şekil 4.9'da yalnız anten, anten+FSY ve anten+MEİ'in kazanç grafiğinin karşılaştırılması gösterilmiştir.



Şekil 4.9. Yalnız anten, anten+FSY ve anten+MEİ'in maksimum kazanç benzetiminin karşılaştırılması

Şekil 4.9'da gösterildiği gibi anten+MEİ UGB mikroşerit antenin kazancını tüm çalışma bandı boyunca bütün frekanslarda en fazla 7,4 dBi'ya kadar arttırmıştır, anten+FSY ise sadece kendi çalışma bandında ve sadece o frekans aralığında antenin kazancını arttırmıştır. Anten arkasına FSY yerleştirildiği zaman, antenin kazancını 8,3-13,2 GHz frekans aralığında en fazla 4,26 dBi kadar arttırmıştır.

Şekil 4.10'da $\varphi=0$ derece için yalnız anten, anten+FSY ve anten+MEİ'in 3 GHz, 9 GHz, 10 GHz ve 11 GHz frekansları için betim sonucunda elde edilen ışım örüntüleri verilmiştir.



Şekil 4.10. Yalnız anten, anten+FSY ve anten+MEİ'in $\varphi=0$ derece için ışım örüntüsünün betimlerinin karşılaştırılması (a) 3 GHz (b) 9 GHz (c) 10 GHz (d) 11 GHz

Şekil 4.10'da gösterilen ışım örüntülerinde yalnız anten, anten+FSY ve anten+MEİ'in ışım örüntüleri gösterilmiştir. Şekil 4.10 (a)'da 3 GHz için gösterilen ışım örüntüsünde yalnız anten ve anten+FSY'nin yayılan hüzme genişliği ve yönlülüğü hemen hemen aynı olup sadece anten+MEİ'nin hüzmesi farklıdır. Bunun sebebi de 3 GHz frekansı tasarlanan FSY'nin çalışma bandı olmadığı, yani çalışma bandı olan X-Bant dışı olduğu için etkisi görülmemiştir. MEİ ise gelen dalgayı yansıdığı için bütün frekanslarda yansıma yapıp hem antenin kazancını hem de ışım örüntüsündeki hüzmeleri tek tarafa, ön loba yönlendirmiştir.

Şekil 4.10 (b)'de ise 9 GHz için ışım örüntüsü gösterilmiştir. 9 GHz'te yalnız antenin 9 GHz'teki kazancı 7,6 dBi olup ana lob yönü 180 derecedir. Yarım güç hüzme genişliği ve yan lob seviyesi ise sırasıyla 30,4 derece ve -0,7 dB'dir.

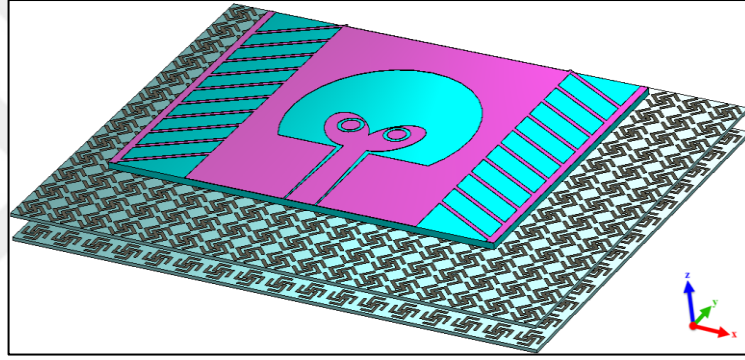
Anten+FSY'nin lobları ise genel anlamda tek tarafa yönelmiştir. Anten+FSY'nin kazancı 7,59 dBi olup ana lob yönü 6 derecedir, bu da anten ışımalarının öne doğru olduğunu göstermektedir. Yarım güç hüzmeye genişliği ve yan lob seviyesi ise sırasıyla 39,8 derece ve -14 dB'dir. Anten+MEİ'nin ışımaları ön ve yanlardan olmuştur. Anten+MEİ'nin kazancı 7,67 dBi olup ana lob yönü 5 derecedir. Yarım güç hüzmeye genişliği ve yan lob seviyesi ise sırasıyla 33,3 derece ve -5,8 dB'dir.

Şekil 4.10 (c)'de 10 GHz için ışımaları örüntüsü gösterilmiştir. 10 GHz için antenin yan loblarının hüzmeye arka ve önden daha geniş olduğu gözlemlenmektedir. Antenin 10 GHz'teki kazancı 7,12 dBi olup ana lob yönü 180 derecedir, ki bu da en fazla arkaya ışımaları yaptığını göstermektedir. Yarım güç hüzmeye genişliği ve yan lob seviyesi ise sırasıyla 24,5 derece ve -1,2 dB'dir. Anten+FSY'nin kazancı 8,61 dBi olup ana hüzmeye yönü 0 derecedir ki bu da anten ışımalarının öne doğru olduğunu göstermektedir. Yarım güç hüzmeye genişliği ve yan lob seviyesi ise sırasıyla 24 derece ve -5,2 dB'dir. Anten+MEİ'nin ışımaları anten+FSY'ninkine çok benzemektedir. Anten+MEİ'nin kazancı 7,72 dBi olup ana hüzmeye yönü 0 derecedir. Yarım güç hüzmeye genişliği ve yan lob seviyesi ise sırasıyla 23 derece ve -2,4 dB'dir. 10 GHz için yalnız anten, anten+FSY ve anten+MEİ'nin $\phi=0$ için ışımaları örüntüsünün benzetimi incelendiği zaman anten+FSY'nin ana lob büyüklüğü ve ana lob yönü anten+MEİ'ye çok benzediği görülmektedir.

Şekil 4.10 (d)'de 11 GHz için ışımaları örüntüsü gösterilmiştir. Yalnız antenin 11 GHz'teki kazancı 4,65 dBi olup ana lob yönü 180 derecedir. Yarım güç hüzmeye genişliği ve yan lob seviyesi ise sırasıyla 15,6 derece ve -1,9 dB'dir. Bu frekansta anten+FSY genel olarak öne ve arkaya iki tarafa ışımaları yapmaktadır. Anten+FSY'nin kazancı 4,81 dBi olup ana lob yönü 0 derecedir. Yarım güç hüzmeye genişliği ve yan lob seviyesi ise sırasıyla 18,5 derece ve -1,5 dB'dir. Anten+MEİ'nin ışımaları arka lobları hariç genel anlamda anten+FSY'nin ışımalarına benzemektedir. Anten+MEİ'nin kazancı 5,84 dBi olup ana lob yönü 0 derecedir. Yarım güç hüzmeye genişliği ve yan lob seviyesi ise sırasıyla 14,8 derece ve -4,2 dB'dir.

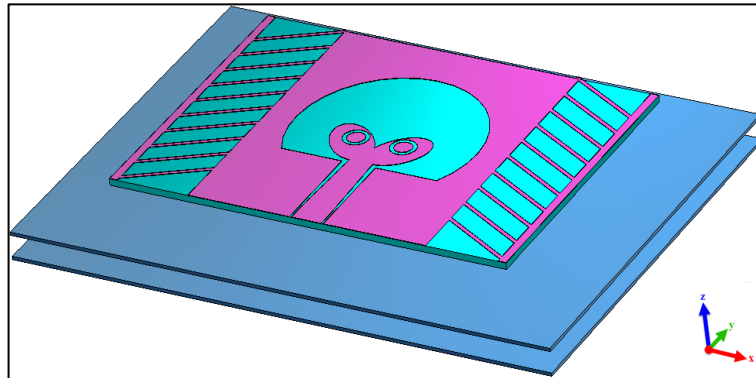
4.3. Arkasına İki Katlı S Tasarım FSY ve MEİ Yerleştirilen Antenin Benzetim Sonuçları

İkinci bölümde Şekil 2.13'te gösterilen FSY birim hücresi periyodik yapıya dönüştürülüp, anten arkasına yerleştirilmesi durumunda kazanç etkisi incelenecektir. Yapının boyutu 13×17 birim hücresi olarak belirlenmiş olup boyut olarak tasarlanan UGB mikroşerit anteninden büyüktür. UGB mikroşerit anten tasarlanan frekan seçici yüzeyin merkezinde yerleştirilip analizi yapılmıştır. Anten ve FSY arasındaki mesafe X-Bandın merkezi frekansı olan 10 GHz referans alınarak $\lambda/4$ 'ten hesaplanmış olup 7,5 mm olarak belirlenmiştir. Anten ve FSY'nin görünümü Şekil 4.11'de gösterilmiştir.



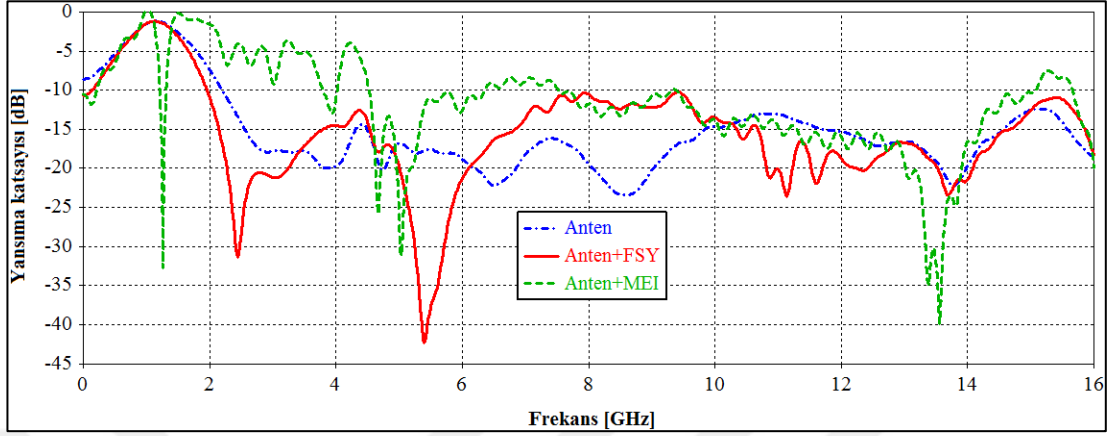
Şekil 4.11. Arkasına İki katlı S Tasarım FSY yerleştirilen antenin görünümü

Aynı şekilde MEİ'in anten kazancının üzerindeki etkiyi görmek için Şekil 4.12'de gösterildiği gibi FSY MEİ ile değiştirilmiştir.



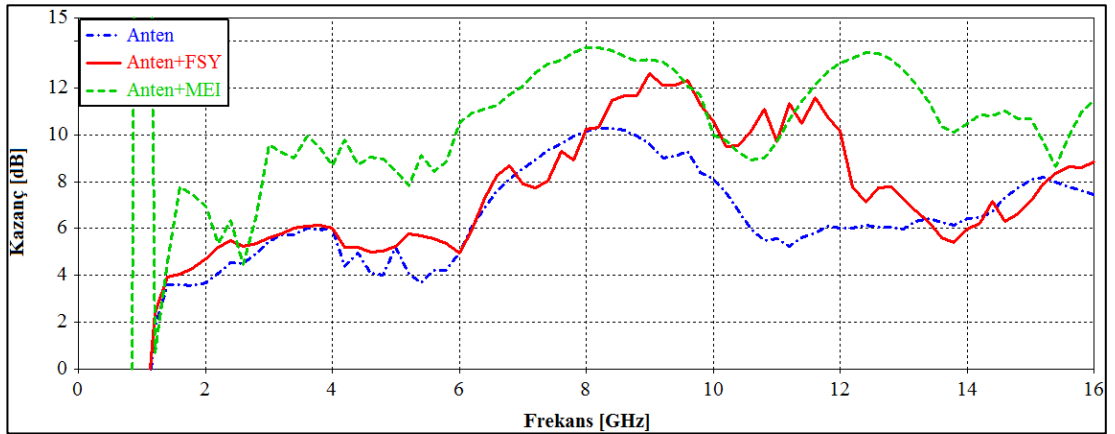
Şekil 4.12. Arkasına MEİ yerleştirilen antenin görünümü

Şekil 4.13'te yalnız anten, anten+FSY ve anten+MEİ'in yansıma katsayılarının benzetim ile elde edilen grafiklerinin karşılaştırılması yapılmıştır.



Şekil 4.13. İki katlı S Tasarım FSY ve MEİ yerleştirilen anten için, yalnız anten, anten+FSY ve anten+MEİ'in yansıma katsayısının benzetiminin karşılaştırılması

Şekil 4.13'te gösterildiği gibi ultra geniş bantlı çalışan anten arkasına frekans seçici yüzey ya da yansıtıcı plaka olarak mükemmel elektrik iletken yerleştirildiği zaman çalışma bandını korumaktadır. Bundan sonraki kısımda kazanç ve ışınma örüntüleri incelenecektir. Şekil 4.14'te yalnız anten, anten+FSY ve anten+MEİ'in kazanç grafiğinin karşılaştırılması gösterilmiştir.

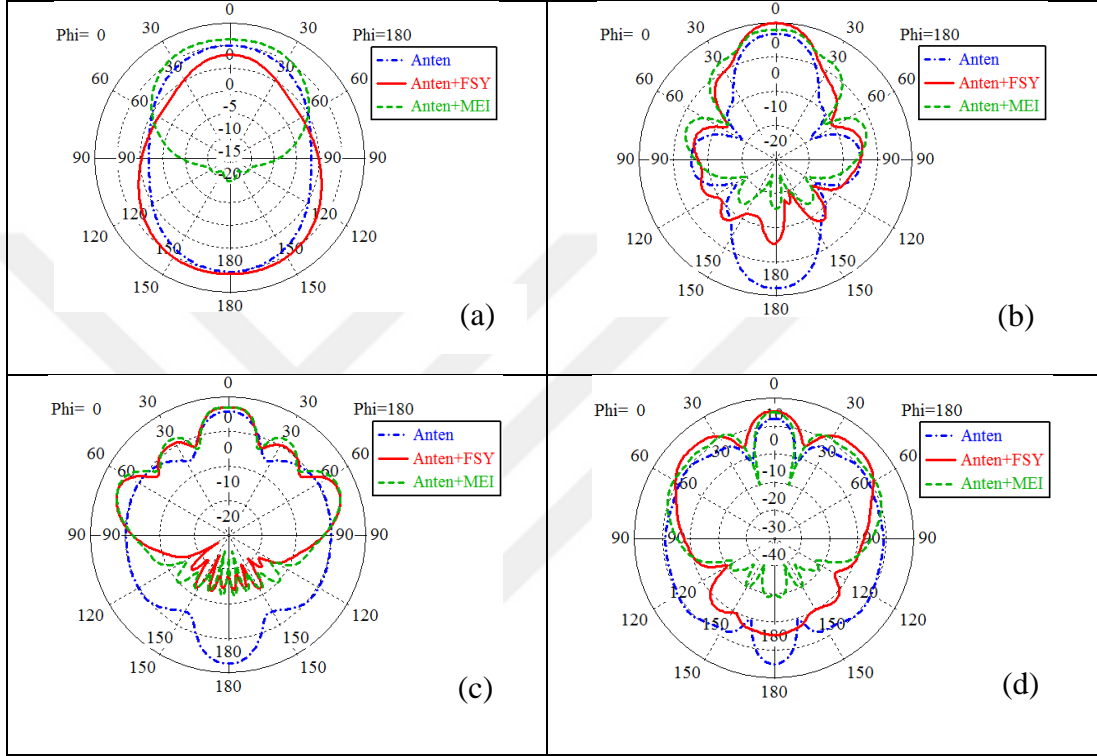


Şekil 4.14. Yalnız anten, anten+FSY ve anten+MEİ'in maksimum kazanç benzetiminin karşılaştırılması

Şekil 4.14'te gösterildiği gibi anten+MEİ UGB mikroşerit antenin kazancını tüm çalışma bandı boyunca bütün frekanslarda en fazla 7,4 dBi'ya kadar arttırmıştır. anten+FSY ise sadece kendi çalışma bandında ve sadece o frekans aralığında antenin

kazancını arttırmıştır. FSY, UGB antenin kazancını 8,22-13,3 GHz frekans aralığında en fazla 6 dBi'ya kadar arttırmıştır.

Şekil 4.15'te $\varphi=0$ için yalnız anten, anten+FSY ve anten+MEİ'in 3 GHz, 9 GHz, 10 GHz ve 11 GHz frekansları için ışınma örüntüsünün benzetimi ve karşılaştırılması gösterilmiştir.



Şekil 4.15. Yalnız anten, anten+FSY ve anten+MEİ'in $\varphi=0$ için ışınma örüntüsünün benzetiminin karşılaştırılması (a) 3 GHz (b) 9 GHz (c) 10 GHz (d) 11 GHz

Şekil 4.15'te gösterilen ışınma örüntülerinde yalnız anten, anten+FSY ve anten+MEİ'in ışınma örüntüleri gösterilmiştir. Şekil 4.10 (a)'da 3 GHz için gösterilen ışınma örüntüsünde yalnız anten ve anten+FSY'nin hüzmeye genişliği ve yönlülüğü hemen hemen aynı olup sadece anten+MEİ'nin hüzmeye farklıdır. Bunun sebebi de 3 GHz frekansı tasarlanan FSY'nin çalışma bandı olmadığı, yani çalışma bandı olan X-Bant dışı olduğu için etkisi görülmemiştir.

Şekil 4.15 (b)'de ise 9 GHz için ışınma örüntüsü gösterilmiştir. Yalnız antenin 9 GHz'teki kazancı 7,6 dBi olup ana lob yönü 180 derecedir. Yarım güç hüzmeye genişliği ve yan lob seviyesi ise sırasıyla 30,4 derece ve -0,7 dB'dir. Anten+FSY'nin hüzmeleri ise genel anlamda tek tarafa yönlendirilmiştir. Bu FSY'nin etkisidir.

Anten+FSY'nin kazancı 10 dBi olup ana lob yönü 0 derecedir. Yarım güç hüzmeye genişliği ve yan lob seviyesi ise sırasıyla 27,8 derece ve -14,4 dB'dir. Anten+MEİ'nin kazancı 7,97 dBi olup ana lob yönü 5 derecedir. Yarım güç hüzmeye genişliği ve yan lob seviyesi ise sırasıyla 34,7 derece ve -10,4 dB'dir.

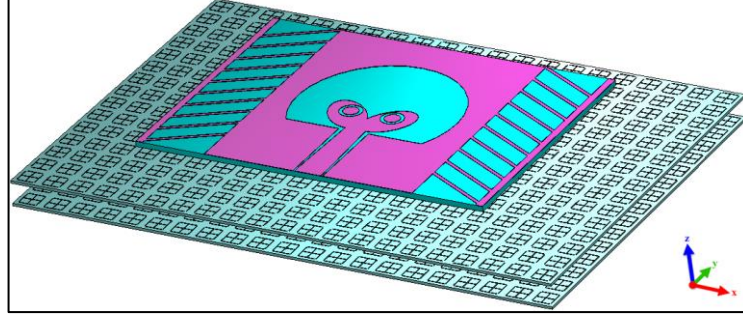
Şekil 4.15 (c)'de 10 GHz için ışınma örüntüsü gösterilmiştir. Antenin 10 GHz'teki kazancı 7,12 dBi olup ana lob yönü 180 derecedir. Yarım güç hüzmeye genişliği ve yan lob seviyesi ise sırasıyla 24,5 derece ve -1,2 dB'dir. Anten+FSY'nin kazancı 7,12 dBi olup ana lob yönü 2 derecedir ki bu da anten ışınmasının öne doğru olduğunu göstermektedir. Yarım güç hüzmeye genişliği ve yan lob seviyesi ise sırasıyla 23,6 derece ve -2,5 dB'dir. Anten+MEİ'nin ışınması anten+FSY'ninkine çok benzemektedir. Anten+MEİ'nin ana hüzmeye büyüklüğü 6,98 dBi olup ana hüzmeye yönü 4 derecedir. Yarım güç hüzmeye genişliği ve yan lob seviyesi ise sırasıyla 24,5 derece ve -2,2 dB'dir.

Şekil 4.15 (d)'de 11 GHz için ışınma örüntüsü gösterilmiştir. Yalnız antenin 11 GHz'teki kazancı 4,65 dBi olup ana lob yönü 180 derecedir. Yarım güç hüzmeye genişliği ve yan lob seviyesi ise sırasıyla 15,6 derece ve -1,9 dB'dir. Bu frekansta anten+FSY genel olarak öne ve arkaya ışınma yapmaktadır. Anten+FSY'nin kazancı 5,49 dBi olup ana lob yönü 0 derecedir. Yarım güç hüzmeye genişliği ve yan lob seviyesi ise sırasıyla 19,3 derece ve -1,8 dB'dir. Anten+MEİ'nin ışınması arka lobları hariç genel anlamda anten+FSY'nin ışınmasına benzemektedir. Anten+MEİ'nin kazancı 5,09 dBi olup ana lob yönü 0 derecedir. Yarım güç hüzmeye genişliği ve yan lob seviyesi ise sırasıyla 14,4 derece ve -3,7 dB'dir.

4.4. Arkasına İki Katlı Çapraz-I FSY ve MEİ Yerleştirilen Antenin Benzetim Sonuçları

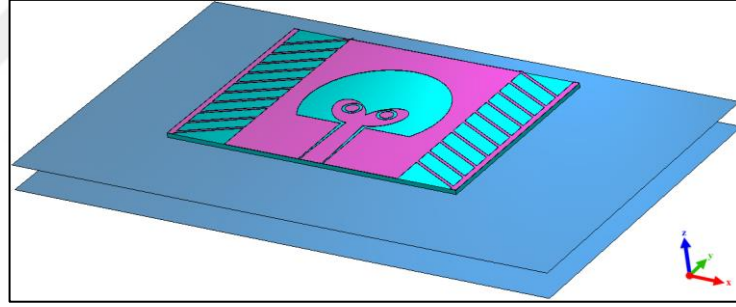
İkinci bölümde Şekil 2.19'da gösterilen çapraz-I FSY birim hücresi periyodik yapıya dönüştürülüp anten arkasına yerleştirilerek kazançta olan etkisi incelenmiştir. Ayrıca Şekil 2.19' gösterilen FSY'nin imalatı yapılmış hali antenin arkasına yerleştirilip ölçüm ve benzetim sonuçları karşılaştırılmıştır. Şekil 4.18'de gösterildiği gibi ölçüm yansız odada gerçekleştirilip Rohde & Schwarz ZVB 20 vektör network analizör cihazı (VNA) kullanılmıştır. FSY tabakasında 25×16 birim hücre kullanılmıştır. UGB mikroşerit anten tasarlanan frekan seçici yüzeyin merkezine yerleştirilip analizi

yapılmıştır. Anten ve FSY arasındaki mesafe X-Band'ın merkezi frekansı olan 10 GHz referans alınarak $\lambda/4$ 'ten hesaplanmış olup 7,5 mm olarak belirlenmiştir. Anten ve FSY'nin görünümü Şekil 4.16'da verilmiştir.



Şekil 4.16. Arkasına İki Kudüs Çaprazı FSY yerleştirilen antenin görünümü

Aynı şekilde MEİ'nin anten kazancının üzerindeki etkiyi görmek için Şekil 4.17'de gösterildiği gibi FSY MEİ ile değiştirilmiştir.



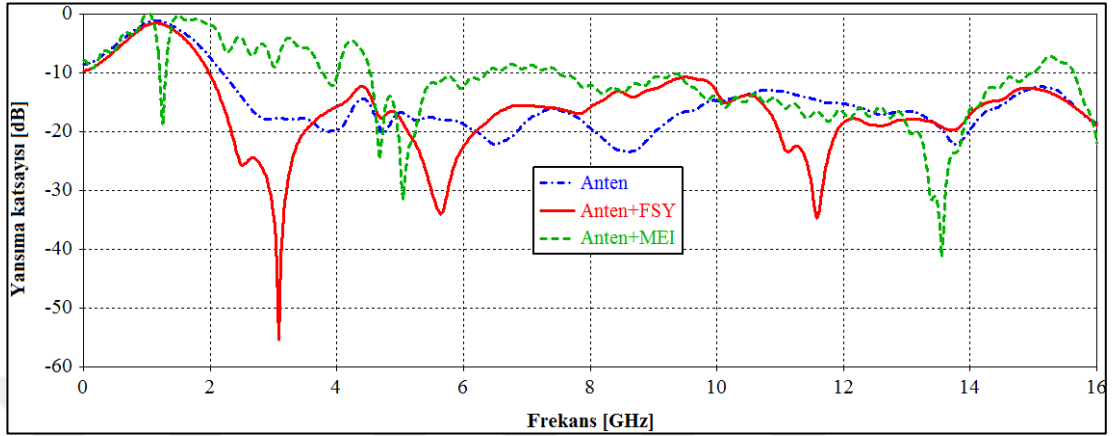
Şekil 4.17. Arkasına MEİ yerleştirilen antenin görünümü

Aynı şekilde MEİ'nin anten kazancının üzerindeki etkiyi görmek için Şekil 4.17'de gösterildiği gibi FSY MEİ ile değiştirilmiştir.

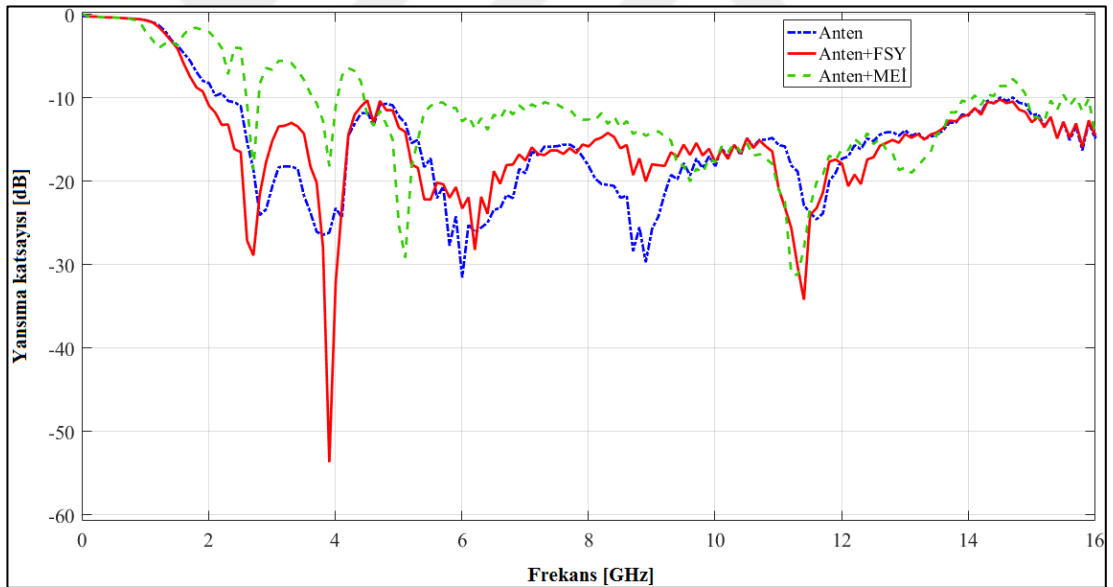


Şekil 4.18. Yansımatsız odada ölçüm düzeneği

Şekil 4.19’da yalnız anten, anten+FSY ve anten+MEİ’in yansıma katsayılarının benzetim neticesinde elde edilmiş grafikleri; Şekil 4.20’de ise ölçüm ile elde edilen grafiklerin karşılaştırılması verilmiştir.

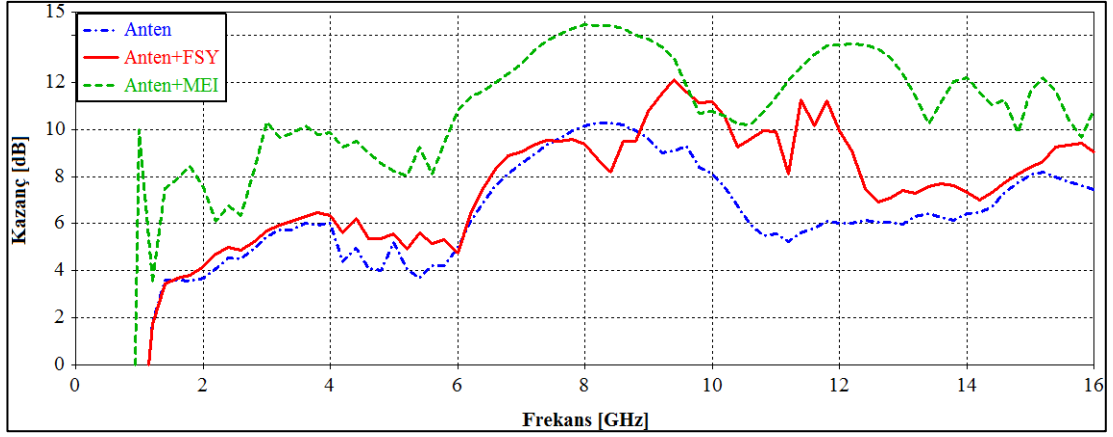


Şekil 4.19. Yalnız anten, anten+FSY ve anten+MEİ’in yansıma katsayısının benzetiminin karşılaştırılması

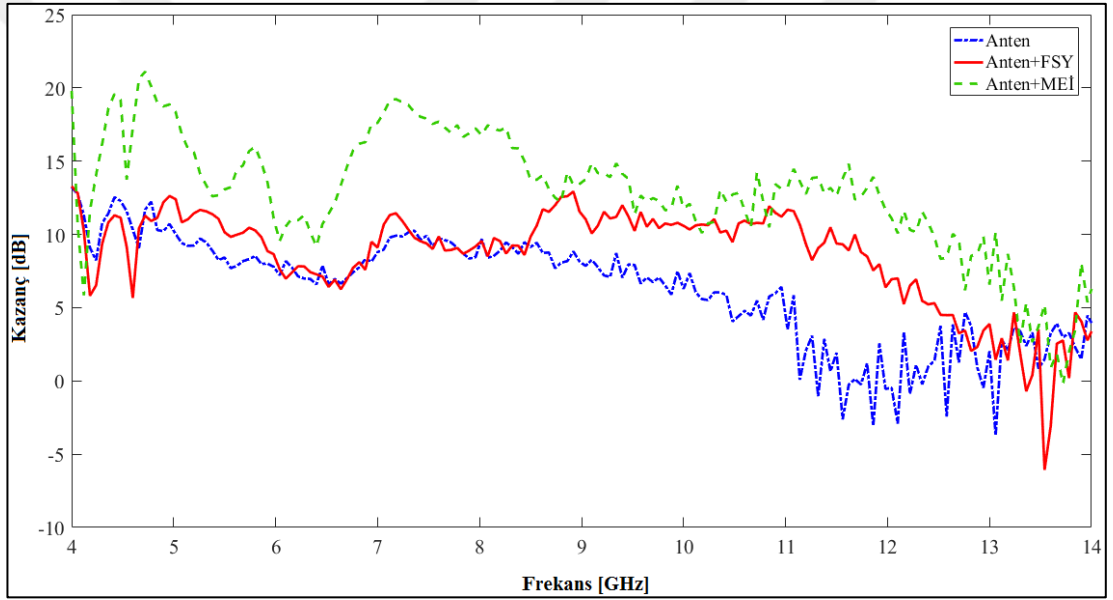


Şekil 4.20. Yalnız anten, anten+FSY ve anten+MEİ’in yansıma katsayısının ölçümünün karşılaştırılması

Şekil 4.19 ve Şekil 4.20’de gösterildiği gibi ultra geniş bantlı çalışan anten, arkasına frekans seçici yüzey ya da yansıtıcı plaka olarak mükemmel elektrik iletken yerleştirildiği zaman hem benzetim hem de ölçüm sonuçlarına göre çalışma bandını korumaktadır. Bundan sonraki kısımda kazanç ve ışınma örüntüleri incelenecektir. Şekil 4.21’de yalnız anten, anten+FSY ve anten+MEİ’in kazanç grafiğinin karşılaştırılması gösterilmiştir.



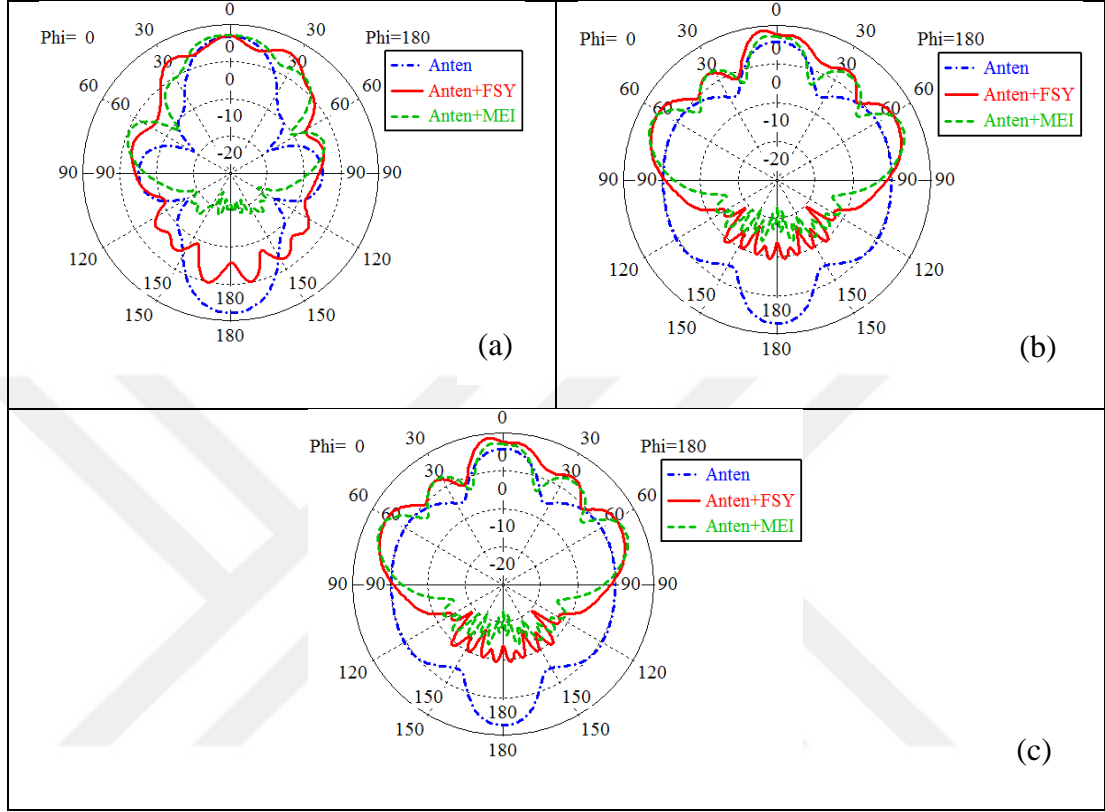
Şekil 4.21. Yalnız anten, anten+FSY ve anten+MEİ'nin maksimum kazanç benzetiminin karşılaştırılması



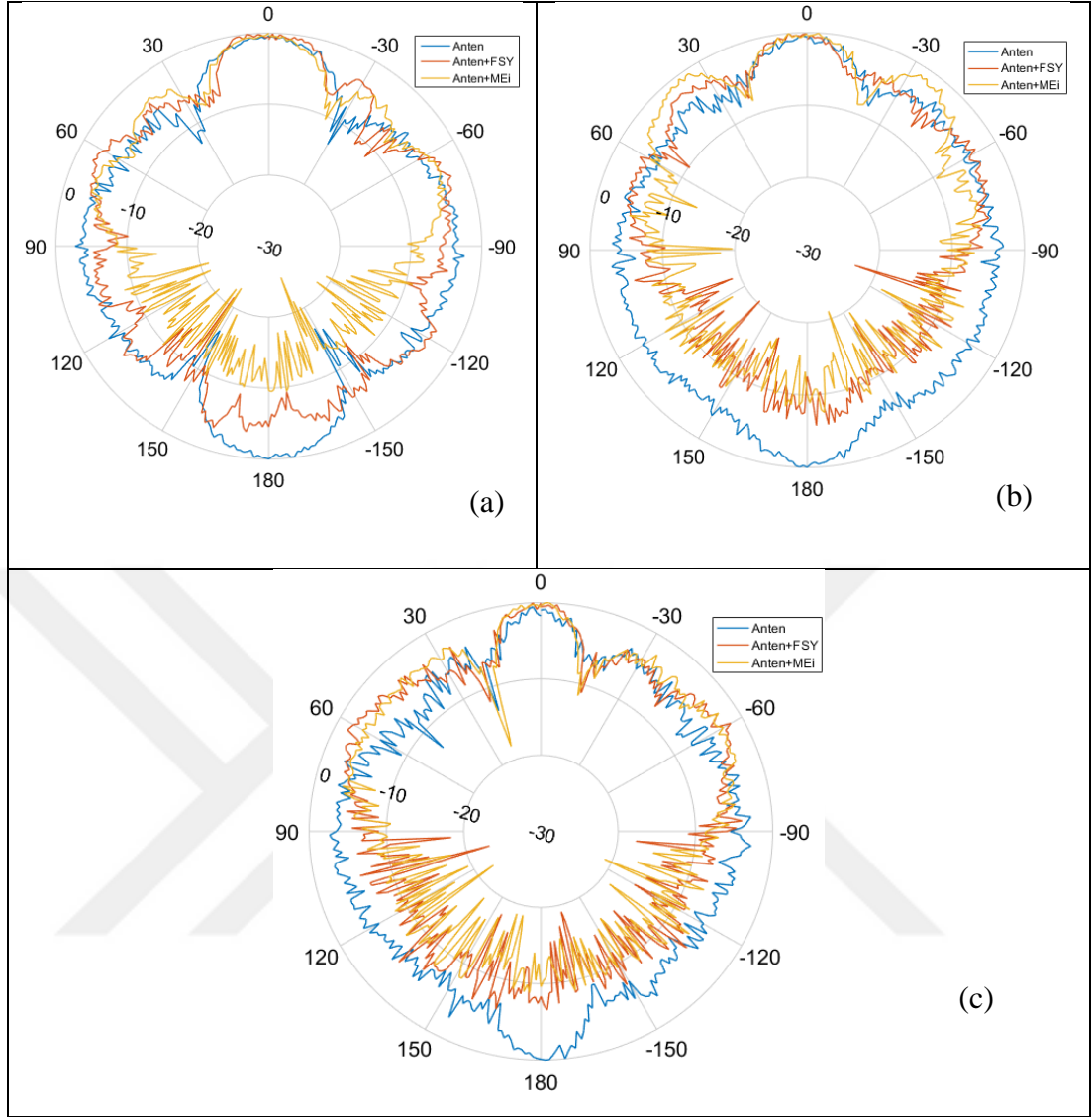
Şekil 4.22. Yalnız anten, anten+FSY ve anten+MEİ'nin maksimum kazanç ölçümünün karşılaştırılması

Şekil 4.21'de gösterildiği gibi anten+MEİ UGB mikroşerit antenin kazancını tüm çalışma bandı boyunca bütün frekanslarda benzetim sonuçlarına göre en fazla 7,4 dBi'ya kadar arttırmıştır. Anten arkasına FSY yerleştirilmesi durumunda ise, anten kazancı yaklaşık FSY'nin frekans bandı boyunca yani 8,4-12,6 GHz aralığında artmaktadır. Bu sonuç, tez çalışmasında hedeflenen UGB antenlerde kısmi kazanç artırımının FSY kullanarak elde edilebileceğini göstermektedir.

Şekil 4.23'te $\varphi=0$ için yalnız anten, anten+FSY ve anten+MEİ'in 9 GHz, 10 GHz ve 11 GHz frekansları için benzetim ile elde edilen ışınma örüntülerinin karşılaştırılması gösterilmiştir. Ölçüm sonuçlarının karşılaştırması ise Şekil 4.24'te yer almaktadır.



Şekil 4.23. İki katlı çapraz I tasarım FSY ve MEİ yerleştirilen anten için, $\varphi=0$ 'da yalnız anten, anten+FSY ve anten+MEİ'in benzetim ile elde edilen ışınma örüntülerinin karşılaştırılması (a) 9 GHz, (b) 10 GHz ve (c) 11 GHz



Şekil 4.24. İki katlı çapraz I tasarım FSY ve MEİ yerleştirilen anten için, $\phi=0^\circ$ 'da yalnız anten, anten+FSY ve anten+MEİ'nin ölçüm ile elde edilen ışınma örüntülerinin karşılaştırılması (a) 9 GHz, (b) 10 GHz ve (c) 11 GHz

Şekil 4.23'de, 9 GHz, 10 GHz ve 11 GHz için benzetim ile elde edilen ışınma örüntüleri gösterilmiştir. Anten arkasına herhangi bir yapı yerleştirilmemiş durumdayken, yani şekilde “yalnız anten” olarak isimlendirilen grafik, anten arkasına FSY ve MEİ yerleştirilmesi durumunda elde edilen grafiklerle karşılaştırılmıştır. Her üç frekans da, FSY'nin band durdurma frekans bandının sınırları içinde olduğu için, antenin arka hüzmesini bastırıp, ön hüzmesini arttırmıştır, yani ilgili frekanslarda anten kazancının artmasını sağlamıştır. Beklendiği gibi, anten arkasına MEİ yerleştirilmesi durumunda da kazanç artırımı gözlenmektedir.

Şekil 4.24’de 9 GHz, 10 GHz ve 11 GHz için ölçüm ile elde edilen ışına örüntüleri gösterilmiştir. Benzetim ile elde edilen sonuçlara benzer sonuçları bu grafiklerde de gözlemlemek mümkündür. Anten arkasına FSY ve MEİ yerleştirilmesi durumunda kazanç artırımı sağlanmaktadır.

Tablo 4.4’te yalnız anten, anten+İki katlı çapraz I tasarım FSY ve anten+MEİ’nin ışına parametrelerinin özeti gösterilmektedir.

Tablo 4.4 Yalnız anten, anten+İki katlı çapraz I tasarım FSY ve anten+MEİ’nin ışına parametrelerinin özeti

Parametre	Yapı	Frekans, GHz			
		3	9	10	11
Kazanç, dBi	Anten	5,2	7,6	7,12	4,65
	Anten+FSY	5,7	7,08	8,83	5,47
	Anten+MEİ	7,16	7,31	7,37	5,58
Ana hüzme yönü, derece	Anten	180	180	180	180
	Anten+FSY	178	1	6	1
	Anten+MEİ	16	1	4	0
Yarım güç hüzme genişliği (3 dB), derece	Anten	84,4	30,4	24,5	15,6
	Anten+FSY	106,6	23,7	25,3	16,5
	Anten+MEİ	82,6	36,7	22	15,6
Yan lob seviyesi, dB	Anten	-	0,7	-1,2	-1,9
	Anten+FSY	-1,6	-0,9	-3,5	-1,3
	Anten+MEİ	-19,7	-4,5	-1,5	-3,3

Sonuç olarak, ultra geniş bantlı antenlerde, UGB bandı içinde belli bir frekans bölgesi için kazanç artırımı sağlanması isteniyorsa, ilgili bölgeyi kapsayan bant durduran FSY yapısı anten arkasına yerleştirilebilir. FSY ile ilgili dikkat edilmesi gereken, bant geçiren frekans bölgelerinde mümkün olduğunca yansıma katsayısının -1 dB’nin altına inmemesi, çok daha kaliteli bir kısmi frekans bölgesi belirlenmesini sağlayacaktır. Aksi durumda, -1 dB’nin ne kadar altına iniyorsa, UGB’nin hedeflenmeyen diğer frekans bölgelerinde de kazanç artırımına sebep olacaktır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, Ultra Geniş Bantlı antenlerde, bant durduran frekans seçici yüzey kullanarak kısmi frekanslı kazanç artırımının yapılabilebileceği gösterilmiştir. Öncelikle, kazanç artırım çalışmalarında kullanılmak üzere, ultra geniş bantlı anten tasarımı yapılmış, CST Microwave Studio programı ile yansıma katsayısı, ışıma örütüsü ve kazançları elde edilmiştir. Tasarlanan antenin pratiği gerçekleştirilerek, ölçüm sonuçları ile benzetim sonuçları doğrulanmıştır. UGB bandının kısmi frekans bölgesi için X-band hedeflenmiş ve bu bantta çalışan dört farklı bant durduran FSY yapısının anten performansına etkisi incelenmiştir.

Literatürde, mikroşerit antenlerin kazancının artırımı için FSY kullanımına yönelik birçok çalışma yer almaktadır. Bunların büyük bir çoğunluğu dar bantlı antenler olmakla birlikte, ultra geniş banta sahip antenler de yer almaktadır. Tez çalışmasında elde edilen sonuçlar göstermiştir ki, belli bir frekans bölgesi değil, anten çalışma bandının tamamında kazanç artırım hedefleniyorsa, FSY yerine iletken tabaka kullanmak yeterli olacaktır. Ancak, özellikle geniş bantlı antenlerde, anten hüzmesini özellikle belli bir frekans bölgesinde yönlü hale getirmek, yani kazancını arttırmak istiyorsak, bu durumda iletken tabaka yerine, ilgili frekans bandında bant durduran filtre karakteristiği gösteren FSY kullanmak gerekmektedir. Ancak, tasarlanan FSY'nin bant geçiren frekans bölgesinde iletim katsayısının -1'in altına düşmemesi gerekmektedir, aksi durumda, hedeflenen kısmi frekans bölgesinin dışında da kazanç artırım olacaktır, bu istenen bir durum değildir.

KAYNAKLAR

- [1] Kraus J. D., Ronald J. M., *Antennas: For All Applications*, 3rd ed., McGraw-Hill, New York, 2002.
- [2] O’Nians F., Matson J., Antenna Feed System Utilizing Polarization Independent Frequency Selective Intermediate Reflector, 1966 U.S. Patent No. 3.231.892., *U.S. Patent and Trademark Office*.
- [3] Ott R., Kouyoumjian J., Peters Jr. L., Scattering by a Two-dimensional Periodic Array of Narrow Plates, *Radio Sci.*, DOI: 10.1002/rds19672111347.
- [4] Chen C.C., Scattering by a Two-dimensional Periodic Array of Conducting Plates, *IEEE Trans. Antennas. Propag.*, DOI: 10.1109/TAP.1970.1139760.
- [5] Chen C.C., Transmission Through a Conducting Screen Perforated Periodically with Apertures, *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, DOI: 10.1109/TMTT.1970.1127298.
- [6] Munk B.A., Kouyoumjian R., Peters Jr. L., Reflection Properties of Periodic Surfaces of Loaded Dipoles, *IEEE Trans. Antennas. Propag.*, DOI: 10.1109/TAP.1971.1139995.
- [7] Munk B.A., Luebbers R. J., Reflection Properties of Two-Layer Dipole Arrays, *IEEE Trans. Antennas. Propag.*, DOI: 10.1109/TAP.1974.1140895.
- [8] Munk B.A., *Frequency Selective Surfaces: Theory and Design*. John & Wiley Sons, Canada, 2000.
- [9] Mittra R., Chan C.H., Cwik T., Techniques for Analyzing Frequency Selective Surfaces-a Review, *Proc. IEEE*. DOI: 10.1109/5.16352.
- [10] First report and order, Revision of part 15 of the commission’s rule regarding ultra-wideband transmission systems, *Federal Communications Commission*, FCC 02-48, 2-118, 2002.
- [11] Belrose J. S., The Sounds of a Spark Transmitter: Telegraphy and Telephony, *Radio Sci.*, <http://www.hammondmuseumofradio.org/spark.html> (Ziyaret Tarihi: 06 Haziran 2017).
- [12] Fontana R. J., A Brief History of UWB Communications, Multispectrum Solutions, <https://www.scribd.com/document/92157802/A-Brief-History-of-UWB-Communications> (Ziyaret Tarihi: 06 Haziran 2017).
- [13] Rumsey V. H., Frequency Independent Antennas, *1957 IRE National Convention Record*, New York, 21-25 March 1966.

- [14] Dyson J.D., The Unidirectional Equiangular Spiral Antenna, *IRE Trans. Antennas Propagat.*, DOI: 10.1109/TAP.1959.1144707.
- [15] Ross G., A Time Domain Criterion for the Design of Wideband Radiating Elements, *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, DOI: 10.1109/TAP.1968.1139174.
- [16] Pozar D. M., *Microwave and RF Design of Wireless System*, Wiley, New York, 2001.
- [17] Hooberman B., Everything You Ever Wanted to Know About Frequency Selective Surface Filters but were Afraid to Ask, *University of Illinois*, 4-6 March 2005.
- [18] Ulrich R., Far-infrared Properties of Metallic Mesh and Its Complementary Structure, *Infrared Physics*, 1967, **7**(1). 37-55.
- [19] Parker E. A., Chuprin A. D., Batchelor J. C., Savia S. B., GA Optimization of Crossed Dipole FSS Array Geometry, *Electronics Letters*, 2001, **37**(16), 996-997.
- [20] Kiani G. I., Weily A. R., Eselle K. P., Frequency Selective Surface Absorber Using Resistive Cross-dipoles, *IEEE Antenna and Propagation Society International Symposium*, Albuquerque, 9-14 July 2006.
- [21] Au P. W., Musa L. S., Parker E. A., Langley R., Parametric Study of Tripole and Tripole Loop Arrays as Frequency Selective Surfaces, *IEE Proceedings*, 1990, **137**(5), 263-268.
- [22] Mokhtar M. M., Parker E. A., Conjugate Gradient Computation of the Current Distribution on a Tripole FSS Array Element, *Electronics Letters*, 1990, **26**(4), 227-228.
- [23] Cahill R., Parker E. A., Concentric Ring and Jerusalem Cross Arrays as Frequency Selective Surfaces for a 45° Incidence Diplexer, *Electronics Letters*, 1982, **18**(8), 313-314.
- [24] Vardaxoglou J., Hossainzadeh A., Stylianou A., Scattering from Two-layer FSS with Dissimilar Lattice Geometries, *IEE Proceedings*, 1993, **140**(1), 59-61.
- [25] Lee C. K., Langley R. J., Compound Reflector Antennas, *IEE Proceedings on Microwaves*, 1992, **139**(2), 135-138.
- [26] Cahill R., Parker E. A., Performance of Millimetre-wave Frequency Selective Surfaces in Large Incident Angle Quasioptical Systems, *Electronics Letters*, 1992, **28**(8), 788-789.
- [27] Wu T. K., Four-Band Frequency Selective Surface with Double-square-loop Patch Elements, *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 1994, **42**(12), 1659-1663.

- [28] Parker E. A., Vardaxoglou J. C., Plane Wave Illumination of Concentric Ring Frequency Selective Surfaces, *IEE Proceedings*, 1985, **132**(3), 176-180.
- [29] Parker E. A., Antonopoulos C., Simpson N. E., Microwave Band FSS in Optically Transparent Conducting Layers: Performance of Ring Element Arrays, *Microwave and Optical Technology Letters*, **16**(2), 61-63.
- [30] Wu T. K., Lee S. W., Multi Band Frequency Selective Surface with Multi-ring Elements, *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 1994, **42**(11), 1484-1490.
- [31] Pelton E. L., Munk B. A., A Streamlined Metallic Radome, *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 1974, **22**(6), 799-803.
- [32] Winnewisser C., Lewen F., Weinzierl F., Helm H., Frequency Selective Surfaces Analyzed by THz-time-domain Spectroscopy, *IEEE Sixth International Conference on Terahertz Electronics Proceedings*, New York, 3-4 September 1998.
- [33] Topsakal E., Volakis J. L., Frequency Selective Volumes for Optical Spatial Filters, *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, 2004, **3**(1), 23-238.
- [34] Wakabayashi H., Kominami M., Kusaka H., Nakashima H., Numerical Simulations for Frequency Selective Screen with Complementary Elements, *IEE Proceedings*, 1994, **141**(6), 477-482.
- [35] Shaker J., Shafai L., Removing the Angular Sensitivity of FSS Structures Using Novel Double Layer Structures, *IEEE Microwave and GuidedWave Letters*, 1995, **5**(10), 324-325.
- [36] Wahid M., Morris S., Metal Radomes Reduced RCS Performance, *GEC Journal of Research*, 1992, **9**(3), 166-171.
- [37] Musa L. S., Au P. W. B., Parker E. A., Langley R., Sensitivity of Tripole and Calthrop FSS Reflection Bands to Angle of Incidence, *Electronics Letters*, 1989, **25**(4), 284-285.

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

- [1] Çakır G., **Hotami K.**, Dikmen C. M., Kocakaya A., Çimen S., Partial Gain Increase at Desired Frequency Range for UWB Microstrip Antennas Using Band-Stop FSS, *International Conference on Advanced Technology and Sciences '17*, Bahçeşehir Üniversitesi, İstanbul, 09-12 May 2017.



ÖZGEÇMİŞ

1991 yılında Tacikistan'ın başkenti Duşanbe'de dünyaya geldi. İlk, orta ve lise öğrenimini Duşanbe'de tamamladı. 2007 yılında kabul olduğu Tacik Teknik Üniversitesi'nin Mühendislik Fakültesi Bilişim ve Haberleşme Teknolojileri Bölümü'nden 2012 yılında bilişim ve haberleşme teknolojileri mühendisi olarak mezun oldu. 2013-2018 yıllar arasında Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Öğrenimine devam etmektedir.

