

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**OLDUKÇA GENİŞ BANTLI YÖNSÜZ MİKROŞERİT DİPOL ANTEN TASARIM
ANALİZ VE GERÇEKLEMESİ**

EREN AKKAYA

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRONİK VE HABERLEŞME MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
HABERLEŞME PROGRAMI**

**DANIŞMAN
PROF. DR. FİLİZ GÜNEŞ**

İSTANBUL, 2013

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

OLDUKÇA GENİŞBANTLI YÖNSÜZ MİKROŞERİT DİPOL ANTEN TASARIM
ANALİZ VE GERÇEKLEMESİ

Eren AKKAYA tarafından hazırlanan tez çalışması 14.01.2013 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Filiz GÜNEŞ

Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Filiz GÜNEŞ

Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Bahattin TÜRETKEN

Tübitak BİLGEM

Yrd. Doç. Dr. Salih DEMİREL

Yıldız Teknik Üniversitesi

ÖNSÖZ

Tez çalışmam süresince her türlü desteği sağlayan değerli hocalarım Prof. Dr. Filiz GÜNEŞ ve Doç. Dr. Bahattin TÜRETKEN'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca tez süreci boyunca yanımda olan aileme ve arkadaşlarıma da sonsuz teşekkür ederim.

Ocak, 2013

Eren AKKAYA

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	vi
KISALTMA LİSTESİ.....	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
ÇİZELGE LİSTESİ	xii
ÖZET	xiii
ABSTRACT.....	xv
BÖLÜM 1	
GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	1
1.3 Hipotez.....	2
BÖLÜM 2	
ANTENLER VE TEMEL ANTEN PARAMETRELERİ	3
2.1 Temel Anten Parametreleri	3
2.1.1 Işıma Paterni	3
2.1.2 Polarizasyon.....	5
2.1.3 Anten Giriş Empedansı	6
2.1.4 Bant Genişliği	7
2.1.5 Anten Verimliliği	7
2.1.6 Anten Işıma Verimliliği.....	7
2.1.7 Yönlendiricilik	8
2.1.8 Kazanç.....	8
2.1.9 Hüzme Genişliği	8
2.2 Anten Başarılı Çalışma Parametre Kesişimi	9

BÖLÜM 3

UWB ANTENLER	10
3.1 Literatürdeki UWB Mikroşerit Yönsüz Anten Modelleri	10
3.1.1 Anten Modeli-1.....	11
3.1.2 Anten Modeli-2.....	15
3.1.3 Anten Model-3.....	18
3.2 UWB Yönsüz Anten Modelleri Işıma Paterni Bozuklukları ve Nedenleri ..	22

BÖLÜM 4

UWB YÖNSÜZ ANTEN TASARIMI	30
4.1 Anten Başarılı Çalışma Parametre Kesişimine UWB Anten İçin Yeniden Bakış	30
4.2 Anten Tasarımında Teoriden Pratiğe Geçişte Karşılaşılan Problemler ve Çözümleri	31

BÖLÜM 5

UWB YÖNSÜZ MİKROŞERİT ANTEN TASARIMI	34
5.1 Bow-Tie Antenler	34
5.1.1 Bow-Tie Anten Taasarımı.....	35
5.2 UWB Mikroşerit Balun Empedans Dönüştürücüler	42
5.2.1 UWB Mikroşerit Balun Empedans Dönüştürücü Tasarımı	43
5.2.2 UWB Mikroşerit Balun Empedans Dönüştürücü Benzetimi	44
5.2.3 UWB Balun Empedans Dönüştürücü Üretimi ve Ölçümü	47
5.3 UWB Yönsüz Mikroşerit Anten Tasarımı ve Benzetimi	49
5.4 UWB Mikroşerit Yönsüz Anten Üretimi ve Ölçülmesi.....	56
5.5 UWB Düzlemsel Yönsüz Anten Ölçüm – Benzetim Sonuç Karşılaştırması ve Performans Değerlendirmesi.....	62

BÖLÜM 6

SONUÇ ve ÖNERİLER	69
KAYNAKLAR	70
ÖZGEÇMİŞ	72

SİMGE LİSTESİ

D	Yönlendiricilik
e_0	Toplam verimlilik
e_r	Yansıma verimliliği
e_c	İletkenlik verimliliği
e_d	Dielektrik verimliliği
e_{cd}	Işıma verimliliği
G_{mut}	Mutlak anten kazancı
P_{giren}	İletim hattından gelen gücün toplamı
$P_{ışma}$	Işınan güç toplamı
R_A	Anten empedansının reel kısmı
R_r	Işıma direnci
R_L	Kayıp direnci
S_{11}	Geri dönüş kaybı
S_{21}	İletim kaybı
U	Işıma yoğunluğu
X_A	Anten empedansının sanal kısmı
Z_A	Anten empedansı
Γ	Yansıma katsayısı
ϵ_r	Dielektrik katsayısı
λ	Dalgaboyu
χ	Faz gecikmesi

KISALTMA LİSTESİ

IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
HPBW	Half Power Beam Width
FNBW	First Null Beam Width
VSWR	Voltage Standing Wave Ratio
FCC	Federal Communication Commission
UWB	Ultra Wide Band
CST	Computer Simulation Technology
MWS	Microwave Studio

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1	Yönsüz ışıma paterni..... 4
Şekil 2.2	Yönlü ışıma paterni 5
Şekil 3.1	Anten Model-1 geometrisi 11
Şekil 3.2	Anten modeli-1 12
Şekil 3.3	Anten Modeli-1 Makalede verilen S11 ölçüm ve benzetim sonucu..... 13
Şekil 3.4	Anten Modeli-1 S11 benzetim sonucu 13
Şekil 3.5	3.6GHz Işıma paterni (a) 3D, (b) 2D elevasyon, (c) 2D azimut grafikleri ... 14
Şekil 3.6	5.4GHz Işıma paterni (a) 3D, (b) 2D Düşey, (c) 2D yatay grafikleri..... 14
Şekil 3.7	9.2GHz Işıma paterni (a) 3D, (b) 2D Düşey, (c) 2D yatay grafikleri..... 14
Şekil 3.8	Anten Modeli-2 geometrisi (a)Arka yüzü, (b)Ön yüzü..... 15
Şekil 3.9	Anten Model-2 (a) ön yüzü (b) arka yüzü 16
Şekil 3.10	Anten Model-2 Makalede verilen S11 ölçüm ve benzetim sonucu..... 16
Şekil 3.11	Anten Model-2 S11 benzetim sonucu 17
Şekil 3.12	3GHz Işıma paterni (a) 3D, (b) 2D elevasyon, (c) 2D azimut grafikleri 17
Şekil 3.13	7GHz Işıma paterni (a) 3D, (b) 2D elevasyon, (c) 2D azimut grafikleri 18
Şekil 3.14	10GHz Işıma paterni (a) 3D, (b) 2D elevasyon, (c) 2D azimut grafikleri 18
Şekil 3.15	Anten Modeli-3 geometrisi (a)arka yüzü, (b)ön yüzü..... 19
Şekil 3.16	Anten Modeli-3..... 20
Şekil 3.17	Anten Modeli-3 makalede verilen S11 ölçüm ve benzetim sonucu..... 20
Şekil 3.18	Anten Modeli-3 S11 benzetim sonucu 21
Şekil 3.19	3GHz Işıma paterni (a) 3D, (b) 2D Düşey, (c) 2D yatay grafikleri..... 21
Şekil 3.20	7GHz Işıma paterni (a) 3D, (b) 2D Düşey, (c) 2D yatay grafikleri..... 22
Şekil 3.21	10GHz Işıma paterni (a) 3D, (b) 2D Düşey, (c) 2D yatay grafikleri..... 22
Şekil 3.22	Işıma Paterni Bozulması Örnek Anten Modeli..... 24
Şekil 3.23	Farklı fazlarda manyetik alan dağılımı (a) 3GHz Yama, (b) 10GHz Yama, (c) 3GHz Toprak, (d) 10GHz Toprak 24
Şekil 3.24	UWB Tekel Anten 3GHz 0, 45, 90 ve 135 derece faz değeri, akım dağılımı 25
Şekil 3.25	UWB Tekel Anten 10GHz 0, 45, 90 ve 135 derece faz değeri, akım dağılımı 25
Şekil 3.26	Yönsüz ışıma paterni elde etmek amacıyla belirlenen boyutların uygulandığı anten modeli 27
Şekil 3.27	Yönsüz ışıma paterni elde etmek amacıyla belirlenen boyutların uygulanmadığı anten modeli 27

Şekil 3.28	Yönsüz ışıma paterni elde etmek için belirlenen boyutların uygulandığı ve uygulanmadığı anten modeli 5GHz azimut patern sonuç karşılaştırması . 28
Şekil 3.29	Yönsüz ışıma paterni elde etmek için belirlenen boyutların uygulandığı ve uygulanmadığı anten modeli 8GHz azimut patern sonuç karşılaştırması . 28
Şekil 3.30	Yönsüz ışıma paterni elde etmek için belirlenen boyutların uygulandığı ve uygulanmadığı anten modeli 10GHz azimut patern sonuç karşılaştırması 29
Şekil 4.1	Mikroşerit besleme hattının eklendiği yönsüz UWB düzlemsel tekel anten modeli 32
Şekil 4.2	(a) Mikroşerit hattın bulunmadığı ve (b) bulunduğu UWB yönsüz anten modeli 3GHz ışıma paterni sonuç karşılaştırması..... 32
Şekil 4.3	(a) Mikroşerit hattın bulunmadığı ve (b) bulunduğu UWB yönsüz anten modeli 7GHz ışıma paterni sonuç karşılaştırması..... 33
Şekil 4.4	(a) Mikroşerit hattın bulunduğu ve (b) bulunmadığı UWB yönsüz anten modeli 10GHz ışıma paterni sonuç karşılaştırması..... 33
Şekil 5.1	Bow-Tie anten başlangıç modeli..... 36
Şekil 5.2	Bow-Tie anten benzetim modeli 37
Şekil 5.3	UWB frekans bandı anten modeli empedans değer grafiği 37
Şekil 5.4	UWB frekans bandı anten modeli empedans değeri smithchart gösterimi 38
Şekil 5.5	Anten geometrisinin R açılma katsayısına bağlı değişimi (a)R=0, (b)R=0.1 ve (c)R=0.2 39
Şekil 5.6	Anten empedansının R açılma katsayısına bağlı değişimi 40
Şekil 5.7	Anten empedansının R açılma katsayısına bağlı değişimi smithchart gösterimi 40
Şekil 5.8	UWB yönsüz düzlemsel anten modeli benzetim çalışması 3GHz ışıma paterni (a) 3B, (b) 2B azimut, (c) 2B elevasyon ışıma paterni 41
Şekil 5.9	UWB yönsüz düzlemsel anten modeli benzetim çalışması 5GHz ışıma paterni (a) 3B, (b) 2B azimut, (c) 2B elevasyon ışıma paterni 41
Şekil 5.10	UWB yönsüz düzlemsel anten modeli benzetim çalışması 7GHz ışıma paterni (a) 3B, (b) 2B azimut, (c) 2B elevasyon ışıma paterni 42
Şekil 5.11	UWB yönsüz düzlemsel anten modeli benzetim çalışması 10GHz ışıma paterni (a) 3B, (b) 2B azimut, (c) 2B elevasyon ışıma paterni 42
Şekil 5.12	UWB mikroşerit balun empedans dönüştürücü yapısı..... 43
Şekil 5.13	UWB mikroşerit balun empedans dönüştürücü benzetim modeli..... 44
Şekil 5.14	UWB mikroşerit balun empedans dönüştürücü S11(dB) benzetim sonucu 45
Şekil 5.15	UWB mikroşerit balun empedans dönüştürücü S21(dB) benzetim sonucu 45
Şekil 5.16	UWB mikroşerit balun transformer çifti benzetim modeli 46
Şekil 5.17	UWB mikroşerit balun transformer çifti benzetim modeli S11(dB) benzetim sonucu 46
Şekil 5.18	UWB mikroşerit balun transformer çifti benzetim modeli S21(dB) benzetim sonucu 46
Şekil 5.19	UWB mikroşerit balun empedans dönüştürücü üretim modeli (a) üstten görünüm (b) alttan görünüm..... 47

Şekil 5.20	UWB balun empedans dönüştürücü dengeli portuna 125 ohm bağlı yapı modeli.....	47
Şekil 5.21	UWB balun empedans dönüştürücü dengeli kapıları birbirine bağlı yapı modeli.....	48
Şekil 5.22	UWB balun empedans dönüştürücü dengeli kapısına 125 ohm bağlı yapı modeli S11(dB) ölçüm sonucu.....	48
Şekil 5.23	UWB balun empedans dönüştürücü dengeli kapıları birbirine bağlı yapı modeli S11(dB) ölçüm sonucu.....	48
Şekil 5.24	UWB balun empedans dönüştürücü dengeli kapıları birbirine bağlı yapı modeli S21(dB) ölçüm sonucu.....	49
Şekil 5.25	UWB mikroşerit yönsüz anten modeli geometrisi	50
Şekil 5.26	UWB düzlemsel yönsüz anten benzetim modeli.....	51
Şekil 5.27	UWB düzlemsel yönsüz anten S11(dB) benzetim sonucu.....	51
Şekil 5.28	UWB düzlemsel yönsüz anten 3GHz ışıma paterni benzetim sonucu (a) 3B, (b) 2B elevasyon, (c) 2B azimut.....	52
Şekil 5.29	UWB düzlemsel yönsüz anten 5GHz ışıma paterni benzetim sonucu (a) 3B, (b) 2B elevasyon, (c) 2B azimut.....	53
Şekil 5.30	UWB düzlemsel yönsüz anten 7GHz ışıma paterni (a) 3B, (b) 2B elevasyon, (c) 2B azimut	54
Şekil 5.31	UWB düzlemsel yönsüz anten 10GHz ışıma paterni benzetim sonucu (a) 3B, (b) 2B elevasyon, (c) 2B azimuth	55
Şekil 5.32	UWB düzlemsel yönsüz anten ışıma verimliliği benzetim sonucu	56
Şekil 5.33	UWB düzlemsel yönsüz anten üstten görünüm.....	57
Şekil 5.34	UWB düzlemsel yönsüz anten alttan görünüm.....	57
Şekil 5.35	UWB düzlemsel yönsüz antenin ölçüm sistemi üzerindeki montajı	58
Şekil 5.36	UWB düzlemsel yönsüz anten S11(dB) ölçüm sonucu	58
Şekil 5.37	UWB düzlemsel yönsüz anten 3GHz ışıma paterni (a)3B, (b)2B elevasyon, (c)2B azimut.....	59
Şekil 5.38	UWB düzlemsel yönsüz anten 5GHz ışıma paterni (a)3B, (b)2B elevasyon, (c)2B azimut.....	60
Şekil 5.39	UWB düzlemsel yönsüz anten 7GHz ışıma paterni (a)3B, (b)2B elevasyon, (c)2B azimut.....	61
Şekil 5.40	UWB düzlemsel yönsüz anten 10GHz ışıma paterni (a)3B, (b)2B elevasyon, (c)2B azimut.....	62
Şekil 5.41	UWB düzlemsel yönsüz anten S11 (dB) benzetim ve ölçüm sonuç karşılaştırması	63
Şekil 5.42	UWB düzlemsel yönsüz anten 3GHz ışıma paterni ölçüm –benzetim sonuç karşılaştırması (a) benzetim 3B, (b) ölçüm 3B, (c) 2B elevasyon, (d) 2B azimut	64
Şekil 5.43	UWB düzlemsel yönsüz anten 5GHz ışıma paterni ölçüm –benzetim sonuç karşılaştırması (a) benzetim 3B, (b) ölçüm 3B, (c) 2B elevasyon, (d) 2B azimut	65
Şekil 5.44	UWB düzlemsel yönsüz anten 7GHz ışıma paterni ölçüm –benzetim sonuç karşılaştırması (a) benzetim 3B, (b) ölçüm 3B, (c) 2B elevasyon, (d) 2B azimut	66

Şekil 5.45	UWB düzlemsel yönsüz anten 10GHz ışıma paterni ölçüm –benzetim sonuç karşılaştırması (a) benzetim 3B, (b) ölçüm 3B, (c) 2B elevasyon, (d) 2B azimut	67
------------	---	----

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 3.1 Anten Modeli-1 geomteri parametreleri	12
Çizelge 3.2 Anten Model-2 geometri parametreleri	15
Çizelge 3.3 Anten Modeli-3 geometri parametreleri	19
Çizelge 5.1 Bow-Tie anten başlangıç modeli parametre değerleri	36
Çizelge 5.2 UWB mikroşerit balun empedans dönüştürücü boyut parametreleri	44
Çizelge 5.3 UWB mikroşerti yönsüz anten modeli geometri parametreleri	50
Çizelge 5.4 UWB düzlemsel yönsüz anten kazancı benzetim – ölçüm karşılaştırması	68

OLDUKÇA GENİŞ BANTLI YÖNSÜZ MİKROŞERİT DİPOL ANTEN TASARIMI ANALİZİ VE GERÇEKLEMESİ

Eren AKKAYA

Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Filiz GÜNEŞ

Antenler kullanım alanına bağlı olarak ihtiyaç duyulan belirli özellikleri sağlamalıdır. Bu özellikler bütün antenlere uygulanabilmesi amacıyla performans parametreleri olarak tanımlanmıştır. Bilimsel literatürde gerçekleştirilen tasarım çalışmalarında bu performans parametrelerinden üç tanesi yaygın olarak vurgulanmaktadır. Bunlar empedans uyumluluğu, ışıma paterni ve ışıma verimliliğidir. Bu üç parametre üzerinde sıklıkla durulmasına rağmen bazı çalışmalarda antenin tasarlandığı frekans aralığında bu parametrelerden sadece birinin genel kabul görmüş değer aralığında olması yeterli gibi gösterilmektedir. Ancak belirli bir frekans aralığı için tasarlanan bir antenin bu frekans aralığında çalıştığının söylenebilmesi için yukarıda belirttiğimiz üç temel parametre için istenilen performansı sağlaması gerekmektedir. Bu duruma başarılı anten çalışma performans kesişimi adını veriyoruz.

Anten empedans uyumluluğu anten performans parametreleri içerisinde ilk akla gelen ve antenin çalışırılığının kabulünde ilk ölçülen performans parametresidir. Ancak antenin ışıma diyagramının şeklini antenin tasarlanmak istendiği frekans aralığında koruması ve bu aralıkta verimliliğinin kabul edilebilir seviyede olması da gerekmektedir.

Anten ışıma paterninin geniş frekans aralıklarında frekans bandı boyunca şeklinin korunması güçleşmektedir. Çünkü anten üzerinde yürüyen akım geniş frekans aralıklarının alt ve üst sınırları arasında farklı modlarda yayılmaktadır. Bu durum ışıma diyagramında şekil bozukluklarına sebebiyet verebilmektedir. İstenilen ışıma patern

şeklinin tüm frekans bandı boyunca korunabilmesi için anten boyutlarının görülen tüm akım modlarını ışıma patern şeklini destekleyeceği şekilde seçilmesi gerekmektedir.

Anten ışıma patern bozukluklarının ikinci bir nedeni ise özellikle dengesiz yapıya sahip olan anten tiplerinden biri olan tekel anten yapılarında karşımıza çıkan ortak mod akımlarının girişim yapan istenmeyen ışımasıdır. Bu sorunun giderilmesi için de anten geometrisinin dengeli yapıda seçilmesi ve dengesiz bir iletim hattı olan koaksiyel kablo ile dengeli anten yapısı arasında geçiş sağlayacak ara elemanlar kullanılmalıdır.

Gerçekleştirdiğim bu tez çalışmada UWB frekans bandında çalışan düzlemsel yönsüz anten tasarımı, başarılı anten çalışma performans kesişimini sağlama hedefiyle gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Anten, UWB anten, düzlemsel anten, yönsüz anten, ortak mod akımları.

**ULTRA WIDEBAND MICROSTRIP OMNIDIRECTINAL DIPOLE ANTENNA
DESIGN ANALYSIS AND PRODUCTION**

Eren AKKAYA

Department of Electronics and Communications Engineering

MSc. Thesis

Advisor: Prof. Dr. Filiz GÜNEŞ

Antennas must provide specifications which are required according to application area. These specifications defined as performance parameters to apply all antennas. Three of these parameters are emphasized more than others in the scientific literature. These are impedance matching, radiation pattern and radiation efficiency. Although, these three parameters are emphasized frequently, being in acceptable value range of one of the three parameters for the study frequency range is shown sufficient in many scientific studies. However, to accept an antenna as working for a frequency range, the three performance parameters must be in acceptable value range for the frequency range. This condition is defined as intersection of successful antenna performance parameters.

Antenna impedance matching is the first performance parameter coming to mind and which is make to accept antenna as working. However, to accept an antenna as working, along the impedance matching, radiation pattern form of the antenna must be preserved and radiation efficiency must be in the acceptable value range for the frequency range.

Preserving radiation pattern form of an antenna is got difficult for broad frequency ranges. Currents flowing on the antenna are traveling in different modes for broadband frequency ranges. This condition causes deterioration on the radiation

pattern of antenna. To preserve antenna radiation pattern form, antenna geometrical dimensions must be chosen to support different modes which provide the antenna radiation pattern form.

Another reason of the antenna radiation pattern deterioration is interferant radiation of the common mode current which occurs because of the antenna geometry which is unbalanced. To overcome this problem, antenna geometry must be chosen as abalanced geometry and unbalance to balance transformer between unbalanced coaxial line and balanced antenna.

In this thesis study, UWB microstrip omnidirectional antenna designed according to provide intersection of successful antenna performance parameters.

Keywords: Antenna, UWB antenna, planar antenna, omnidirectional antenna, common mode current

1.1 Literatür Özeti

Literatürde yer alan anten tasarım çalışmalarında yaygın olarak anten performans parametrelerinden üç tanesi vurgulanmaktadır. Bunlar empedans uyumluluğu, ışıma paterni ve ışıma verimliliğidir. Bu çalışmaların bazılarında anten empedans uyumluluğu ön plana çıkarılmakta ve diğer performans parametrelerinin başarısı ihmal edilmektedir. Ancak bir antenin belirli bir frekans aralığında başarılı bir şekilde çalıştığının söylenebilmesi için antenin bu üç temel performans parametresini çalışma frekans bandı boyunca sağlaması gerekmektedir. Hedeflenen çalışma frekans aralığında empedans uyumluluğunu sağlayan bir antenin kullanılacağı uygulamadaki ihtiyaç duyulan ışıma paterninin şeklini de korumalıdır. Literatürde karşılaşılan birçok örnekte hedeflenen ışıma paterni şekli frekans bandı boyunca korunamamaktadır[1], [2], [3]. Bu çalışmalardan bazıları tez içeriğinde ele alınıp incelenmiş ve karşılaşılan sorunlar ifade edilmiştir.

1.2 Tezin Amacı

Literatürde UWB frekans bandında mikroşerit yönsüz anten tasarım çalışmaları çok sayıda bulunmaktadır[1-10]. Bu çalışmalarda antenin empedans uyumluluğunun sağlanması öncelikli hedef olarak verilmektedir. Kullanılan en yaygın anten geometrisi UWB frekans aralığında empedans uyumluluğunun sağlanmasında kolaylık sağlayan tekel antenlerdir. Ancak tekel antenlerde ışıma paterninin şeklinin frekans bandı boyunca korunması zordur. Literatürde bu sorunun çözülmesi için anten geometrisi

üzerinde deneme yanılma veya optimizasyon teknikleri kullanılarak değişiklikler yapılmaktadır[4], [5]. Ancak bu çalışmaların çoğunda teorik bir arka plan bulunmamaktadır. Bunun dışında yine anten geometrisine bağlı olarak gelişen RF koaksiyel besleme hattı üzerinde oluşan ortak mod akımlarının ışıması sonucunda anten ışıma paterni bozulmaktadır. Ortak mod akımları etkisi literatürde UWB mikroşerit anten tasarımlarında neredeyse hiç bahsedilmemektedir.

Gerçekleştirdiğim bu tez çalışmasında, anten ışıma paterninin çalışma frekans aralığında şeklinin bozulmasına sebep olan bu iki etkenin etkilerinin giderilmesinin yolları açıklanarak UWB frekans aralığında çalışan mikroşerit yönsüz dipol anten tasarımı gerçekleştirilmiştir.

1.3 Hipotez

UWB mikroşerit yönsüz anten tasarımında karşılaşılan en büyük sorun olan anten ışıma patern şeklinin frekans bandı boyunca korunamamasının iki temel nedeni vardır. Birincisi anten üzerinde oluşan akım, çalışma frekans bant aralığında farklı modlarda ilerlemektedir. Çalışma frekansı dalgaboyu ile anten boyutları arasındaki ilişki bu durumun etkin sebebidir. Anten boyutlarının, çalışma frekans bant aralığında anten üzerinde oluşan farklı akım yayılma modlarının, istenilen ışıma paterninin şeklini koruyacağı şekilde seçilmesi gerekmektedir. Boyut sınırları basitleştirilmiş analitik hesaplamalarla elde edilmiştir.

Anten yapısının dengesiz olmasından dolayı antenin canlı ve toprak uçları ile RF koaksiyel besleme kablosunun dış yalıtımının yüzeyi ve ona bağlı tüm metallere arasında bir potansiyel farkı oluşmaktadır. Bu potansiyel farkında dolayı kablo yalıtımı üzerinde ortak mod akımları oluşmaktadır. Kablo yalıtımı üzerindeki ortak mod akımlarından kaynaklanan ışıma, anten paterni üzerinde bozucu etki göstermektedir. Bu sorunun giderilmesi için anten yapısının dengeli geometrilerden seçilmesi ve dengesiz bir yapı olan RF koaksiyel kablo ile dengeli anten yapısı arasında geçiş yapılmasını sağlayan ara elemanlar tasarlanmasıdır. Gerçekleştirdiğimiz UWB mikroşerit yönsüz dipol anten tasarımında ortak mod akımları etkisinin giderilmesi amacıyla mikroşerit balun transformer tasarımı gerçekleştirilmiştir.

ANTENLER VE TEMEL ANTEN PARAMETRELERİ

Anten, klavuzlanmış radyo dalgalarının serbest uzaya gönderilmesi veya serbest uzaydan gelen radyo dalgalarının klavuzlanmış radyo dalgalarına dönüştürülmesini sağlayan dönüştürücü yapıdır[1]. Kablosuz haberleşme sistemlerinin en temel bileşeni olan antenin performansı, iletişimin kalitesinin ve kablosuz haberleşmenin alıcı devre, verici devre vb. bileşenlerinin tasarım zorluklarının en aza indirilmesi açısından önemlidir.

2.1 Temel Anten Parametreleri

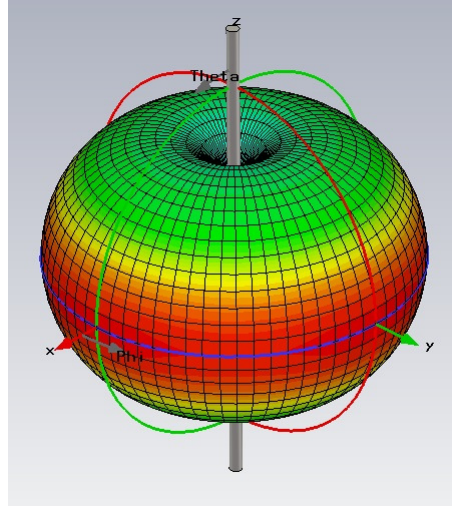
Anten performansının ölçülebilirliğinin sağlanması amacıyla parametreler tanımlanmıştır[11]. Parametreler, antenin alıcı veya verici devre ile uyumlu çalışırılığı ve kullanılacağı uygulamanın amacına bağlı olarak belirlenmiştir. Anten parametrelerinin tanımı ve uygulamadaki kullanımından birçok temel kaynakta bahsedildiğinden fazla detaylandırılmadan anlatılmıştır.

2.1.1 Işıma Paterni

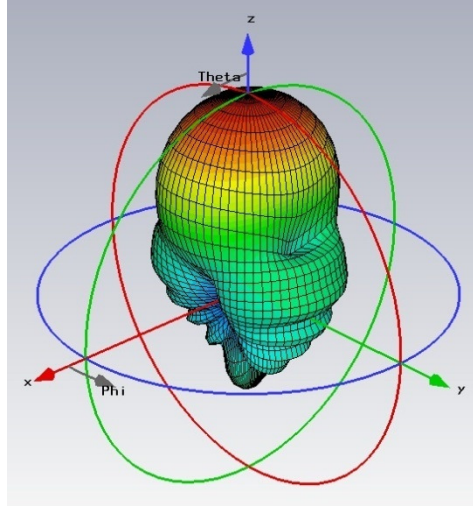
Anten ışıma paterni, antene iletim hattı üzerinden gönderilen radyo dalgalarının antenin merkezinde bulunduğu bir koordinat sisteminde hangi yönde ve hangi seviyede gönderildiğinin bilgisini veren parametredir. Anten tipleri, antenlerin kullanım

amacına ve uygulama yerine bağı olarak ihtiyaç duyulan ışıma paternini sağlamasına göre seçilmektedir.

İşıma paternleri şekillerine bağı olarak üç ana başlıkta toplanmaktadır. Bunlar, izotropik, yönlü ve yönsüz ışıma paternidir. İzotropik ışıma paterni antenin merkezinde bulunduğu bir küresel koordinat sisteminde radyal bileşenin küre yüzeyini taradığı bütün noktalara aynı seviyede işaret göndermesi durumudur. İzotropik ışıma paterni gerçekleşmesi mümkün olmayan ancak gerçekleştirilebilen antenlerin ışıma seviyelerinin ifade edilmesinde bir referans değeri sağlamaktadır. Yönlü ışıma paterni, antenin belirli bir yönde diğer yönlerle göre daha yüksek seviyede işaret göndermesi durumudur. Yönsüz ışıma paterni ise küresel kordinat sisteminin merkezine z eksenini doğrultusunda yerleştirilmiş bir antenin Φ eksenine bağı ışıma paterninin yaklaşık olarak değişmiyor olmasıdır. Şekil 2.1 ve Şekil 2.2 de sırası ile yönsüz ve yönlü ışıma paternleri grafiksel olarak gösterilmektedir.



Şekil 2.1 Yönsüz ışıma paterni



Şekil 2.2 Yönlü ışıma paterni

2.1.2 Polarizasyon

Polarizasyon, bir antenden ışınan elektromanyetik dalganın antenin uzak alanında, yayılma doğrultusuna dik olan bir düzlemde elektrik alan bileşeni vektörünün zamana bağlı olarak oluşturduğu şekil olarak ifade edilir[11]. Üç temel polarizasyon tipi vardır. Bunlar doğrusal, dairesel ve eliptik polarizasyonlardır. Eğimli polarizasyon, sağ el polarizasyon, sol el polarizasyon vb. polarizasyonlar üç temel polarizasyonun özel durumlarıdır. Doğrusal polarizasyon, ışınan alanın elektrik alan bileşeni vektörünün bir periyotluk süre içerisinde dalganın yayılma doğrultusuna dik olan bir düzlem üzerinde doğrusal bir çizgi oluşturması durumudur. Doğrusal polarizasyon referans düzlemine bağlı olarak yatay ve düşey polarizasyon olarak isimlendirilir. Dairesel ve eliptik polarizasyonlar ise oluşan şeklin daire ve elips olması durumuna verilen isimlerdir. Anten polarizasyonu, antenin merkezinde bulunduğu bir koordinat sisteminde radyal bileşenin doğrultusuna bağlı olarak farklılık göstermektedir. Bu sebeple polarizasyonun açığa bağlı değişimini göstermek amacıyla polarizasyon paterni tanımlanmıştır. Polarizasyonun kablosuz haberleşme uygulamalarındaki kullanımından bahsedilecek olursa, alıcı ve verici antenlerin en yüksek sinyal seviyesinde haberleşebilmesi için aynı polarizasyona sahip olacakları şekilde konumlandırılmaları gerekir. Doğrusal polarizasyonlu olan alıcı ve verici antenin, alıcı tarafta maksimum sinyal seviyesine ulaşılabilmesi için ikisinin düşey ya da ikisinin yatay polarizasyona getirilmeleri gerekmektedir. Dairesel polarizasyon elektrik alan vektörünün ilerleme doğrultusuna

dik olarak saat yönünde dönmesi durumunda sağ el polarizasyon, saat yönünün tersine dönmesi durumunda sol el polarizasyon olarak isimlendirilir. Alıcı antenin sağ el, verici antenin sol el polarizasyonda olması veya tam tersi durumda iki anten arasında gerçekleştirilmeye çalışan haberleşmede sinyal seviyesi çok düşük olacaktır. Bu durum bazı uygulamalarda avantaj olarak kullanılmaktadır. Örneğin aynı bölgede tek bir frekans ile haberleşme yapılmak istendiğinde, aynı frekans bandı birbirine ters polarizasyonu kullanan iki farklı haberleşme uygulaması için kullanılabilir. Bu sayede haberleşme aynı bölgede iki katına çıkarılmış olur. İki antenin aynı polarizasyonda olması ortak-polarizasyon, ters polarizasyonlu olması çapraz polarizasyon olarak isimlendirilir. Antenlerin çapraz polarizasyonda gelen işareti ne kadar düşük aldığı da bir anten performans göstergesidir ve ihtiyaç duyulan uygulamalarda hayati önem taşıyabilmektedir.

2.1.3 Anten Giriş Empedansı

Anten giriş empedansı en temel ifadesi ile antenin uyartım noktasında bulunan iki uç arasında oluşan potansiyel ile akımın birbirine oranıdır[11]. Anten empedansı eşitlik (2.1)'de gösterildiği gibi R_A anten empedansının reel kısmı ve X_A anten empedansının imajiner kısmının toplamı şeklinde ifade edilir.

$$Z_A = R_A + j \cdot X_A \quad (2.1)$$

Anten empedansının reel kısmı eşitlik (2.2)'de gösterildiği gibi, R_r ışıma direnci ve R_L kayıp direncinden oluşur.

$$R_A = R_r + R_L \quad (2.2)$$

İşıma direnci, antenin bağlandığı kaynaktan, kendisine aktarılan gücün ne kadarının ışıdığıнын ifade edilmesini sağlayan bir değerdir. Kayıp direnci ise antenin yapımında kullanılan malzeme üzerinde yürüyen akıma bağlı olarak ısıya dönüşen enerjinin ifade edilmesini sağlayan değerdir. Anten ile antenin bağlandığı kaynak arasında maksimum enerji transferinin sağlanabilmesi bağlanan kaynağın empedansı ile antenin empedansının eşlenik uyumlandırılmış olması gerekir.

2.1.4 Bant Genişliği

Bir antenin bant genişliği, anten performans parametrelerinin standartlaşmış veya uygulamaya bağlı olarak istenilen değerleri sağladığı frekans aralığıdır[11]. Bant genişliği tanımı bazı durumlarda anten performans parametrelerinden yalnızca birinin korunduğu frekans aralığına bağlı olarak da belirlenmektedir. Yaygın olarak antenin empedans uyumluluğunun istenilen değer aralığında olduğu durum olan empedans bant genişliği tanımı kullanılmaktadır. Ancak bazı durumlarda uygulamaya bağlı olarak ışıma paterninin istenilen şekli korunduğu frekans aralığı olarak tanımlanan ışıma paterni bant genişliği de kullanılmaktadır.

2.1.5 Anten Verimliliği

Anten verimliliği, birden fazla verimlilik etkeninin birleşimi şeklinde ifade edilebilir[11]. Antene bir iletim hattı ile gönderilen enerjinin bir kısmı anten ile iletim hattı arasındaki empedans uyumluluğunun başarısına bağlı olarak geri yansımaya uğrayacaktır. Bu durum yansıma verimliliği e_r olarak ifade edilmektedir. Antene aktarılan gücün bir kısmında anten yapısını oluşturan iletken ve dielektrikler üzerinde kayba uğrayacaktır. Bu etkilerde iletkenlik verimliliği e_c ve dielektrik verimliliği e_d olarak ifade edilmektedir. Toplam verimlilik e_0 bu noktada iki ana bileşenden oluşmaktadır. Bunlar yansıma verimliliği ve iletkenlik verimliliği ile dielektrik verimliliğinin toplamı olan ışıma verimliliği e_{cd} dir.

$$e_0 = e_r + e_{cd} \quad (2.3)$$

2.1.6 Anten Işıma Verimliliği

Anten ışıma verimliliği e_{cd} , iletkenlik ve dielektrik kayıplarını içerdiği ve bunların hesaplanmasının zorluğundan dolayı, ölçüm sonucu elde edilen veriler üzerinden hesaplanır[11]. Anten ışıma verimliliği, antenin ısıdığı güç ile antene verilen toplam gücün birbirine oranlanmasıdır. Anten üzerinde besleme hattından gelen uyarıma bağlı olarak oluşan akım iki güç ifadesi içinde aynı olacağından bu oran (2.4) eşitliğine indirgenir.

$$\frac{R_r}{R_r + R_L} \quad (2.4)$$

2.1.7 Yönlendiricilik

Yönlendiricilik, antenin bir yöndeki ışıma yoğunluğunun, tüm yönlerdeki ışıma yoğunluğunun ortalamasına oranıdır[11]. Ortalama ışıma yoğunluğu, antenden ışıyan toplam gücün 4π ye oranıdır. Yönlendiricilik hesaplaması eşitlik (2.5)te gösterilmektedir. Bir anten yönlendiriciliğinden bahsedilirken yön belirtilmiyor ise antenin yönlendiriciliğinin maksimum olduğu yön kabul edilir. D , yönlendiriciliği, U , ışıma yoğunluğunu, U_o , ortalama ışıma yoğunluğu ve $P_{ışılma}$, toplam ışıyan gücü ifade etmektedir.

$$D = \frac{U}{U_o} = \frac{4\pi U}{P_{ışılma}} \quad (2.5)$$

2.1.8 Kazanç

Kazanç, yönlendiricilik ile birbirine çok yakın olan aynı zamanda anten verimliliğinin kapsayan bir anten parametresidir. Belirli bir yöndeki ışıma yoğunluğunun, aynı ışıma gücünü alan izotropik bir antenin ışıma yoğunluğuna oranıdır[11]. Kazanç tanımında antenin empedans uyumsuzluğundan kaynaklanan kayıpların hesaba katılmasını IEEE standartları kabul etmemektedir. Bu sebeple anten kazancı için uyumsuzluk kaybının var olduğu ve olmadığı iki tanım yapılmaktadır. Bunlar eşitlik (2.7) ve (2.8) de gösterilmektedir. Burada e_r , yansıma verimliliğini, Γ , yansıma katsayısını, P_{giren} , antene iletim hattından gelen gücün tamamını, G , IEEE anten kazancını, G_{mut} , mutlak anten kazancını ifade etmektedir.

$$e_r = (1 - \Gamma^2) \quad (2.6)$$

$$G(\theta, \phi) = \frac{4\pi U(\theta, \phi)}{P_{giren}} \quad (2.7)$$

$$G_{mut} = e_r G(\theta, \phi) \quad (2.8)$$

2.1.9 Hüzme Genişliği

İşıma hüzme genişliği, anten ışıma paterninin kabul görmüş performans parametrelerinden biridir. Işıma paterninin maksimum kazanç değerine ulaştığı hüzmesi üzerinde maksimum değeri aldığı noktadan, iki farklı yönde belirli değeri sağlayan noktalar arasındaki açıdır[11]. Half Power Beam Width (HPBW), yarım güç

huzme genişliği olarak isimlendirilen tanım, en yaygın olarak kullanılan tanımdır. Işıma paterni üzerindeki maksimum değerin bulunduğu noktadan iki farklı yönde maksimum değerin yarısına düşüldüğü noktalar arasındaki açıyı ifade etmektedir. Bunun dışında farklı huzme genişlik tanımları da mevcuttur. Bunlardan bir tanesi, maksimum değerin onda birine düşüldüğü onda bir huzme genişliği ve diğer bir tanesi de maksimum noktasından itibaren görülen ilk sıfır noktaları arasındaki açıyı ifade eden First Null Beam Width (FNBW), ilk sıfır huzme genişliğidir.

2.2 Anten Başarılı Çalışma Parametre Kesişimi

Anten parametreleri, antenin kullanılacağı uygulamaya bağlı olarak öncelik sıralamasında yer değiştirmektedir. Literatürde yer alan anten tasarım makalelerinde yaygın olarak ön plana çıkan üç temel parametre vardır. Bunlar, anten empedansı, ışıma paterni ve anten ışıma verimliliğidir. Anten empedansının, 50 ohm iletim hattına uydurulmasında kabul görmüş olan performans değeri $VSWR \leq 2$ veya $S_{11}(dB) \leq -10$ dur. Literatürde yer alan bazı makalelerde antenin empedans uyumluluğunun 1:10 vb. çok geniş bant aralıklarında sağlandığı belirtilmekte ancak ışıma paterninin veya ışıma verimliliğinin bu frekans bant aralığı boyunca korunup korunmadığı bilgisi verilmemektedir[12].

Bir antenin kullanılacağı uygulamaya bağlı olarak yukarıda belirtilen üç temel parametrede beklenen performans ölçütlerini çalışma frekans bandında eş zamanlı olarak sağlaması gerekmektedir. Üç parametre içerisindeki en düşük performansı gösteren parametre diğerlerini de kısıtlamaktadır. Bu çalışmada gerçekleştirilecek tasarım için bu durum bölüm 4.1 de detaylı olarak anlatılacaktır.

BÖLÜM 3

UWB ANTENLER

UWB antenler, geniş frekans aralıklarında çalışmalarından dolayı, çok kanallı veya çok sistemli uygulamalarda kullanım kolaylığı sağlamaktadır. Bu nedenle UWB anten tasarımı bir dönem yoğun bir ilgi olmuştur[13]. Düzenleme kuruluşlarının frekans bantlarına getirdiği kısıtlamalar, farklı yöntemlerdeki teknolojik gelişmeler vb. durumlar UWB anten tasarımı olan ilgiyi azaltmıştır. Ancak son yıllarda Amerikan düzenleme kuruluşu, Federal Communication Commission (FCC) 'ın görüntüleme, algılama ve haberleşme gibi yoğun ilgili gören uygulamalar için UWB bant aralığındaki geliştirme çalışmalarına verdiği izinler sayesinde UWB anten tasarımı ilgi yeniden artmıştır.[13]

UWB terimi çoğunlukla yanlış kullanılmaktadır. FCC tarafından açıklanan UWB tanımı, yansıma kaybının $S_{11}(\text{dB}) < -10\text{dB}$ olduğu frekans bant genişliğinin, merkez frekansa oranının %25 den fazla olması durumudur[14]. Bu çalışmada UWB uygulamaları için FCC tarafından lisanssız kullanıma açılan frekans bandı olan 3.1-10.6GHz frekans aralığı kullanılacaktır[14].

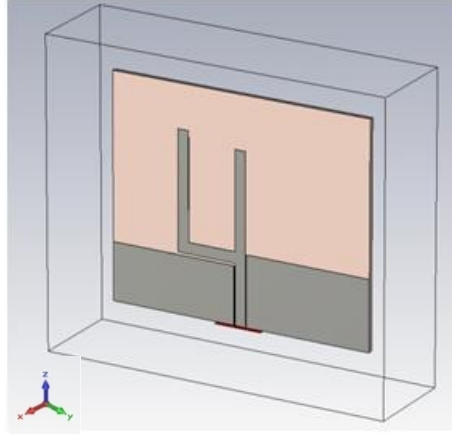
3.1 Literatürdeki UWB Mikroşerit Yönsüz Anten Modelleri

Literatürde birçok farklı geometriye sahip olan UWB mikroşerit yönsüz anten modeli vardır. Üretiminin kolay ve maliyetinin düşük olmasından dolayı mikroşerit yapılar tercih edilmektedir. Bu bölümde literatürde yer alan UWB mikroşerit anten modellerinden bazıları örnek olarak alınmıştır. Örnek modellerin geometrileri boyut

Çizelge 3.1 Anten Modeli-1 geomteri parametreleri

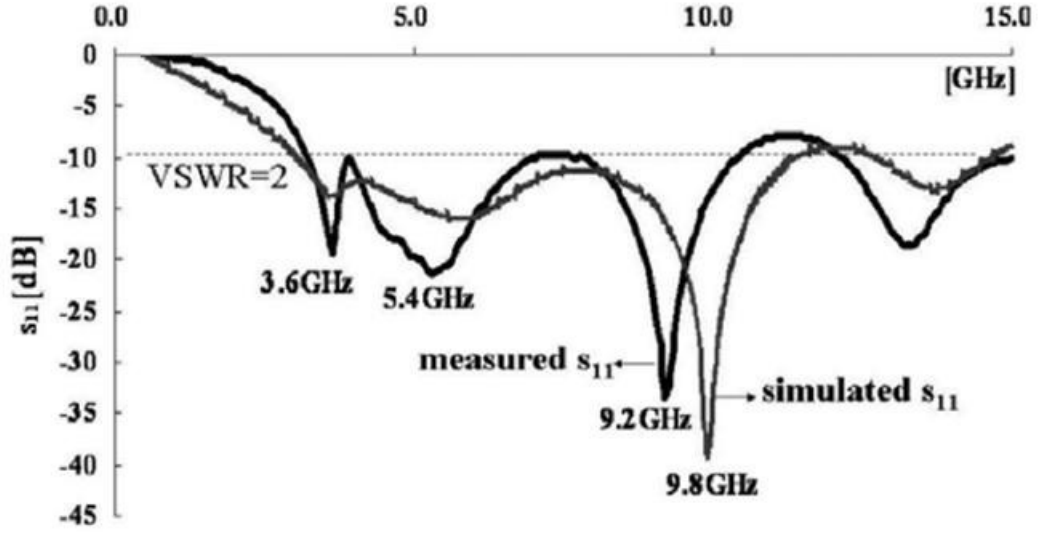
Parametre	Değer(mm)
W	30
L	25
L_1	11.02
L_2	12.06
L_m	5.43
L_g	0.3
w, L_s	1.25
g	0.1
P_a	6.45
P_b	1.45
h	0.5

Anten modeli $h = 0.5mm$ kalınlıklı, $\epsilon_r = 3.38$ olan RO4003 dielektrik kart üzerinde oluşturulmuştur. CST MWS programında oluşturulan anten modeli Şekil 3.2 de gösterilmektedir.

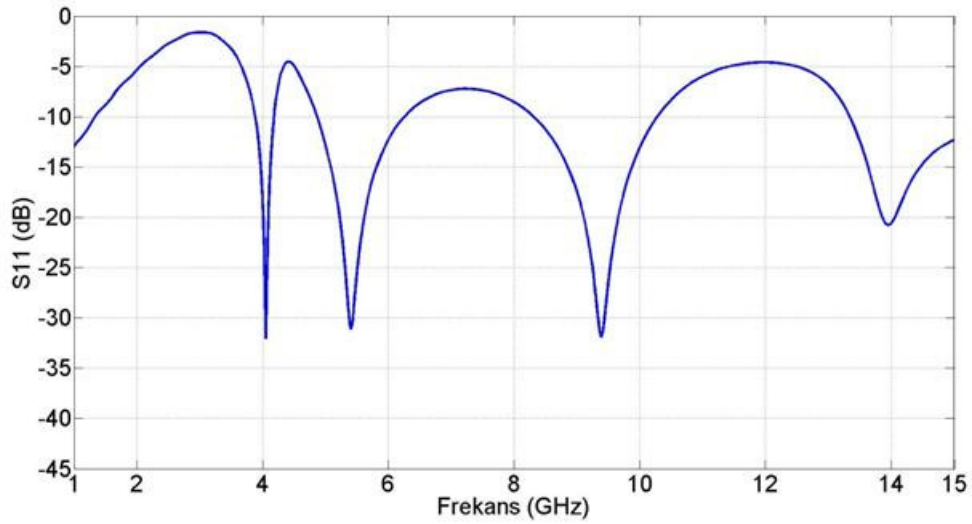


Şekil 3.2 Anten modeli-1

Anten modelinin makale de verilen $S_{11}(dB)$ parametresi sonucu Şekil 3.3 de gösterilmektedir. CST MWS uygulamasında gerçekleştirilen benzetim çalışması sonucunda elde edilen $S_{11}(dB)$ grafiği de Şekil 3.4 de gösterilmektedir.



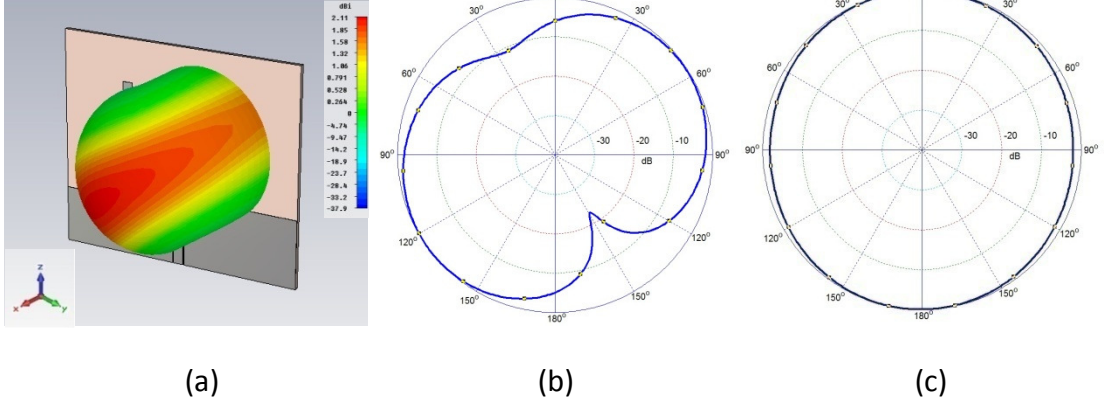
Şekil 3.3 Anten Modeli-1 Makalede verilen S11 ölçüm ve benzetim sonucu



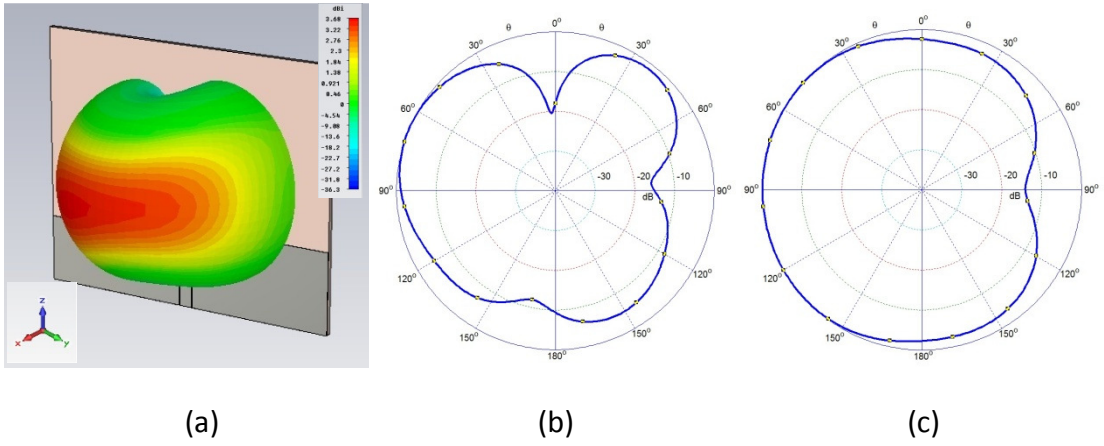
Şekil 3.4 Anten Modeli-1 S11 benzetim sonucu

Makale de belirtilen $S_{11}(\text{dB})$ parametresi benzetim ve ölçüm sonucu, $S_{11}(\text{dB}) < -10$ koşulunu sınır noktalarda sağlıyor görünmesine rağmen, gerçekleştirdiğimiz benzetim çalışmasında UWB frekans bandında $S_{11}(\text{dB})$ grafiğinin şekli benzemesine rağmen seviyesi -10 değerinin üzerine çıkmaktadır. Ancak makale de ölçüm sonucu verildiği için doğru olduğunu kabul ederek çalışmamıza devam ediyoruz.

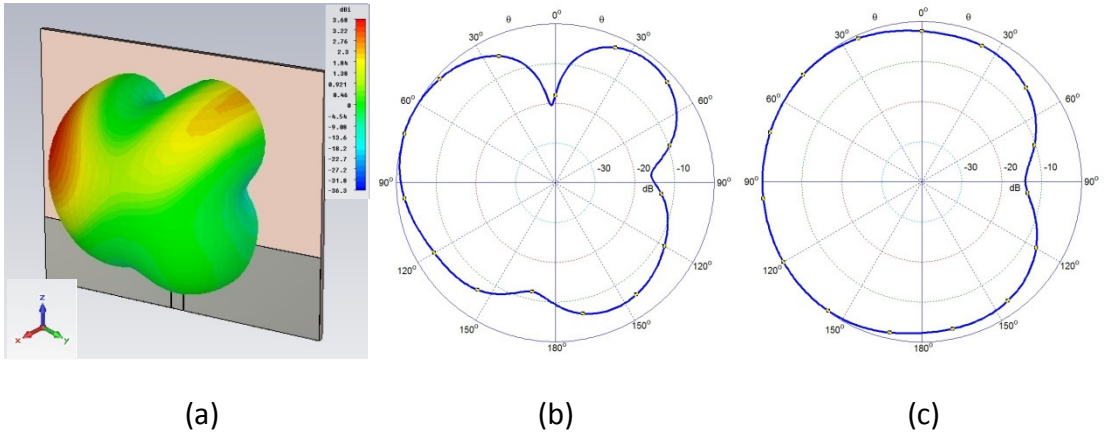
Benzetim çalışması sonucunda elde edilen ışıma paterni sonuçları 3.6, 5.4 ve 9.2 GHz için sırası ile Şekil 3.5, 3.6 ve 3.7 de verilmektedir.



Şekil 3.5 3.6GHz Işıma paterni (a) 3D, (b) 2D elevasyon, (c) 2D azimut grafikleri



Şekil 3.6 5.4GHz Işıma paterni (a) 3D, (b) 2D Düşey, (c) 2D yatay grafikleri

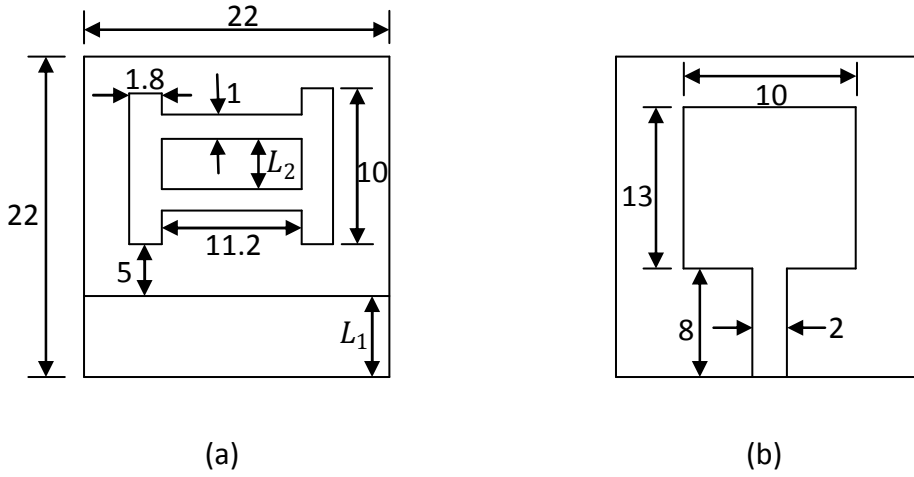


Şekil 3.7 9.2GHz Işıma paterni (a) 3D, (b) 2D Düşey, (c) 2D yatay grafikleri

Şekil 3.5 - 3.7 de görüldüğü gibi antenin ışıma paterni UWB frekans bandı boyunca şeklini koruyamamaktadır.

3.1.2 Anten Modeli-2

Sheikhan vd. [2] de sunduğu anten modelinde mikroşerit besleme yapısı kullanılmaktadır. Antenin toprak düzlemi ile aynı düzlemde, ön yüzdeki yama anten ile parazitik etkileşime giren yapı sayesinde UWB frekans bandını kapsadığı ve UWB frekans bandı boyunca yönsüz ışıma paternini koruduğu savunulmaktadır. Anten modelinin geometrisi Şekil 3.8 te gösterildiği gibidir. Modelin boyut bilgileri Çizelge 3.2 de verilmektedir.



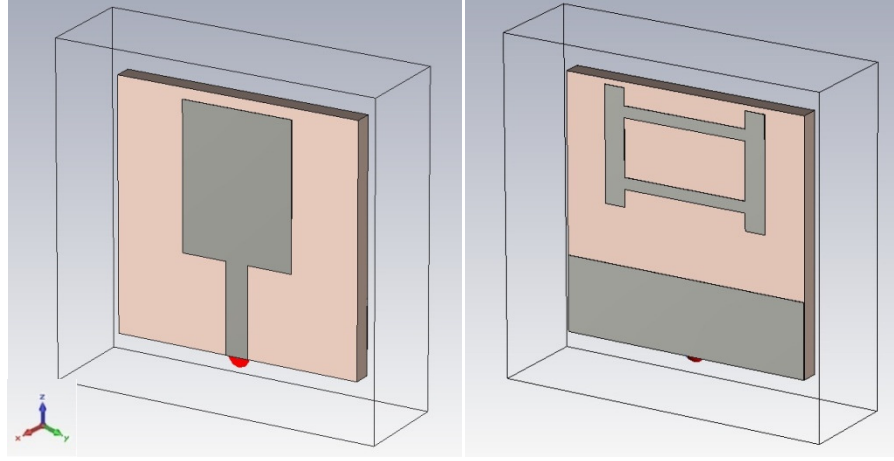
Şekil 3.8 Anten Modeli-2 geometrisi (a)Arka yüzü, (b)Ön yüzü

Çizelge 3.2 Anten Model-2 geometri parametreleri

Parametre	Değer(mm)
L_1	6.5
L_2	5
h	1.6

Anten modeli $h = 1.6mm$ kalınlıklı, $\epsilon_r = 4.4$ olan FR4 dielektrik kart üzerinde oluşturulmuştur.

CST MWS programında oluşturulan anten modeli Şekil 3.9 de gösterilmektedir.

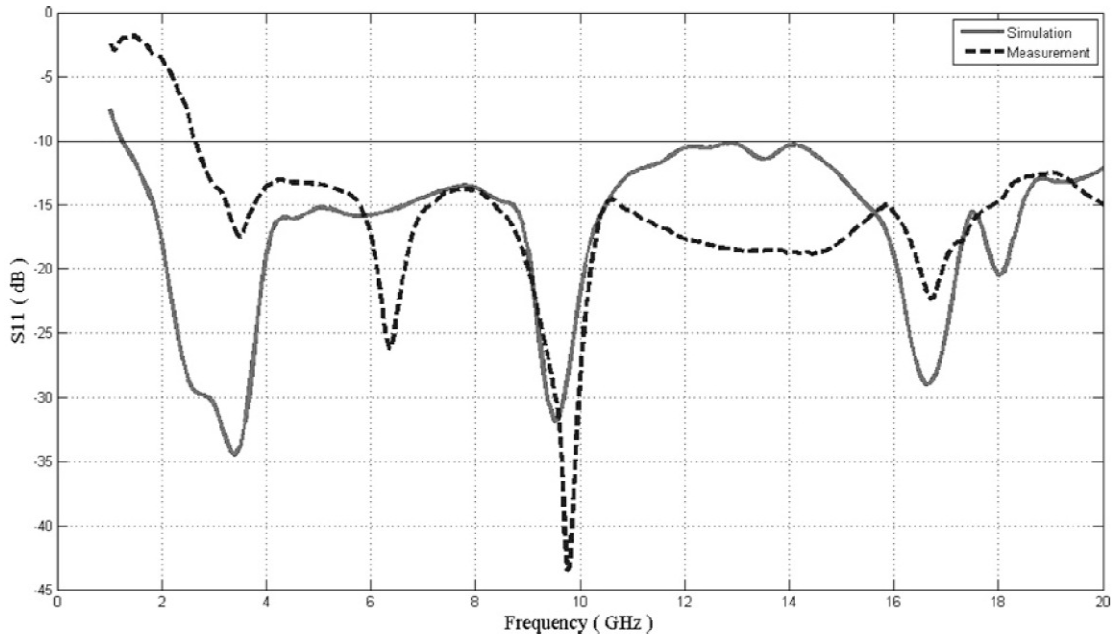


(a)

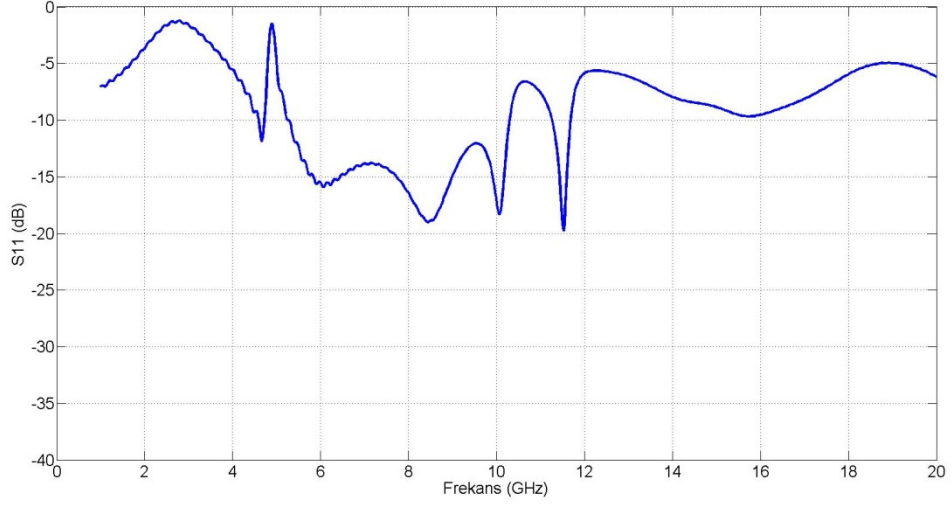
(b)

Şekil 3.9 Anten Model-2 (a) ön yüzü (b) arka yüzü

Anten modelinin makale de verilen S_{11} (dB) parametresi sonucu Şekil 3.10 de gösterilmektedir. CST MWS uygulamasında gerçekleştirilen benzetim çalışması sonucunda elde edilen S_{11} (dB) grafiği de Şekil 3.11 de gösterilmektedir.

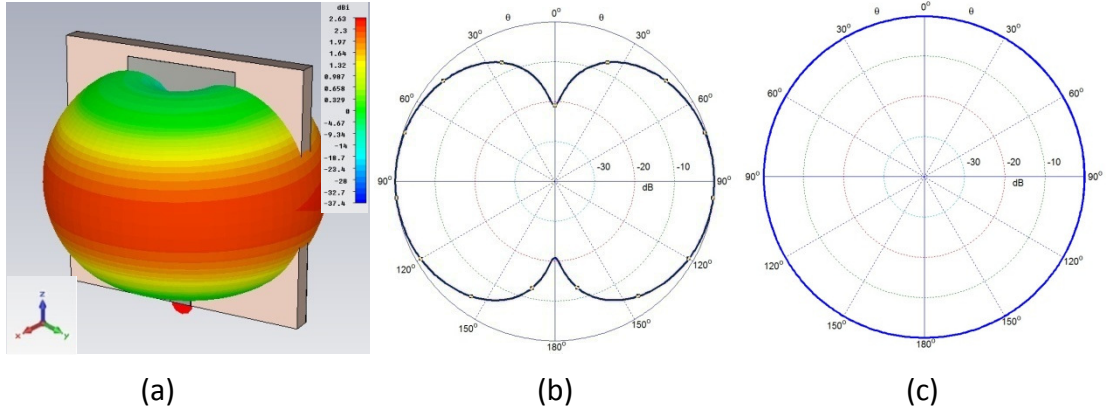


Şekil 3.10 Anten Model-2 Makalede verilen S_{11} ölçüm ve benzetim sonucu

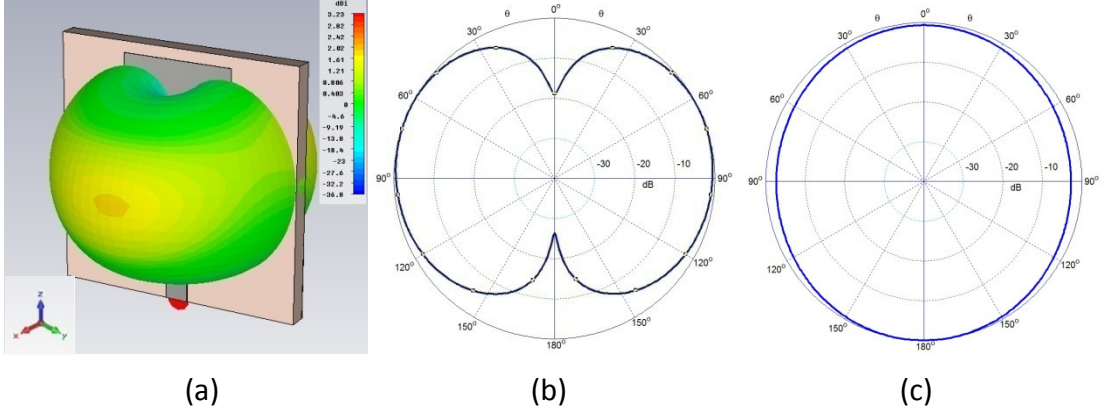


Şekil 3.11 Anten Model-2 S11 benzetim sonucu

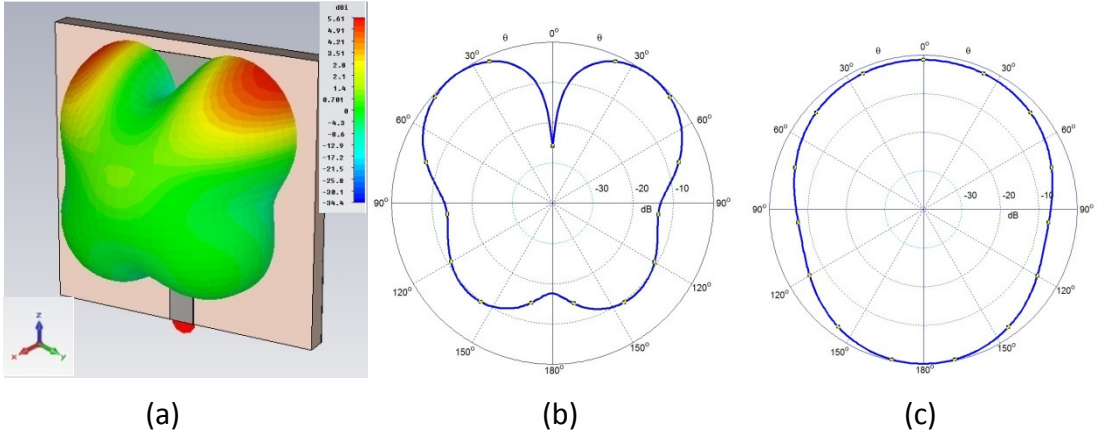
Makale de belirtilen S11 parametresi benzetim ve ölçüm sonucu, $S_{11}(\text{dB}) < -10$ koşulunu 3-20GHz aralığında sağlıyor görünmesine rağmen, gerçekleştirdiğimiz benzetim çalışmasında UWB frekans bandında S11(dB) parametresinin -10dB değerinin üzerine çıktığı görünüyor. Ancak makale de ölçüm sonucu verildiği için doğru olduğunu kabul ederek çalışmamıza devam ediyoruz. Benzetim çalışması sonucunda elde edilen ışıma paterni sonuçları 3, 7 ve 10 GHz için sırası ile Şekil 3.12, 3.13 ve 3.14 de verilmektedir.



Şekil 3.12 3GHz Işıma paterni (a) 3D, (b) 2D elevasyon, (c) 2D azimut grafikleri



Şekil 3.13 7GHz Işıma paterni (a) 3D, (b) 2D elevasyon, (c) 2D azimut grafikleri

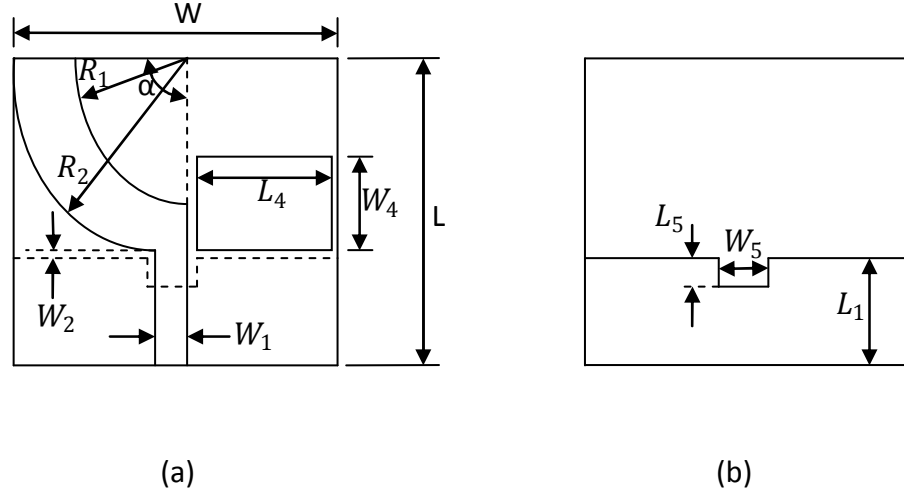


Şekil 3.14 10GHz Işıma paterni (a) 3D, (b) 2D elevasyon, (c) 2D azimut grafikleri

Şekil 3.12 - 3.14 de görüldüğü gibi antenin ışıma paterni 7GHz frekans değerine kadar şeklini korumakta ancak UWB frekans bandının üst sınırı değeri olan 10.6GHz değerine yaklaşıldığında şeklini kaybetmektedir.

3.1.3 Anten Model-3

Lu ve Yeh'in [3] te sunduğu anten modeli, mikroşerit besleme yapısını kullanmaktadır. Anten geometrisi mikroşerit besleme hattı ucuna bağlanan yay şeklindeki yapı ve UWB frekans bandının kapsanması için gerekli olan rezonansları sağlaması amacıyla parazitik olarak uyarılan dikdörtgen şekilli yapıdan oluşmaktadır. Antenin UWB frekans bandı boyunca yönsüz ışıma paternini koruduğu savunulmaktadır. Anten modelinin geometrisi Şekil 3.15 te gösterildiği gibidir. Modelin boyut bilgileri de Çizelge 3.16 de verilmektedir.



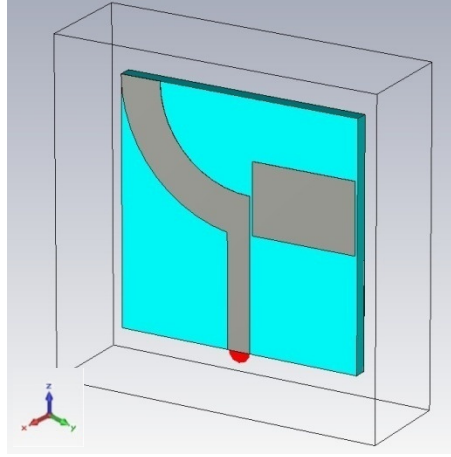
Şekil 3.15 Anten Modeli-3 geometrisi (a)arka yüzü, (b)ön yüzü

Çizelge 3.3 Anten Modeli-3 geometri parametreleri

Parametre	Değer(mm)	Parametre	Değer(mm)
L	30	W	30
L_1	13	W_1	2.86
L_4	13	W_2	1
L_5	4.5	W_4	8.7
R_1	10	W_5	3
R_2	16.5	H	1.6
α	90°	e_r	4.7

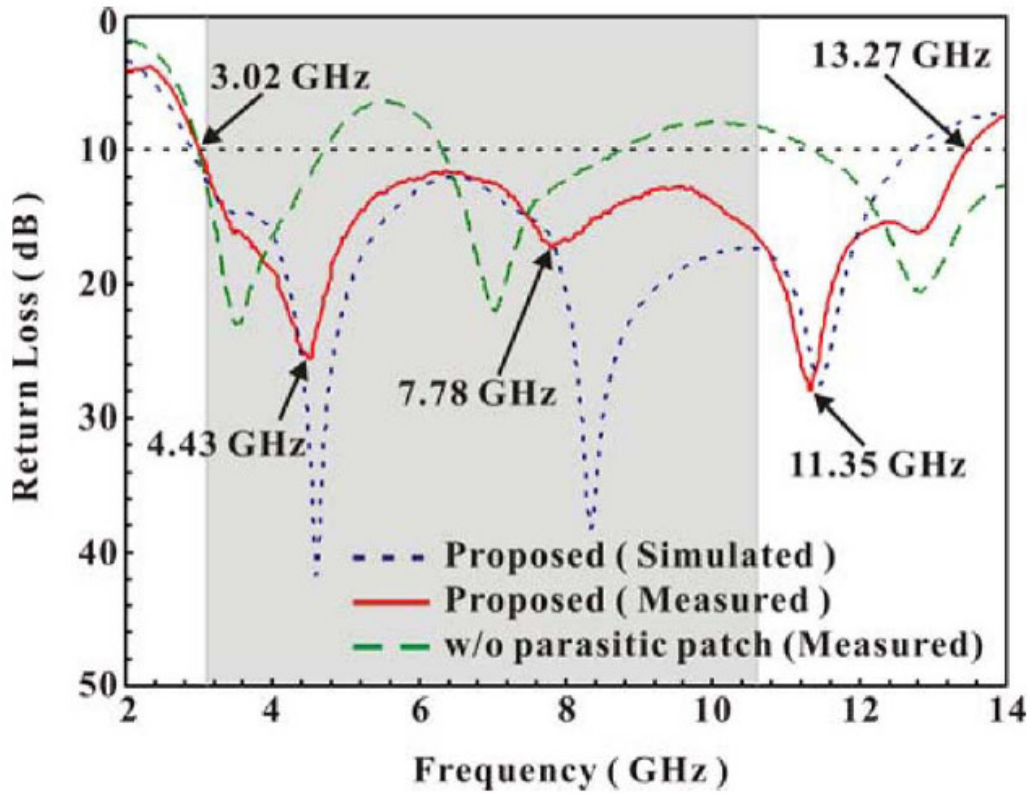
Anten modeli $h = 1.6mm$ kalınlıklı, $e_r = 4.7$ olan FR4 dielektrik kart üzerinde oluşturulmuştur.

CST MWS programında oluşturulan anten modeli Şekil 3.16 de gösterilmektedir.

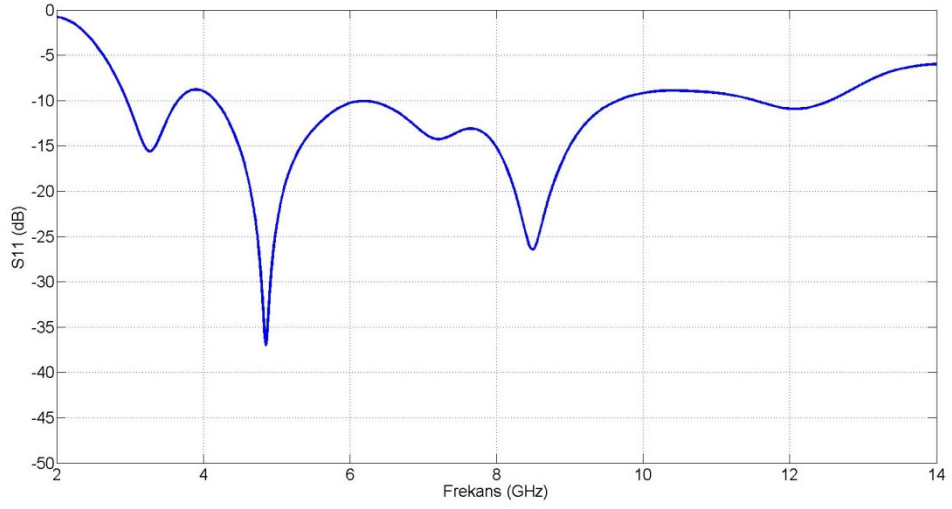


Şekil 3.16 Anten Modeli-3

Anten modelinin makale de verilen $S_{11}(\text{dB})$ parametresi sonucu Şekil 3.17 de gösterilmektedir. CST MWS uygulamasında gerçekleştirilen benzetim çalışması sonucunda elde edilen $S_{11}(\text{dB})$ grafiği de Şekil 3.18 de gösterilmektedir.



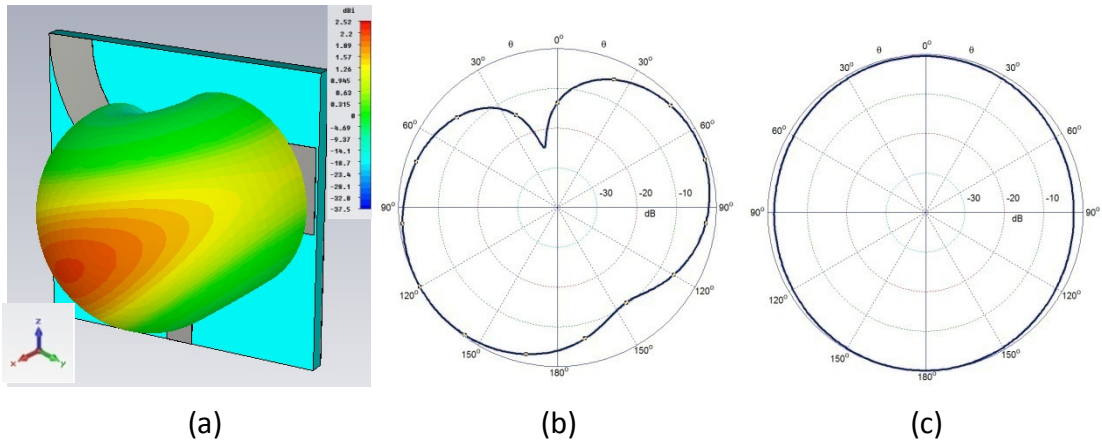
Şekil 3.17 Anten Modeli-3 makalede verilen S_{11} ölçüm ve benzetim sonucu



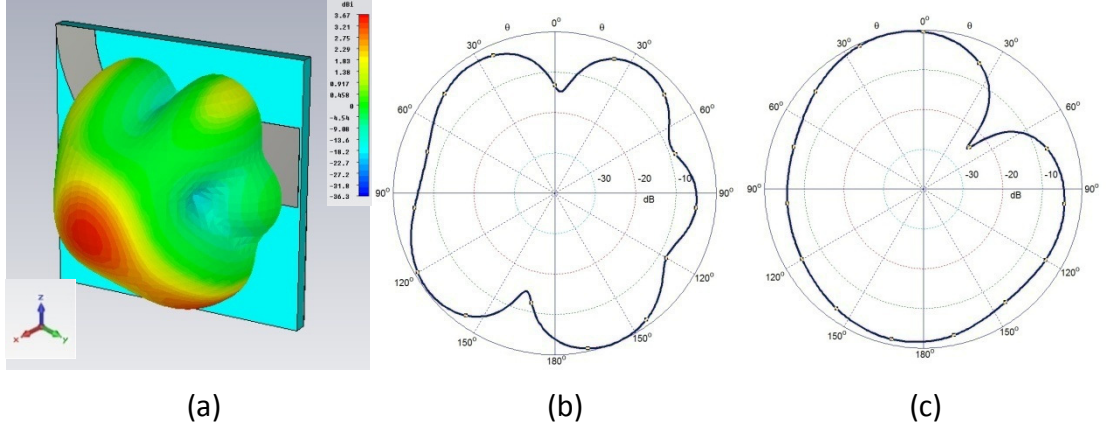
Şekil 3.18 Anten Modeli-3 S11 benzetim sonucu

Makale de belirtilen S11 parametresi benzetim ve ölçüm sonucu, $S_{11}(\text{dB}) < -10$ koşulunu UWB frekans aralığında sağlıyor görünmesine rağmen, gerçekleştirdiğimiz benzetim çalışmasında UWB frekans bandında $S_{11}(\text{dB})$ parametresinin değerinin -10dB nin üzerine çıktığı noktaların olduğu görünüyor. Ancak makale de ölçüm sonucu verildiği için doğru olduğunu kabul ederek çalışmamıza devam ediyoruz.

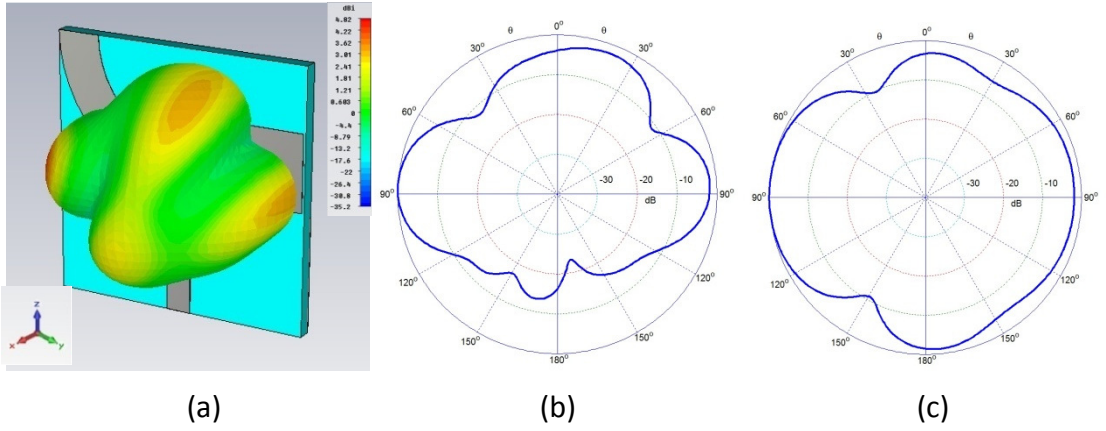
Benzetim çalışması sonucunda elde edilen ışıma paterni sonuçları 3, 7 ve 10 GHz için sırası ile Şekil 3.19, 3.20 ve 3.21 de verilmektedir.



Şekil 3.19 3GHz Işıma paterni (a) 3D, (b) 2D Düşey, (c) 2D yatay grafikleri



Şekil 3.20 7GHz Işıma paterni (a) 3D, (b) 2D Düşey, (c) 2D yatay grafikleri



Şekil 3.21 10GHz Işıma paterni (a) 3D, (b) 2D Düşey, (c) 2D yatay grafikleri

Şekil 3.19 - 3.21 de görüldüğü gibi antenin ışıma paterni UWB frekans bandı boyunca şeklini kaybetmektedir.

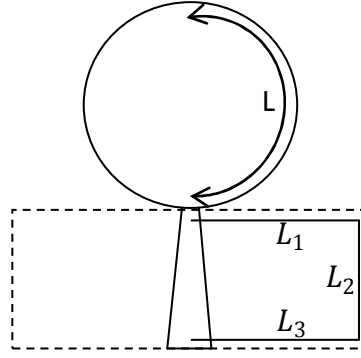
Literatürden alınan anten modellerinin bezetim sonuçlarında görüldüğü gibi, empedans uyumluluğu $VSWR < 2$ koşulunu sağlamasına rağmen, ışıma paterninin şeklini frekans bandı boyunca koruyamamasından dolayı, başarılı anten parametre kesişimini sağlayamamaktadır. Bu koşul altında antenlerin UWB frekans bandında çalıştığı söylenemez.

Bölüm 3.2 de UWB düzlemsel yönsüz antenlerin ışıma paternlerinde ortaya çıkan bozulmaların nedenleri tespit edilecektir.

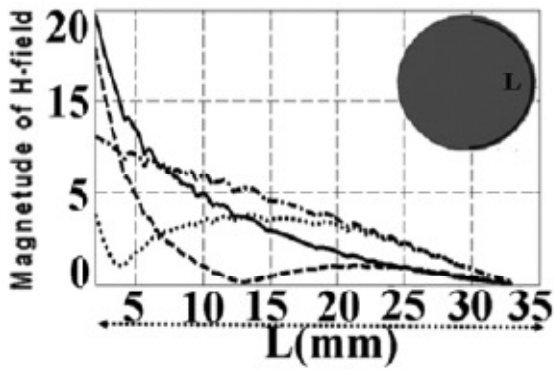
3.2 UWB Yönsüz Anten Modelleri Işıma Paterni Bozuklukları ve Nedenleri

Bölüm 3.1 de literatürde bir çok örneği bulunan UWB düzlemsel yönsüz anten modellerinden bazıları örnek alınarak benzetim çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu

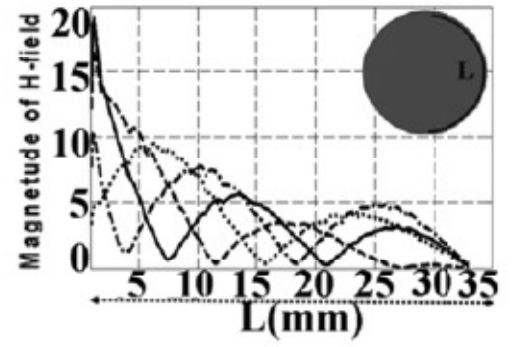
örneklerde görülmektedir ki antenin empedans uyumluluğu UWB frekans bandı boyunca başarılı olsa da, ışıma paterninde şekil değişiklikleri söz konusu olmaktadır. Literatürde ışıma paterninde meydana gelen bozuklukların giderilmesi amacıyla gerçekleştirilen çalışmaların çoğunluğu teorik temellerini belirlemeden anten geometrisi üzerinde deneme yanılma yöntemiyle sonuçların iyileştirilmesi yoluna gitmektedir[8]. Bazıları da anten modeli üzerinde optimizasyon teknikleri kullanarak ışıma paternini iyileştirmeye çalışmaktadır[5]. Diğer yandan UWB yönsüz ışıma paternine sahip olan antenlerin ışıma paterninde meydana gelen bozulmanın sebeplerinin tespit edilmesi için detaylı incelemeler ve teorik çözümler sunan çalışmalar da mevcuttur[6]. Bu çalışmalarda antenin geometri parametrelerinin değer aralıkları empedans bant genişliği ve patern bant genişliği açısından incelenmiştir. [6] nolu referansta anten modeli olarak Şekil 3.22 de gösterilen dairesel yama tekel anten seçilmiştir. Bu çalışmada gerçekleştirilen incelemeye göre anten ışıma paterni UWB frekans aralığı alt sınırı civarında yönsüz iken, yüksek frekanslarda şeklini kaybetmektedir. Anten boyutları daha önce bahsettiğimiz gibi empedans uyumluluğu ve ışıma paterni açısından incelenmiştir. Antenin UWB frekans aralığında empedans uyumluluğunu sağlayabilmesi için dairesel yamanın çapının alt frekans dalga boyunun dörtte biri civarında olmalıdır[6]. Antenin yüksek frekanslarda ışıma paterninde meydana gelen bozulmanın nedenini belirleyebilmek amacıyla anten üzerinde oluşan akımların genliğinin anten üzerindeki belirli konumlardaki faza bağlı değişimi takip edilmiştir. Şekil 3.23 te farklı faz değerlerinde akım dağılımının konuma bağlı değişimi için makalede verilen grafikler gösterilmektedir. Şekil 3.24 ve Şekil 3.25 te de anten modeli ile gerçekleştirdiğimiz benzetim çalışması sonucunda elde ettiğimiz akım dağılımının grafiksel gösterimi verilmektedir. Sonuç olarak düşük frekans değerlerinde antenin yama ve toprak uçları üzerindeki akım dağılımı fazdan bağımsız bir hal almaktadır. Yüksek frekansta ise fazın değişimine bağlı olarak akımın anten üzerinde farklı konumlardaki genlik dağılımı da değişmektedir. Düşük frekanslarda anten boyutları dalga boyundan küçük kaldığından rezonans olarak çalışmaktadır, yüksek frekansta ise anten boyutları dalga boyu mertebelerinde olduğundan dolayı akım anten üzerinde ilerlemektedir. Akım dağılımının değişmediği durum duran dalga paterni, değiştiği durum ise yürüyen dalga paterni oluşturmaktadır.



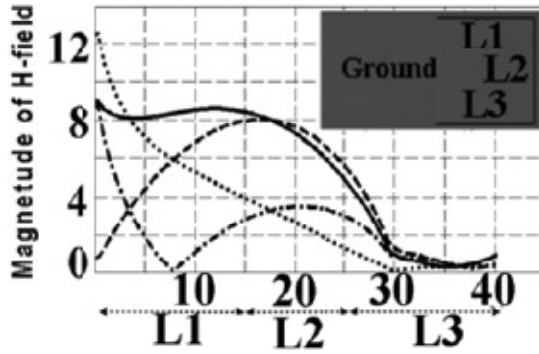
Şekil 3.22 Işıma Paterni Bozulması Örnek Anten Modeli



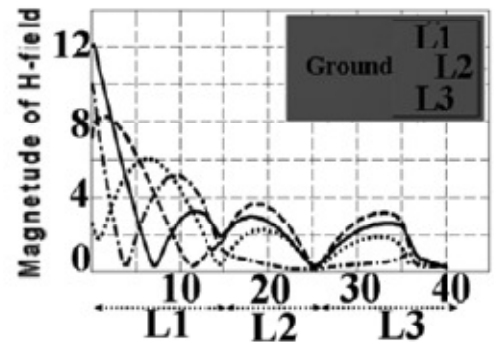
(a)



(b)

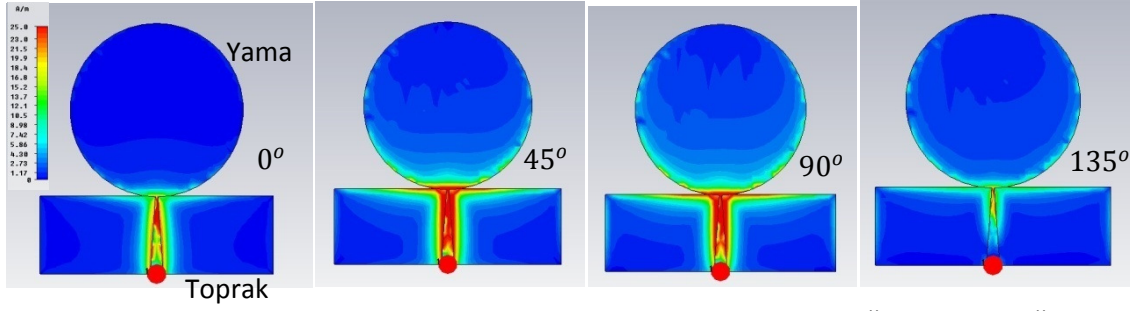


(c)

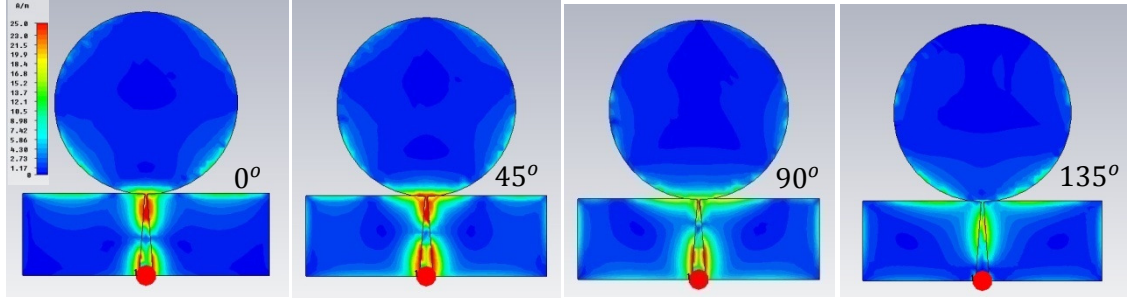


(d)

Şekil 3.23 Farklı fazlarda manyetik alan dağılımı (a) 3GHz Yama, (b) 10GHz Yama, (c) 3GHz Toprak, (d) 10GHz Toprak



Şekil 3.24 UWB Tekel Anten 3GHz 0, 45, 90 ve 135 derece faz değeri, akım dağılımı



Şekil 3.25 UWB Tekel Anten 10GHz 0, 45, 90 ve 135 derece faz değeri, akım dağılımı

Antenin empedans uyumluluğunu UWB frekans bandı boyunca koruyabilmesi için hem duran dalga, hem de yürüyen dalga modlarını desteklemesi gerekmektedir. Bu koşulun sağlanması için ihtiyaç duyulan anten şekil ve boyutları aynı zamanda istikrarlı anten paternini de sağlamalıdır. Anten, düşük frekansta yönsüz paterne sahip iken yüksek frekansta şeklini kaybettiğinden daha önce bahsetmiştik. Bu durumun giderilmesi için gerekli anten boyutlarının hesaplanması amacıyla, basit analitik hesaplamalardan yararlanılmaktadır[6].

Temel olarak antenin yama ve toprak bölümlerinde oluşan akımların antenin merkezine dik yönde ışıma paterninde sıfır noktası oluşmasına sebep olan anten boyutları belirlenmektedir. Bu durumun tespiti için L' uzunluğunda bir hat üzerinde oluşan yürüyen dalga'nın hat eksenine dik yöndeki ışıdığı alan hesaplanması eşitlik (3.1) de verildiği gibi yapılmaktadır.

$$E_{Yürüyen} = \frac{I}{r} \{2 - 2 \cos(\beta L')\}^{1/2} e^{-j\beta r} \xrightarrow{L'=\lambda} E = 0 \quad (3.1)$$

Buna göre akımın yürüyeceği uzunluğun bir dalgaboyunu geçmesi durumunda hat eksenine dik yönde sıfır noktası oluşacaktır. Bu sebeple yama üzerinde akımın yürüdüğü uzunluk olan yama çevresinin yarı uzunluğunun UWB frekans bandının üst sınırı olan 10.6GHz frekansının dalgaboyunu ($\lambda_{10.6GHz} = 28mm$) geçmemelidir.

Empedans uyumluluğu için daha önce belirttiğimiz üst sınır koşulunu da göz önünde bulundurduğumuzda yamanın yarıçapı ($\lambda_{10.6GHz}/\pi = 9mm$) ile ($\lambda_{3.1GHz}/8 = 12mm$) arasında olmalıdır[6].

Antenden ışıyan alan sadece yama yüzeyinde oluşan akımlardan kaynaklanmamaktadır. Toprak üzerinde akan akımlarda hesaba katılmalıdır. Toprak bölümünün boyutları da benzer bir hesaplama bulunmalıdır. Toprak üzerinde akan akımlar incelendiğinde L_1 üzerinde akan akım yürüyen dalga, L_2 üzerinde akan akım ise duran dalga modundadır[9]. Buna bağlı olarak L_2 üzerinde akan akımların anten düzlemine dik yönde ışıma paterni eşitlik 3.2 deki formülle hesaplanır.

$$E_{duran} = \frac{I}{r}(\cos(\beta L_2) - 1)e^{-j\beta r} \xrightarrow{L_2=\lambda} E = 0 \quad (3.2)$$

Toprak bölümünün dik uzunluk bileşeni L_2 , $\lambda_{10.6GHz}$ den küçük olmalıdır. Toprak düzleminin daha küçük olması ışıma paterninde yönsüz yapıya daha yakın olunmasını sağlamaktadır[6]. Burada da L_2 uzunluğu alt sınırını empedans uyumluluğunun bozulmayacağı sınır belirlemektedir. L_2 uzunluğu empedans uyumluluğunun bozulmadığı en düşük değeri olan 10 mm seçilmiştir.

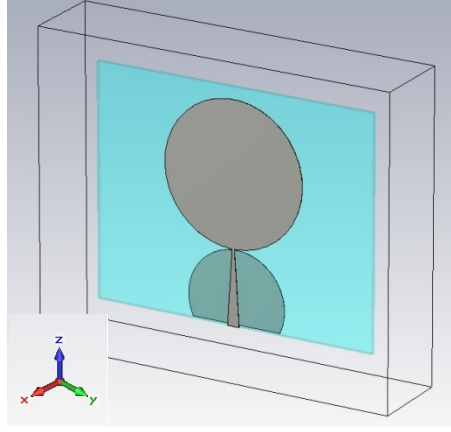
Toprak bölümü üzerinde düşey eksendeki akım ile yama üzerindeki düşey eksendeki akım arasında L_1 uzunluğu ile gösterilen yatay mesafeden dolayı bir faz gecikmesi söz konusudur. Aralarında bu faz gecikmesinin bulunduğu iki akımın anten düzlemine dik yönde ışıma paterninin değeri hesaplanarak, $L_1 = \frac{w}{2}$ uzunluğu bulunmalıdır. $\chi = \beta_f * L_1$ parametresi, faz gecikmesidir. Eşitlik (3.3) ve (3.4) toplam ışıyan alanı ifade etmektedir[10].

$$|E_T| = |E_o(1 + e^{j\chi})| = |E_o(1 + \cos\chi + j\sin\chi)| \quad (3.3)$$

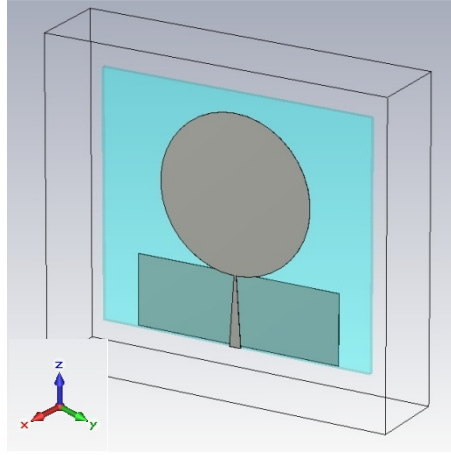
$$E_T = 2E_o \cos\left(\frac{\pi w}{2\lambda_f}\right) \xrightarrow{w=\lambda_f} E_T = 0 \quad (3.4)$$

Eşitlik (3.4) te görüldüğü gibi toprak bölümünün genişliği anten düzlemine dik yönde sıfır noktası oluşmaması için $\lambda_{10.6GHz}$ den küçük olmalıdır. Aynı zamanda yürüyen dalga modlarının 10.6GHz de anten geometrisi üzerinde taşınabilmesi için $\frac{\lambda_{10.6GHz}}{2}$ den de büyük olmalıdır. Bu nedenle Toprak bölümü genişliği 14 mm olarak seçilmiştir.

Anten boyutlarında belirlenen aralıklar içerisinde kalarak, yönsüz ışıma paternindeki başarıyı artırmak amacıyla toprak bölümü de dairesel yapıya getirilmiştir[6]. Yönsüz ışıma paternini elde etmek amacıyla belirlenen boyutların uygulandığı ve uygulanmadığı durumdaki anten modelleri sırası ile Şekil 3.26 ve 3.27 de gösterilmektedir.

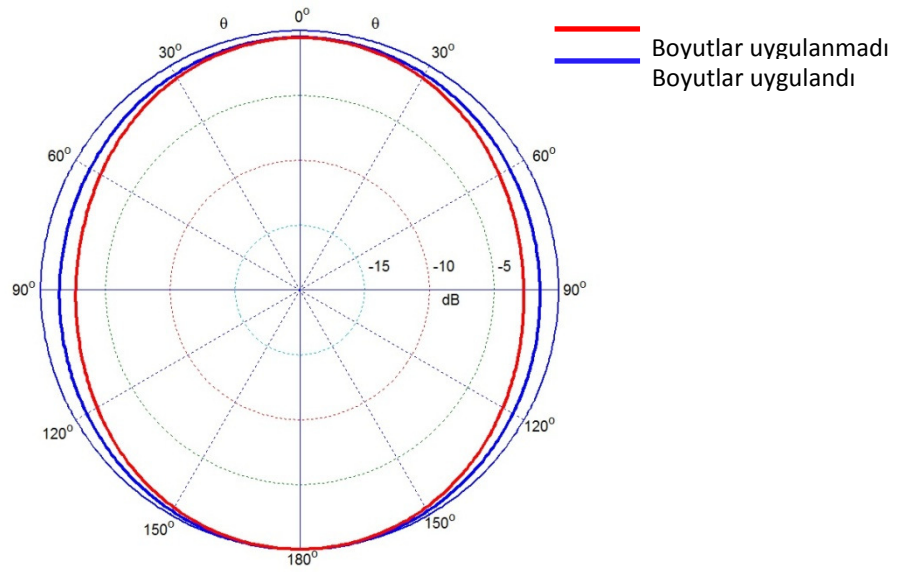


Şekil 3.26 Yönsüz ışıma paterni elde etmek amacıyla belirlenen boyutların uygulandığı anten modeli

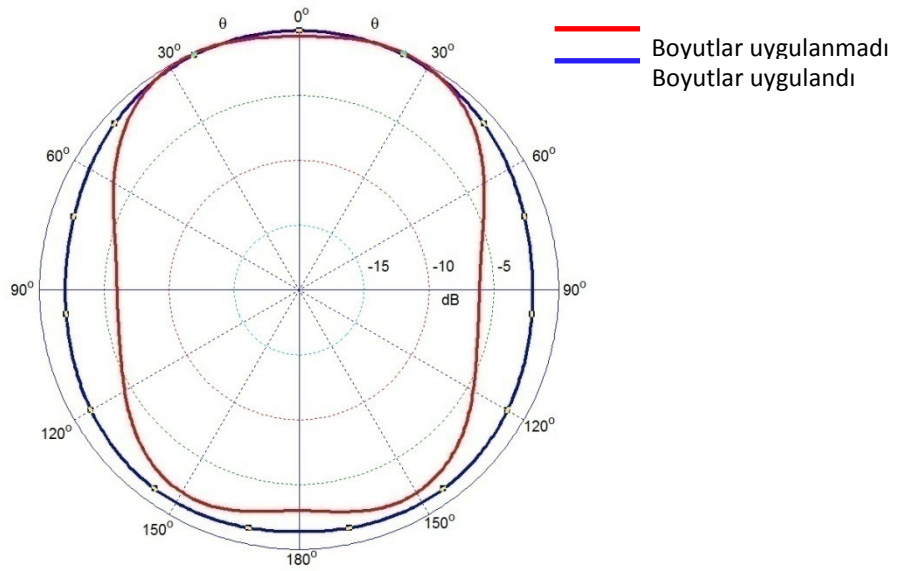


Şekil 3.27 Yönsüz ışıma paterni elde etmek amacıyla belirlenen boyutların uygulanmadığı anten modeli

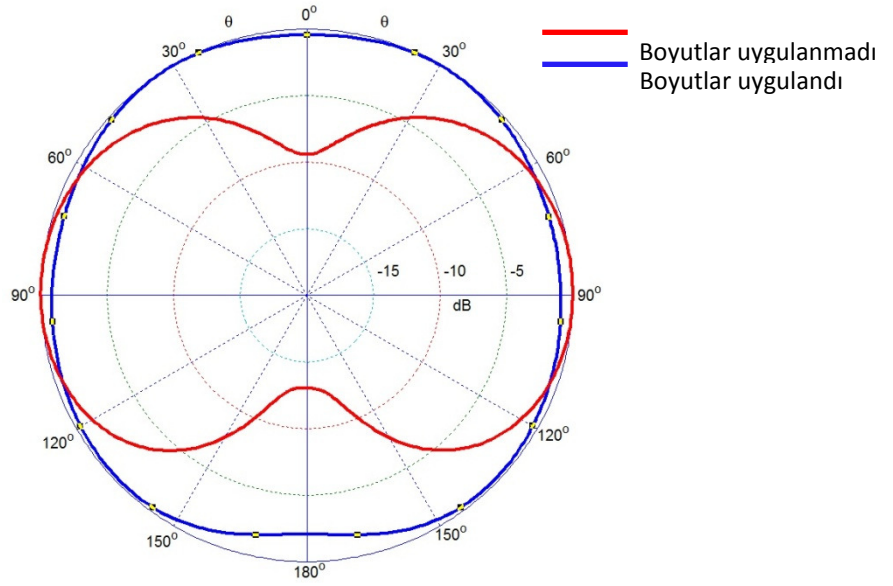
İki anten modeli ile gerçekleştirilen benzetim çalışması sonuçlarının 5, 8 ve 10 GHz frekansları için karşılaştırıldığı ışıma paterni azimut grafikler sırası ile Şekil 3.28, 3.29 ve 3.30 de verilmektedir.



Şekil 3.28 Yönsüz ışıma paterni elde etmek için belirlenen boyutların uygulandığı ve uygulanmadığı anten modeli 5GHz azimut patern sonuç karşılaştırması



Şekil 3.29 Yönsüz ışıma paterni elde etmek için belirlenen boyutların uygulandığı ve uygulanmadığı anten modeli 8GHz azimut patern sonuç karşılaştırması



Şekil 3.30 Yönsüz ışıma paterni elde etmek için belirlenen boyutların uygulandığı ve uygulanmadığı anten modeli 10GHz azimut patern sonuç karşılaştırması

Şekil 3.28-3.30 de görüldüğü gibi yüksek frekanslarda anten ışıma paterni üzerinde oluşan şekil bozuklukları, UWB frekans bandının kapsadığı frekans aralığında anten üzerinde oluşan akım modlarının empedans uyumluluğu ve patern şeklinin korunması açısından desteklenen anten geometrisi sağlanarak giderilebilmektedir.

BÖLÜM 4

UWB YÖNSÜZ ANTEN TASARIMI

Literatürde birçok UWB yönsüz anten tasarım örneği bulunmaktadır[1-10]. Bölüm 3 içerisinde bu çalışmalardan bazılarına yer verilmiş, üç farklı tasarım örneği incelenmiştir. Antenlerin empedans uyumlulukları başarılı olsada ışıma paternlerinin çalışma frekans bandı boyunca kararlı olmayabildiği gösterilmiştir. Işıma paternlerinde meydana gelen bozulmanın sebepleri belirlenmiş ve çözüm yolu sunulmuştur. Bu bölümde de UWB antenler için başarılı çalışma parametre kesişimi yeniden ele alınacak ve ışıma paternindeki bozulma sebeplerinden biri daha tanımlanmıştır.

4.1 Anten Başarılı Çalışma Parametre Kesişimine UWB Anten İçin Yeniden Bakış

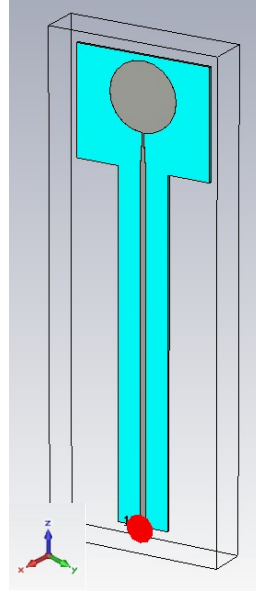
Antenlerin çalışma performanslarının ölçülebilmesi amacıyla belirlenen parametrelerden bölüm 2.1 de bahsedilmiştir. Bu bölümde, Bölüm 2.2 de tanımlanan anten başarılı çalışma parametre kesişimi, UWB antenler için tanımlanacaktır.

UWB frekans aralığı olarak FCC'nin tanımladığı lisanssız çalışma aralığı olan 3.1-10.6GHz frekans aralığı kabul edilmiştir. Bir UWB antenin bu frekans aralığında başarılı bir şekilde çalıştığının söylenebilmesi için antenin empedans uyumluluğunun $VSWR < 2$, $S_{11}(dB) < -10dB$ koşulunu sağlaması ve ışıma paterninin antenin kullanılacağı uygulamaya bağlı olarak ihtiyaç duyulan şeklini kaybetmemesi gerekmektedir. Anten verimliliği için belirlenen bir standart yoktur. Ancak uygulamada ihtiyaç duyulan güç seviyesi ve antenin yapımında kullanılan maddeler göz önünde bulundurulduğunda,

üzerinde fazla güç harcamaması için verimliliği yüksek olmalıdır. Bu sebeple mümkün olan en yüksek değerde tutulması gerekmektedir.

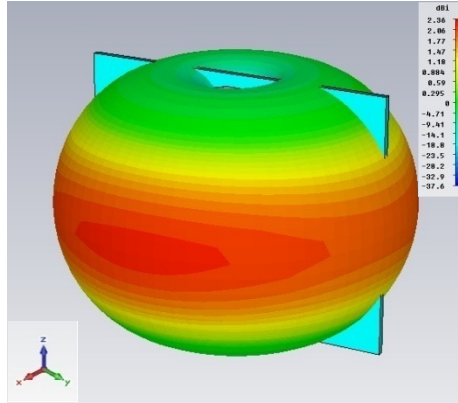
4.2 Anten Tasarımında Teoriden Pratiğe Geçişte Karşılaşılan Problemler ve Çözümleri

Bölüm 3.2 de anten modelinin geometrisinden kaynaklanan ışıma paterni bozuklukları tanımlanmış ve çözüm yolu sunulmuştur. Ancak anten ışıma paternindeki bozuklukların tek nedeni anten geometrisi değildir. UWB anten tasarımlarında empedans uyumluluğunun sağlanmasını kolaylaştırdığı için tekel anten yapıları tercih edilmektedir. Ancak tekel anten yapıları dengeli yapılar değildir. Antenin yapısının dengeli olmayışı, antenin canlı ve toprak uçlarının RF besleme kablosunun dış yüzeyi ve ona bağlı olan şase, kabinet vb. tüm metallere arasında potansiyel farkı oluşması anlamına gelmektedir. İdeal durumda bir RF koaksiyel kabloda merkez canlı uça ve dış yalıtımın iç yüzeyinde birbirine eş ancak ters yönlü iki akım mevcuttur. Ancak antenin dengeli olmayışından dolayı RF besleme kablosunun yalıtımının dış yüzeyinde ortak mod akımları olarak isimlendirilen bir akım oluşmaktadır. Bu akım nedeniyle RF kablo üzerinden de istenmeyen bir ışıma meydana gelmektedir. Meydana gelen bu ışıma anten ışıma paterni için bozucu etki göstermektedir[15]. Literatürdeki UWB anten tasarım çalışmalarında bu etki ihmal edilmektedir. Ancak antenin uygulamadaki kullanımında bu etki ile karşılaşılması kaçınılmazdır. Bu sorunun görselleştirilmesi amacıyla bölüm 3.2 de yönsüz ışıma paterninin elde edilmesi için boyutları ideal değerlere getirilen anten modelinin benzetim çalışması sonuçları ile aynı anten modelinin 10cm uzunluğunda bir mikroşerit hattın besleme ucuna eklenmesiyle elde edilen modelin ışıma paterni benzetim sonuçları karşılaştırılmıştır. Mikroşerit hattın bulunmadığı anten modeli şekil 3.26 da gösterilmektedir. Mikroşerit hattın bulunduğu anten modeli de şekil 4.1 de gösterilmektedir.

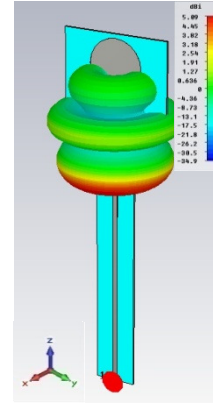


Şekil 4.1 Mikroşerit besleme hattının eklendiği yönsüz UWB düzlemsel tekel anten modeli

İki modelinde ışıma paterni benzetim sonuçları 3, 7 ve 10 GHz frekansları için sırası ile şekil 4.2, 4.3 ve 4.4 te karşılaştırılmaktadır.

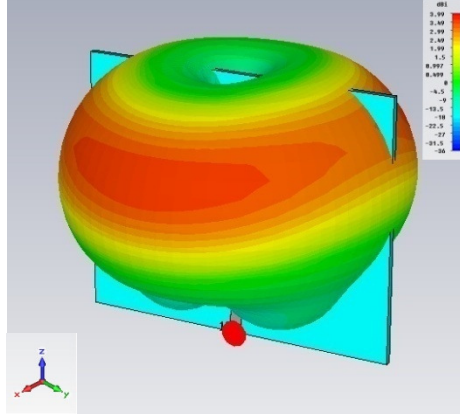


(a)

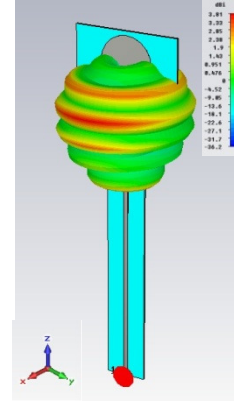


(b)

Şekil 4.2 (a) Mikroşerit hattın bulunmadığı ve (b) bulunduğu UWB yönsüz anten modeli 3GHz ışıma paterni sonuç karşılaştırması

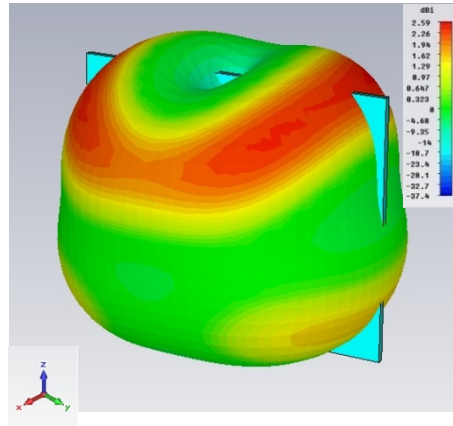


(a)

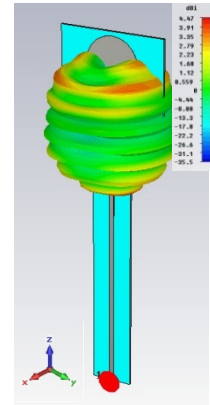


(b)

Şekil 4.3 (a) Mikroşerit hattın bulunmadığı ve (b) bulunduğu UWB yönsüz anten modeli 7GHz ışıma paterni sonuç karşılaştırması



(a)



(b)

Şekil 4.4 (a) Mikroşerit hattın bulunduğu ve (b) bulunmadığı UWB yönsüz anten modeli 10GHz ışıma paterni sonuç karşılaştırması

Şekil 4.2-4.4 te görüldüğü gibi dengesiz anten yapılarında besleme hattının varolduğu durumda ortak mod akımlarından kaynaklanan besleme hattı üzerindeki istenmeyen ışıyan alan, anten ışıma paternini bozmaktadır.

Bu sorunun gerilebilmesi için iki yol vardır. Birincisi antenin alıcı devre ile arasındaki mesafeyi mümkün olan en kısa mesafeye indirgeyerek, istenmeyen ışıyan alanı en aza indirmektedir. İkincisi ise antenin dengeli bir geometride tasarlamak ve dengesiz olan besleme hattı ile dengeli olan anten arasında bir balun kullanmaktır. Bölüm 5 te gerçekleştireceğimiz anten tasarımında balun yapısı detaylı olarak ele alınacaktır.

UWB YÖNSÜZ MİKROŞERİT ANTEN TASARIMI

Önceki bölümlerde literatürde yaygın olarak kullanılan başarılı anten çalışma parametre kesişiminden, bu kesişim kümesinin UWB mikroşerit yönsüz antenler için belirlenen değer aralığından ve UWB mikroşerit yönsüz anten ışıma paterninde meydana gelen bozuklukların nedenleri ve bu bozuklukların nasıl giderileceğinden bahsedilmiştir. Bu bölümde daha önceki bölümlerde UWB antenler için bahsedilen tüm özelliklerin ve dikkat edilmesi gereken hususların göz önünde bulundurulduğu bir UWB yönsüz mikroşerit anten tasarımı gerçekleştirilmiştir.

5.1 Bow-Tie Antenler

UWB anten tasarımı UWB frekans aralığı empedans uyumluluğunun elde edilmesinde kolaylık sağlamasından dolayı genellikle tekel anten yapıları tercih edilmektedir. Ancak tekel antenler dengesiz yapıya sahip olmalarından dolayı kullanımında, bölüm 4.2 de bahsedilen ortak mod akımları problemi ile karşılaşmaktadır. Bu olumsuz durumun haricinde tekel antenlerin bir diğer dezavantajı da azimut paterni yönsüz olsa da elevasyon paterni kararlı kalamamaktadır. Anten seçiminde geometri olarak tam simetrik yapıların tercih edilmesi hem dengeli bir anten yapısı sağlayarak ortak mod akımlarının oluşmasının önüne geçecektir hem de elevasyon ışıma paternindeki asimetriyi ortadan kaldırır.

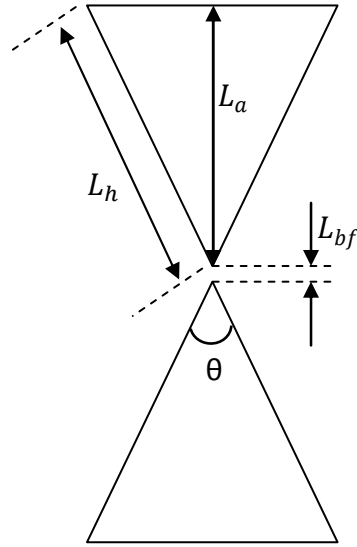
Bu sebeple bu çalışmada UWB frekans bandında empedans uyumluluğu ve ışıma paterninin kararlılığı için uygun olan bow-tie anten seçilmiştir.

5.1.1 Bow-Tie Anten Tasarımı

Bow-Tie antenler, papyon şekline benzemesinden dolayı bu adı almıştır. Geniş bantlı dipol anten tiplerinden biridir. Dipol antenlerin ışıma paternleri ve bant genişlikleri, besleme noktasından ve antenin uç noktalarındaki kırınımından ışıyan alanların genlik ve fazlarının birbirleriyle olan ilişkisine bağlıdır[12]. Işıyan alan bileşenlerinin faz ilişkileri antenin besleme noktası ile kırınımın gerçekleştiği uç noktalar arasındaki propagasyon gecikmesine ve ışıma paterni için hangi açıda hesaplamanın gerçekleştirildiğine bağlıdır. Klasik tel dipol antenlerde bant genişliğinin dar olmasının en etkin nedeni besleme noktasından ve anten uçlarındaki kırınımından ışıyan alanların girişimi sonucunda birbirini sönmülemesidir[3]. Bow-Tie antenlerde bant genişliğinin fazla olmasının sebebi, anten üzerinde birçok farklı faz değerinde alan ışımasına sebep olan farklı kırınım noktasının bulunmasıdır[3]. Bu durum kırınım noktalarının anten merkezinden farklı uzaklıklarda ve farklı açılarda bulunmasından ileri gelmektedir.

Bölüm 3.2 de ışıma paterni bozukluklarının sebeplerinin tespiti ve çözümü için gerçekleştirilen incelemede elde edilen anten geometrisi kısıtlamalarını da göz önünde bulunduran bir tasarım gerçekleştirilmelidir. Bu koşul altında bow-tie antenin kol uzunluğu empedans uyumluluğunun sağlanabilmesi için $\lambda_{3.1GHz}/4 \cong 24.25mm$

civarında ve ışıma paterninin yüksek frekansta bozulmaması için de $\lambda_{10.6GHz} \cong 28mm$ den küçük olmalıdır. Bow-Tie anten tasarımı başlangıç geometrisi şekil 5.1 de gösterilmektedir. Geometri parametresi değerleri de çizelge 5.1 de verilmektedir.

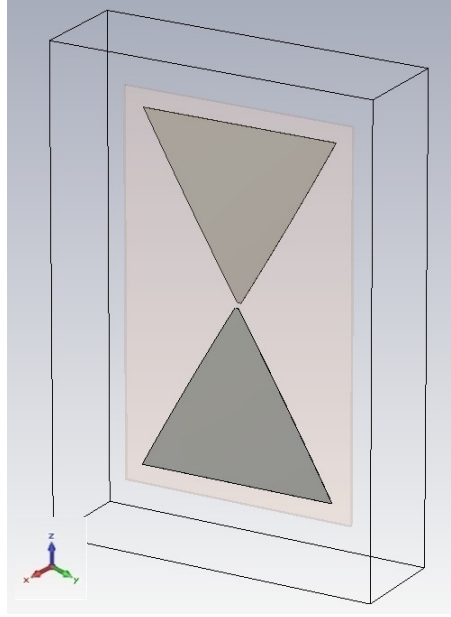


Şekil 5.1 Bow-Tie anten başlangıç modeli

Çizelge 5.1 Bow-Tie anten başlangıç modeli parametre değerleri

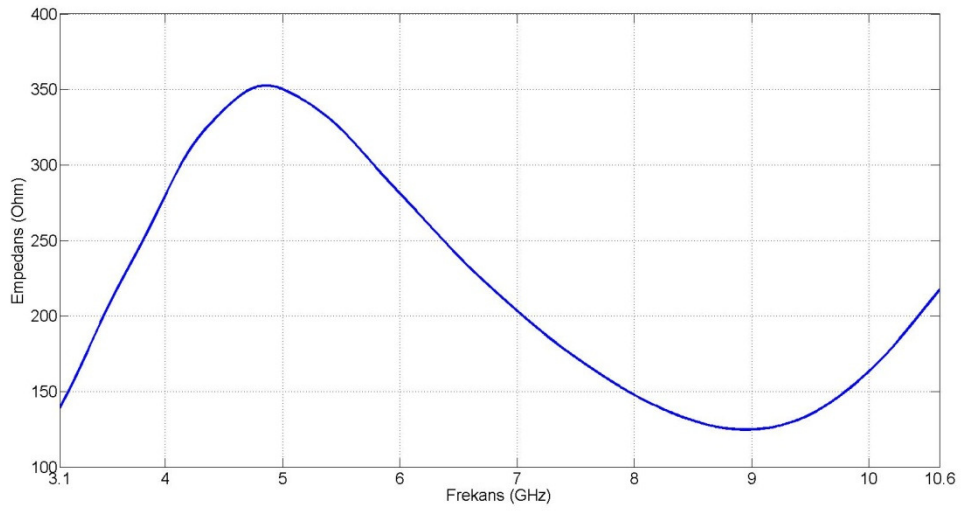
Parametre	Değer (mm)
L_a	19
L_{bf}	0.4
L_h	22
θ	60°

Anten üzerinde akımın yürüyeceği maksimum mesafe $L_h = 22mm$ dir. Bu değer belirlediğimiz boyut değeri koşullarını sağlamaktadır. Antenin benzetim modeli şekil 5.2 da gösterildiği gibidir.

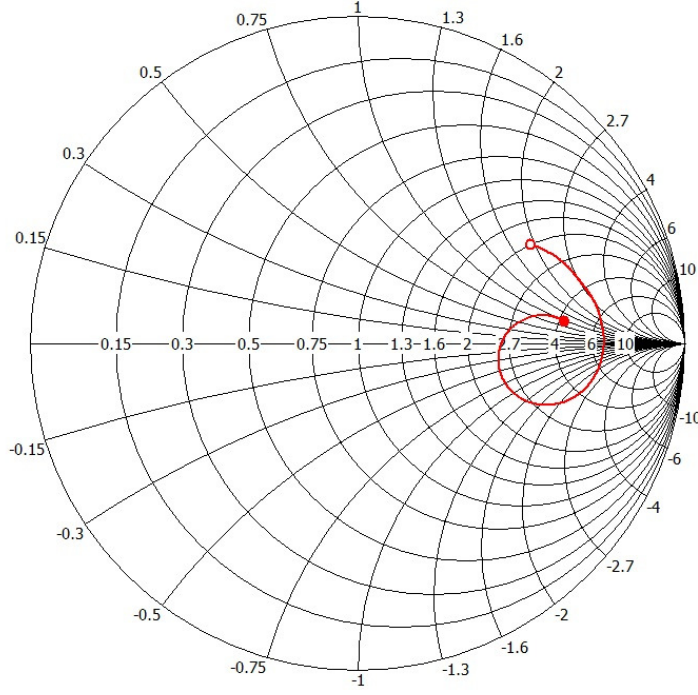


Şekil 5.2 Bow-Tie anten benzetim modeli

Gerçekleştirilen benzetim çalışması sonucunda anten empedansı ve ışıma patern sonuçları incelenmiştir. Anten empedansının frekansa bağlı değişimi ve smithchart gösterimi sırası ile şekil 5.3 ve 5.4 de gösterilmektedir.



Şekil 5.3 UWB frekans bandı anten modeli empedans değer grafiği



Şekil 5.4 UWB frekans bandı anten modeli empedans değeri smithchart gösterimi

Şekil 5.3 ve 5.4 de görüldüğü gibi anten empedansı 240 ohm civarındadır. Bilindiği gibi yüksek frekans devrelerinde giriş çıkış empedansları için 50 ohm empedans değeri özel uygulamalar haricinde standartlaşmıştır. Bu nedenle anten empedansı 50 ohm değerine uydurulmalıdır. Bu amaçla empedans dönüştürücü kullanılması gerekmektedir. Ancak antene bağlanacak olan ucu 240 ohm olan bir empedans dönüştürücünün mikroşerit olması durumunda hat genişliğinin değeri, dielektrik katsayısı en düşük malzemelerden biri olan 1.6 mm kalınlıklı Rogers 5880 ($\epsilon_r = 2.2$) devre kartı kullanılmış olsa dahi 50um dir. Bu hat genişliği, üretim sürecinde ve anten ile empedans dönüştürücünün birleştirilmesinde karşılaşılan en önemli zorluklardan biridir. Bu sebeple anten empedansının, empedans dönüştürücünün yüksek empedanslı ucunda pratik kullanıma uygun hat genişliklerine ulaşılabilecek ve anten modelinin imkan verdiği empedans değerlerine düşürülmesi gerekmektedir. Empedans dönüştürücü tasarımından bölüm 5.2 de detaylı olarak bahsedilecektir.

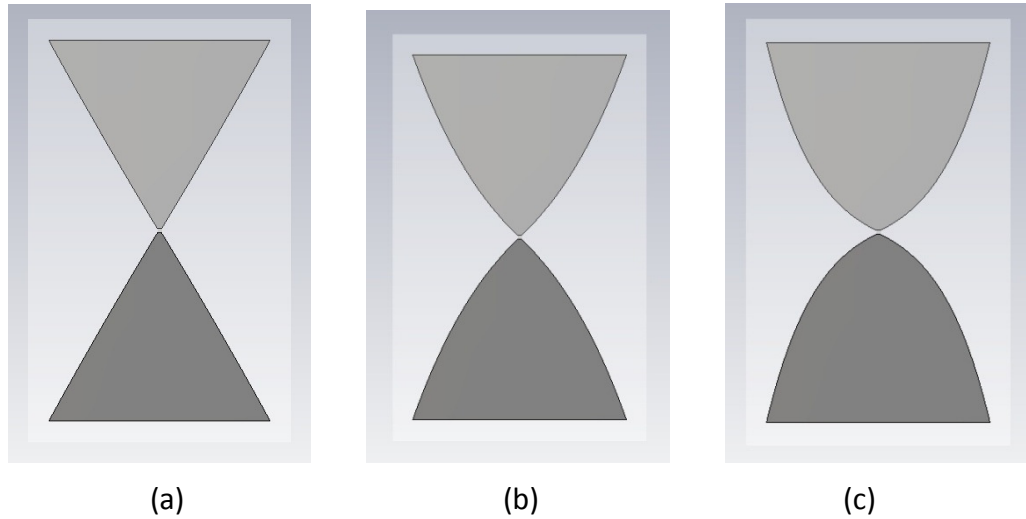
Bow-Tie antenlerde anteni meydana getiren üçgenlerin taban ile tepe noktasını birleştiren kenarların doğru yerine eksponansiyel olarak açılan çizgiler haline getirilmesi anten empedansının düşmesini sağlamaktadır. Eşitlik (5.1-5.3) eksponansiyel çizginin fonksiyonunu göstermektedir.

$$y = c_1 * e^{R*x} + c_2 \quad (5.1)$$

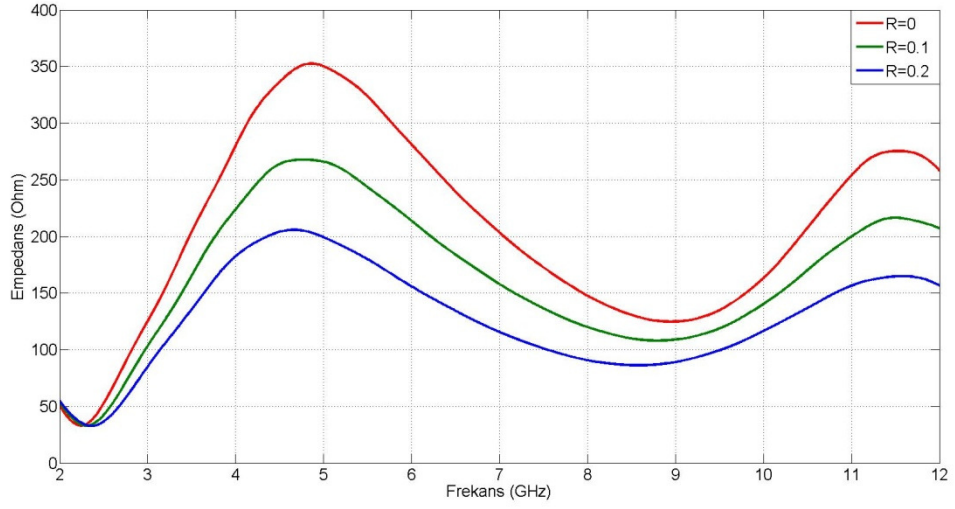
$$c_1 = y_2 - y_1 / e^{R*x_2} - e^{R*x_1} \quad (5.2)$$

$$c_2 = y_1 * e^{R*x_2} - y_2 * e^{R*x_1} / e^{R*x_2} - e^{R*x_1} \quad (5.3)$$

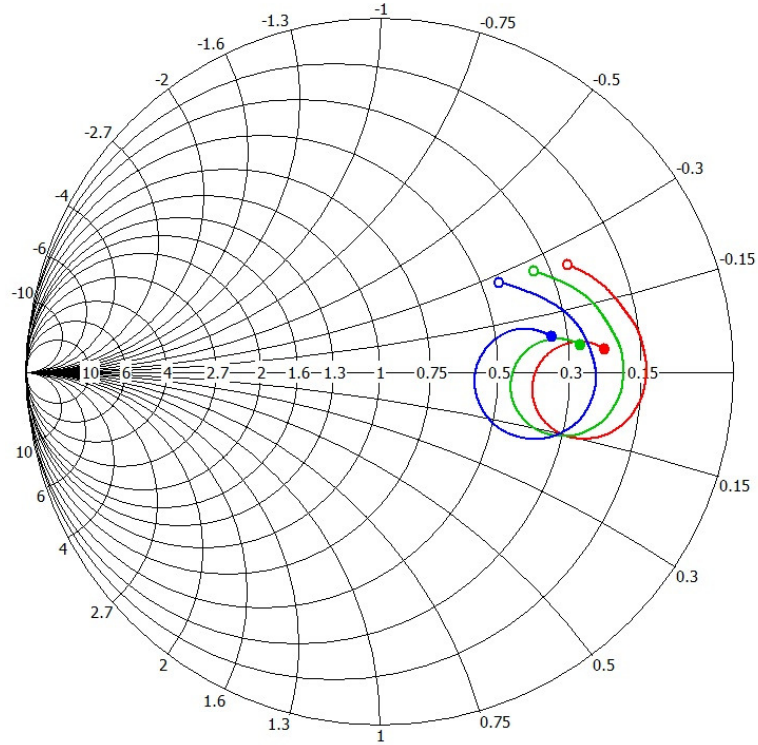
x_1 ve y_1 başlangıç koordinatlarını, x_2 ve y_2 bitiş koordinatlarını göstermektedir. R, eksponansiyel çizginin açılma katsayısıdır. Açılma katsayısının yüksek değerleri, antenin empedansının düşüşünü sağlamaktadır. Ancak çok yüksek değerlerde ışıma paterninin şeklinde bozulmalar meydana gelmektedir. Bu sebeple üretim ve uygulamada kullanımda yeterli olan empedans dönüştürücü hat genişliğine ulaşılması çalışma için yeterlidir. Anten benzetim modelinin R açılma katsayısına bağlı geometrik değişimi ve anten empedansı değişimi sırası ile şekil 5.5 ve 5.6 ve 5.7 de gösterilmektedir.



Şekil 5.5 Anten geometrisinin R açılma katsayısına bağlı değişimi (a)R=0, (b)R=0.1 ve (c)R=0.2



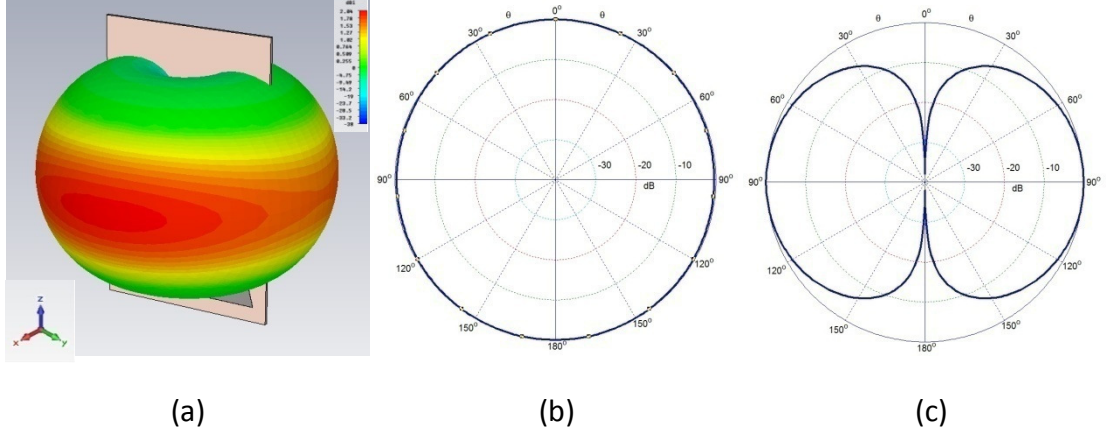
Şekil 5.6 Anten empedansının R açılma katsayısına bağlı değişimi



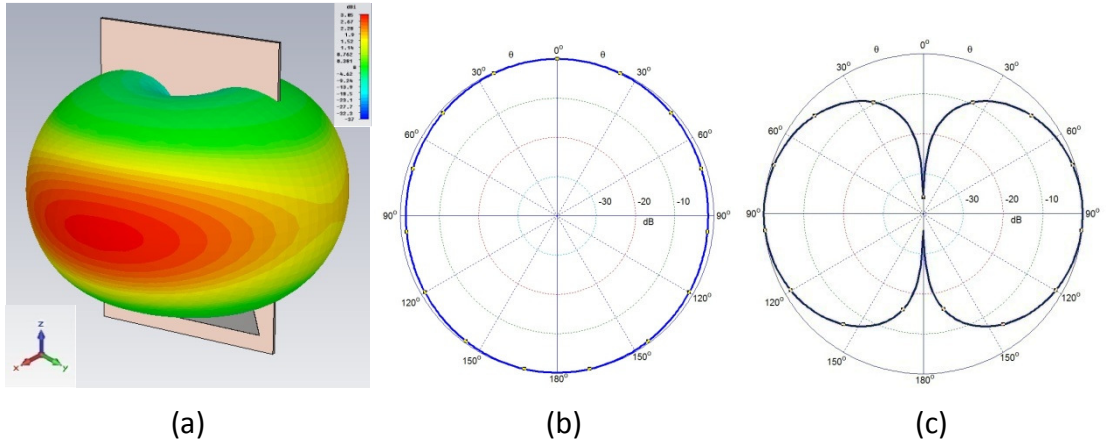
Şekil 5.7 Anten empedansının R açılma katsayısına bağlı değişimi smithchart gösterimi

Şekil 5.6 ve 5.7 de görüldüğü gibi anten empedansı, R açılma katsayısının değeri büyüdükçe, küçülmektedir. R=0.2 değerinde anten empedansı ortalama 125 ohm değerindedir. 125 ohm değerinde bir mikroşerit hattın dielektrik katsayısı $\epsilon_r = 2.2$ ve kalınlığı 0.5 mm olan bir devre kartı üzerindeki genişliği 0.25 mm dir. Bu hat genişliği üretim ve anten ile bütünleştirme için uygun bir değerdir. Prototip devre kartı üretim tesislerinde dahi 0.25mm hat genişliği rahatlıkla üretilebilmektedir.

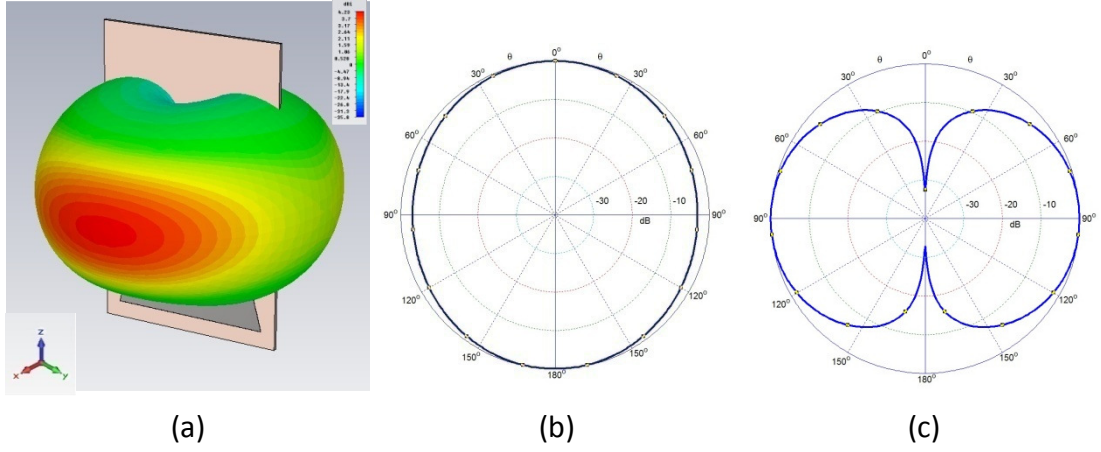
Benzetim çalışması gerçekleştirilen antenin ışıma paternleri 3, 5, 7 ve 10 GHz frekansları için sırası ile şekil 5.8, 5.9, 5.10 ve 5.11 de gösterilmektedir.



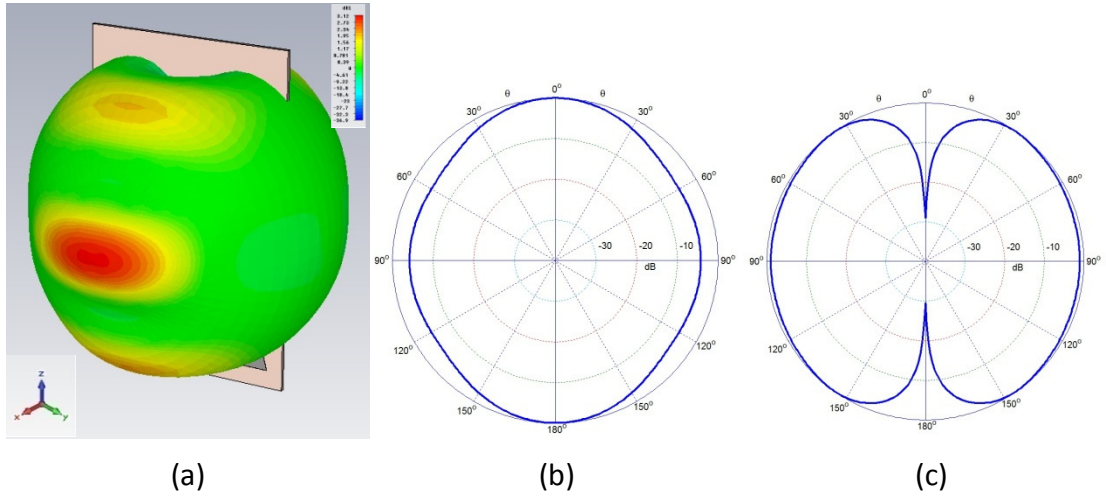
Şekil 5.8 UWB yönsüz düzlemsel anten modeli benzetim çalışması 3GHz ışıma paterni
(a) 3B, (b) 2B azimut, (c) 2B elevasyon ışıma paterni



Şekil 5.9 UWB yönsüz düzlemsel anten modeli benzetim çalışması 5GHz ışıma paterni
(a) 3B, (b) 2B azimut, (c) 2B elevasyon ışıma paterni



Şekil 5.10 UWB yönsüz düzlemsel anten modeli benzetim çalışması 7GHz ışıma paterni
(a) 3B, (b) 2B azimut, (c) 2B elevasyon ışıma paterni



Şekil 5.11 UWB yönsüz düzlemsel anten modeli benzetim çalışması 10GHz ışıma paterni (a) 3B, (b) 2B azimut, (c) 2B elevasyon ışıma paterni

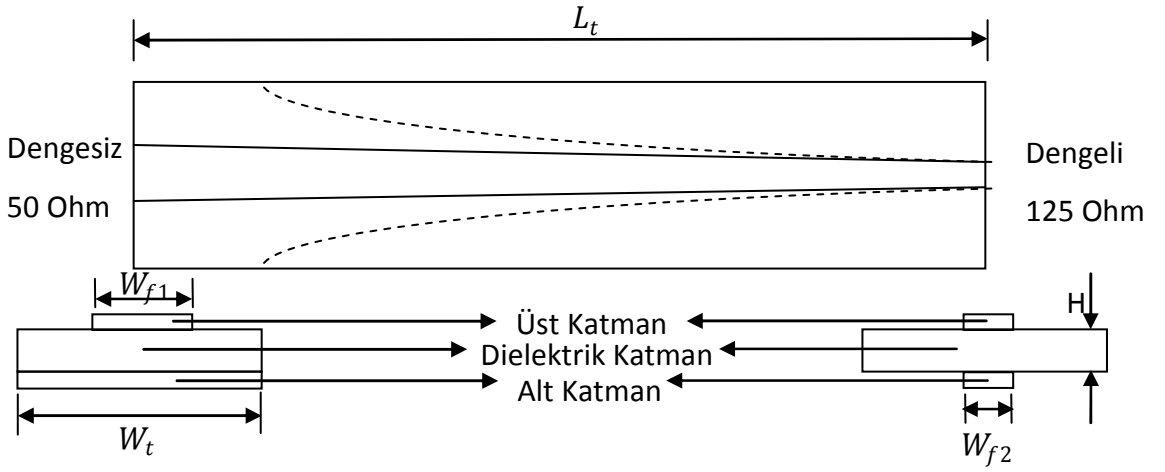
5.2 UWB Mikroşerit Balun Empedans Dönüştürücüler

Bölüm 5.1 de tasarladığımız bow-tie anten, geniş bantlı bir dipol antendir. Dipol antenler dengeli yapıda olan antenlerdir. Bu sebeple dengeli besleme yapıları gerektirirler. RF vericiden antene gücün iletilmesinde en yaygın iletim hattı olan koaksiyel kablolar kullanılmaktadır. Koaksiyel kablolar dengesiz yapılardır. Bu sebeple dengeli anten yapısı ile dengesiz iletim hattı arasında geçiş sağlayan yapılar kullanılmalıdır. Ayrıca anten empedansı ile RF devre empedansının birbirine eş olmadığı durumlarda geniş frekans aralıklarında empedans dönüştürücüler kullanılmalıdır. UWB mikroşerit balun empedans dönüştürücüler hem dengesiz –

dengeli yapı arasında geçiş sağlaması hem de geniş frekans aralıklarında empedans dönüştürülmesini sağlamalarından dolayı bu çalışmada tercih edilmiştir.

5.2.1 UWB Mikroşerit Balun Empedans Dönüştürücü Tasarımı

Bölüm 5.1 de tasarladığımız dengeli bir yapı olan bow-tie anten empedansı 125 ohm dur. Dengesiz bir yapı olan RF koaksiyel kablo empedansı da 50 ohm dur. Tasarlamamız gereken UWB mikroşerit empedans dönüştürücü 50 ohm dengesiz hattan 125 ohm dengeli hatta dönüştürmeyi sağlamalıdır. Şekil 5.12 de dönüştürücü yapısı gösterilmektedir.



Şekil 5.12 UWB mikroşerit balun empedans dönüştürücü yapısı

Balun empedans dönüştürücünün dengesiz olan kapısı yine dengesiz bir yapı olan mikroşerit iletim hattıdır. Dengeli olan kapısı ise aynı hat genişliğine sahip, ikiz hat olarak isimlendirilen iletim hattı yapısına sahiptir.

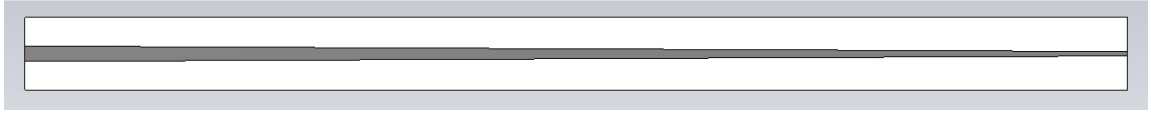
UWB mikroşerit balun empedans dönüştürücünün iki kapısındaki empedans değerleri için gerekli olan boyut değerlerinin analitik hesaplamaları mümkündür[16]. Üç boyutlu elektromanyetik uygulamalarının yardımcı araçları sayesinde de hesaplanabilmektedirler. CST MWS uygulaması yardımıyla dengesiz ve dengeli dönüştürücü kapı empedansları için belirlenen boyut parametreleri çizelge 5.2 de gösterilmektedir.

Çizelge 5.2 UWB mikroşerit balun empedans dönüştürücü boyut parametreleri

Parametre	Değer (mm)
L_t	114
W_t	7.5
W_{f1}	1.55
W_{f2}	0.45
H	0.508
ϵ_r	2.2

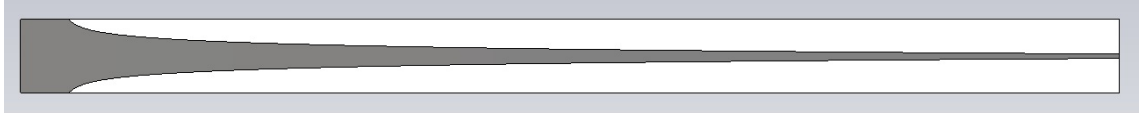
5.2.2 UWB Mikroşerit Balun Empedans Dönüştürücü Benzetimi

Bölüm 5.2.1 de tasarımı gerçekleştirilen UWB mikroşerit balun empedans dönüştürücünün benzetim çalışması CST MWS uygulamasında gerçekleştirilmiştir. Şekil 5. 13 de balun empedans dönüştürücünün benzetim modeli gösterilmektedir.



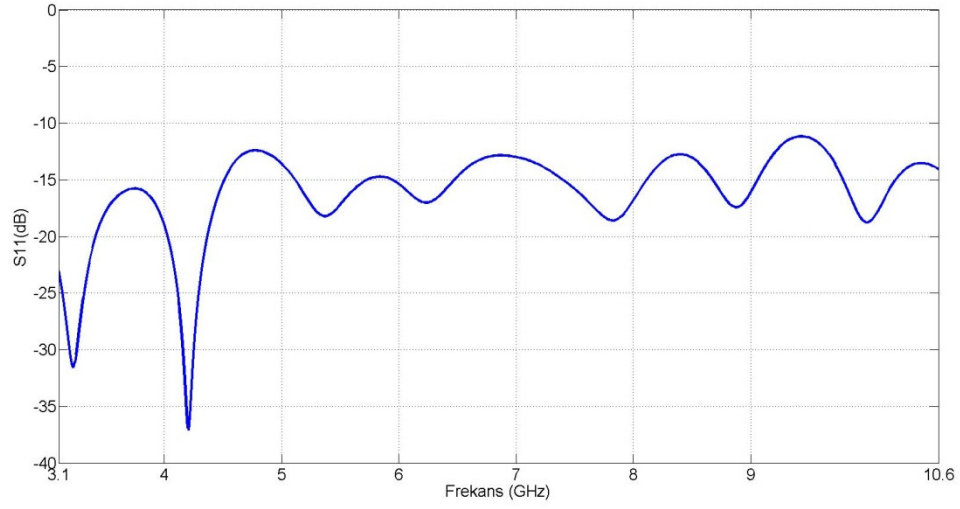
(a) Üstten görünüm

(b) Alttan görünüm

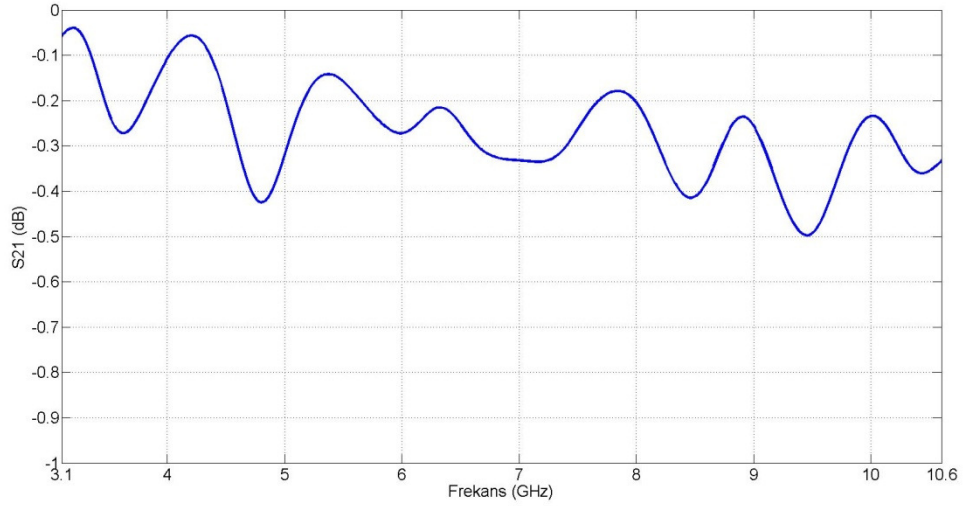


Şekil 5.13 UWB mikroşerit balun empedans dönüştürücü benzetim modeli

Benzetim çalışmasında balun empedans dönüştürücünün 50 ohm dengesiz kapısı üzerinden S11(dB) ve 50 ohm dengesiz kapısı ile 125 ohm dengeli kapısı arasında S21(dB) değerleri elde edilmiştir. Şekil 5.14 ve 5.15 de sırası ile S11(dB) ve S21(dB) benzetim sonuçları UWB frekans bandı için verilmiştir.



Şekil 5.14 UWB mikroşerit balun empedans dönüştürücü S11(dB) benzetim sonucu



Şekil 5.15 UWB mikroşerit balun empedans dönüştürücü S21(dB) benzetim sonucu

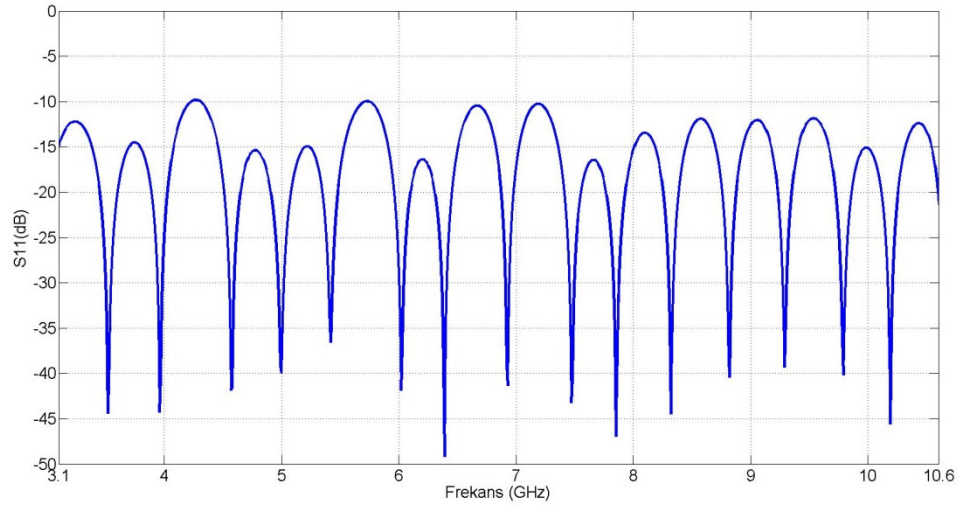
Tasarlanılan UWB mikroşerit balun empedans dönüştürücü modeli S11(dB)<-10 sınırını sağlamaktadır. Frekans bandı boyunca giriş kaybı maksimum 0.53dB değerini geçmemektedir.

S21(dB) değerinin balun transformer modeli üretildiğinde de ölçülebilmesi amacıyla iki balun transformer modelinin dengeli uçlarından birbirine bağlandığı durum için de S parametresi benzetimi yapılmalıdır. Şekil 5.16 da benzetim modeli gösterilmektedir.

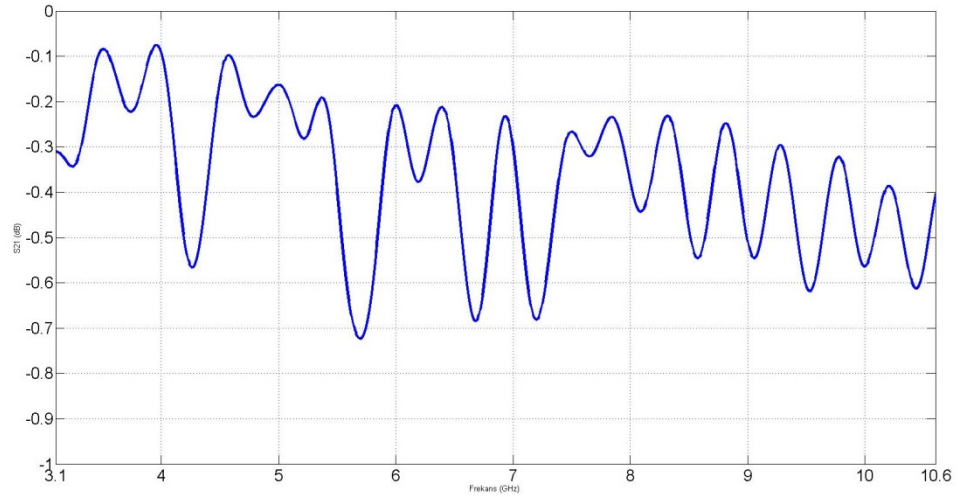


Şekil 5.16 UWB mikroşerit balun transformer çifti benzetim modeli

Benzetim çalışması $S_{11}(\text{dB})$ ve $S_{21}(\text{dB})$ benzetim sonuçları sırası ile şekil 5.17 ve 5.18 de gösterilmektedir.



Şekil 5.17 UWB mikroşerit balun transformer çifti benzetim modeli $S_{11}(\text{dB})$ benzetim sonucu

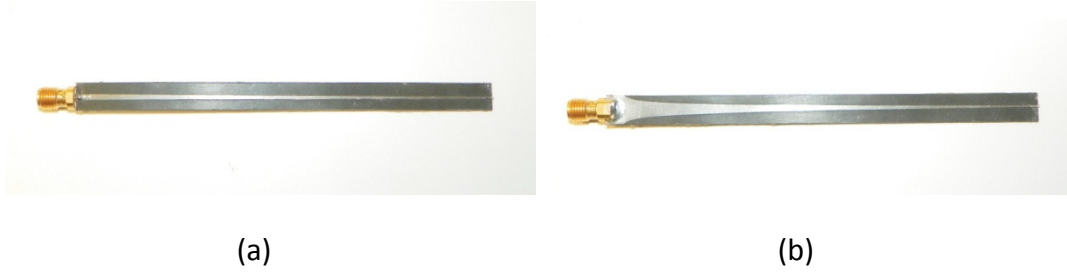


Şekil 5.18 UWB mikroşerit balun transformer çifti benzetim modeli $S_{21}(\text{dB})$ benzetim sonucu

Elde edilen değerler tasarlanılan balun empedans dönüştürücünün çalışmamız için uygun olduğunu göstermektedir.

5.2.3 UWB Balun Empedans Dönüştürücü Üretimi ve Ölçümü

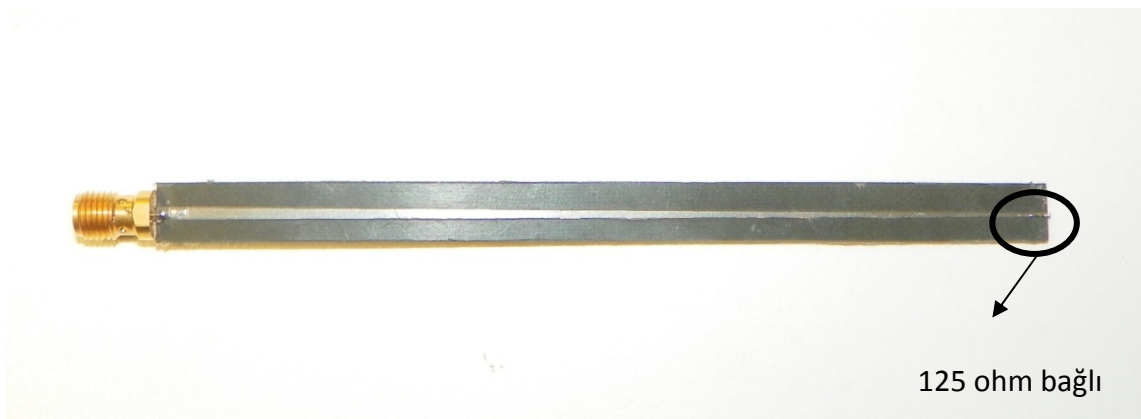
Tasarlanılan ve benzetim çalışması tamamlanan UWB mikroşerit balun empedans dönüştürücü bölüm 5.2.1 de belirtilen boyutlarda Rogers 5880 dielektrik devre kartı üzerinde gerçekleştirilmiştir. Gerçeklenen modelin üstten ve alttan görünümü şekil 5.19 da gösterilmektedir.



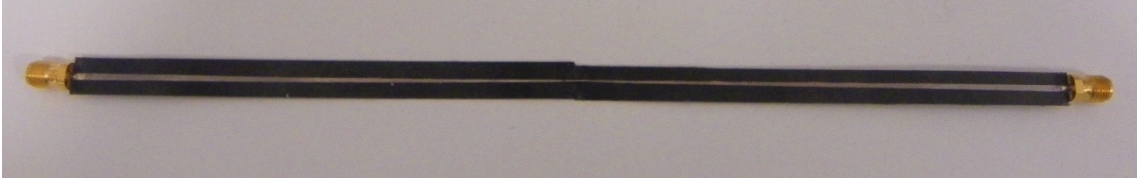
Şekil 5.19 UWB mikroşerit balun empedans dönüştürücü üretim modeli (a) üstten görünüm (b) alttan görünüm

UWB mikroşerit balun empedans dönüştürücü $S_{11}(\text{dB})$ ve $S_{21}(\text{dB})$ ölçümünün gerçekleştirilebilmesi amacıyla iki yapı hazırlanmıştır. Birincisi balun empedans dönüştürücünün dengeli kapısına 125 ohm direnç değeri bağlanarak $S_{11}(\text{dB})$ değeri ölçülmüştür. İkinci olarak iki balun empedans dönüştürücü dengeli uçlarından birbirine bağlanmıştır. İkinci yapı ile de $S_{11}(\text{dB})$ ve $S_{21}(\text{dB})$ değerleri ölçülmüştür. Şekil 5.20 ve 5.21 de $S_{11}(\text{dB})$ ve $S_{21}(\text{dB})$ ölçümleri için hazırlanan yapılar sırası ile gösterilmektedir.

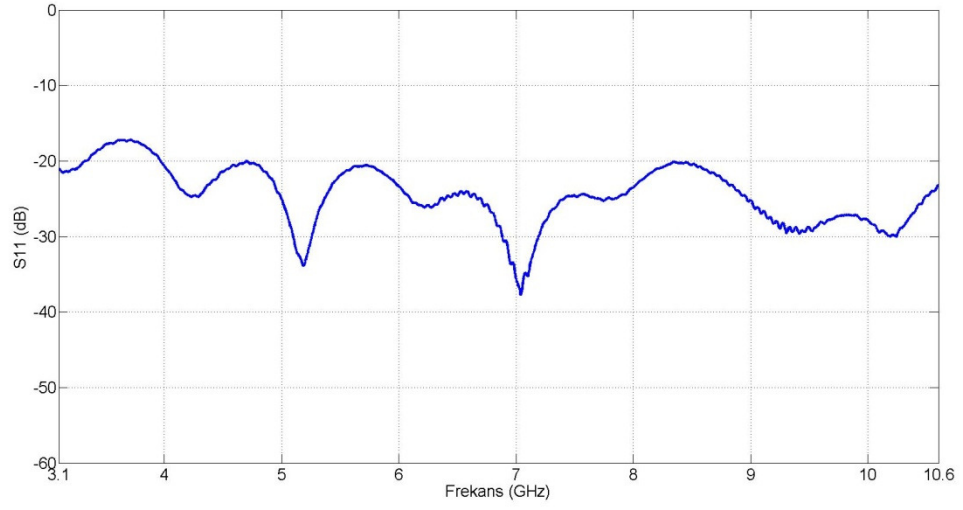
Birinci yapı $S_{11}(\text{dB})$, ikinci yapı $S_{11}(\text{dB})$ ve ikinci yapı $S_{21}(\text{dB})$ ölçüm sonucu sırası ile şekil 5.22, 5.23 ve 5.24 de gösterilmektedir.



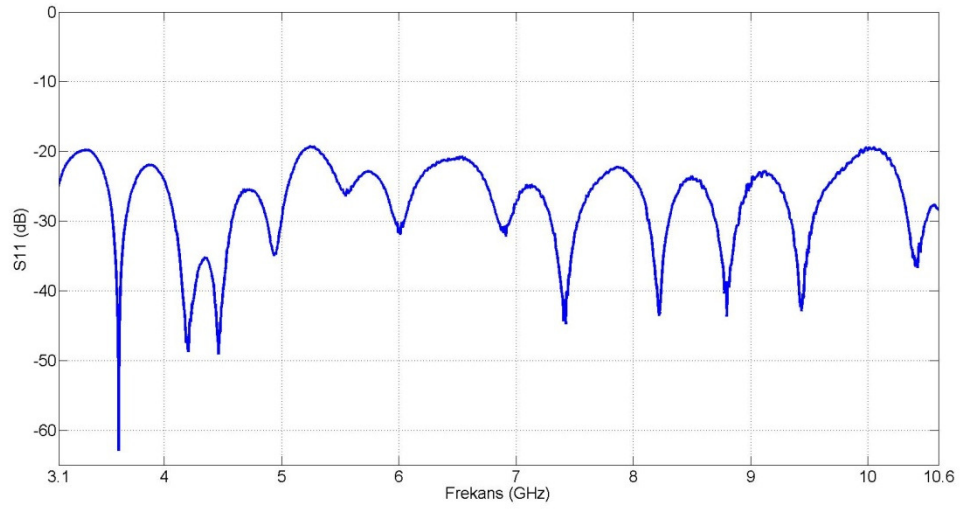
Şekil 5.20 UWB balun empedans dönüştürücü dengeli portuna 125 ohm bağlı yapı modeli



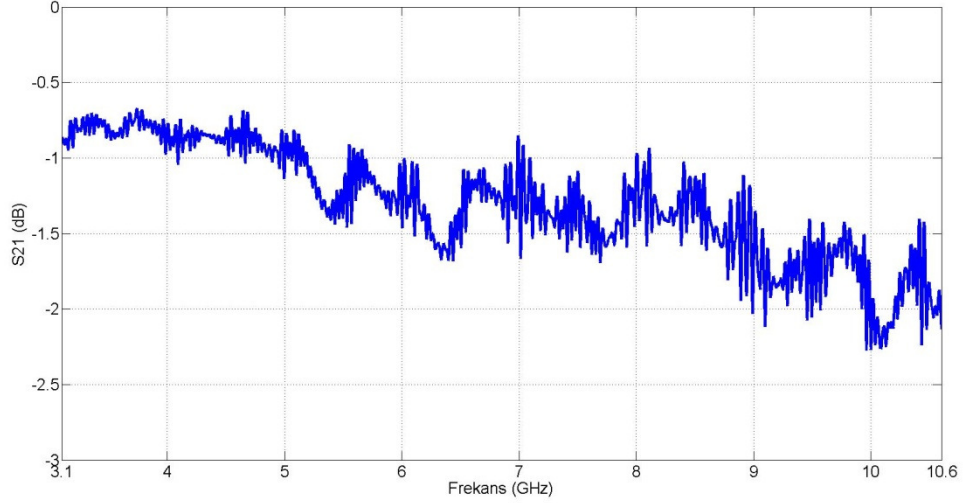
Şekil 5.21 UWB balun empedans dönüştürücü dengeli kapıları birbirine bağlı yapı modeli



Şekil 5.22 UWB balun empedans dönüştürücü dengeli kapısına 125 ohm bağlı yapı modeli S11(dB) ölçüm sonucu



Şekil 5.23 UWB balun empedans dönüştürücü dengeli kapıları birbirine bağlı yapı modeli S11(dB) ölçüm sonucu



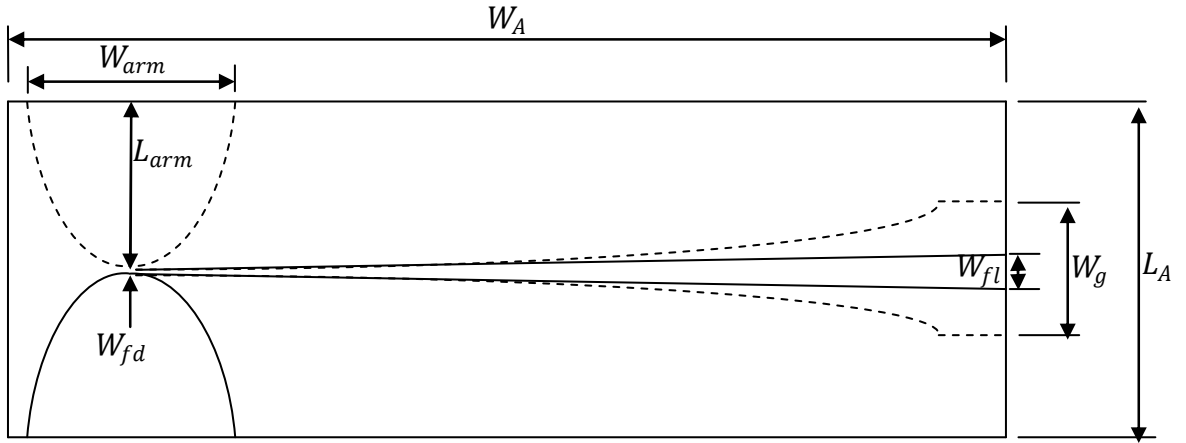
Şekil 5.24 UWB balun empedans dönüştürücü dengeli kapıları birbirine bağlı yapı modeli S21(dB) ölçüm sonucu

Şekil 5.22 -5.24 deki ölçüm sonuçlarında görüldüğü gibi tasarlanılan UWB mikroşerit dengeli empedans dönüştürücü modeli 3.1-10.6 GHz frekans bandında başarılı bir şekilde çalışmaktadır.

5.3 UWB Yönsüz Mikroşerit Anten Tasarımı ve Benzetimi

Bölüm 5.1 ve 5.2 de UWB yönsüz anten ve balun empedans dönüştürücü modellerinin tasarımları tamamlanmıştır. Bu bölümde iki modelin birleştirilmesi sonucunda elde edilecek olan UWB yönsüz düzlemsel anten modeli tasarımı ve benzetimi gerçekleştirilmiştir.

UWB frekans bandında 125 ohm empedans değerine sahip olan bow-tie anten ile dengeli ucu 125 ohm olan UWB mikroşerit balun empedans dönüştürücü geometrileri aynı dielektrik devre kartı üzerinde birleştirilmiştir. Birleştirilmiş anten modeli geometrisi ve boyut parametreleri şekil 5.25 de gösterilmektedir. Boyut parametrelerinin değerleri çizelge 5.3 te verilmektedir.

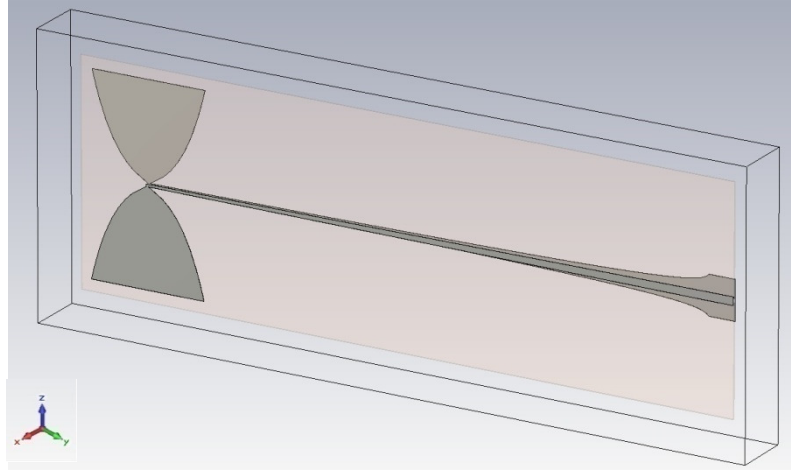


Şekil 5.25 UWB mikroşerit yönsüz anten modeli geometrisi

Çizelge 5.3 UWB mikroşerti yönsüz anten modeli geometri parametreleri

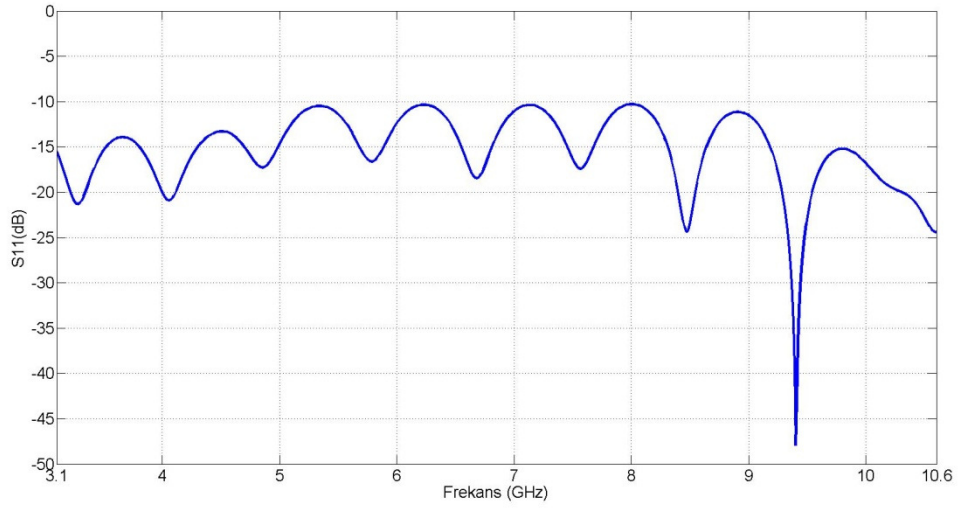
Parametre	Değer (mm)
W_A	127.2
L_A	42
W_{arm}	22.2
L_{arm}	18.7
W_g	7.5
W_{fl}	1.3
W_{fd}	0.45
H	0.508
ϵ_r	2.2

UWB düzlemsel yönsüz anten benzetim modeli şekil 5.26 da gösterilmektedir.



Şekil 5.26 UWB düzlemsel yönsüz anten benzetim modeli

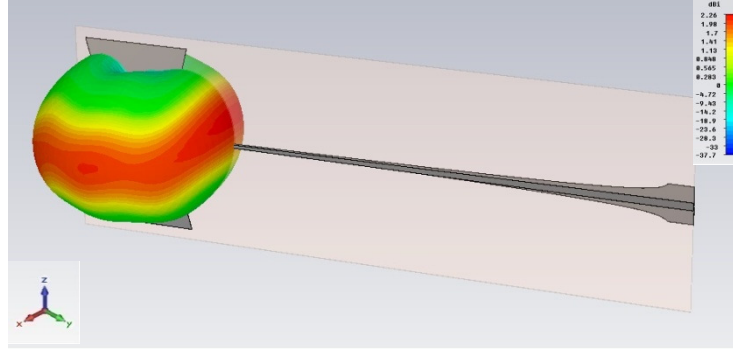
Gerçekleştirilen benzetim çalışması sonucunda elde edilen frekansa bağlı $S_{11}(\text{dB})$ grafiği şekil 5.27 de verilmektedir.



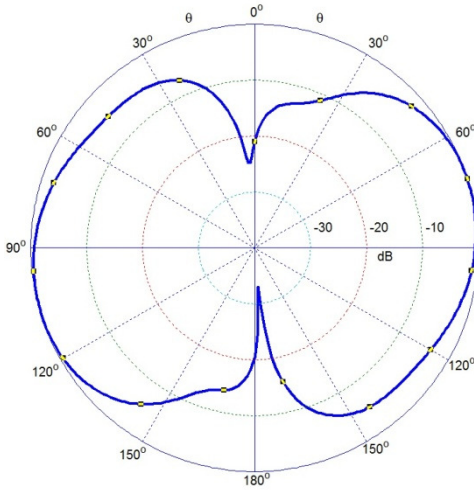
Şekil 5.27 UWB düzlemsel yönsüz anten $S_{11}(\text{dB})$ benzetim sonucu

Anten modeli $S_{11}(\text{dB})$ parametresi, bölüm 4.1 de tanımladığımız anten başarılı çalışma parametre kesişiminin ilk maddesi olan empedans uyumluluğu koşulunu sağlamaktadır.

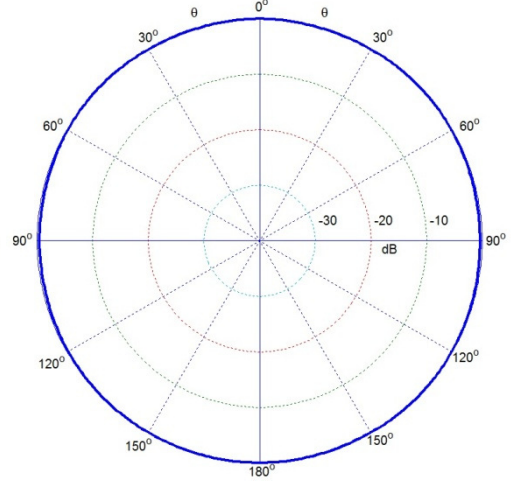
Anten ışıma paterni benzetim sonucu 3, 5, 7 ve 10 GHz için sırası ile şekil 5.28, 5.29, 5.30 ve 5.31 de gösterilmektedir.



(a)

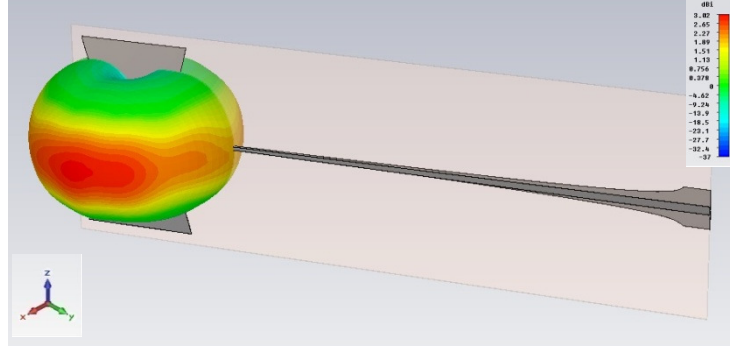


(b)

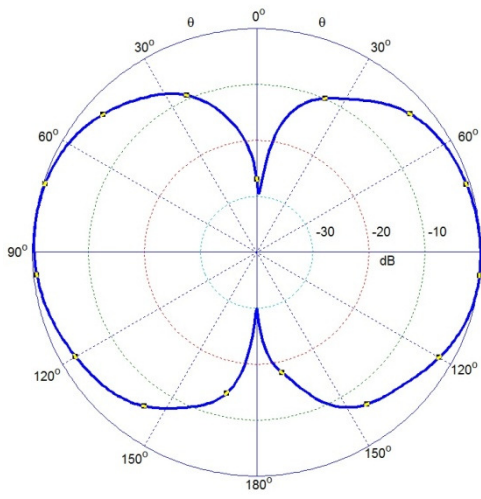


(c)

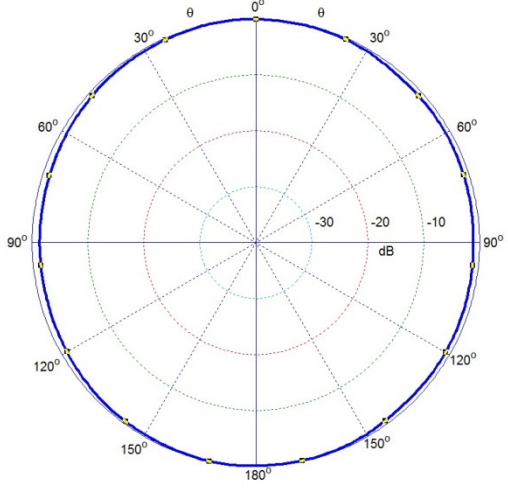
Şekil 5.28 UWB düzlemsel yönsüz anten 3GHz ışıma paterni benzetim sonucu (a) 3B, (b) 2B elevasyon, (c) 2B azimut



(a)

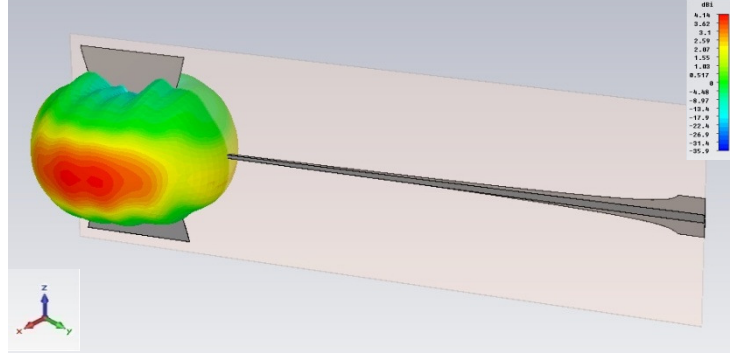


(b)

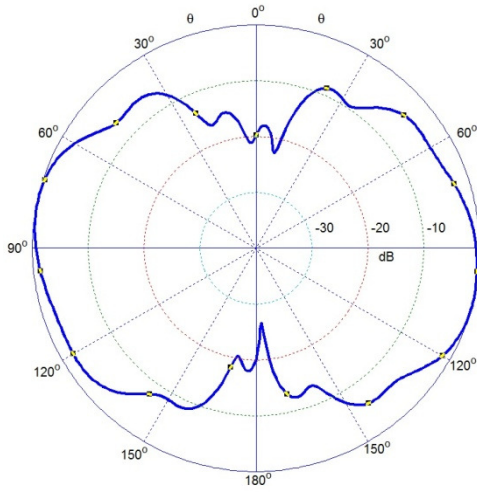


(c)

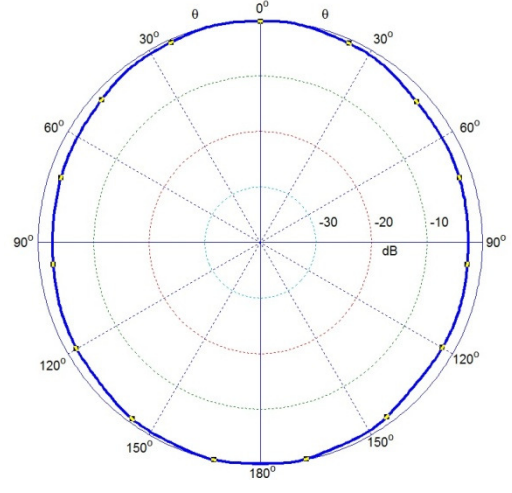
Şekil 5.29 UWB düzlemsel yönsüz anten 5GHz ışıma paterni benzetim sonucu (a) 3B, (b) 2B elevasyon, (c) 2B azimut



(a)

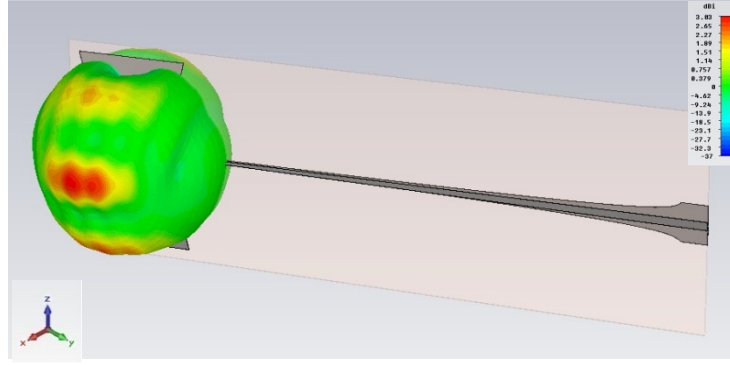


(b)

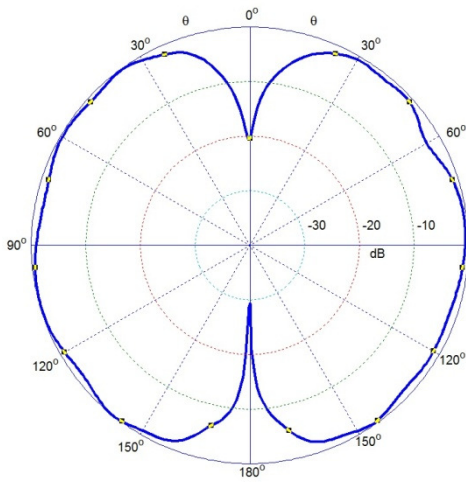


(c)

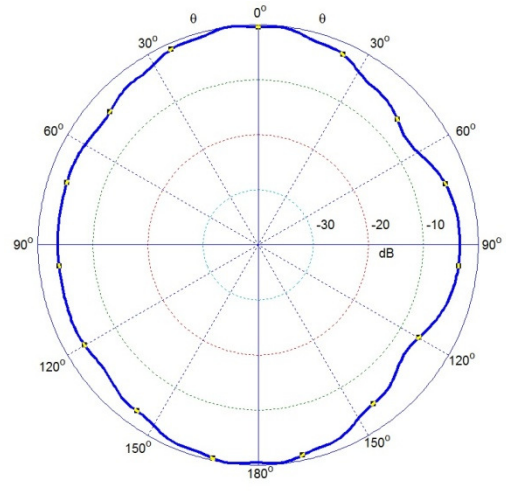
Şekil 5.30 UWB düzlemsel yönsüz anten 7GHz ışıma paterni (a) 3B, (b) 2B elevasyon, (c) 2B azimut



(a)



(b)



(c)

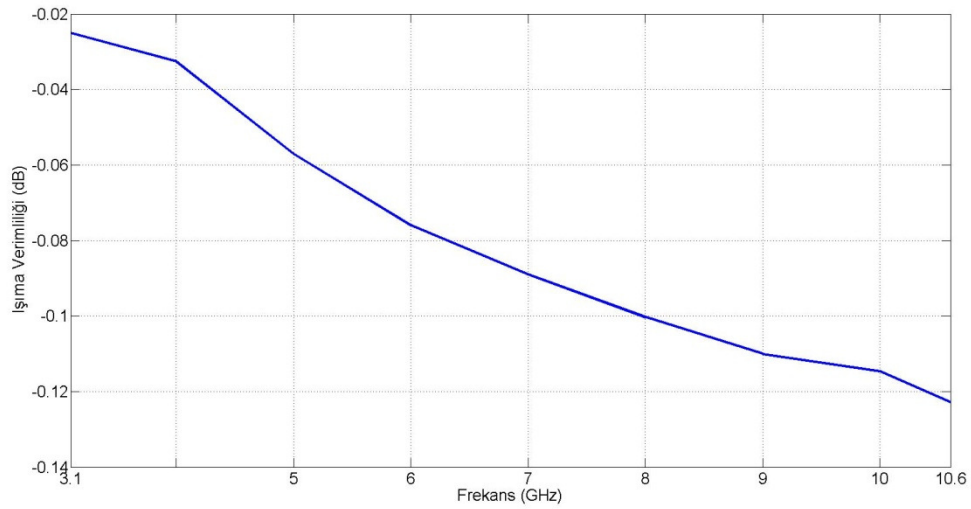
Şekil 5.31 UWB düzlemsel yönsüz anten 10GHz ışıma paterni benzetim sonucu (a) 3B, (b) 2B elevasyon, (c) 2B azimuth

Anten ışıma paternindeki bozulmanın iki temel kaynağından önceki bölümlerde bahsedilmişti. Bunlardan birincisi anten boyutlarının UWB frekans bandı boyunca yönsüz ışıma paternini sağlayan değerlerde olmayıştı. Tasarladığımız antende bu durum bölüm 5.1.1. de belirlenen boyutlar kullanılarak çözülmüştür. İkinci durum ise anten yapısının dengeli olmayışı ve dengesiz yapıdaki RF koaksiyel kablodan dengeli yapıdaki antene geçişin sağlanmamasından kaynaklanan ortak mod akımları etkisi söz konusuydu. Bu sorun da bölüm 5.2.1 de tasarlanan UWB mikroşerit balun empedans dönüştürücü yardımıyla çözülmüştür. Şekil 5.28-5.31 de görüldüğü gibi bir mikroşerit iletim hat yapısından oluşan balun empedans dönüştürücü antenin ışıma paterninin en

yüksek değere ulaştığı açıda olmasına rağmen ortak mod akımlarına sebep olmamasından dolayı ışıma paterni bozulmamaktadır.

Bölüm 4.1 de tanımlanan başarılı anten çalışma parametresi kesişiminin ikinci maddesi olan ışıma paterninin UWB frekans bandı boyunca bozulmaması koşulu da sağlanmıştır.

Başarılı anten çalışma parametresi kesişiminin son maddesi ise ışıma verimliliğidir. Gerçekleştirdiğimiz benzetim çalışmasında elde ettiğimiz anten ışıma verimliliğinin frekansa bağlı grafiği şekil 5.32 de gösterilmektedir.

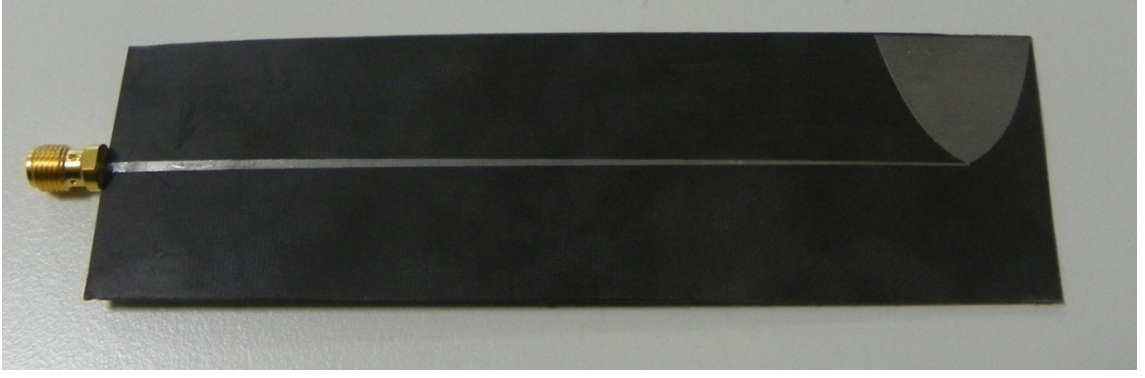


Şekil 5.32 UWB düzlemsel yönsüz anten ışıma verimliliği benzetim sonucu

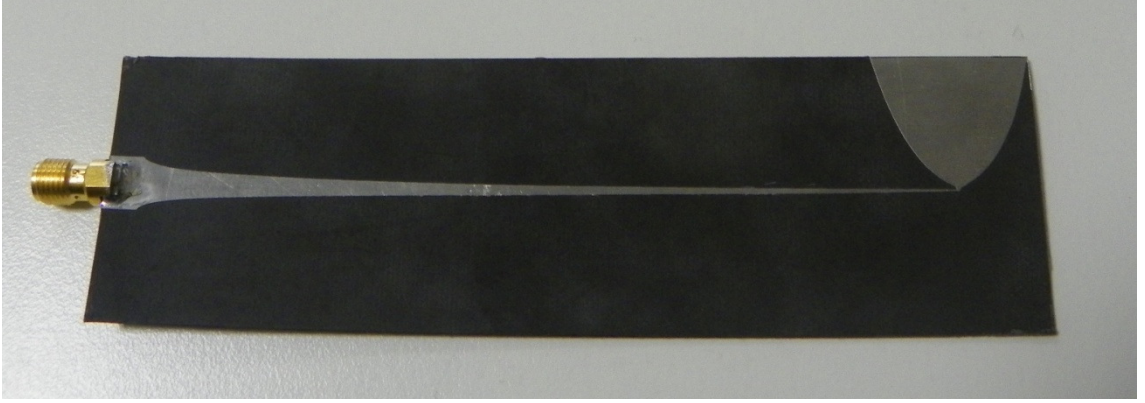
Şekil 5.32 de görüldüğü gibi anten ışıma verimliliğinin endüşük değeri -0.14 dB değerini geçmemektedir. Bu sonuca göre tasarladığımız UWB düzlemsel yönsüz anten modeli, anten başarılı çalışma parametresi kesişiminin son maddesi olan ışıma verimliliğinin yüksek olması koşulunu da sağlamaktadır.

5.4 UWB Mikroşerit Yönsüz Anten Üretimi ve Ölçülmesi

Tasarlanılan UWB düzlemsel yönsüz anten modeli, bölüm 5.3 de belirlenen boyutlarda Rogers 5880 dielektrik devre kartı üzerinde ürettirilmiştir. Ürettirilmiş olan anten modelinin alttan ve üstten görünümü sırası ile şekil 5.33 ve 5.34 gösterilmektedir.

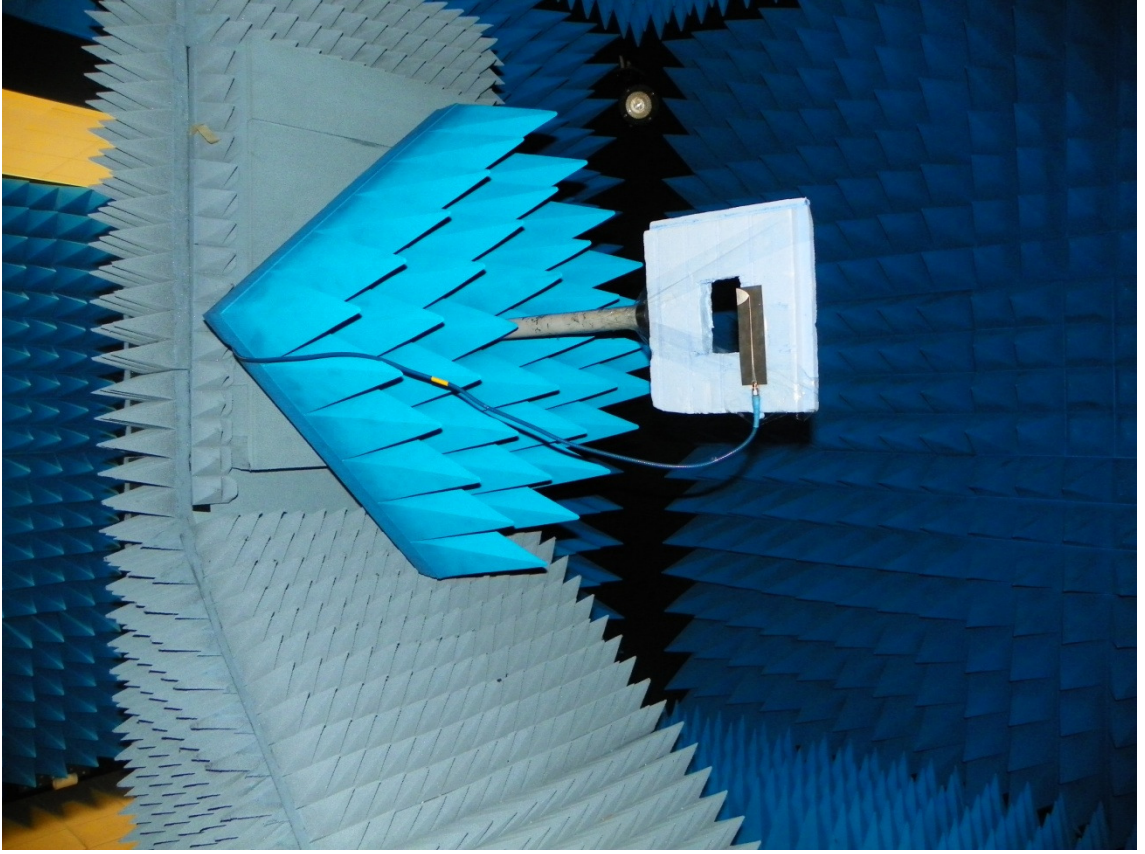


Şekil 5.33 UWB düzlemsel yönsüz anten üstten görünüm

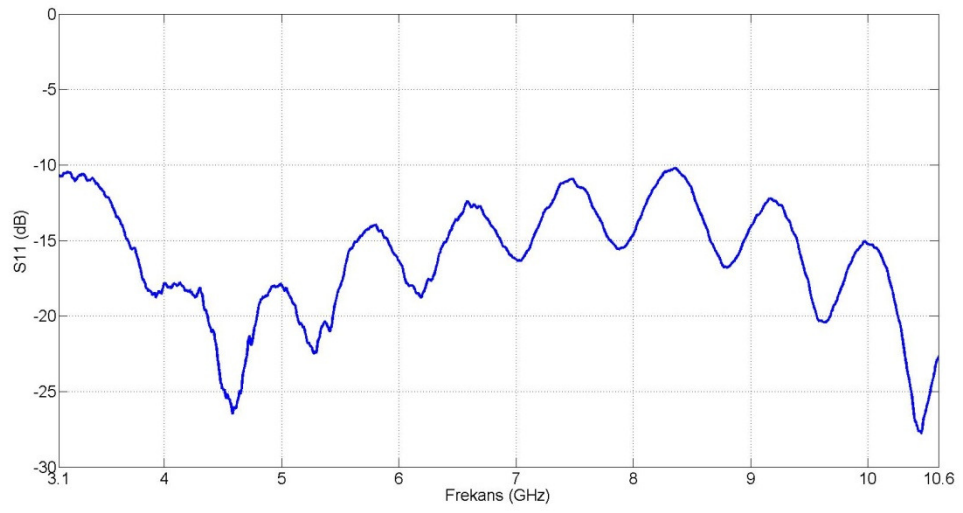


Şekil 5.34 UWB düzlemsel yönsüz anten alttan görünüm

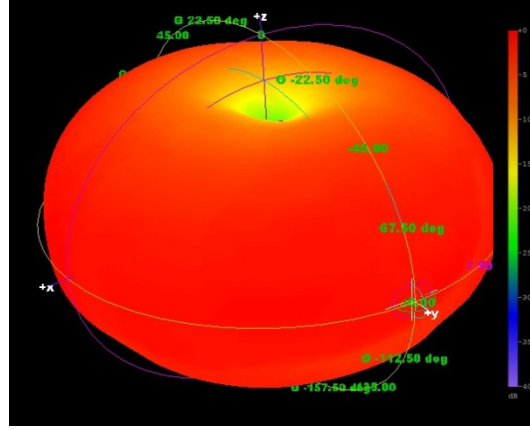
Üretimi tamamlanan antenin empedans uyumluluğu ve ışıma paterni ölçümü gerçekleştirilmiştir. Şekil 5.35 de antenin ölçüm sistemi üzerindeki montajı gösterilmektedir. Şekil 5.36 da S_{11} (dB) parametresi ölçüm sonucu gösterilmektedir. Şekil 5.37, 5.38, 5.39 ve 5.40 da sırası ile 3, 5, 7 ve 10 GHz ışıma paterni ölçüm sonuçları gösterilmektedir.



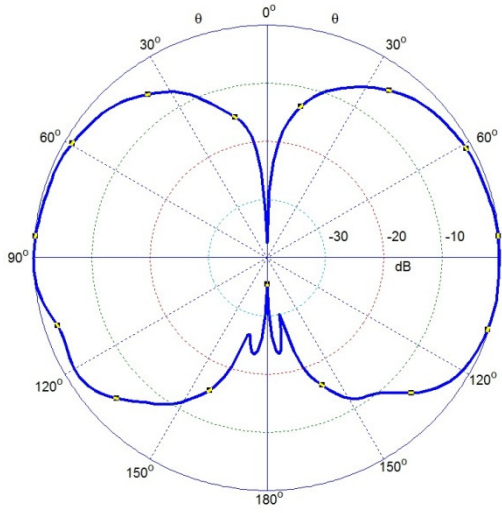
Şekil 5.35 UWB düzlemsel yönsüz antenin ölçüm sistemi üzerindeki montajı



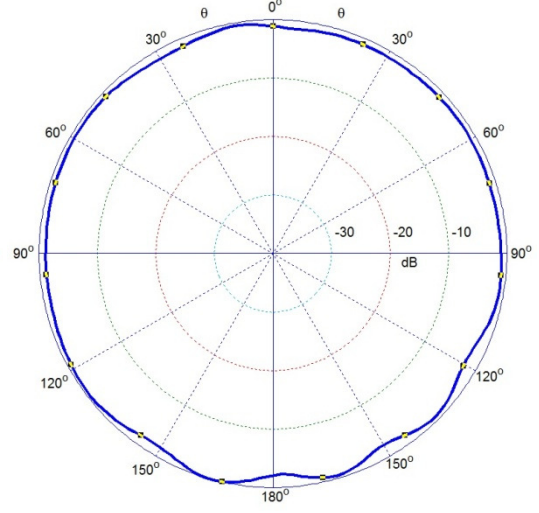
Şekil 5.36 UWB düzlemsel yönsüz anten S11(dB) ölçüm sonucu



(a)

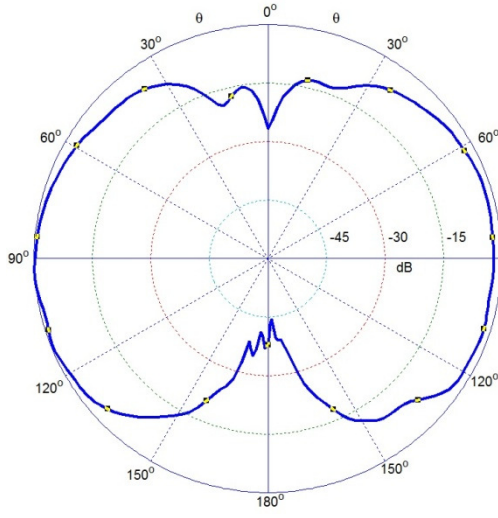
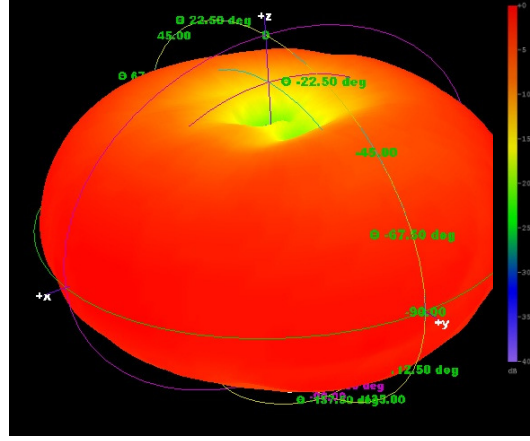


(b)

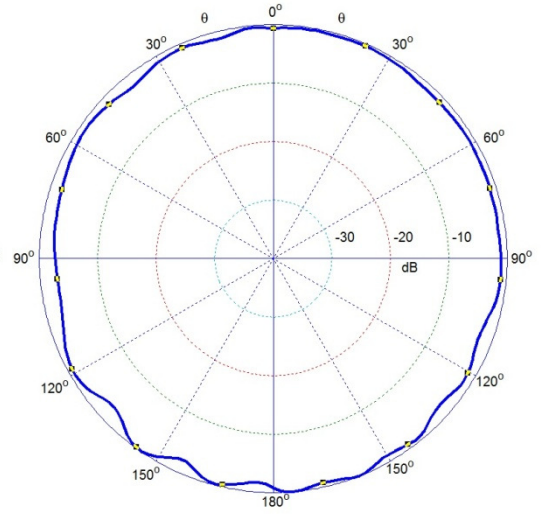


(c)

Şekil 5.37 UWB düzlemsel yönsüz anten 3GHz ışıma paterni (a)3B, (b)2B elevasyon, (c)2B azimut

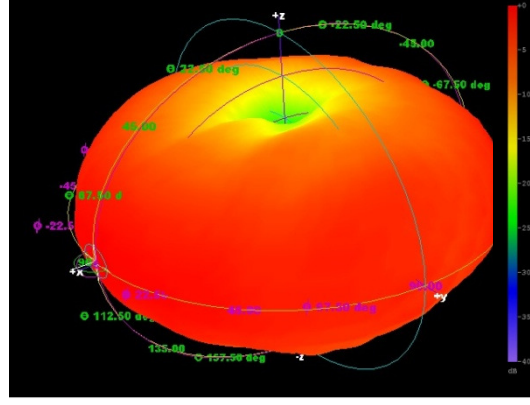


(b)

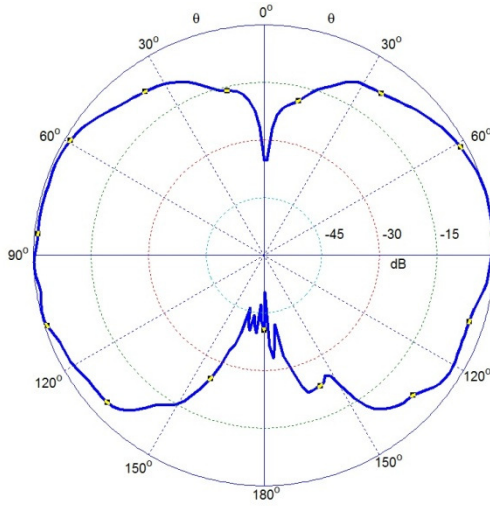


(c)

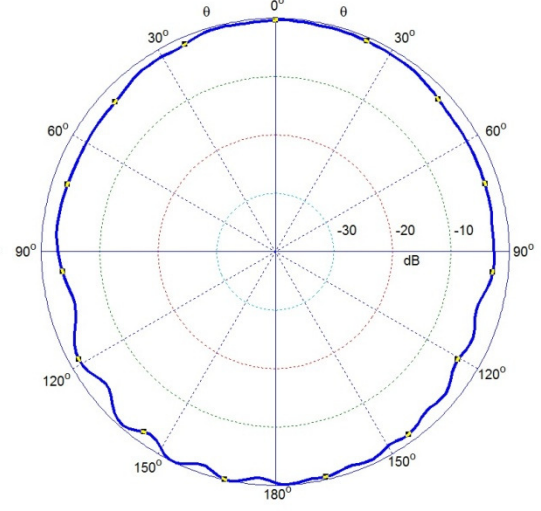
Şekil 5.38 UWB düzlemsel yönsüz anten 5GHz ışıma paterni (a)3B, (b)2B elevasyon, (c)2B azimut



(a)

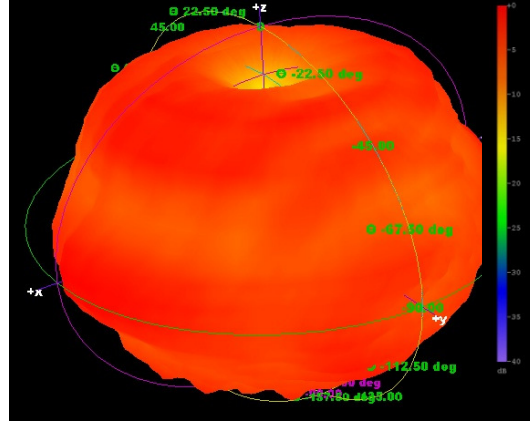


(b)

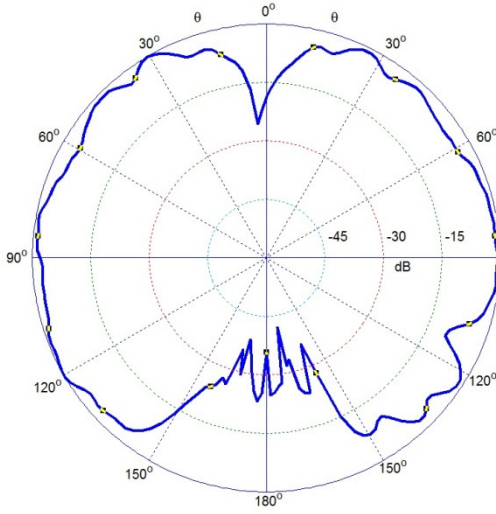


(c)

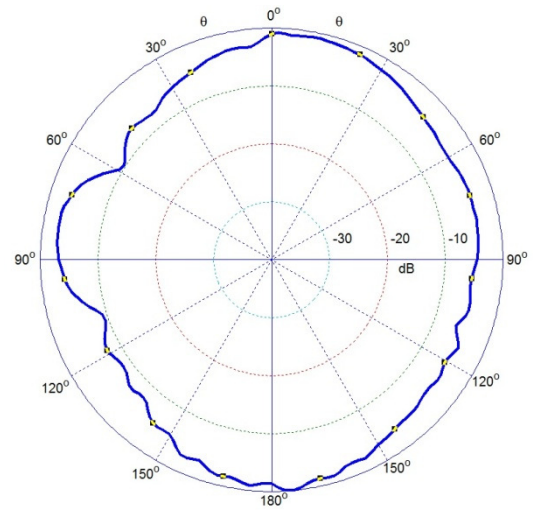
Şekil 5.39 UWB düzlemsel yönsüz anten 7GHz ışıma paterni (a)3B, (b)2B elevasyon, (c)2B azimut



(a)



(b)



(c)

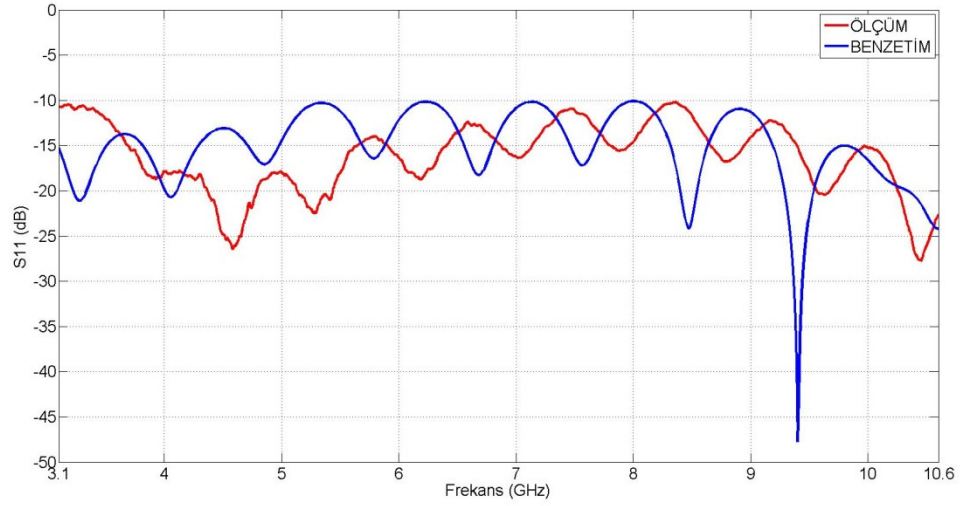
Şekil 5.40 UWB düzlemsel yönsüz anten 10GHz ışıma paterni (a)3B, (b)2B elevasyon, (c)2B azimut

Elevasyon ışıma paternlerinde 180 derece civarında görülen çökme bu bölümün ölçüm sisteminde antenin montajının yapıldığı bölüme dönük olmasından dolayı ölçüm alınamamasından kaynaklanmaktadır.

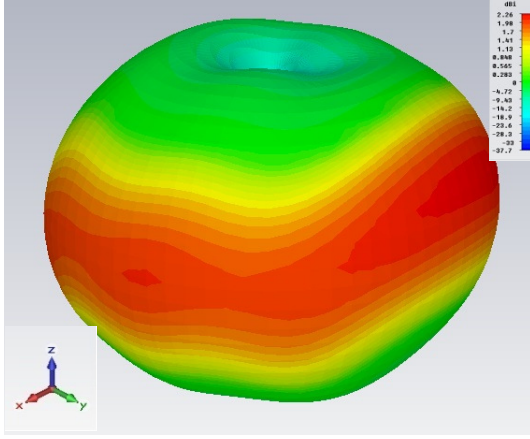
5.5 UWB Düzlemsel Yönsüz Anten Ölçüm – Benzetim Sonuç Karşılaştırması ve Performans Değerlendirmesi

UWB düzlemsel yönsüz anten tasarımı için gerçekleştirilen benzetim çalışması ve sonrasında gerçekleştirilen üretim ve ölçüm ile elde edilen veriler bölüm 5.3 ve 5.4 de verilmektedir. Bu bölümde sonuçları karşılaştırmalı olarak tekrar gösterilmiş ve tasarlanan antenin performans değerlendirmesi yapılmıştır.

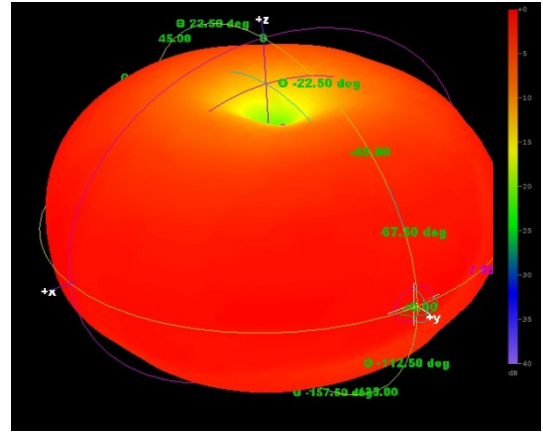
UWB mikroşerit yönsüz anten benzetim ve üretim modeli S11 (dB) ve ışıma paterninin 3, 5, 7 ve 10GHz karşılaştırmalı sonuçları sırası ile şekil 5.40, 5.41, 5.42, 5.43 ve 5.44 de gösterilmektedir.



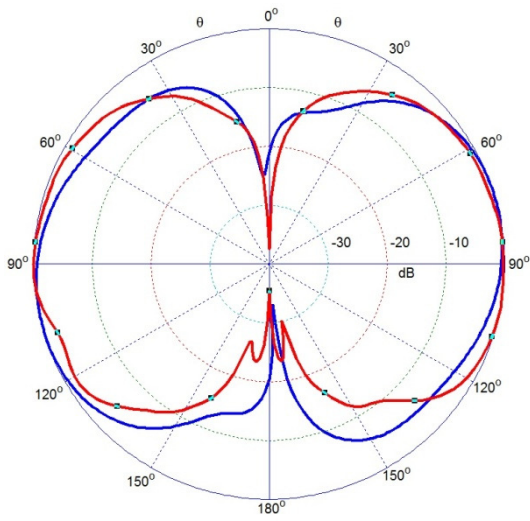
Şekil 5.41 UWB düzlemsel yönsüz anten S11 (dB) benzetim ve ölçüm sonuç karşılaştırması



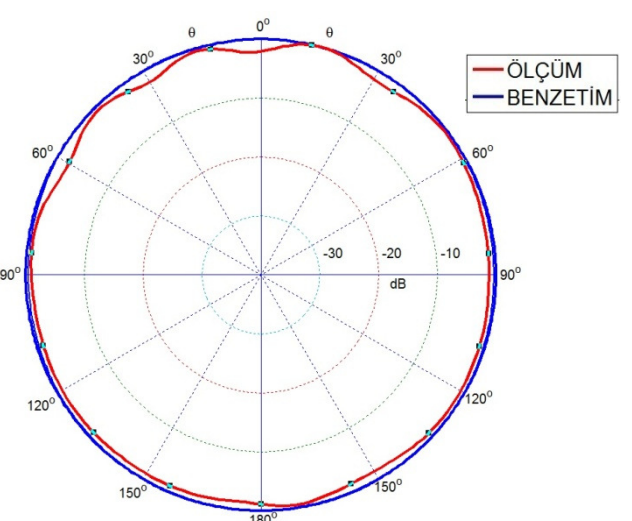
(a)



(b)

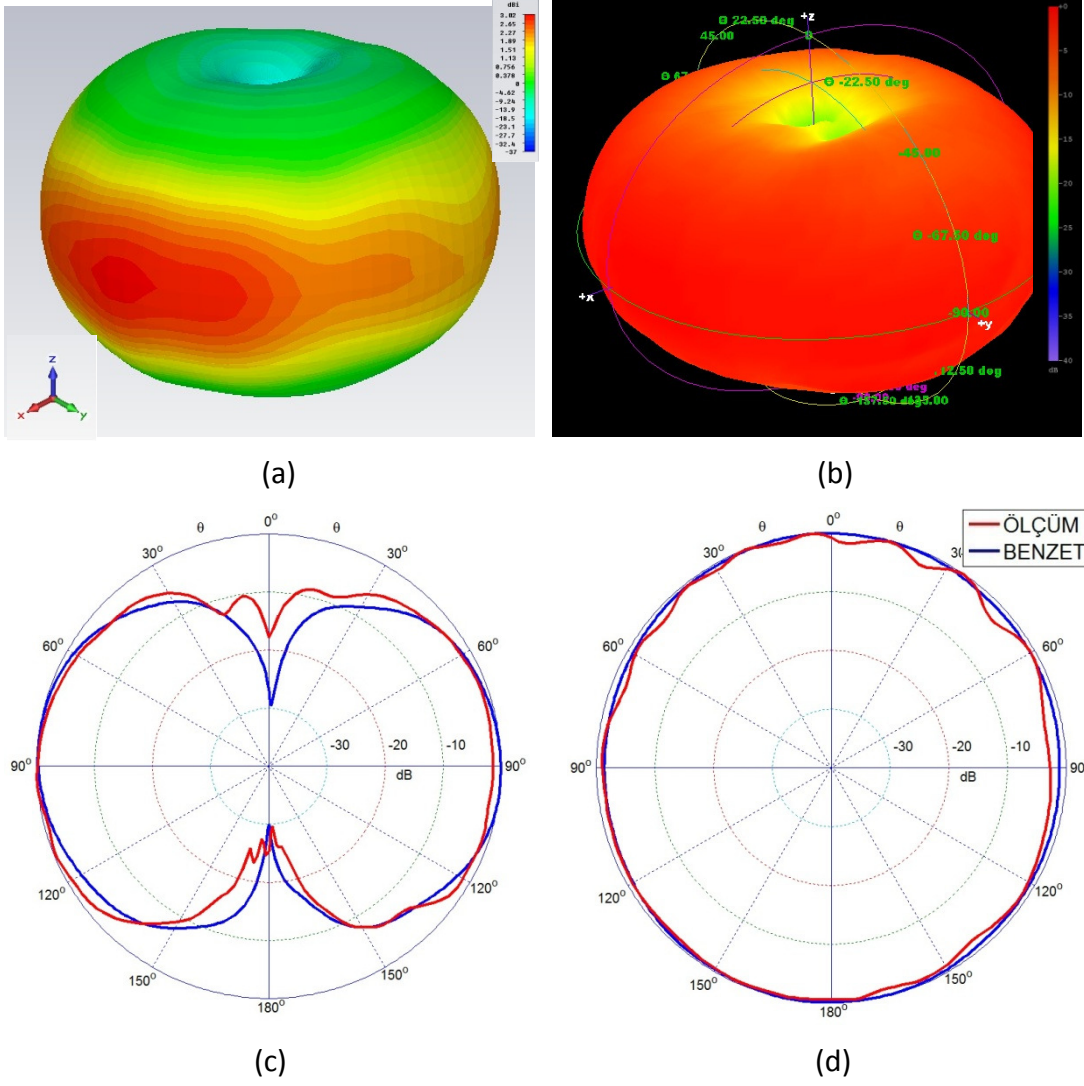


(c)

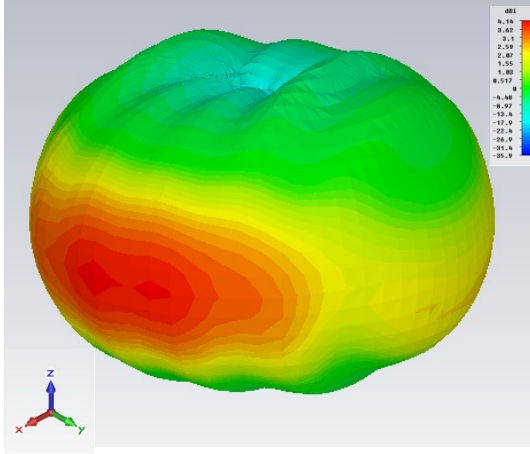


(d)

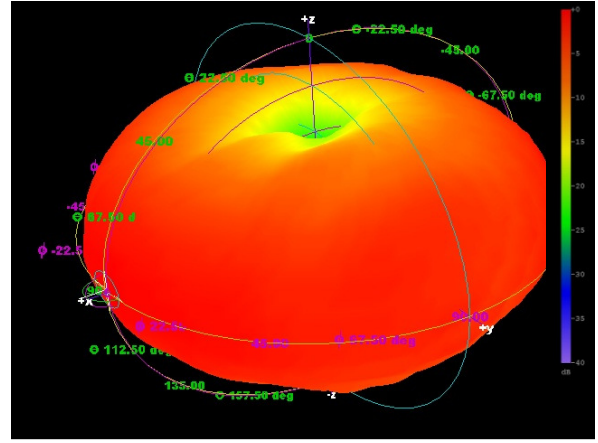
Şekil 5.42 UWB düzlemsel yönsüz anten 3GHz ışıma paterni ölçüm –benzetim sonuç karşılaştırması (a) benzetim 3B, (b) ölçüm 3B, (c) 2B elevasyon, (d) 2B azimut



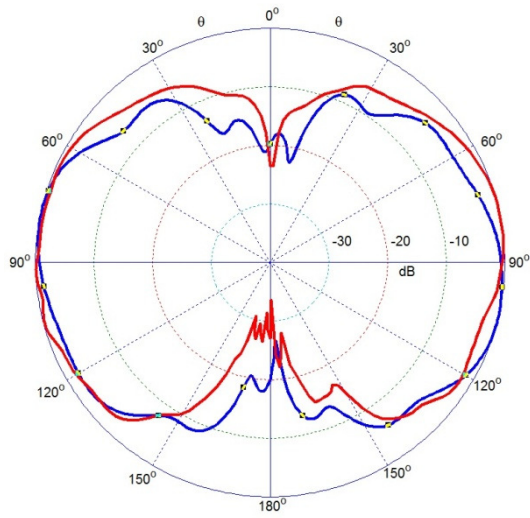
Şekil 5.43 UWB düzlemsel yönsüz anten 5GHz ışıma paterni ölçüm –benzetim sonuç karşılaştırması (a) benzetim 3B, (b) ölçüm 3B, (c) 2B elevasyon, (d) 2B azimut



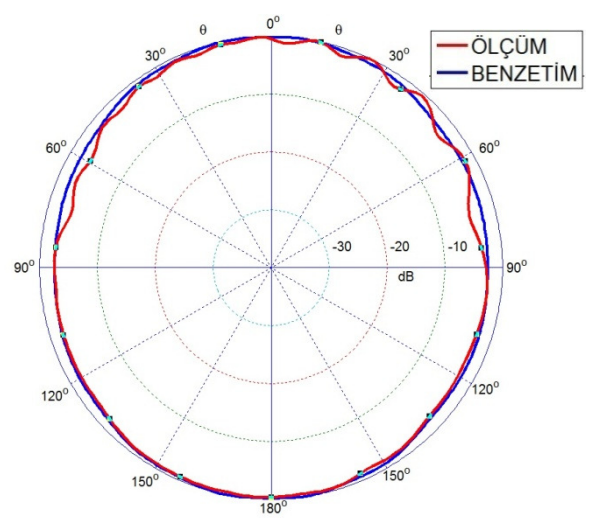
(a)



(b)

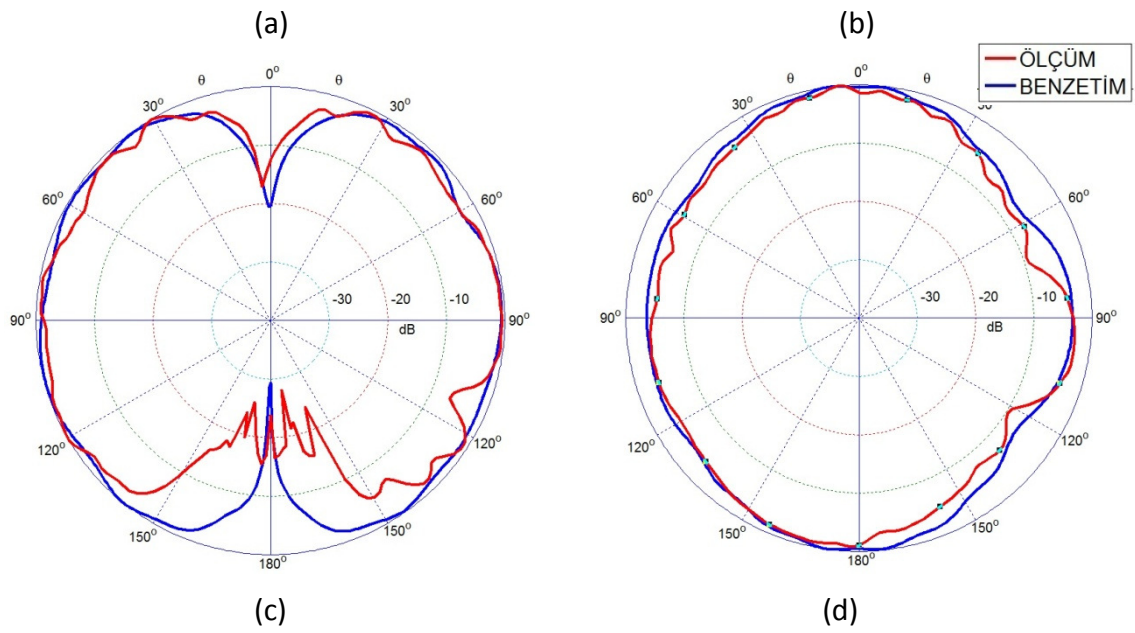
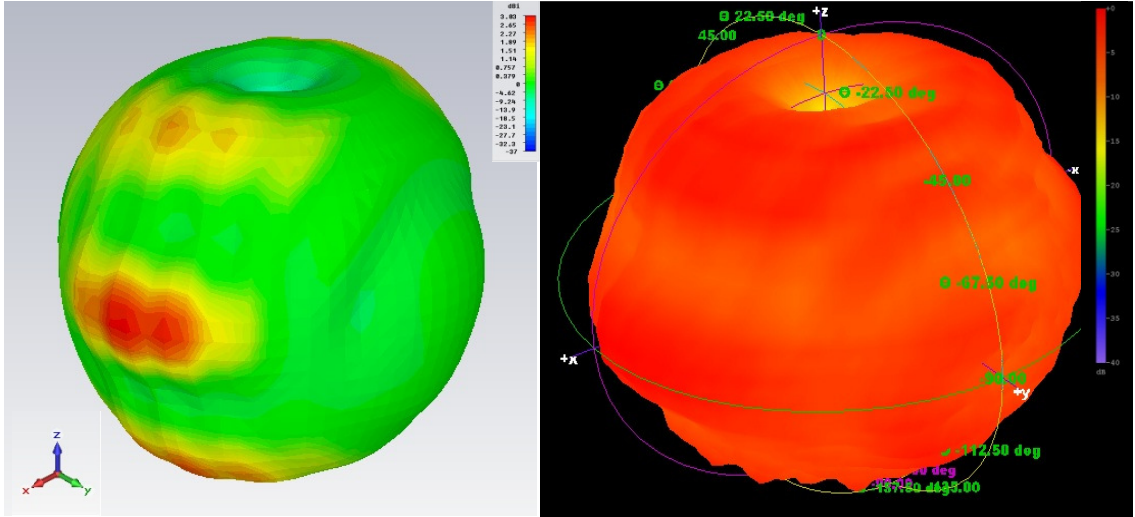


(c)



(d)

Şekil 5.44 UWB düzlemsel yönsüz anten 7GHz ışıma paterni ölçüm –benzetim sonuç karşılaştırması (a) benzetim 3B, (b) ölçüm 3B, (c) 2B elevasyon, (d) 2B azimut



Şekil 5.45 UWB düzlemsel yönsüz anten 10GHz ışıma paterni ölçüm –benzetim sonuç karşılaştırması (a) benzetim 3B, (b) ölçüm 3B, (c) 2B elevasyon, (d) 2B azimut

Antenin benzetim ve ölçüm kazanç değerleri çizelge 5.4 de karşılaştırmalı olarak verilmektedir.

Çizelge 5.4 UWB düzlemsel yönsüz anten kazancı benzetim – ölçüm karşılaştırması

Frekans	Benzetim Mutlak Kazanç Değeri (dBi)	Ölçüm Mutlak Kazanç Değeri (dBi)
3GHz	1.7	1.5
5GHz	2.6	2.1
7GHz	3.2	2.8
10GHz	2.7	3.2

Tasarlanılan UWB düzlemsel yönsüz antenin şekil 5.40-5.44 de görülen S11(dB) ve ışıma patern sonuçları ve çizelge 5.4 de görülen anten mutlak kazancı benzetim ve ölçüm sonucu karşılaştırması göz önünde bulundurulduğunda tasarlanılan anten UWB frekans aralığında (3.1-10.6GHz) başarılı çalışma anten parametre kesişimini sağlamaktadır.

Besleme hattı üzerinde yürüyen ortak mod akımlarının ışıma paterni üzerinde oluşturduğu bozucu etkinin gösterilmesi için bölüm 4.2 de gerçekleştirilen benzetim çalışmasında, besleme hattı antenin ışıma paterninde bir sıfır noktasına denk gelmesine rağmen ışıma paterni üzerinde bozucu etki göstermektedir. Tasarladığım UWB düzlemsel yönsüz antende ise besleme hattı, ışıma paterninin en yüksek değere ulaştığı açıda bulunmasına rağmen ışıma paterni üzerinde bozucu etkiye sebep olmamaktadır. Bu durum tasarladığımız balun empedans dönüştürücünün dengesiz yapıdan dengeli yapıya geçişi UWB frekans bandından başarılı bir şekilde gerçekleştirdiğinden ortak mod akımlarına sebep olmadığını göstermektedir.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Gerçekleştirdiğimiz tez çalışmasında anten performans parametreleri tanımlanmış ve bu parametreler içerisinde literatürde yaygın olarak ön plana çıkanları ifade edilmiştir. Anten tasarımında bu performans parametrelerinden çalışma frekans aralığında herhangi birinde değil, hepsinde hedeflenen sonuçların elde edilmesinin gerekliliğinden bahsedilmiş ve anten başarılı çalışma parametre kesişimi tanımlanmıştır. Anten başarılı çalışma parametre kesişimi başlığı altında literatürdeki anten tasarım çalışmalarında ön plana çıkan empedans uyumluluğu, ışıma paterni ve ışıma verimliliği parametrelerinin UWB mikroşerit anten tasarımında sağlanmasında karşılaşılan sorunlar tanımlanmıştır. Literatürde bu sorunların görüldüğü çalışmalardan bazıları ele alınmış ve sonuçları gerçekleştirilen benzetim çalışmaları ile gösterilmiştir. Sorunların giderilmesi için izlenilmesi gereken yollar belirlenmiş ve açıklanmıştır.

UWB frekans aralığında mikroşerit yönsüz anten tasarımı, anten başarılı çalışma parametre kesişiminin sağlanması hedefi ile tasarım güçlüklerinin aşılması için belirlenen yöntemler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan anten modelinin benzetim çalışması gerçekleştirilmiştir. Benzetim çalışmalarında hedeflenen sonuçların elde edilmesi sonrasında anten modeli ürettirilmiş ve ölçümleri gerçekleştirilerek $S_{11}(\text{dB})$ ve ışıma paterni sonuçları verilmiştir. Benzetim ve ölçüm sonuçları karşılaştırılarak anten başarılı çalışma parametre kesişiminin sağlandığı gösterilmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Kim, J.I. ve Jee, Y. C. , (2007). "Design of Ultrawideband Coplanar Waveguide-Fed LI-Shape Planar Monopole Antennas", *Antennas and Wireless Propagation Letters IEEE*, 6:383-387.
- [2] Sheikhan, S.R.A., Moghadasi, M.N., Ebadifallah, E., Roustae, H., Katouli, M. ve Virdee, B.S. (2010). "Planar monopole antenna employing back-plane ladder-shaped resonant structure for ultra-wideband performance", *Microwaves, Antennas & Propagation, IET*, 4:1327-1335.
- [3] Lu, J. H. ve Yeh, C. H. , (2012). "Planar Broadband Arc-Shaped Monopole Antenna for UWB Systems", *Antennas and Propagation, IEEE Transaction*, 60:3091-3095.
- [4] Ling, C. W., Lo, W. H., Yan, R. H. ve Chung, S. J., (2007). "Planar Binomial Curved Monopole Antennas for Ultrawideband Communication", *Antennas and Propagation, IEEE Transaction*, 55:2622-2624.
- [5] Chan, C. H., Yeung, S.H., Chan, W.S. ve Man, K.F., (2007). "UWB sickle-shape patch dipolar antenna with stable radiation pattern", *Antennas and Propagation Society International Symposium, 2007, Hawaii*.
- [6] Fereidoony, F., Chamaani, S. ve Mirtaheri, S.A., (2012). "Systematic Design of UWB Monopole Antennas with Stable Omnidirectional Radiation Pattern", *Antennas and Wireless Propagation Letters IEEE*, 11:752-755.
- [7] Mehdipour, A., Aghdam, K.M., Dana, E.F. ve Reza, M., (2008). "A Novel Coplanar Waveguide-Fed Slot Antenna for Ultrawideband Applications", *Antennas and Propagation, IEEE Transactions on*, 56:3857-3862.

- [8] Naser-Moghadasi, M., Roustaei, H. ve Virdee, B.S., (2009). "Compact UWB Planar Monopole Antenna", *Antennas and Wireless Propagation Letters IEEE*, 8:1382-1385.
- [9] Li, Z., Xie, D., Wang, J., Jiang, K. (2009). "Design and Analysis of a Novel Ultra Wide-Band Antenna", *Microwave Technology and Computational Electromagnetics ICMTCE International Conference*, 2009, China.
- [10] Fereidoony, F. ve Mirtaheri, S.A., (2011). "UWB Planar Monopole Antenna With Stable Radiation Pattern and Low Transient Distortion", *Antennas and Propagation (EUCAP) 5th European Conference*, 2011, Italy.
- [11] Balanis, C. A. , (2005). *Antenna Theory Analysis and Design*, Third Edition, Wiley, New Jersey.
- [12] Chakaravarty, T., Mahapatra, S., De, A., (2006). "An Extremely Broadband Planar Active Receiving Antenna", *Antenna Technology Small Antennas and Novel Metamaterials IEEE International Workshop*, 2006, New York.
- [13] Volakis, J. L., (2007). *Antenna Engineering Handbook*, Fourth Edition, McGraw-Hill., New York.
- [14] FCC 02-48, (2002). *Commission's Rules Regarding Ultra-Wideband Transmission Systems*, FCC, 98-153, Washington
- [15] Alexander, M., Log, T.H. ve Betancort, A.L., (2009). "Measurement of Electrically Small Antennas Via Optical Fibre", *Antennas & Propagation Conference*, 2009, UK.
- [16] Yıldız, İ., (2004). *Design and Construction of Reduced Size Planar Spiral Antenna in The 0.5-18GHz Frequency Range*, Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Eren AKKAYA
Doğum Tarihi ve Yeri : 02.08.1987 KAYSERİ
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : eren.akkaya@tubitak.gov.tr

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lisans	Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği	Yıldız Teknik Üniversitesi	2009
Lise		Nişantaşı Nuri Akın Lisesi	2004

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2009-Devam Ediyor	TÜBİTAK BİLGEM	Tasarım ve Geliştirme Mühendisi

YAYINLARI

Bildiri

1. “İmplant Uygulamaları İçin Genişbantlı Anten Tasarımı”, Fatma ZENGİN, Bahattin TÜRETKEN, Eren AKKAYA, 2010 BIYOMUT.
2. “Yansıtıcı Antenler İçin Tasarım ve Ölçüm Teknikleri”, Bahattin TÜRETKEN, Erkul BAŞARAN, Muhammed Eyyup GÜRCAN, Eren AKKAYA, V.URSI Türkiye 2010 Bilimsel Kongresi ve Ulusal Genel Kurul Toplantısı

Kitap

1. Microwave and Milimeter Wave Circuits and Systems, (2013), WILEY: Chapter 17