

**T.C.
KILIS 7 ARALIK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ÇOK BANDLI VE GENİŞ BANDLI FREKANS SEÇİCİ YÜZEY TASARIMI

MEHMET YUSUF ÖZGÜVEN

DANIŞMAN: PROF. DR. KEMAL DELİHACIOĞLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

EYLÜL 2019

KILIS

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ÇOK BANDLI VE GENİŞ BANDLI FREKANS SEÇİCİ YÜZEY TASARIMI

Mehmet Yusuf Özgüven

Kilis 7 Aralık Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Elektrik Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Kemal DELİHACIOĞLU

Yıl: 2019, Sayfa: 61

Son yıllarda elektronik ve haberleşme üzerine çok fazla yenilik ve üretim durumu mevcuttur. Özellikle askeri haberleşmede olmak üzere sivil haberleşmede, gemilerde, antenlerde, son kullanıcı ürünü olan mikro dalga fırın gibi uygulama alanlara sahip kablosuz haberleşmede ve manyetik filtrelerde rol alan Frekans Seçici Yüzey (FSY) alanında önemli gelişmeler vardır. FSY son yıllarda farklı uygulamalar için araştırılır ve geliştirilir bir konu olmuştur.

Bu çalışmada dielektrik tabaka üzerine yama şeklinde iletken levhalar yerleştirilerek kademeli olarak iki farklı tasarım serisi oluşturulmuştur. Birinci tasarım dizisi ile farklı band sınıflarında tek band, dual band ve tri-band band durdurucu filtre tasarımı yapılmıştır. İkinci tasarım serisi ile de hem çoklu band filtre özelliği gösterirken hem de genişband band durduran filtre özelliği gösteren FSY tasarımı yapılmıştır. İki serinin ortak yönü ise çok bandlı uygulamalarda kullanılabilmesi ve tek katman FSY yapısı ile herhangi bir aktif devre elemanı kullanmadan tasarlanmasıdır.

Çalışılan ilk serinin birinci tasarım şekli üzerinden FSY için değişikliğe sebep olan parametreler incelenirken, her iki serisinde TE ve TM Modunda iletim ve yansıma grafikleri, elektrik alan, manyetik alan, yüzey akım durumu ve absorber (emilim) grafikleri detaylı olarak incelenmiştir. Yapıların simülasyonu temeli sonlu elemanlar

yöntemine dayanan birçok bileşen türü için güçlü bir simülasyon özelliği gösteren Computer Simulation Technology (CST) programı yardımıyla çözdürülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Frekans Seçici Yüzey (FSY), Çoklu Band, Tek Katman



ABSTRACT

MSc. Thesis

MULTIBAND AND WIDEBAND FREQUENCY SELECTIVE SURFACE DESIGN

Mehmet Yusuf ÖZGÜVEN

Kilis 7 Aralık Universty

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Electrical Electronic Engineering

Supervisor: Prof. Dr.Kemal DELİHACIOĞLU

Year: 2019, Page: 62

There have been many innovations and production situations in electronics and communication in recent years. Significant improvements have been made in the field of Frequency Selective Surface (FSS), which is particularly involved in military communications, civil communications, ships, antennas, wireless communications with applications such as the end-user microwave oven and magnetic filters. FSS has been a subject that is explored and developed for different applications in recent years.

In this study, two different design series were gradually formed by placing patchy conductive plates on the dielectric layer. With the first design series, single band, dual band and tri-band band stopper filters are designed in different band classes. With the second design series, FSS design has been performed which shows both multi band filter feature and broadband band stop filter feature. The common feature of the two series is that they can be used in multi-band applications and designed without using any active circuit elements with single layer FSS structure.

While the parameters causing change for FSS are examined in the first design of the first series studied, transmission and reflection graphs in TE and TM Mode, electric field, magnetic field, surface current state and absorber In the first design of the first

series, the parameters causing the change for FSS were examined and the transmission and reflection graphs, electric field, magnetic field, surface current state and absorber graphs were examined in detail in TE and TM Mode. The simulation of structures is solved with the help of Computer Simulation Technology (CST) program which shows a strong simulation feature for many component types based on finite element method.

Keywords: Frequency selective surface (FSS), multiband, single layer



TEŞEKKÜR

Bu tez alıŐmasının hazırlanması süresince bilgi ve tecrübesini paylaşan değerli hocam Prof. Dr. Kemal DELİHACIOğLU'na göstermiŐ olduğu ilgi ve alakadan ötürü minettar olduğumu belirtir başta Prof.Dr. Uğur Cem HASAR, Doç.Dr.Muharrem KARAASLAN ve AraŐ.Gör. Olcay ALTINTAŐ hocalarıma olmak üzere akademik gelişim sürecime emek ve katkı sunan tüm değerli hocalarıma da en içten duygularıyla teşekkürlerimi sunarım.

Her zaman bana en güçlü desteği veren eŐim Öğr.Gör. Mine ÖZGÜVEN'e sonsuz teşekkürlerimi vurgulamak isterim.

Mehmet Yusuf ÖZGÜVEN

Kilis, Eylül 2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
İÇİNDEKİLER.....	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
TABLolar DİZİNİ.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Araştırmanın Amacı ve Önemi.....	1
1.2. Önceki Çalışmalar.....	1
1.3. Materyal ve Metot.....	4
2. FREKANS SEÇİCİ YÜZEYLERİN TEMEL ÖZELLİKLERİ.....	5
2.1. Frekans Seçici Yüzey ve Eleman Tipi.....	5
2.2. FSY Tasarımında Kullanılan Elemanların Geometri, Boyut ve Yapıları.....	6
2.3. FSY Tasarımında Kullanılan İletkenin Kalınlığı.....	7
2.4. FSY Tasarımında Kullanılan Elemanların İletkenliği.....	8
2.5. FSY Tasarımında Kullanılan Dielektrik Malzemeler.....	10
2.6. Frekans Seçici Yüzeye Gelen Elektromanyetik Dalganın Açısı.....	12
2.7. Frekans Seçici Yüzeye Gelen Dalganın Polarizasyonu.....	13
3. HT-TASARIMLARIN SİMÜLASYON UYGULAMA AŞAMALARI.....	14
3.1. HT-1 Yapısı.....	14
3.1.1. HT-1 periyodik yapı ve birim hücre ölçüleri.....	14
3.1.2. HT-1 periyodik yapı simülasyonu s-parametreleri.....	15
3.1.3. HT-1 periyodik yapı simülasyonu elektrik alan/manyetik alan ve yüzey akım.....	17

3.1.4.	HT-1 periyodik yapı simülasyonu soğurma karakteristiği.....	18
3.2.	HT-1 Yapısı H-Dikey Uzantı Karşılaştırması ve Geometri Ölçüleri.....	18
3.3.	HT-1 Yapısı H-Yatay Uzantı Karşılaştırması ve Geometri Ölçüleri.....	20
3.4.	HT-1 Yapısı T-Dikey Uzantı Karşılaştırması ve Geometri Ölçüleri.....	23
3.5.	HT-1 Yapısı T-Dış Kulak Uzantı Karşılaştırması ve Geometri Ölçüleri.....	25
3.6.	HT-2 Yapısı.....	27
3.6.1.	HT-2 periyodik yapı ve birim hücre ölçüleri.....	27
3.6.2.	HT-2 periyodik yapı simülasyonu s-parametreleri.....	28
3.6.3.	HT-2 periyodik yapı simülasyonu elektrik alan/manyetik alan ve yüzey akım.....	30
3.6.4.	HT-2 periyodik yapı simülasyonu soğurma karakteristiği.....	31
3.6.5.	HT-2 periyodik yapı oluşumu ve birim hücre ölçüleri.....	31
3.7.	HT-3 Periyodik Yapısı.....	33
3.7.1.	HT-3 periyodik yapı ve birim hücre ölçüleri.....	33
3.7.2.	HT-3 periyodik yapı simülasyonu s-parametreleri.....	34
3.7.3.	HT-3 periyodik yapı simülasyonu elektrik alan/manyetik alan ve yüzey akım.....	36
3.7.4.	HT-3 periyodik yapı simülasyonu soğurma karakteristiği.....	37
3.8.	HT-Serisi (HT-1 / HT-2 / HT -3) Periyodik Yapıları Simülasyonu S-Parametreleri.....	38
4.	ARTI-TASARIMLARIN SİMÜLASYON UYGULAMA AŞAMALARI.....	40
4.1.	Artı-1 Yapısı.....	40
4.1.1.	Artı-1 periyodik yapı ve birim hücre ölçüleri.....	40
4.1.2.	Artı-1 periyodik yapı simülasyonu s-parametreleri.....	41

4.1.3.	Artı-1 periyodik yapı simülasyonu elektrik alan/manyetik alan ve yüzey akım.....	42
4.1.4.	Artı-1 periyodik yapı simülasyonu soğurma karakteristiği.....	43
4.2.	Artı-2 Yapısı.....	44
4.2.1.	Artı-2 periyodik yapı ve birim hücre ölçüleri.....	44
4.2.2.	Artı-2 periyodik yapı simülasyonu s-parametreleri.....	45
4.2.3.	Artı-2 periyodik yapı simülasyonu elektrik alan/manyetik alan ve yüzey akım.....	46
4.2.4.	Artı-2 periyodik yapı simülasyonu soğurma karakteristiği.....	47
4.3.	Artı-3 Yapısı.....	48
4.3.1.	Artı-3 periyodik yapı ve birim hücre ölçüleri.....	48
4.3.2.	Artı-3 periyodik yapı simülasyonu s-parametreleri.....	49
4.3.3.	Artı-3 periyodik yapı simülasyonu elektrik alan/manyetik alan ve yüzey akım.....	51
4.3.4.	Artı-3 periyodik yapı simülasyonu soğurma karakteristiği.....	52
4.4.	Artı-2.1 Periyodik Yapısı.....	52
4.4.1.	Artı-2.1 periyodik yapı ve birim hücre ölçüleri.....	52
4.4.2.	Artı-2.1 periyodik yapı simülasyonu s-parametreleri.....	53
4.4.3.	Artı-2.1 periyodik yapı simülasyonu elektrik alan/manyetik alan ve yüzey akım.....	55
4.5.	Artı-Serisi (Artı-1 / Artı-2 / Artı-3) Periyodik Yapıları Simülasyonu S-Parametreleri.....	57
4.6.	Artı-Serisi (Artı-1 / Artı-2 / Artı-3) Periyodik Yapıları Dalga Geliş Açısı grafiği.....	58
5.	BULGULAR.....	59
6.	SONUÇ VE TARTIŞMA.....	59
7.	KAYNAKLAR.....	60
8.	ÖZGEÇMİŞ.....	62

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

mm	Milimetre
μm	Mikrometre
dB	Desibel
GHz	Gigahertz
ϵ	Epsilon

Kisaltmalar

FSY	Frekans Seçici Yüzey
S-Parametre	Saçılma Parametresi (Scattering parameter)
TE	Enine Elektrik Dalga (Transverse of Electric)
TM	Enine Manyetik Dalga (Transverse of Magnetic)
PCB	Baskı Devre Kartı (Printed Circuit Board)
CST	Bilgisayar Simülasyon Teknolojisi (Computer Simulation Technology)

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1	Tasarıma göre temel FSY filtre karakteristikleri.....	5
Şekil 2.2.	Kare yama ve açıklık iletim grafiği.....	5
Şekil 2.3.	Kare-Halka yama ve açıklık iletim grafiği.....	6
Şekil 2.4.	FSY'lerin geometrilerine göre adlandırılmaları.....	7
Şekil 2.5.	Bakır iletken kalınlığı $a=0.05\text{mm}$ $b=0.1\text{mm}$ $c=0.2\text{mm}$	8
Şekil 2.6.	Bakır iletken kalınlığına göre iletim grafiği ($1=a$, $2=b$, $3=c$)	8
Şekil 2.7.	Birim FSY yapısının örnek eşdeğer devresi.....	9
Şekil 2.8.	HT-1 yapısı için (a) Alüminyum , (b) Altın ,(c) Bakır.....	9
Şekil 2.9.	HT-1 yapısı için Alüminyum, Bakır ve Altın iletkenlerden oluşan FSY in rezonans frekansı.....	10
Şekil 2.10.	3 farklı Dielektrik tabaka üzerinde dizilen periyodik iletken FSY yapısı ($a=\text{Rogers-RO3006}$, $b=\text{FR4}$, $c=\text{RogersRT5870}$)	11
Şekil 2.11.	3 farklı dielektrik tabaka üzerinde dizilen periyodik iletken FSY yapısı simülasyon grafiği.....	11
Şekil 2.12.	HT-1 yapısı için farklı açılarda geliş açısına bağlı iletim grafikleri.....	12
Şekil 2.13.	TE modu örnek durum (1) , TM modu örnek durum (2)	13
Şekil 2.14.	HT-1 yapısı için TE (kırmızı) ve TM (Mavi) modu iletim grafiği.....	13
Şekil 3.1.	$a = \text{HT-1}$ $b = \text{HT-2}$ $c = \text{HT-3}$ yapıları.....	14
Şekil 3.2.	HT-1 periyodik yapısı ve birim hücre boyutları ($L=10\text{ mm}$ $E=10\text{ mm}$ $K=1.6\text{ mm}$ $a_1=6\text{ mm}$ $a_2=2\text{ mm}$ $w=0.5\text{ mm}$ $a_3=1.5\text{ mm}$ $a_4=2.25\text{ mm}$ $a_5=2.25\text{ mm}$ $a_6=1.25\text{ mm}$ $a_7=1.75\text{ mm}$ $a_8=4\text{ mm}$).....	15
Şekil 3.3.	HT-1 yapısı TE polarizasyonu S-Parametre grafiği ($S_{11}=(\text{Kırmızı})$ Yansıma grafiği, $S_{21}=(\text{Mavi})$ İletim grafiği).....	16
Şekil 3.4.	HT-1 yapısı TM polarizasyonu S-Parametre grafiği ($S_{22}=(\text{Kırmızı})$ Yansıma grafiğ $S_{12}=(\text{Mavi})$ İletim grafiği).....	16
Şekil 3.5.	HT-1 yapısı elektrik alan çizgileri.....	17
Şekil 3.6.	HT-1 yapısı manyetik alan çizgileri.....	17
Şekil 3.7.	HT-1 yapısı yüzey akım çizgileri.....	17
Şekil 3.8.	HT-1 yapısı Absorber grafiği (Mavi=Absorber grafiği, Kırmızı=Yansıma grafiği).....	18

Şekil 3.9. HT-1 Yapısı h1 uzunluğu ($a=0$ mm, $b=0.75$ mm, $c=1.75$ mm).....	18
Şekil 3.10. HT-1 yapısına ait h1 uzunluğuna göre S_{21} parametresi TE polarizasyonu.....	19
Şekil 3.11. HT-1 yapısına ait h1 uzunluğuna göre S_{21} parametresi TM polarizasyonu.....	19
Şekil 3.12. HT-1 yapısına ait h1 uzunluğuna göre S_{11} parametresi TE polarizasyonu.....	19
Şekil 3.13. HT-1 yapısına ait h1 uzunluğuna göre S_{11} parametresi TM polarizasyonu.....	20
Şekil 3.14. HT-1 yapısına ait h1 uzunluğuna göre Absorber grafiği.....	20
Şekil 3.15. HT-1 Yapısı h2 uzunluğu ($a=0.25$ mm, $b=0.75$ mm, $c=1.25$ mm).....	21
Şekil 3.16. HT-1 yapısına ait h2 uzunluğuna göre S_{21} parametresi TE polarizasyonu.....	21
Şekil 3.17. HT-1 yapısına ait h2 uzunluğuna göre S_{21} parametresi TM polarizasyonu.....	21
Şekil 3.18. HT-1 yapısına ait h2 uzunluğuna göre S_{11} parametresi TE polarizasyonu.....	22
Şekil 3.19. HT-1 yapısına ait h2 uzunluğuna göre S_{11} parametresi TM polarizasyonu.....	22
Şekil 3.20. HT-1 yapısına ait h2 uzunluğuna göre Absorber grafiği.....	22
Şekil 3.21. HT-1 Yapısı h3 uzunluğuna göre ($a=2.25$ mm, $b=2.75$ mm, $c=3.25$ mm).....	23
Şekil 3.22. HT-1 yapısına ait h3 uzunluğuna göre S_{21} parametresi TE polarizasyonu.....	23
Şekil 3.23. HT-1 yapısına ait h3 uzunluğuna göre S_{21} parametresi TM polarizasyonu.....	24
Şekil 3.24. HT-1 yapısına ait h3 uzunluğuna göre S_{11} parametresi TE polarizasyonu.....	24
Şekil 3.25. HT-1 yapısına ait h3 uzunluğuna göre S_{11} parametresi TM polarizasyonu.....	24
Şekil 3.26. HT-1 yapısına ait h3 uzunluğuna göre Absorber grafiği.....	25

Şekil 3.27. HT-1 Yapısı h4 uzunluğuna göre ($a=0.75$ mm, $b=1.50$ mm, $c=2.25$ mm).....	25
Şekil 3.28. HT-1 yapısına ait h4 uzunluğuna göre S_{21} parametresi TE polarizasyonu.....	26
Şekil 3.29. HT-1 yapısına ait h4 uzunluğuna göre S_{21} parametresi TM polarizasyonu.....	26
Şekil 3.30. HT-1 yapısına ait h4 uzunluğuna göre S_{11} parametresi TE polarizasyonu.....	26
Şekil 3.31. HT-1 yapısına ait h4 uzunluğuna göre S_{11} parametresi TM polarizasyonu.....	27
Şekil 3.32. HT-1 yapısına ait h4 uzunluğuna göre Absorber grafiği.....	27
Şekil 3.33. HT-2 periyodik yapısı ve birim hücre boyutları ($L=10$ mm $E=10$ mm $b_1=0.75$ mm $b_2=0.5$ mm $b_3=1.25$ mm $b_4=0.75$ mm $b_5=2.5$ mm $b_6=2$ mm $b_7=0.5$ mm).....	28
Şekil 3.34. HT-2 yapısı TE polarizasyonu S-Parametre grafiği (S_{11} = (Kırmızı)Yansım grafiği, S_{21} = (Mavi)İletim grafiği).....	29
Şekil 3.35. HT-2 yapısı TM polarizasyonu S-Parametre grafiği (S_{22} = (Kırmızı)Yansım grafiği, S_{12} = (Mavi)İletim grafiği).....	29
Şekil 3.36. HT-2 Yapısı Elektrik alan çizgileri.....	30
Şekil 3.37. HT-2 Yapısı Manyetik alan çizgileri.....	30
Şekil 3.38. HT-2 Yapısı Yüzey akım çizgileri.....	30
Şekil 3.39. HT-2 Yapısı Absorber grafiği (Mavi=Absorber grafiği, Kırmızı=Yansım grafiği).....	31
Şekil 3.40. HT-2 yapısının oluşum aşamaları ($h_5=0.75$ mm, $h_6=1.25$ mm, $h_7=2$ mm, $h_8=0.75$ mm).....	31
Şekil 3.41. HT-2 yapısına ait a-b-c-d oluşum yapıları S_{21} parametresi TE polarizasyonu ($a=1-2$, $b=3-4$, $c=5-6$, $d=7-8$).....	32
Şekil 3.42. HT-2 yapısına ait a-b-c-d oluşum yapıları S_{21} parametresi TM polarizasyonu ($a=1$, $b=2-3$, $c=4-5-6$, $d=7-8-9$).....	32
Şekil 3.43. HT-2 yapısına ait a-b-c-d oluşum yapıları S_{11} parametresi TE polarizasyonu.....	32
Şekil 3.44. HT-2 yapısına ait a-b-c-d oluşum yapıları S_{11} parametresi TM polarizasyonu.....	33
Şekil 3.45. HT-2 yapısına ait a-b-c-d oluşum yapıları absorber grafiği.....	33
Şekil 3.46. HT-3 periyodik yapısı ilave yapı boyutları ($c_1=0.25$ mm $c_2=4$ mm $c_3=1.75$ mm $c_4=1.50$ mm $c_5=0.5$ mm).....	34
Şekil 3.47. HT-3 yapısı TE polarizasyonu S-Parametre grafiği (S_{11} = (Kırmızı)Yansım grafiği, S_{21} = (Mavi)İletim grafiği).....	34

Şekil 3.48. HT-3 yapısı TM polarizasyonu S-Parametre grafiği (S_{11} = (Kırmızı)Yansım grafiği, S_{21} = (Mavi)İletim grafiği).....	35
Şekil 3.49. HT-3 yapısı elektrik alan çizgileri.....	36
Şekil 3.50. HT-3 yapısı manyetik alan çizgileri.....	36
Şekil 3.51. HT-3 yapısı yüzey akım çizgileri.....	36
Şekil 3.52. HT-3 Yapısı Absorber grafiği (Mavi=Absorber grafiği, Kırmızı=Yansım grafiği).....	37
Şekil 3.53. HT- serisi TE polarizasyonu S-Parametre grafiği (S_{21} = İletim grafiği).....	37
Şekil 3.54. HT- serisi TE polarizasyonu S-Parametre grafiği (S_{11} = Yansım grafiği).....	38
Şekil 3.55. HT- serisi TM polarizasyonu S-Parametre grafiği (S_{21} = İletim grafiği).....	38
Şekil 3.56. HT- serisi TM polarizasyonu S-Parametre grafiği (S_{11} = Yansım grafiği).....	39
Şekil 3.57. HT- serisi Absorber grafiği.....	39
Şekil 4.1. a = Artı-1 b = Artı-2 c = Artı-3 yapıları.....	40
Şekil 4.2. Artı-1 periyodik yapısı ve birim hücre boyutları (L=8 mm E=8 mm K=1.6 mm $a_1=0.2$ mm $a_2=0.5$ mm $a_3=0.7$ mm $a_4=1.9$ mm).....	41
Şekil 4.3. Artı-1 yapısı TE polarizasyonu S-Parametre grafiği (S_{11} = (Kırmızı)Yansım grafiği, S_{21} = (Mavi)İletim grafiği).....	41
Şekil 4.4. Artı-1 yapısı TM polarizasyonu S-Parametre grafiği (S_{22} = (Kırmızı)Yansım grafiği, S_{12} = (Mavi)İletim grafiği).....	42
Şekil 4.5. Artı-1 yapısı elektrik alan çizgileri.....	42
Şekil 4.6. Artı-1 yapısı manyetik alan çizgileri.....	43
Şekil 4.7. Artı-1 yapısı yüzey akım çizgileri.....	43
Şekil 4.8. Artı-1 yapısı Absorber grafiği (Mavi=Absorber grafiği, Kırmızı=Yansım grafiği).....	43
Şekil 4.9. Artı-2 periyodik yapısı ve birim hücre boyutları ($b_1=3.4$ mm, $b_2=3.4$ mm, $b_3=7.4$ mm).....	44
Şekil 4.10. Artı-2 yapısı TE polarizasyonu S-Parametre grafiği (S_{11} = (Kırmızı)Yansım grafiği, S_{21} = (Mavi)İletim grafiği).....	45
Şekil 4.11. Artı-2 yapısı TM polarizasyonu S-Parametre grafiği (S_{22} = (Kırmızı)Yansım grafiği, S_{12} = (Mavi)İletim grafiği).....	45
Şekil 4.12. Artı-2 yapısı elektrik alan çizgileri (a = 8.866 GHz, b = 16.105 GHz rezonans frekansları).....	46

Şekil 4.13. Artı-2 yapısı manyetik alan çizgileri (a = 8.866 GHz, b = 16.105 GHz rezonans frekansları).....	46
Şekil 4.14. Artı-2 yapısı yüzey akım çizgileri (a = 8.866 GHz, b = 16.105 GHz rezonans frekansları).....	47
Şekil 4.15. Artı-2 yapısı Absorber grafiği (Mavi=Absorber grafiği, Kırmızı=Yansıma grafiği).....	47
Şekil 4.16. Artı-3 periyodik yapısı ve birim hücre boyutları (c ₁ =0.8 mm, c ₂ =1 mm, c ₃ =1.4 mm,c ₄ =1.4 mm, c ₅ =0.8 mm).....	49
Şekil 4.17. Artı-3 yapısı TE polarizasyonu S-Parametre grafiği (S ₁₁ = (Kırmızı)Yansıma grafiği, S ₂₁ = (Mavi)İletim grafiği).....	49
Şekil 4.18. Artı-3 yapısı TM polarizasyonu S-Parametre grafiği (S ₂₂ = (Kırmızı)Yansıma grafiği, S ₁₂ = (Mavi)İletim grafiği).....	50
Şekil 4.19. Artı-3 Yapısı Elektrik alan çizgileri (a = 10.481 GHz, b = 14.984, 19.012 GHz rezonans frekansları).....	51
Şekil 4.20. Artı-3 Yapısı Manyetik alan çizgileri (a = 10.481 GHz, b = 14.984, 19.012 GHz rezonans frekansları).....	51
Şekil 4.21. Artı-3 Yapısı Yüzey akım çizgileri (a = 10.481 GHz, b = 14.984, 19.012 GHz rezonans frekansları).....	51
Şekil 4.22. Artı-3 Yapısı Absorber grafiği (Yeşil=Absorber grafiği, Kırmızı=Yansıma grafiği).....	52
Şekil 4.23. Artı-2.1 periyodik yapısı.....	53
Şekil 4.24. Artı-2.1 yapısı TE polarizasyonu S-Parametre grafiği (S ₁₁ = (Kırmızı)Yansıma grafiği, S ₂₁ = (Mavi)İletim grafiği).....	53
Şekil 4.25. Artı-2.1 yapısı TM polarizasyonu S-Parametre grafiği (S ₂₂ = (Kırmızı)Yansıma grafiği, S ₁₂ = (Mavi)İletim grafiği).....	54
Şekil 4.26. Artı-2.1 Yapısı Elektrik alan çizgileri (a = 10.595 GHz, b = 15.573 GHz rezonans frekansları).....	55
Şekil 4.27. Artı-2.1 Yapısı Manyetik alan çizgileri (a = 10.595 GHz, b = 15.573 GHz rezonans frekansları).....	55
Şekil 4.28. Artı-2.1 Yapısı Yüzey akım çizgileri (a = 10.595 GHz, b = 15.573 GHz rezonans frekansları).....	56
Şekil 4.29. Artı-2.1 Yapısı absorber grafiği (l = 14.41 GHz rezonans frekansı).....	56
Şekil 4.30. Artı- serisi TE polarizasyonu S-Parametre grafiği (S ₂₁ = İletim grafiği).....	57
Şekil 4.31. Artı - serisi TE polarizasyonu S-Parametre grafiği (S ₁₁ = Yansıma grafiği).....	57
Şekil 4.32. Artı - serisi TM polarizasyonu S-Parametre grafiği (S ₂₁ =İletim grafiği).....	57
Şekil 4.33. Artı - serisi TM polarizasyonu S-Parametre grafiği (S ₁₁ = Yansıma grafiği).....	58

Şekil 4.34. Artı - serisi Absorber grafiği.....	58
Şekil 4.35. Artı- serisi dalga geliş açısı S-Parametre grafiği.....	58



TABLULAR DİZİNİ

Tablo 3.1. HT-1 yapısı TE / TM polarizasyonu rezonans band ve band genişliği değerleri.....	16
Tablo 3.2. HT-1 yapısı Absorber band ve emilim değeri.....	18
Tablo 3.3. HT-2 yapısı TE / TM polarizasyonu rezonans band ve band genişliği değerleri.....	29
Tablo 3.4. HT-2 yapısı Absorber band ve emilim değeri.....	31
Tablo 3.5. HT-3 yapısı TE / TM polarizasyonu rezonans band ve band genişliği değerleri.....	35
Tablo 3.6. HT-3 yapısı Absorber band ve değeri.....	37
Tablo 3.7. HT- serisi TE polarizasyonu rezonans bandı ve band genişliği değerleri.....	38
Tablo 3.8. HT- serisi TM polarizasyonu rezonans band ve band genişliği değerleri.....	38
Tablo 3.9. HT- serisi Absorber rezonans band ve band genişliği değerleri.....	39
Tablo 4.1. Artı-1 yapısı TE / TM polarizasyonu rezonans band ve band genişliği değerleri.....	42
Tablo 4.2. Artı-1 yapısı Absorber band ve emilim değeri.....	44
Tablo 4.3. Artı-2 yapısı TE / TM polarizasyonu rezonans band ve band genişliği değerleri.....	45
Tablo 4.4. Artı-2 yapısı Absorber band ve emilim değeri.....	47
Tablo 4.5. Artı-3 yapısı TE / TM polarizasyonu rezonans band ve band genişliği değerleri.....	50
Tablo 4.6. Artı-3 yapısı Absorber band ve emilim değeri.....	52
Tablo 4.7. Artı-2.1 yapısı TE / TM polarizasyonu rezonans band ve band genişliği değerler.....	54
Tablo 4.8. Artı-2.1 yapısı Absorber band ve emilim değeri.....	56

1.GİRİŞ

1.1. Araştırmanın Amacı ve Önemi

Bu çalışma da dielektrik tabaka üzerine yama şeklinde iletken levhalar yerleştirilerek kademeli olarak iki tasarım serisi oluşturulmuştur. Oluşturulan ilk şekil dizisi sırası ile farklı band sınıflarında tek band, dual band ve tri-band band durdurucu filtre elde etmek için tasarım yapılmıştır. Bu yapının yanısıra ikinci bir tasarım serisi ile hem çoklu band filtre sistemi üzerine çalışılırken, geniş-band band durdurma uygulamalarında kullanılması için FSY tasarımı üzerine çalışılmıştır. Bu iki serinin ortak yönü ise çok bandlı uygulamalarda kullanılabilmesi ve tek katman FSY yapısı ile herhangi bir aktif devre elemanı kullanmadan tasarlanmasıdır.

Tasarlanan ilk serinin birinci tasarımı kullanılarak FSY için değişikliğe sebep olan parametreler (tercih edilen malzeme cinsi, tasarlanan şekil geometri boyutları, elektromanyetik dalganın geliş açısı ve polarizasyon) incelenirken, her iki serisinde TE ve TM Modunda iletim ve yansıma grafikleri, elektrik alan, manyetik alan, yüzey akım durumu ve absorber (emilim) grafikleri detaylı olarak incelenmiştir. Yapıların Simülasyonu temeli sonlu elemanlar yöntemine dayanan birçok bileşen türü için güçlü bir simülasyon özelliği gösteren Computer Simulation Technology (CST)programı yardımıyla çözdürülmüştür. Sonuçlar yorumlanıp tartışılmıştır.

1.2. Önceki çalışmalar

T tipi bir rezonatör içeren bir meta yapı dikdörtgen bir ayrık halka rezonatörü (RSRR) ile çevrilmiştir. Frekans seçici bir yüzey oluşturmak için periyodik olarak düzenlenmiştir.FSY, iki stopband arasında tek bir geçiş bandına sahiptir. Rezonans frekanslarında güçlü bir açı ve polarizasyon kararlılığı gösterir. Mikrodalga filtre topolojisi daha iyi anlaşılması için eşdeğer bir devre sunulmuştur. Ölçüm sonuçları simüle sonuçlara uygun çıkmıştır. Sunulan FSY'ler dalga kılavuzu filtrelerinde, mikrodalga fırınlarda, sensörler ve mikrodalga enerjisi amaçlı kullanılabilir [1].

Çift katmanlı FSY'den oluşan geniş bandlı bir radar emici yapı (RAS) ve dielektrik seramik kaplama sunulmuştur. İlk FSY katmanı birbiri ile birleşen kare ve dairesel metal periyodu dizilerinden oluşur ve ikinci tabaka kare yamalara sahip periyodik bir

yapıdan oluşur. FSY katmanlarının altı seramik kaplıdır. Mikrodalga emici yapının (RAS) yansıma kaybı üzerine enine elektrik (TE) ve enine manyetik (TM) için geliş açısının etkisi ayrıca incelenmiştir. TE ve TM polarizasyonu altında, farklı geliş açıları için çift katmanlı FSY çalışılmıştır. Geniş band elde etmek için genetik algoritma tanıtılmıştır. Simülasyon sonuçları çift katman tabakaya dayalı FSY yapısının tek katman yapısına göre daha iyi gösterilmiştir [2].

Çok bandlı frekans seçici yüzey (FSY), fraktal geometrisi yineleme tekniği kullanılarak tasarlanmıştır. Bir prefractal oluşturmak için geometrinin birkaç defa yinelemesi gerekmektedir. Sierpinski conta fraktal ikinci yineleme kullanılmıştır Bir prefractal oluşturmak için geometrinin birkaç yinelemesi gerekmektedir. üç durdurma bandı elde etmek için Sierpinski conta fraktal ikinci yineleme kullanılmıştır. dielektrik üzerinde bulunan iletken bir malzeme olarak mükemmel elektrik iletken malzeme kullanılmıştır. Çok bandlı bir FSY, CST simülatöründe brim hücre sınır durumu düzlem dalga kullanılarak uyarılır. Sabit uzaklıkta FSY'ler Sierpinski contanın farklı frekanslar ölçeklendirilmesi için rezonansın kayması üzerine bir analiz getirilmiştir [3].

Bu çalışmada frekansın kalkınlama etkinliği çift kare yama ve halka yama ile seçici yüzeyler 1800 MHz'de yansıtın elementler kullanılarak analiz edilmiştir. Modal genişleme teknikleri ile her biri karşılaştırılmıştır. Kalkanlama etkinliği toplam iletilen alan toplam gelen alanın oranı elde edilmiştir. band genişliği ve rezonans frekansları, dielektrik sabiti, TE ve TM polarize durumu için her iki yapıda koruyucu etkinlik olduğu gösterilmiştir[4].

Fractal kullanarak band durdurma filtreleri X-band ve Kuband için Frekans Seçici Yüzey yaklaşımı öneriler sunulmuştur. 10 mm x 10 mm FSY birim hücresi fraktal yaklaşımı elde etmek için dört aşamada kullanılmıştır. Sayısal sonuçlar Ansys'den elektromanyetik yapılar için Sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. X-bandı ve Ku-bandı için FSY'nin filtre özelliği her aşama için band durdurucu özelliği sağlanmıştır. Sırasıyla dar bandtaki band genişliğini hesaplamak için koldaki değişken 'd' uzunluğu hem yatay hem de dikey yönde incelenmiştir. Fraktal FSY X ve Ku bandlarında band durdurucu olarak görülmüştür. Hem yatay hem dikey yönlerdeki kol

uzunluğundaki değişimlerin sayısal sonuçları belirli yapılandırmalarda kullanılırsa, çoklu frekans durdurabilen bir yapı olarak kullanılabilceği ortaya çıkmıştır.Yapının X ve Ku bölgelerinde etkili bir koruma sağlaması beklenir[5].

Ku bandında çift sargılı mikrodalga uygulaması için JC meta-malzeme emicisinin yeni formunu getirilmiştir. Prototip yapının simetrik formu polarizasyondan bağımsız ve emicinin 0 ile 60 derece arası kontrol edilmiştir. Prototip periyodik sınır koşullarına sahip zaman modunda CST programı ile simülasyonu gerçekleştirilmiş ve çift band uygulamalar için düşük maliyetli FR-4 tabakada üretilip test edilmiştir. Menderesli (kivrımlı) yük üle daha geniş band genişliği elde edildiği gösterilmiştir. Akım dağılımı ve kapasitansları, yükün nasıl yeni bir rezonans yaptığını ve daha geniş band genişliği yapıldığı açıklanmaktadır [6].

2,4 ve 5 GHz frekansındaki uygulamalar için çift bandlı ince baskılı devre (PCB) mikrodalga emici önerilmiştir. Emicinin her birim hücresi bir kare halka ve kalınlaştırılmış çapraz dipol yapıdan oluşturulmuştur. sırasıyla birinci ve ikinci bandlar için ölçülen soğurma band genişlikleri (% 50) 170 MHz (2.36-2.53 GHz) ve 830 MHz (5.09–5.92 GHz) olarak geniş bir çalışma bandı elde edilmiştir.Emilim oranları merkez frekanslarında (2.45 ve 5.5 GHz) sırasıyla % 97.85 ve% 97.76 olarak görülmüştür. İnce, basit ve düşük maliyetli yapısı sayesinde, emici düşük bütçeli ve düşük profilli uygulamalar için uygun ve kolayca seri ölçekte üretilebilir durumdadır [7].

X bandı için meta malzeme emici tasarım karakterizasyonu incelenmiştir. Bu amaçla birincil düzenli decagon şeklinde döngü yapısı seçilmiş ve çoklu band tepkisi olduğu analiz edilmiştir. Simüle edilen sonuçlar, emilimin 8 GHz, 10 GHz ve 12 GHz'de sırasıyla % 96,% 93,36 ve% 91,88 oranında cevap vererek sırasıyla band genişliği 457.9 MHz, 400.3 MHz and 455.5 MHz olarak görülmüştür. Önerilen emici teknoloji alanında uçak, gemi, askeri araçlar, balistik füzeler için gizlilik gibi çeşitli potansiyel uygulamalarda yararlı olacağı tahmin edilmektedir [8].

Bu çalışmada dielektrik levha üzerine periyodik yerleştirilen S-şeklindeki metal iletkenlerin çokbandlı Frekans Seçici Yüzey özelliği TE (Transverse Electric) düzlemsel dalga için teorik olarak incelenmiştir. S-şekilli FSY elemanları mükemmel iletken olup, dielektrik levhanın yüzeyine periyodik olarak yerleştirilmiştir. Metal yüzeylerde gelen dalganın indüklediği bilinmeyen akım katsayıları üst üste çakışan parçalı sinüs temel fonksiyonları kullanılarak hesaplanmıştır. Rezonans frekansının S şeklinin kol uzunluklarına ve birim hücre boyutlarına bağlı olduğu gözlenmiştir. S-şekli X-(8-12 GHz), Ku- (12-18GHz), K-(18-26 GHz) ve Ka-(26-40GHz) frekans bandlarında band durduran filtre gibi davranmaktadır. S- (1- 5GHz), X- ve Ku-bandlarında gelen dalgayı tamamen geçirebildiği de görülüyor. S-şekilli FSY çokbandlı filtre uygulamalarında kullanılabileceği gösterilmiştir[9].

1.3. Materyal ve Metot

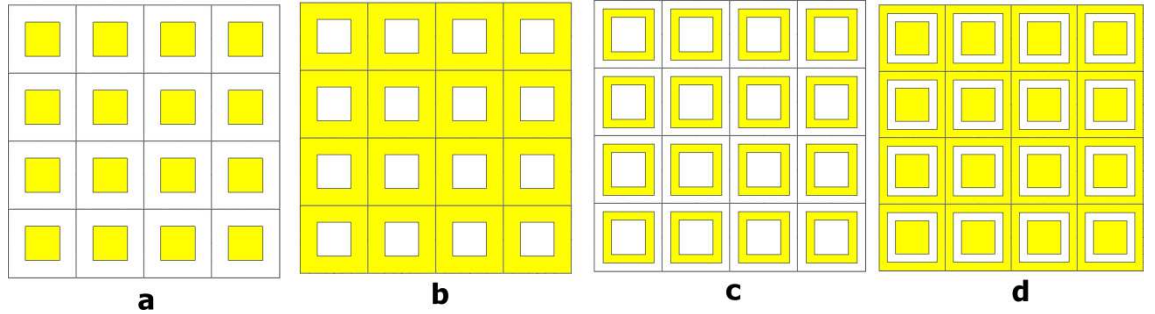
HT serisi ve Artı serisi olarak adlandırılan FSY yapıları epsilon (ϵ) değeri 4.3 olan FR-4 dielektrik malzemesi kullanılarak tasarlanmıştır. Birim hücreyi oluşturan dielektrik tabaka boyutları HT serisi için 10mm boy, 10mm en ve 1.6mm kalınlık ölçüsünde seçilmiştir. Dielektrik tabaka üzerinde şekil oluşturma için kullanılan iletken malzeme olarak ise $5.96e+007$ S/m değerindeki bakır malzemesi tercih edilmiştir. Bakır kalınlığı olarak 0.05 mm (50 μ m) seçilmiştir. İkinci seri için ise yine FR-4 malzemesi seçilmiştir. Dielektrik FR-4 malzemenin boyutu ise 8mm boy, 8mm en ve 1.6 mm kalınlığında belirlenmiştir. Dielektrik tabaka üzerindeki iletken ise yine aynı kalınlıkta bakır iletken seçilmiştir. Tasarlanan iki seri CST programı yardımıyla S-parametre (Saçılma parametresi) grafiği, Elektrik alan, Manyetik Alan ve Yüzey akım şekilleri ve absorber grafiği elde edilmiştir. Artı tasarımı İskenderun teknik üniversitesinde yapılmaya çalışıldı fakat bakır hatların inceliğinden dolayı üretim durumu gerçekleştirilemedi. Özel baskı devre kartı (PCB) üretim merkezinde üretilme durumu ise maliyet bakımından üretimi gerçekleştirilemedi.

2. FREKANS SEÇİCİ YÜZEYLERİN TEMEL ÖZELLİKLERİ

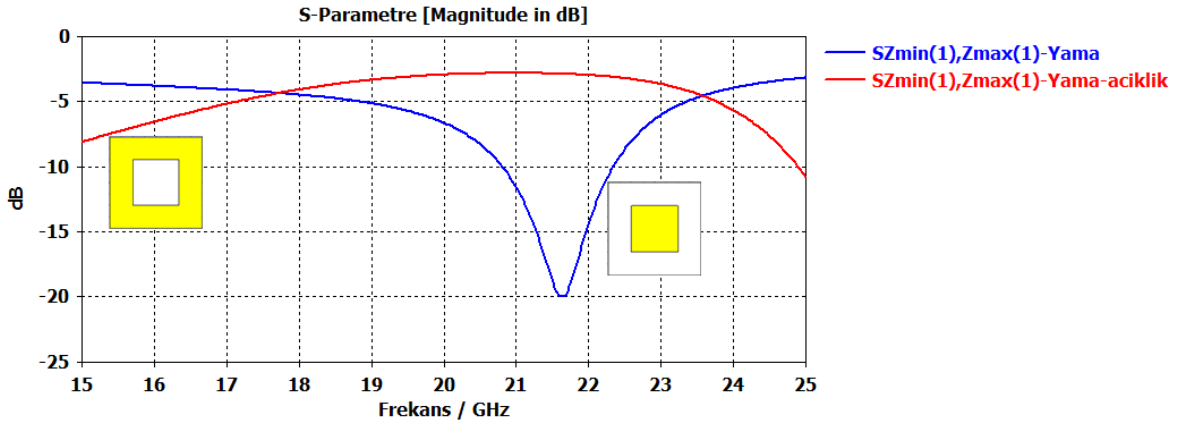
2.1. Frekans Seçici Yüzey ve Eleman Tipi

Esas olarak iletken yama (patch) veya babinet prensibine göre tamamlayıcısı olarak tanımlanan açıklık (aperture) elemanlarının sonsuz bir dizi olarak tasarlanan yapılara frekans seçici yüzeyler (FSY) denir. Yalıtkan bir tabaka üzerine iletken materyallerin belirli geometrik şekilde yerleştirilmesiyle yama tipi FSY, iletken tabaka üzerinde belirli geometrik şekilleri çıkararak açıklık FSY elemanları oluşturulmaktadır. Babinet prensibine göre FSY'e ait iletim/yansımaya karakteristiği, bu dizinin tamamlayıcısı olan yüzeye ait yansımaya/iletim karakteristiği eşdeğerdir. Açıklık FSY yüksek geçiren, onun tamamlayıcısı olan FSY ise alçak geçiren filtre özelliği sergiler (Uçar, 2007).

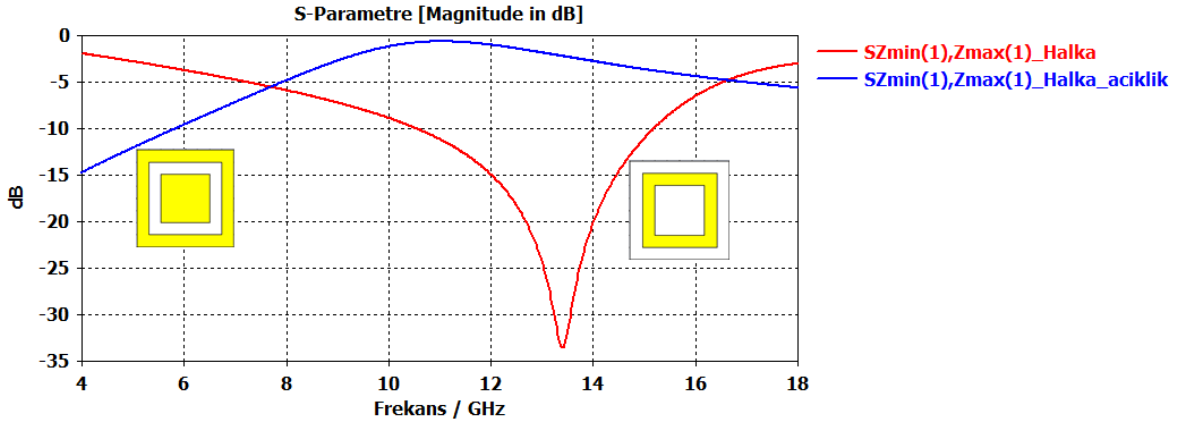
Farklı dizayn tipine göre farklı geliştirilen Frekans seçici yüzeyler band durduran, band geçiren, alçak geçiren ve yüksek geçiren filtre karakteristiği olmak üzere 4 farklı filtre çeşidi ortaya çıkmaktadır (Güngör, 2012).



Şekil 2.1 Tasarıma göre temel FSY filtre karakteristikleri



Şekil 2.2. Kare yama ve açıklık iletim grafiği



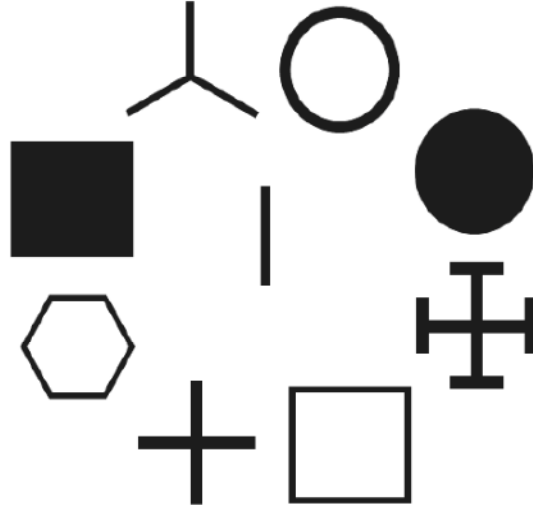
Şekil 2.3. Kare-Halka yama ve açıklık iletim grafiği

Şekil 2.2 de Yama şekli FSY yapısında iletim grafiği mavi renkli eğri olmasına karşın babinet prensibine göre tam tersi olan açıklık FSY nin iletim grafiği kırmızı eğridir. Aynı durum şekil 2.3 içinde geçerlidir. Halka FSY yapısının iletim grafiği kırmızı eğri iken halka açıklık FSY iletim grafiği mavi eğridir.

2.2. FSY Tasarımında Kullanılan Elemanların Geometri, Boyut Ve Yapıları

Frekans seçici yüzeylerin rezonans frekans özelliğini kuvvetli ölçüde değiştiren birkaç önemli faktör vardır ve bu faktörlerden en mühim olanı periyodik bir dizi olarak oluşturulan elementlerin geometrik özellikleridir. Yukarıda bahsettiğimiz gibi yama tipi FSY alçak geçiren filtre özelliği sergilerken , açıklık tipi FSY yüksek geçiren filtre özelliği sergiler. Daha sonra yapılan araştırmalar ve üretilen yeni geometrik şekiller vasıtasıyla band durduran filtre ve band geçiren filtre FSY elemanları geliştirilmiştir. (Bayatpur, 2009).

Şekil 2.4.'de geometrik adlandırmaları olarak; ızgara döngüler, üç kutuplular, çember figürler, dikdörtgenler, dipoller, çapraz kutuplular, kare döngüler ve döngüler olarak nitelendirilmektedir.



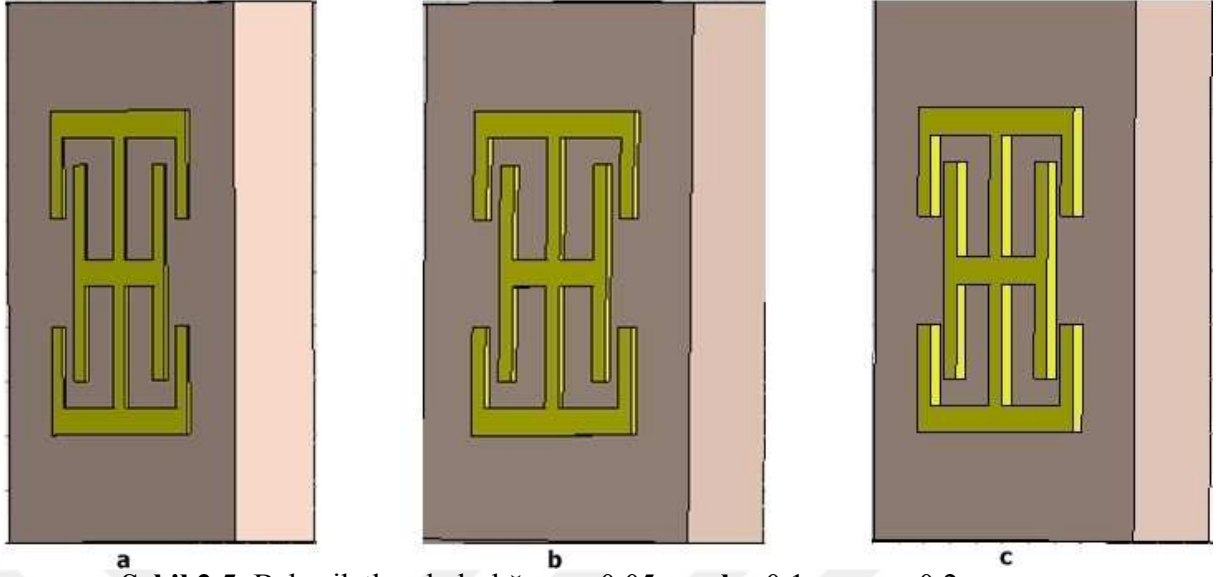
Şekil 2.4. FSY'lerin geometrilerine göre adlandırılmaları

Farklı geometrik şekillerin her birine ait farklı filtre özellikleri sergileyen şekiller frekans seçici yüzeylerde kullanılmaktadır. Geometrik şekiller elektromanyetik dalgaların polarizasyonlarına ve açılara göre farklı sonuçlar ortaya koyabilmektedir. Bazı geometrik şekiller gelen elektromanyetik dalganın etkisiyle oluşan rezonans frekansı band genişliğinde farklı sonuçlar gösterir. Ayrıca FSY tasarlamasında seçilen geometrik şekillerin boyutları da FSY analizinde farklı sonuçlar ortaya koyar (Bayatpur, 2009).

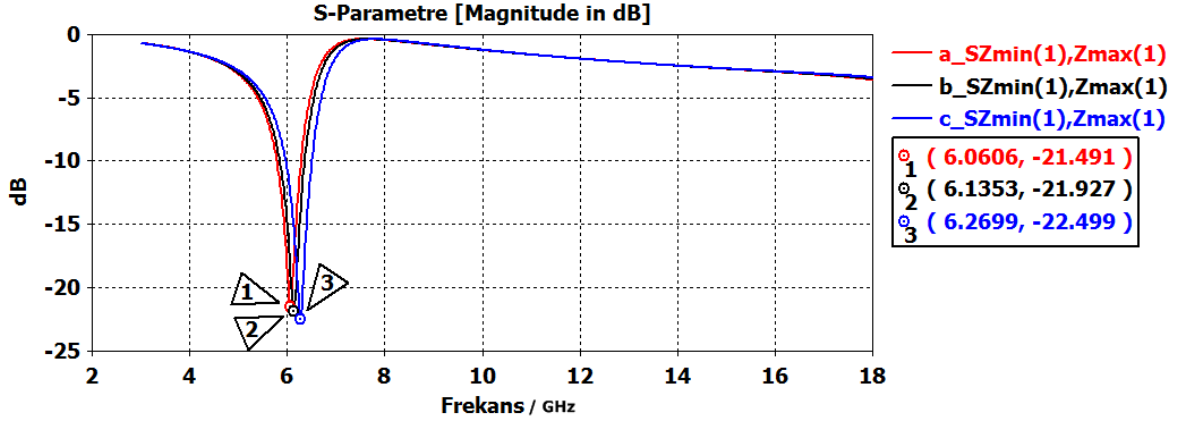
Amaca yönelik FSY filtre çalışmasında tercih edilecek olan geometrik yapılar rezonans frekansında en direkt etmendir. (Munk, 2000).

2.3. FSY Tasarımında Kullanılan İletkenin Kalınlığı

FSY'lerde dielektrik tabaka üzerine yerleştirilen iletken materyalin kalınlık faktörü FSY analiz sonucunu etkilemektedir. Şekil 2.5 de gösterilen HT-1 yapısının üç farklı iletken kalınlık tasarımı CST programı ile simülasyonu yapılmıştır. Üç farklı kalınlıktaki yapının S-Parametre simülasyon sonucu şekil 2.6 da görüldüğü gibi iletken kalınlığı ölçüsü arttıkça rezonans grafiği GHz skalasında büyümektedir.



Şekil 2.5. Bakır iletken kalınlığı $a=0.05\text{mm}$ $b=0.1\text{ mm}$ $c=0.2\text{mm}$



Şekil 2.6. Bakır iletken kalınlığına göre iletim grafiği (1=a, 2=b, 3=c)

2.4. FSY Tasarımında Kullanılan Elemanların İletkenliği

Periyodik dizi olarak var olan iletken materyallerin özellikleri, FSY tasarımının rezonans frekansı sonucunu değiştiren önemli parametrelerden bir tanesidir. Şekillerin geometrisine göre FSY'lerin birer eşdeğer devresi oluşturulmaktadır. Bu eşdeğer devrede enerji depolayan kapasitif ya da indüktif devre elemanları ile şekillendirilmektedir.

FSY oluşturulurken kayıplı iletken materyaller kullanıldığı zaman şekil 2.7 de görüldüğü gibi eşdeğer devre modellemesine seri bağlı direnç elemanı olarak

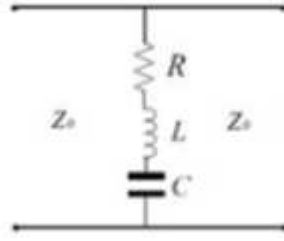
eklenmektedir. Şekil 2.8 de üç farklı iletken türü ile hazırlanan HT-1 yapısı gösterilmektedir.Üç farklı iletkenlerin isimleri ve iletkenlik değerleri ise şöyledir:

$$\text{Alüminyum}=3.56e+007 \text{ S/m} \quad (2.4.1)$$

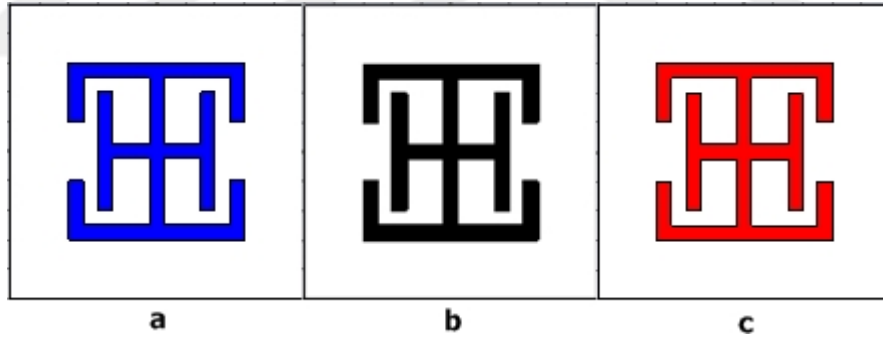
$$\text{Bakır}=5.96e+007 \text{ S/m} \quad (2.4.2)$$

$$\text{Altın}=4.561e+007 \text{ S/m} \quad (2.4.3)$$

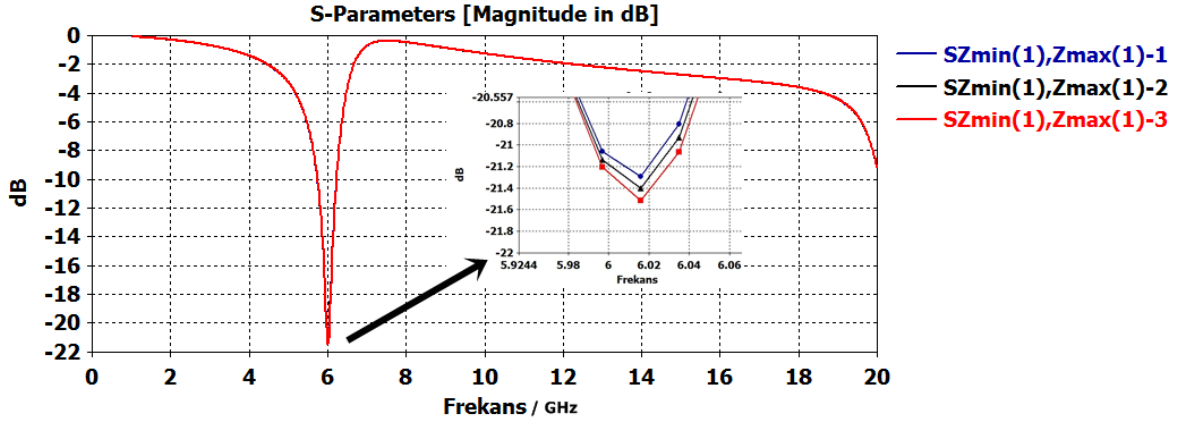
İletken materyalin özelliğine göre FSY filtre çalışma sınırları yükselen dirençle ters orantı olarak azalmaktadır (Sung, 2006).



Şekil 2.7. Birim FSY yapısının örnek eşdeğer devresi



Şekil 2.8. HT-1 yapısı için (a) Alüminyum , (b) Altın ,(c) Bakır



Şekil 2.9. HT-1 yapısı için Alüminyum, Bakır ve Altın iletkenlerden oluşan FSY in rezonans frekansı

Şekil 2.8 da HT-1 yapısı için iletken türü olarak üç farklı malzeme seçilirken geriye kalan diğer bütün parametreler eş tutulmuştur.

Şekil 2.9 Alüminyum, Altın ve bakır iletkenin S-parametre sonuçları karşılaştırılmıştır. Çalışmalarımızda Bakır iletken kullanılmıştır. Altın iletkenine göre maliyet bakımından avantajlı olup Alüminyum iletkenine göre malzeme bulma bakımından avantajlıdır. Ayrıca bu üç iletken içinde iletkenlik değeri en yüksek olan bakır iletkenidir.

2.5. FSY Tasarımında Kullanılan Dielektrik Malzemeler

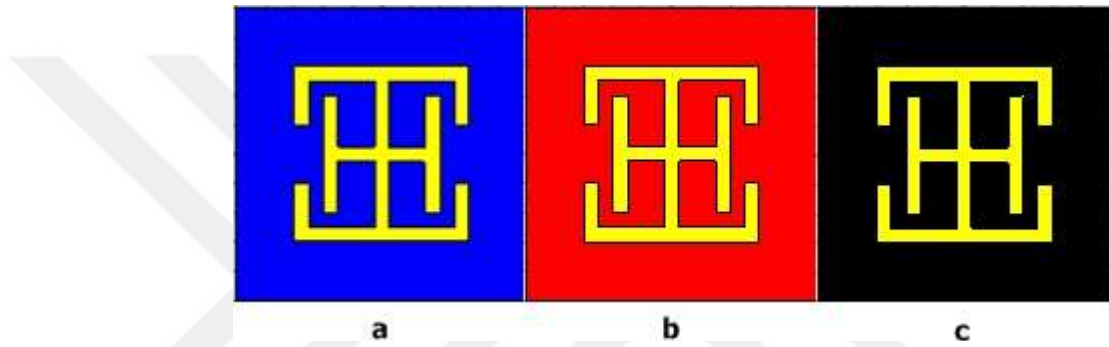
Aktif ya da pasif bir devre elemanı kullanmadan EM dalgalara karşı bir filtre uygulaması yaparken iletken tabaka ile birlikte alt tabaka olarak adlandırdığımız dielektrik malzeme kullanılarak iletken malzemenin desteklenmesi sağlanırken aynı zamanda dielektrik malzemenin elektrik geçirgenlik değeri ve kalınlığı ile FSY'in frekans karakteristiğinin belirlenmesindeki etmenlerin başında gelmektedir (Wu, 1995).

FSY tasarımlarında dielektrik tabakalar, rezonans frekansını daha düşük seviyelere doğru çekerken aynı zamanda, frekans seçici yüzeyin farklı geliş açılara sahip elektromanyetik dalgalara karşı daha kararlı bir frekans davranışı göstermesini sağlamaktadır. (Sung, 2006).

FSY'in oluşturulmasında kullanılan dielektrik yapılar, eşdeğer devre modelinde kapasitif değerin değişmesine neden olduğundan dolayı FSY'nin rezonans frekansı değişmesinde etkindir(Sung, 2006).

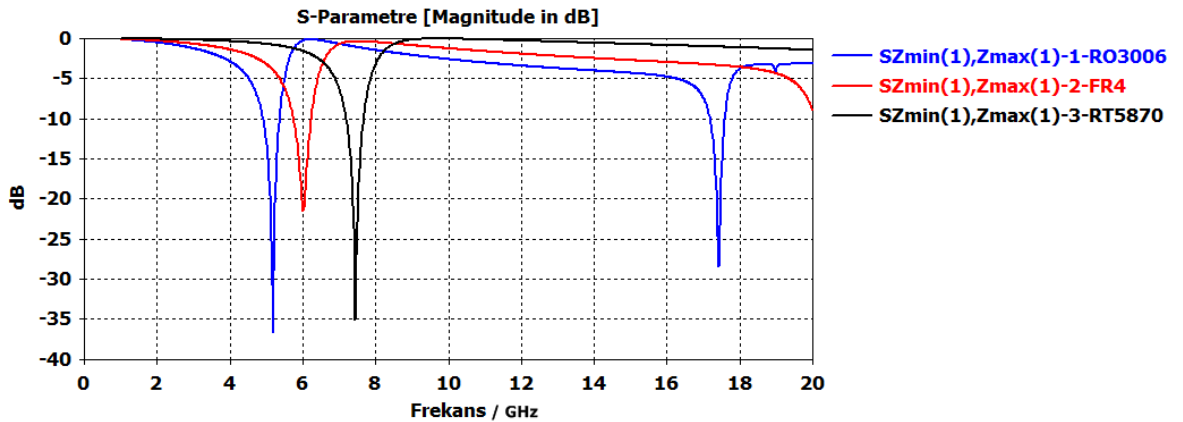
Şekil 2.10 de görülen farklı dielektrik yapıların özellikleri şöyledir:

- 1)Rogers-RO3006----Epsilon = 6.15
- 2)FR4-----Epsilon = 4.3
- 3)Rogers-RT5870-----Epsilon = 2.33



Şekil 2.10. 3 farklı Dielektrik tabaka üzerinde dizilen periyodik iletken FSY yapısı (a=Rogers-RO3006, b=FR4, c=RogersRT5870)

Dielektrik tabakalar haricinde diğer bütün parametreler sabit tutularak CST programında S-parametre için simülasyon çalışması yapıldığı zaman şekil 2.11 deki grafik meydana gelmektedir.



Şekil 2.11. 3 farklı dielektrik tabaka üzerinde dizilen periyodik iletken FSY yapısı simülasyon grafiği

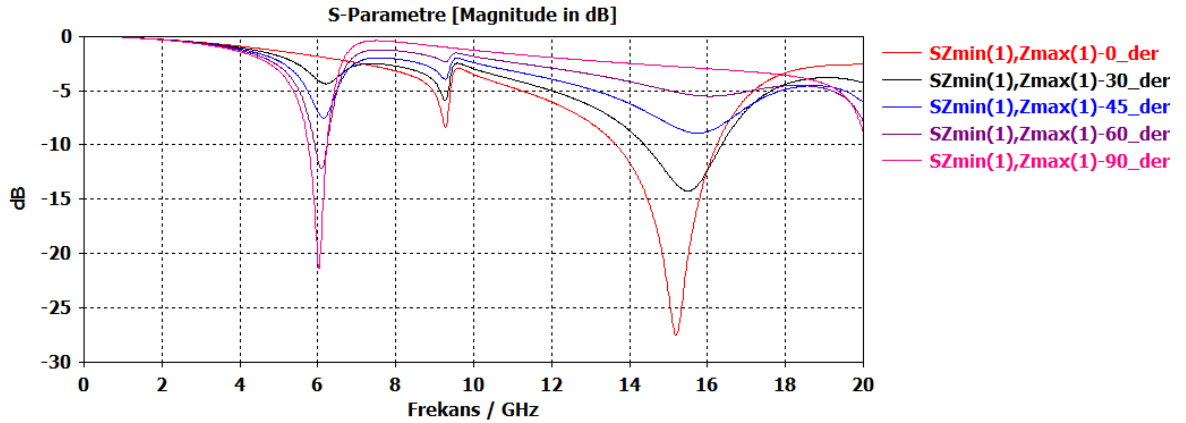
Dielektrik tabakanın epsilon (ϵ) değeri büyüdükçe rezonans grafiği GHz skalası cetvelinde küçülmektedir. Karşılaştırılan üç farklı dielektrik katsayısı içerisinde en büyük ϵ değeri olan Rogers-RO3006 malzemesi kullanıldığında 2 farklı band sınıfında rezonans oluşturmaktadır.

Çalışmalarımızda bulunabilirliği bakımından kolay ve maliyet akımından olduğu için FR-4 dielektrik malzemesi kullanılmıştır

2.6. Frekans Seçici Yüzeyle Gelen Elektromanyetik Dalganın Açısı

Frekans seçici yüzey yapısına farklı açılarda gelen Elektromanyetik dalga dizi şeklinde olan metalik elemanlar arasındaki mesafenin farklı olmasına göre FSY'in filtre karakteristiği olan band genişliği ve rezonans frekansı gibi kritik noktalarda ciddi değişiklikler meydana getirebilmektedir. Gelen EM dalga açısına hassasiyeti çok olan FSY kendi fiziksel özelliğinin belirlediği açı dışına çıkıldığı zaman frekans cevabı bozulmaktadır. Hassasiyeti az olan FSY yapısı ise gelen EM dalga açısına çok bağımlı olmadığı için stabil bir rezonans frekansı cevabı verir (Güngör, 2012).

HT-1 yapısı için 0° - 30° - 45° - 60° - 90° geliş açıları ile gelen dalgaların S-parametre grafikleri için iletim grafikleri şekil 2.12 deki gibidir.

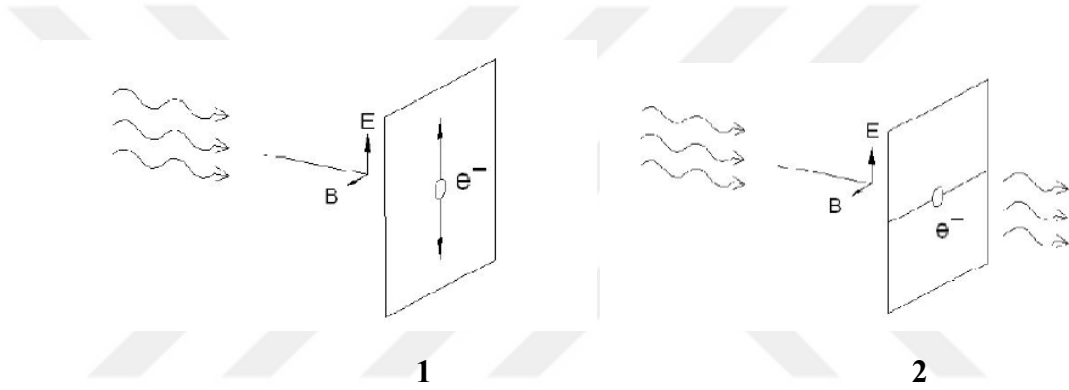


Şekil 2.12. HT-1 yapısı için farklı açılarda geliş açısına bağlı iletim grafikleri

HT-1 yapısı için 0° den 90° ye kadar simülasyon yapıldığında Ku band sınıfından L band sınıfına kayma yapmıştır.

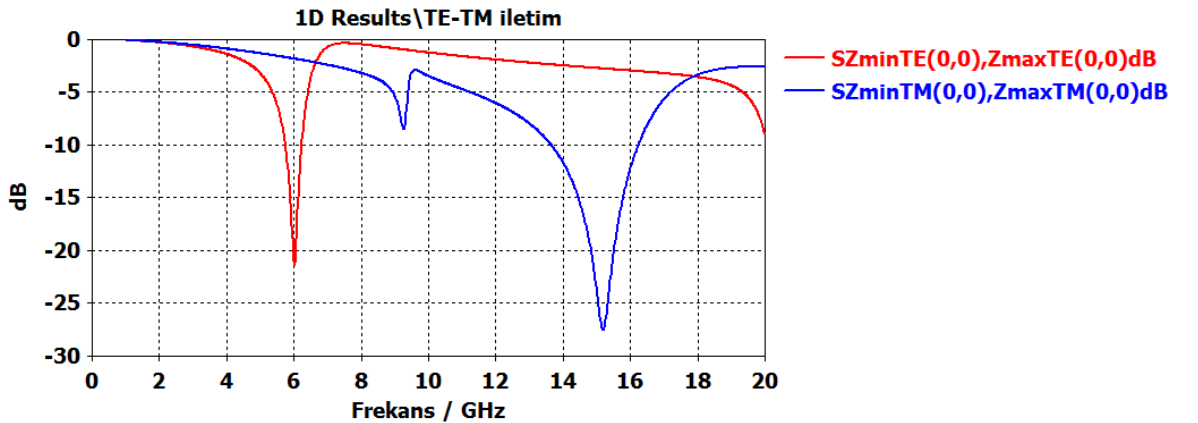
2.7. Frekans Seçici Yüze Gelen Dalganın Polarizasyonu

FSY'e gelen dalganın geliş açısının yanısıra gelen dalganın transverse elektrik (TE) ve transverse manyetik (TM) polarizasyon durumu da filtre karakteristiğini etkilemektedir. Şekil 2.13 (1) de görüldüğü üzere dipol elemanın boyu ile gelen dalganın elektrik alan vektörü aynı düzlemde bulunduğundan dolayı aynı yönde yapacağı salınım dan dolayı elektromanyetik dalganın enerji hareket enerjisi ile harcanır ve iletim durumu en az seviyede olur. Yukarıda birbirine paralel olan unsurlar şekil 2.13 (2) de birbirine dik olduğu için hareket enerjisine fazla enerji harcamadığından dolayı iletim seviyesi fazla olacaktır (Döken, 2011).



Şekil 2.13. TE modu örnek durum (1) , TM modu örnek durum (2)

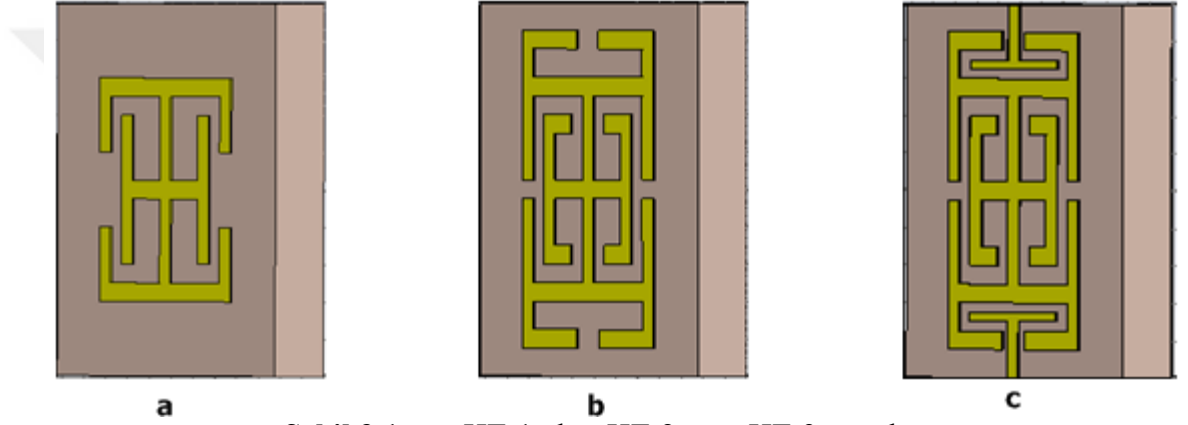
Şekil 2.14 de ise HT-1 yapısı için TE ve TM modu için iletim grafiği gösterilmektedir.



Şekil 2.14. HT-1 yapısı için TE (kırmızı) ve TM (Mavi) modu iletim grafiği

3. HT-TASARIMLARIN SİMÜLASYON UYGULAMA AŞAMALARI

Bu tasarım esnasında dielektrik malzeme üzerinde iletken levhalarla yapılan şekillerden H ve T şekillerinin kombinasyonu ile oluşturulan HT-serisi (HT-1 / HT-2 / HT-3) olarak adlandırılan 3 aşamalı tasarımının yapısı, S-parametreleri, Elektrik alan, Manyetik alan, Yüzey akım değerleri ve Absorber grafikleri sırası ile açıklanmıştır. HT serisi FSY ler 10x10 elemandan oluşmakta olup 1.6mm kalınlığında ve dielektrik sabiti 4.3 olan FR4 üzerine periyodik yerleştirilmiştir. HT serisi elemanları 0.05 mm kalınlığa sahip bakır malzemesi seçilmiştir. Şekil 3.1 de HT serisi yapıların tasarım aşamaları gösterilmiştir.



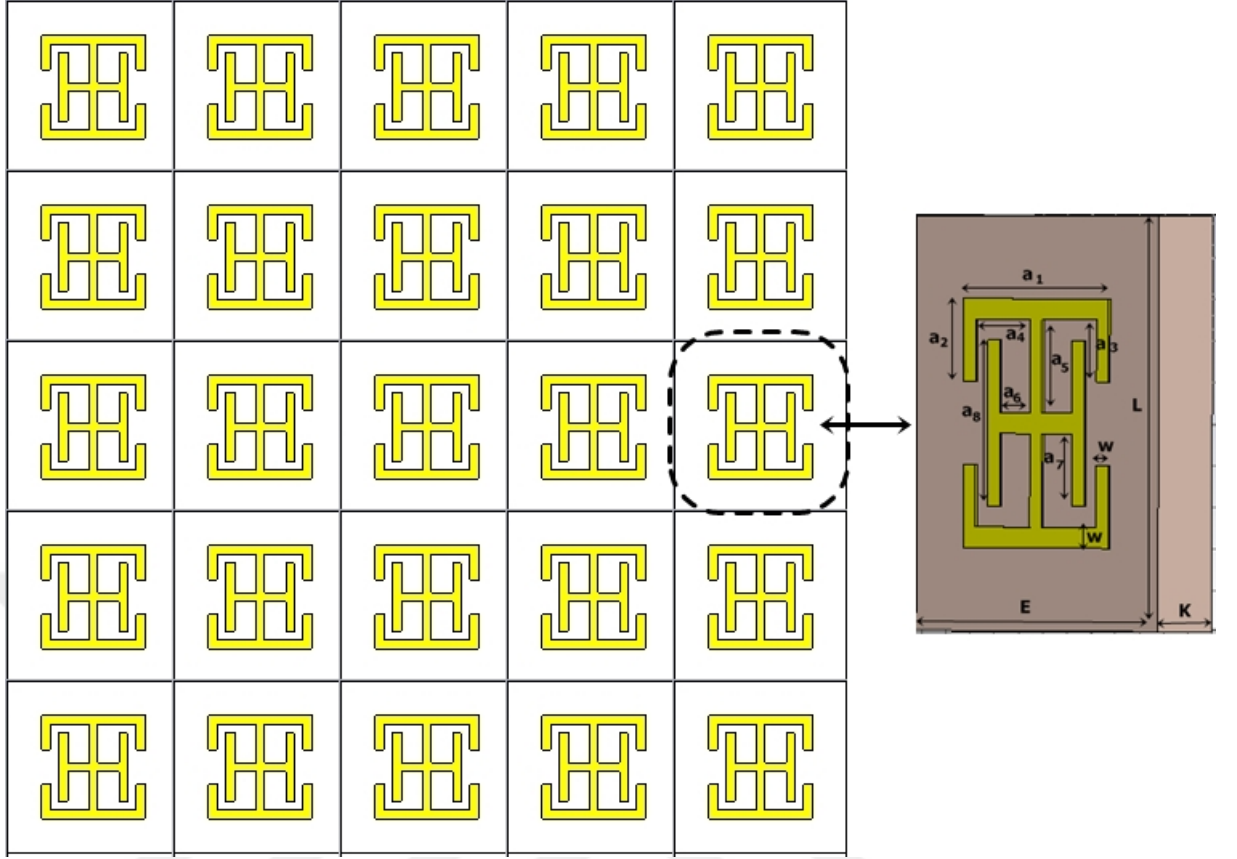
Şekil 3.1. a = HT-1 b = HT-2 c = HT-3 yapıları

3.1. HT-1 Yapısı

HT-1 yapısı H şekli ile dikey kulaklara sahip düz ve ters olarak yerleştirilen T şekillerinin birleştirilmesi ile oluşturulmuştur.

3.1.1. HT-1 periyodik yapı ve birim hücre ölçüleri

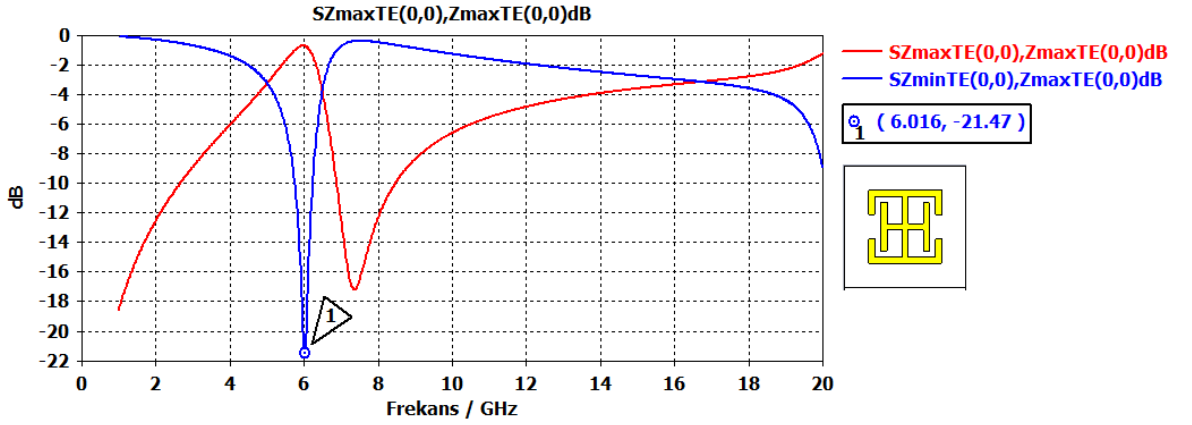
Şekil 3.2 de periyodik HT-1 yapısı ve ölçeklendirme harfleri gösterilmiştir.



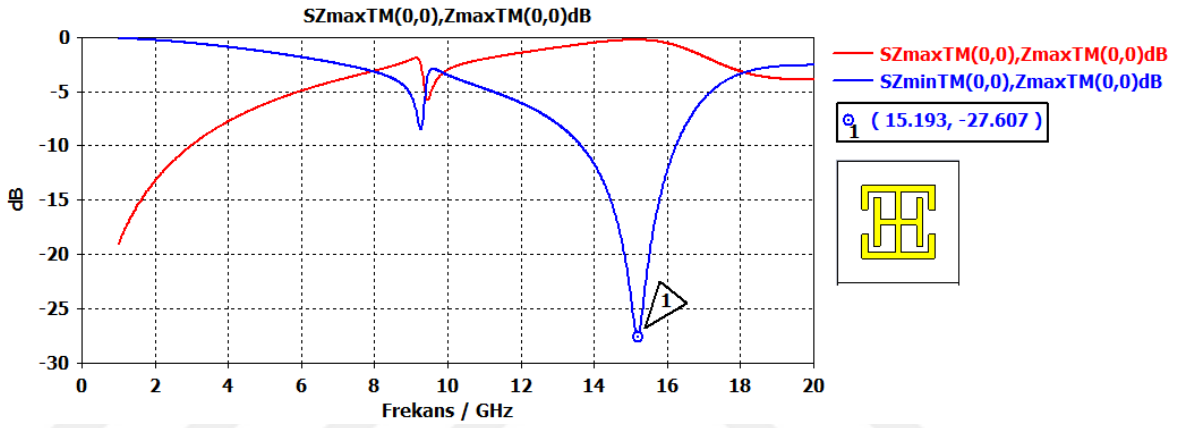
Şekil 3.2. HT-1 periyodik yapısı ve birim hücre boyutları ($L=10$ mm $E=10$ mm $K=1.6$ mm $a_1=6$ mm $a_2=2$ mm $w=0.5$ mm $a_3=1.5$ mm $a_4=2.25$ mm $a_5=2.25$ mm $a_6=1.25$ mm $a_7=1.75$ mm $a_8=4$ mm)

3.1.2. HT-1 periyodik yapı simülasyonu s-parametreleri

Şekil 3.3 ve şekil 3.4 de gösterilen grafikte HT-1 yapısı Computer Simulation Technology (CST) programının Mikrodalgalar kısmının periyodik yapılar bölümünden ilk olarak birim hücreyi oluşturup ayarlamaları uygulayıp simülasyon gerçekleştirilmiştir. Bu simülasyon sonucunda HT-1 yapısının TE (Transverse Elektrik) ve TM (Transverse Magnetik) modunda S-parametreleri, oluşan rezonans frekansındaki E-Field (Elektrik Alan), H-Field (Magnetik Alan), yüzey akım dağılımı ve absorber grafiği sonuçları elde edilmiştir.



Şekil 3.3. HT-1 yapısı TE polarizasyonu S-Parametre grafiği (S_{11} = (Kırmızı) Yansım grafiği, S_{21} = (Mavi) İletim grafiği)



Şekil 3.4. HT-1 yapısı TM polarizasyonu S-Parametre grafiği (S_{22} = (Kırmızı) Yansım grafiği, S_{12} = (Mavi) İletim grafiği)

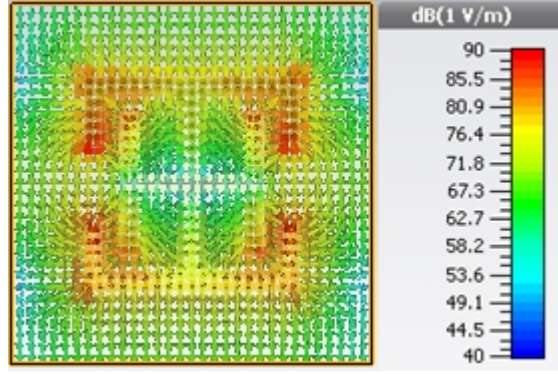
HT-1	TE	TM
Band (GHz)	6.016	15.193
Band Genişliği (GHz)	1.36	7.87

Tablo 3.1. HT-1 yapısı TE / TM polarizasyonu rezonans band ve band genişliği değerleri

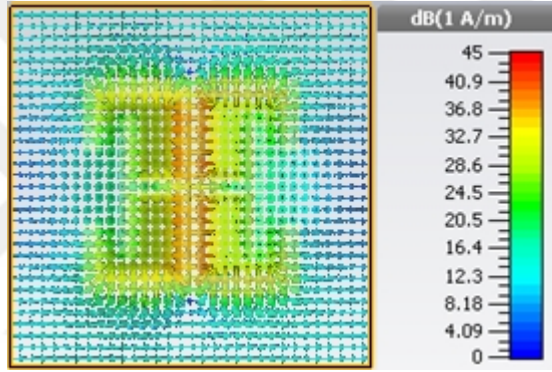
Şekil 3.3 de TE polarizasyonunda (6.016 GHz, -21.47 dB) C band sınıfı noktasında (5.07 GHz--6.43 GHz arasında) 1.36 GHz band genişliğine sahip tek rezonans meydana gelmiştir.

Şekil 3.4 de TM polarizasyonunda (15.193 GHz, -27.607 dB) Ku band sınıfı noktasında (10 GHz--17.87GHz arasında) 7.87 GHz band genişliğine sahip tek rezonans meydana gelmiştir.

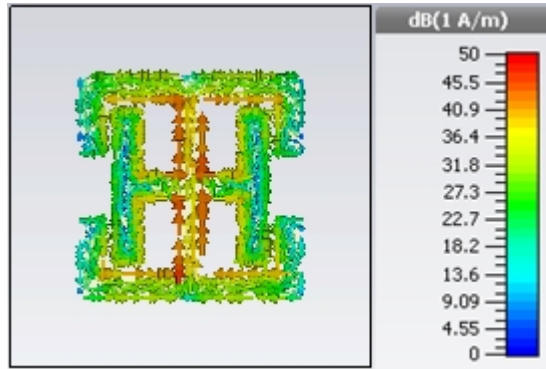
3.1.3. HT-1 periyodik yapı simülasyonu elektrik alan/manyetik alan ve yüzey akım



Şekil 3.5. HT-1 yapısı elektrik alan çizgileri



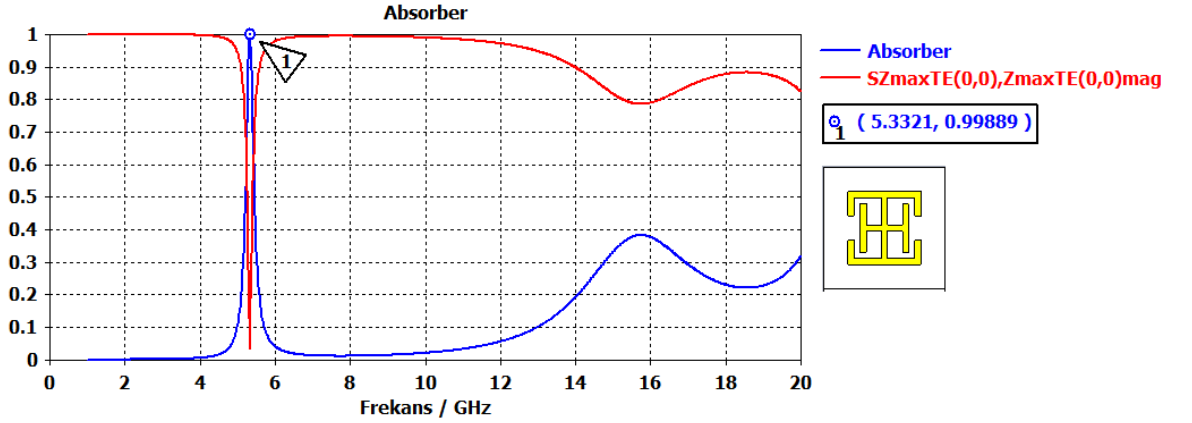
Şekil 3.6. HT-1 yapısı manyetik alan çizgileri



Şekil 3.7. HT-1 yapısı yüzey akım çizgileri

Şekil 3.5 de Elektrik alan birim hücreyi oluşturan bakır şeklin dış kısımlarında yoğun olduğu gözlenirken, Şekil 3.6 de manyetik alanda ise H ve T şekillerinin ortak kullandığı dikey iletkenlerde yoğunlaştığı gözlemlenmektedir. Şekil 3.7 de Yüzey akım dağılımı ise tasarımın merkezinden dışarıya doğru giderken azaldığı gözlemlenmektedir.

3.1.4. HT-1 periyodik yapı simülasyonu soğurma karakteristiği



Şekil 3.8. HT-1 yapısı Absorber grafiği (Mavi=Absorber grafiği, Kırmızı=Yansıma grafiği)

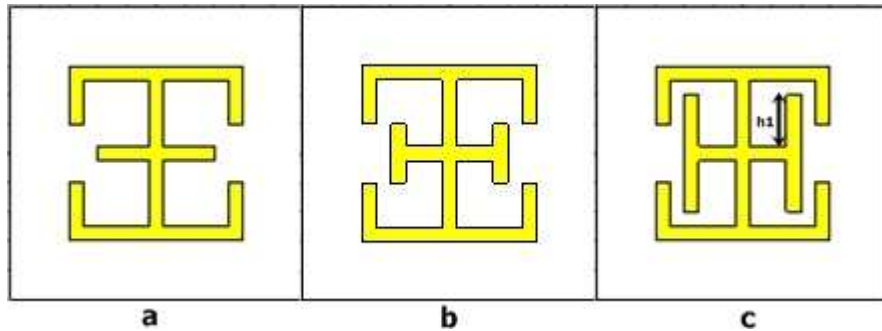
	Band (GHz)	Emilim (%)
HT-1	5.33	99.8

Tablo 3.2. HT-1 yapısı Absorber band ve emilim değeri

Absorber grafiğini oluştururken FR-4 tabakanın bir yüzeyinde tasarım şekli olmasıyla birlikte diğer yüzeyi 0.05 mm kalınlığında tamamen bakır tabaka ile kaplıdır. CST simülasyon programından iletim ve yansıma (lineer modda) grafiklerini oluşturulur. Bu iki grafiği Absorber denklemi olan $A(\omega) = 1 - (S_{11})^2 - (S_{12})^2$ denklemine göre hesaplatarak Şekil 3.8 de 5.33 GHz de %99.8 değerinde soğurma olduğu grafikten gözlemlenmektedir.

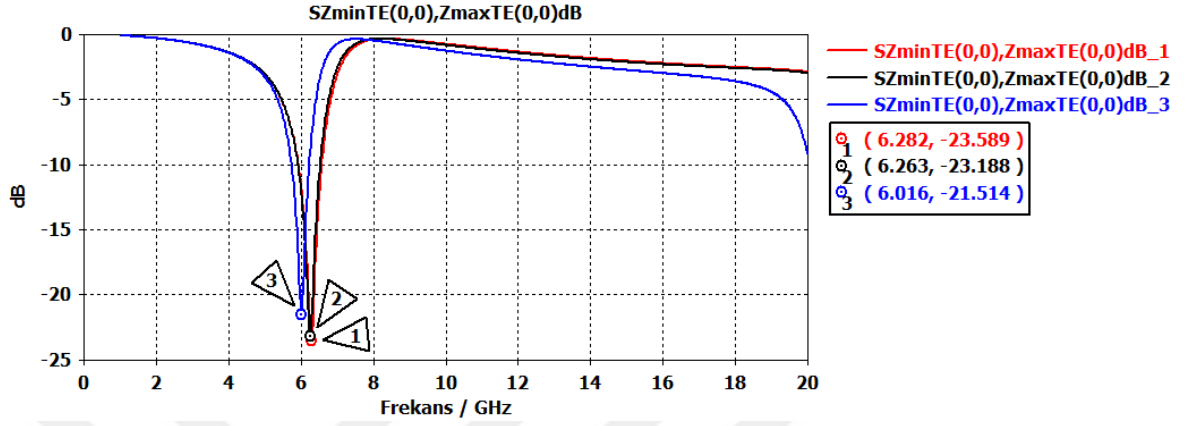
3.2. HT-1 yapısı H-dikey Uzantı Karşılaştırması ve Geometri Ölçüleri

HT serisinde Şekil 3.9 da HT-1 yapısındaki h1 olarak gösterilen parçanın üç farklı uzunluk durumu için diğer bütün parametreler aynı olmak koşuluyla FSY yapısı gösterilmiştir.

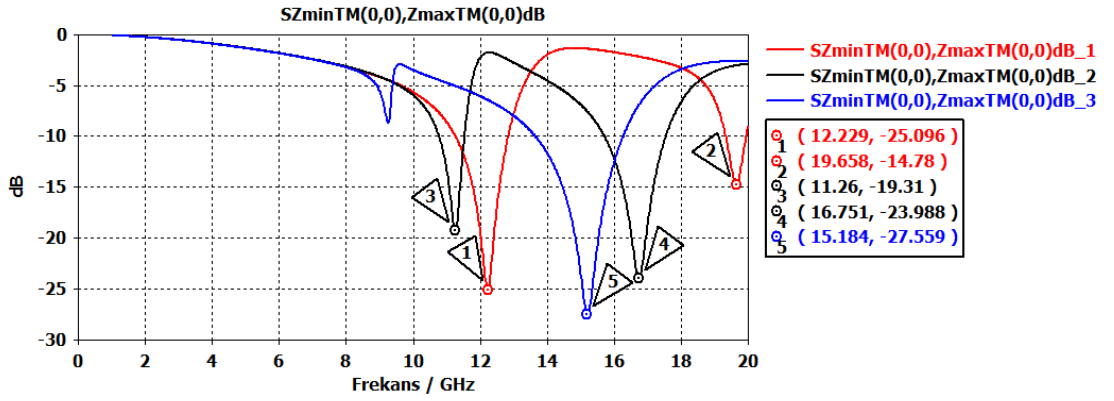


Şekil 3.9. HT-1 Yapısı h1 uzunluğu (a=0 mm, b=0.75 mm, c=1.75 mm)

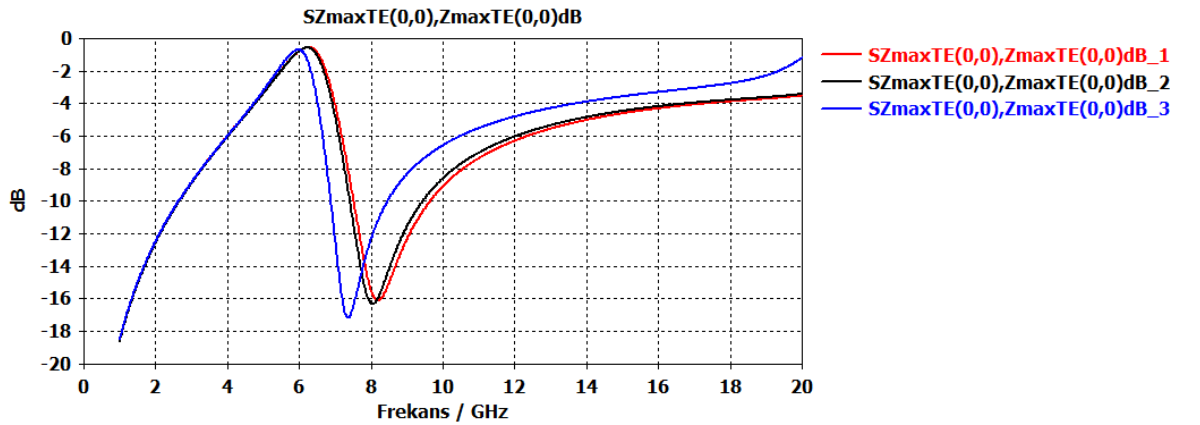
Şekil 3.9 de belirtilen yapıların iletim ve yansımaya katsayıları TE ve TM modunda şekil 3.10 -şekil 3.13 arası gösterilmiştir.Şekil 3.14 ise Absorber grafikleri gösterilmiştir.



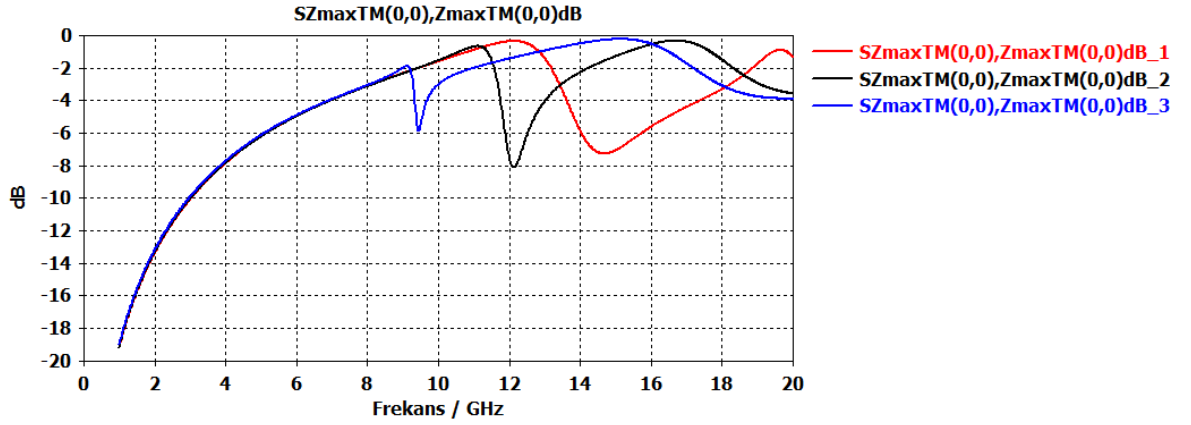
Şekil 3.10. HT-1 yapısına ait h_1 uzunluğuna göre S_{21} parametresi TE polarizasyonu



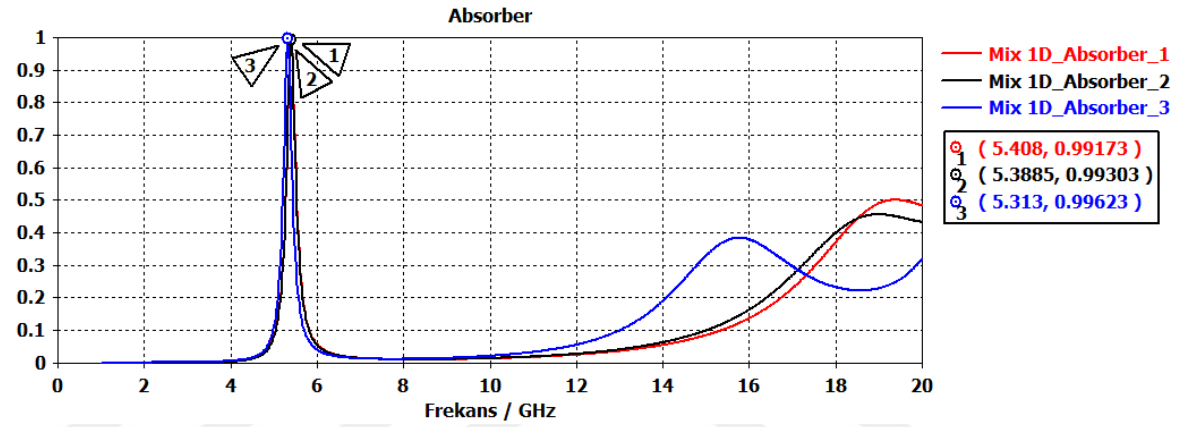
Şekil 3.11. HT-1 yapısına ait h_1 uzunluğuna göre S_{21} parametresi TM polarizasyonu



Şekil 3.12. HT-1 yapısına ait h_1 uzunluğuna göre S_{11} parametresi TE polarizasyonu



Şekil 3.13. HT-1 yapısına ait h1 uzunluğuna göre S_{11} parametresi TM polarizasyonu

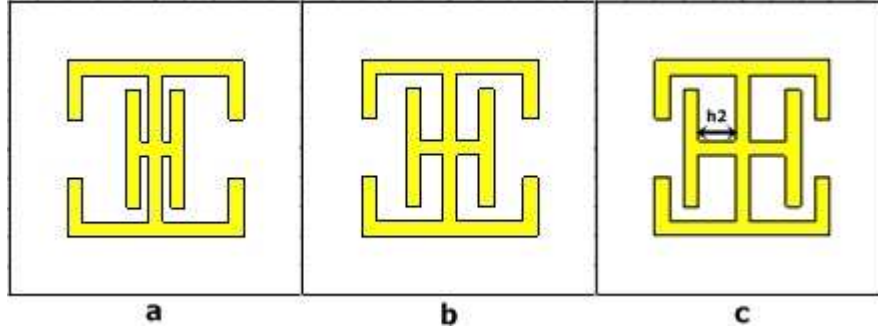


Şekil 3.14. HT-1 yapısına ait h1 uzunluğuna göre Absorber grafiği

HT-1 yapısındaki h1 uzunlukları için absorber grafiği için tasarım olan tarafın arka kısmına 0.05 mm^2 kalınlığında bakır iletken ile kaplanmıştır.

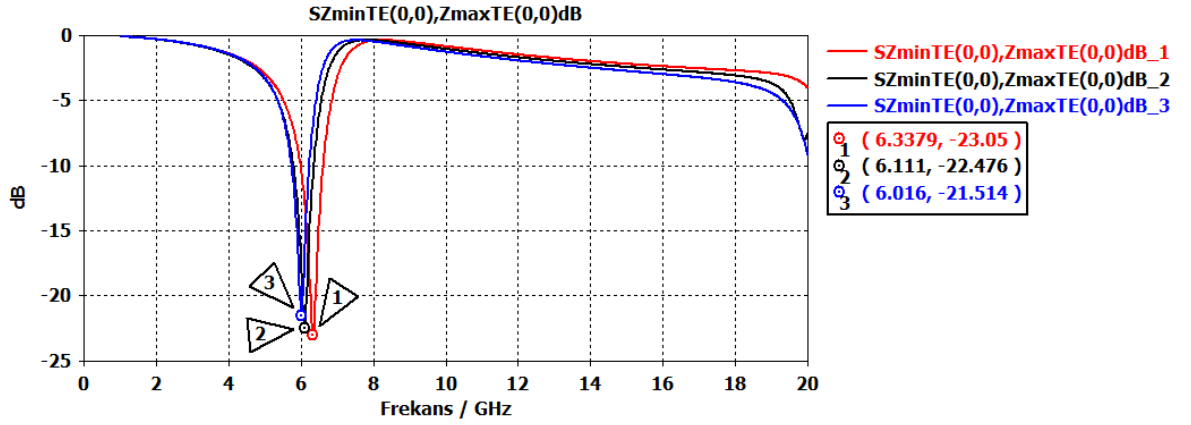
3.3. HT-1 yapısı H-Yatay Uzantı Karşılaştırması ve Geometri Ölçüleri

HT serisinde Şekil 3.15 de HT-1 yapısındaki h2 olarak gösterilen parçanın üç farklı uzunluk durumu için diğer bütün parametreler aynı olmak koşuluyla FSY yapısı gösterilmiştir.

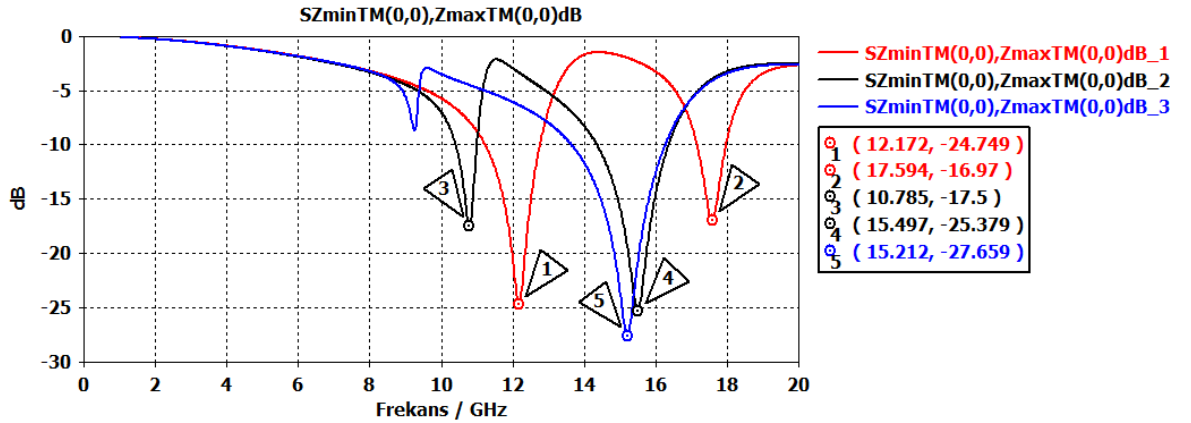


Şekil 3.15. HT-1 Yapısı h_2 uzunluğu ($a=0.25$ mm, $b=0.75$ mm, $c=1.25$ mm)

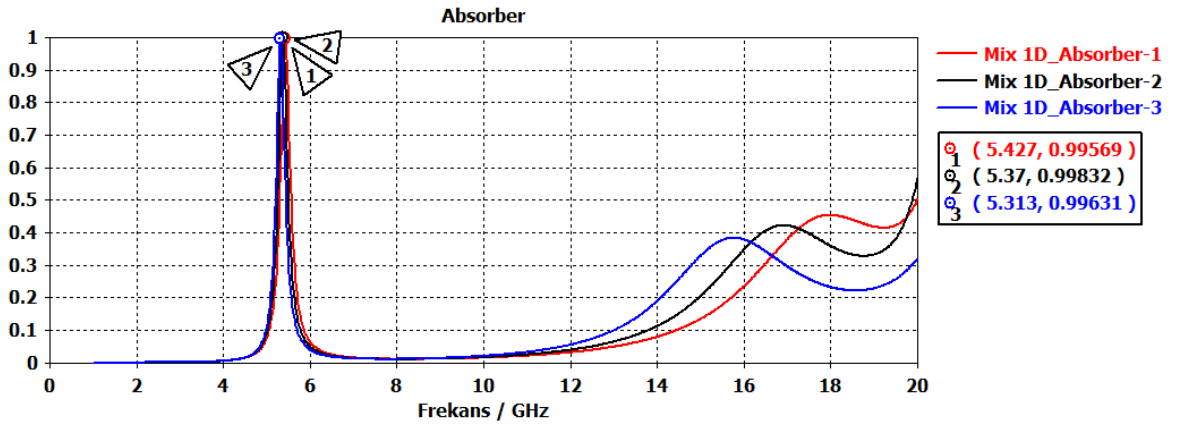
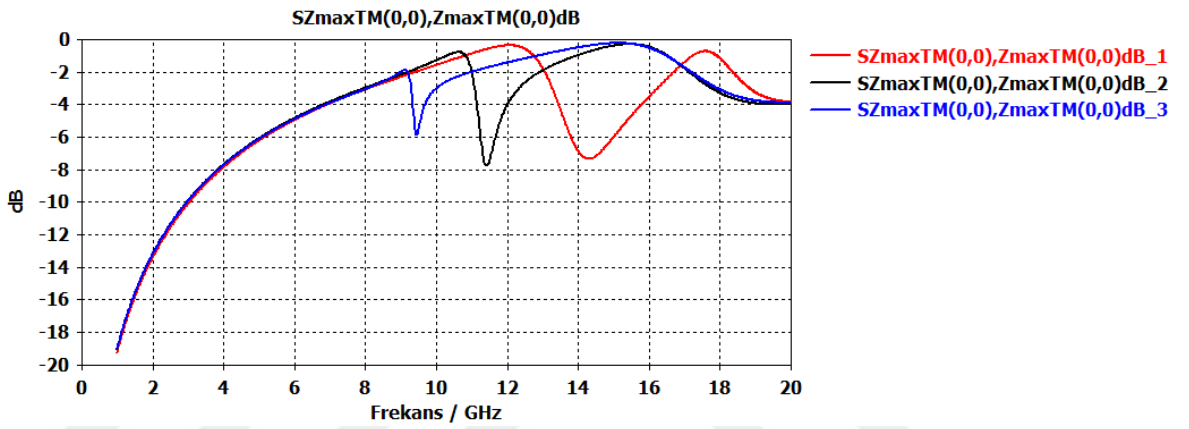
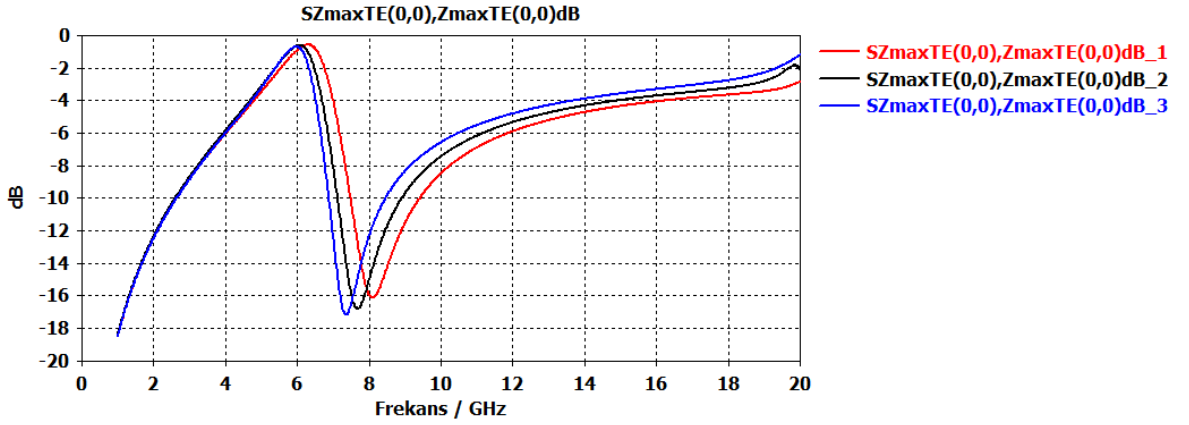
Şekil 3.15 de belirtilen yapıların iletim ve yansımaya katsayıları TE ve TM modunda şekil 3.16 - şekil 3.19 arası gösterilmiştir. Şekil 3.20 ise Absorber grafikleri gösterilmiştir.



Şekil 3.16. HT-1 yapısına ait h_2 uzunluğuna göre S_{21} parametresi TE polarizasyonu



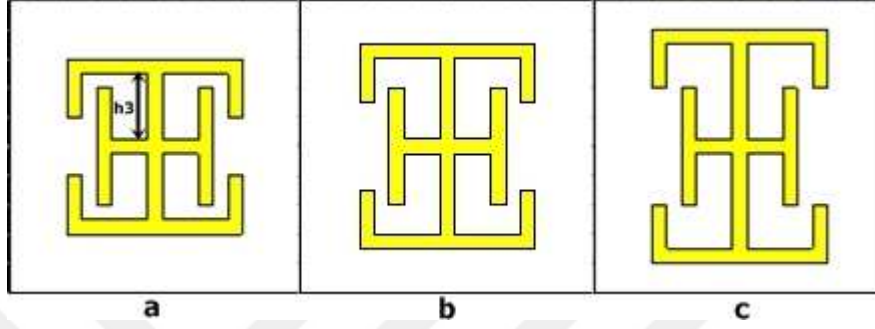
Şekil 3.17. HT-1 yapısına ait h_2 uzunluğuna göre S_{21} parametresi TM polarizasyonu



HT-1 yapısındaki h2 uzunlukları için absorber grafiği için tasarım olan tarafın arka kısmına 0.05 mm^2 kalınlığında bakır iletken ile kaplanmıştır.

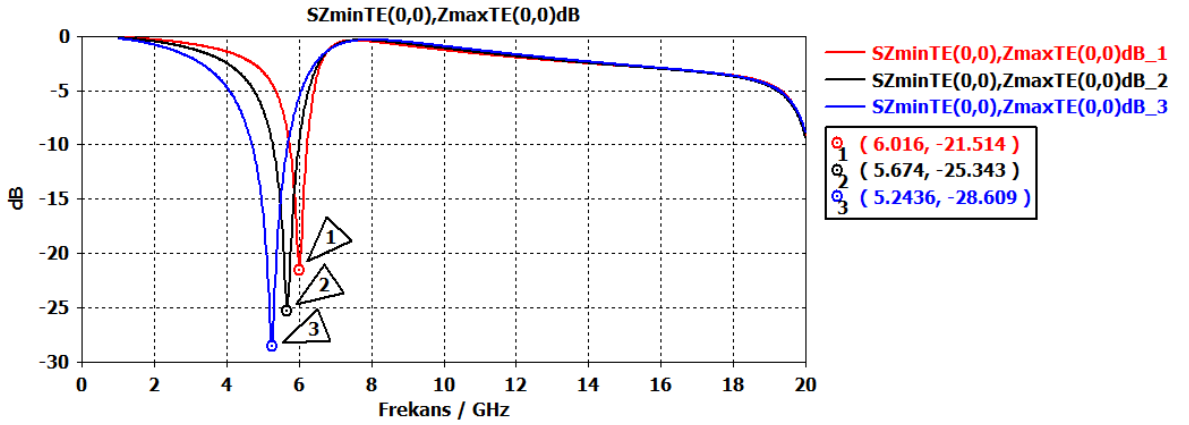
3.4. HT-1 yapısı T-Dikey Uzantı Karşılaştırması ve Geometri Ölçüleri

HT serisinde Şekil 3.21 de HT-1 yapısındaki h3 olarak gösterilen parçanın üç farklı uzunluk durumu için diğer bütün parametreler aynı olmak koşuluyla FSY yapısı gösterilmiştir.

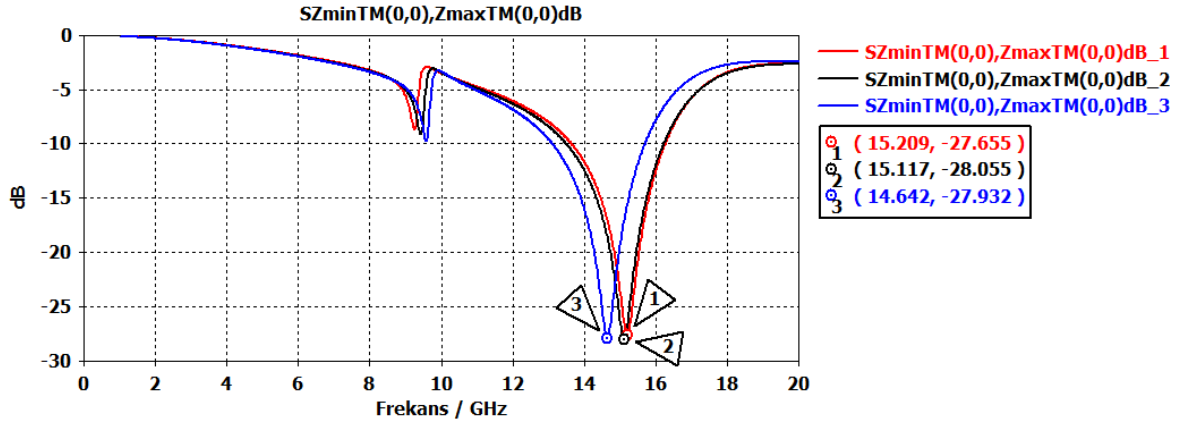


Şekil 3.21. HT-1 Yapısı h3 uzunluğuna göre (a=2.25 mm, b=2.75 mm, c=3.25 mm)

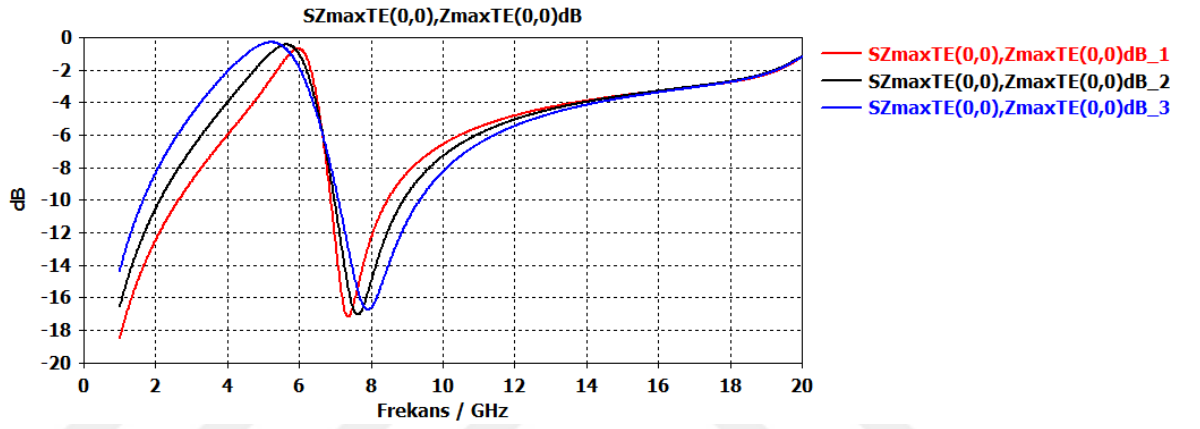
Şekil 3.21 de belirtilen yapıların iletim ve yansımaya katsayıları TE ve TM modunda şekil 3.22 - şekil 3.25 arası gösterilmiştir. Şekil 3.26 ise Absorber grafikleri gösterilmiştir.



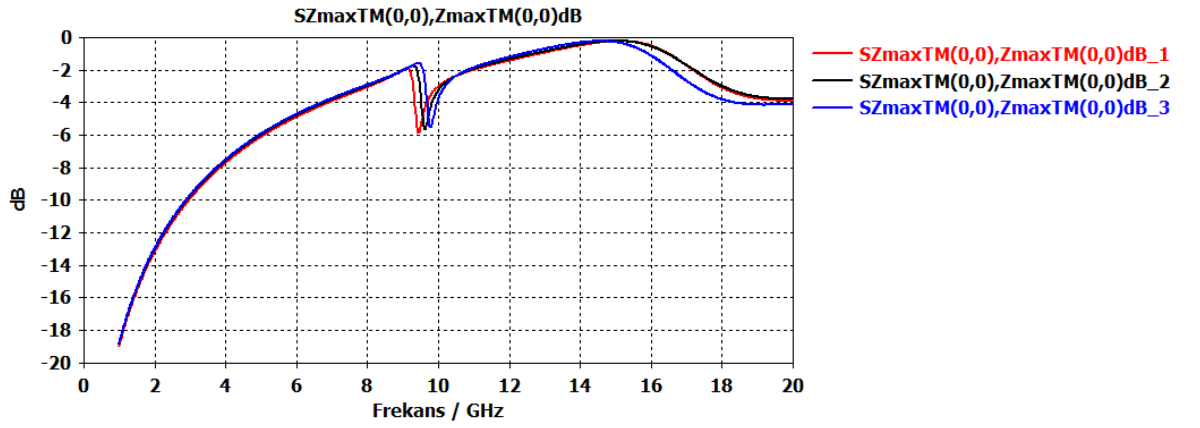
Şekil 3.22. HT-1 yapısına ait h3 uzunluğuna göre S₂₁ parametresi TE polarizasyonu



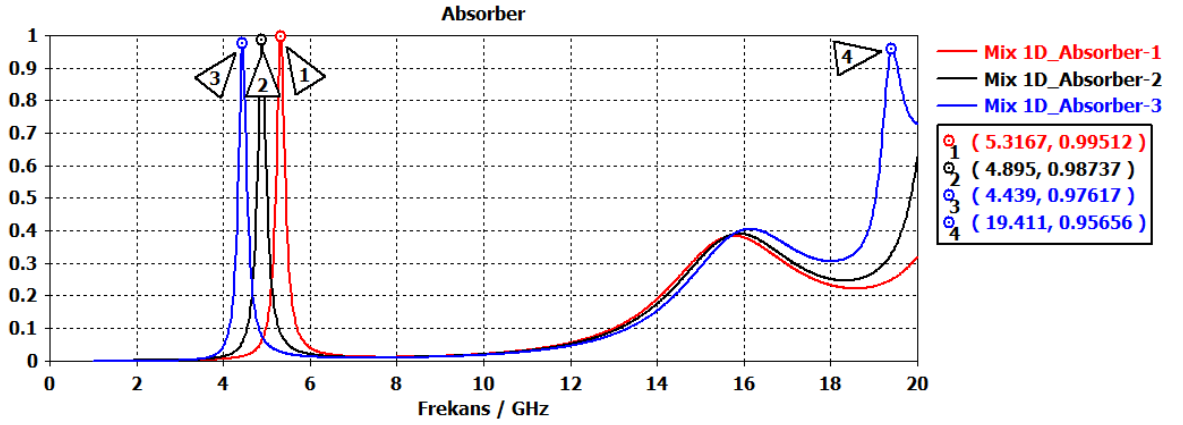
Şekil 3.23. HT-1 yapısına ait h_3 uzunluğuna göre S_{21} parametresi TM polarizasyonu



Şekil 3.24. HT-1 yapısına ait h_3 uzunluğuna göre S_{11} parametresi TE polarizasyonu



Şekil 3.25. HT-1 yapısına ait h_3 uzunluğuna göre S_{11} parametresi TM polarizasyonu

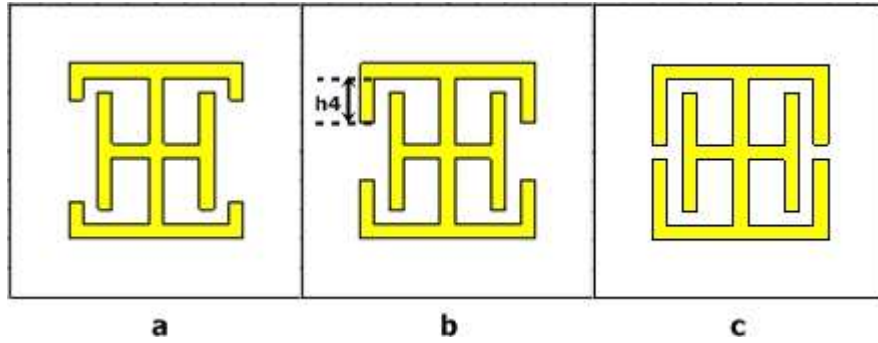


Şekil 3.26. HT-1 yapısına ait h3 uzunluğuna göre Absorber grafiği

HT-1 yapısındaki h3 uzunlukları için absorber grafiği için tasarım olan tarafın arka kısmına 0.05 mm^2 kalınlığında bakır iletken ile kaplanmıştır.

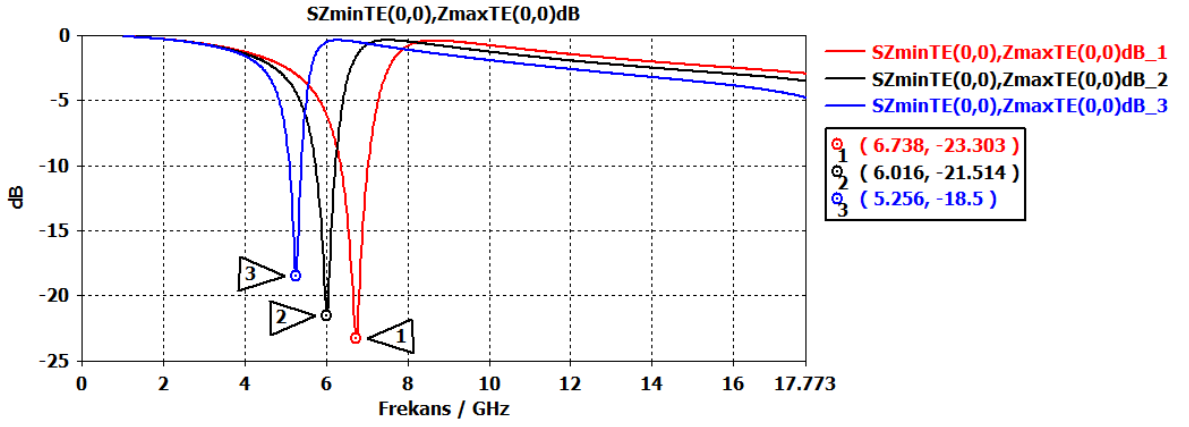
3.5. HT-1 yapısı T-Dış Kulak Uzantı Karşılaştırması ve Geometri Ölçüleri

HT serisinde Şekil 3.27 de HT-1 yapısındaki h4 olarak gösterilen parçanın üç farklı uzunluk durumu için diğer bütün parametreler aynı olmak koşuluyla FSY yapısı gösterilmiştir.

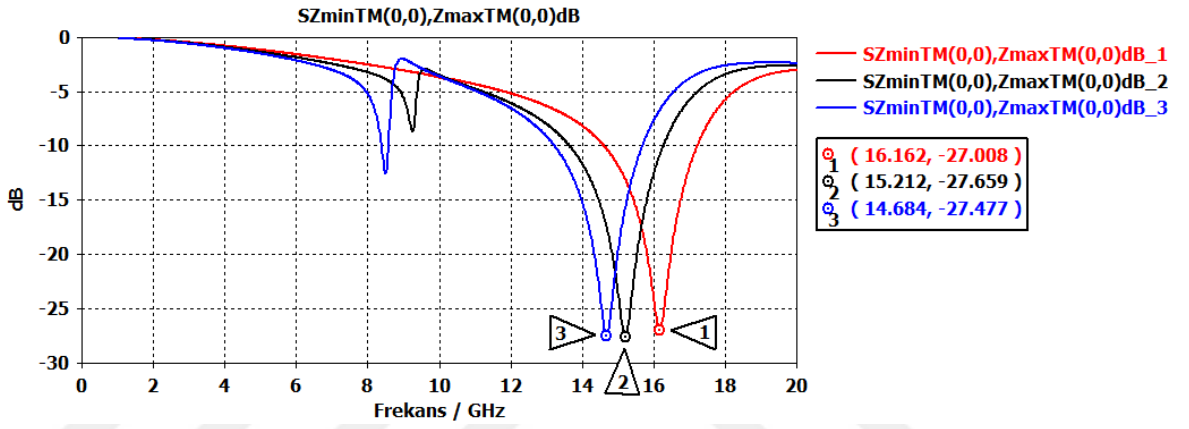


Şekil 3.27. HT-1 Yapısı h4 uzunluğuna göre (a=0.75 mm, b=1.50 mm, c=2.25 mm)

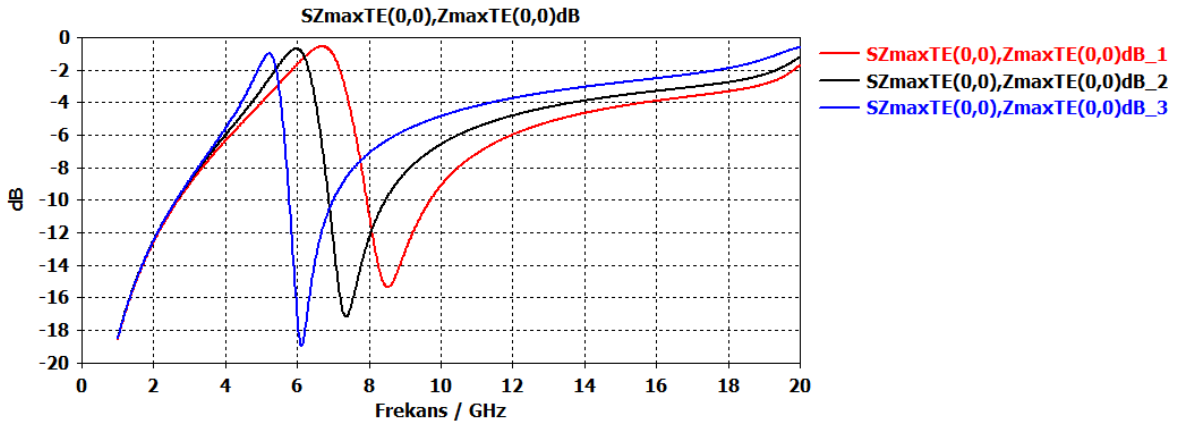
Şekil 3.27'de belirtilen yapıların iletim ve yansıma katsayıları TE ve TM modunda şekil 3.28 - şekil 3.31 arası gösterilmiştir. Şekil 3.32 ise Absorber grafikleri gösterilmiştir.



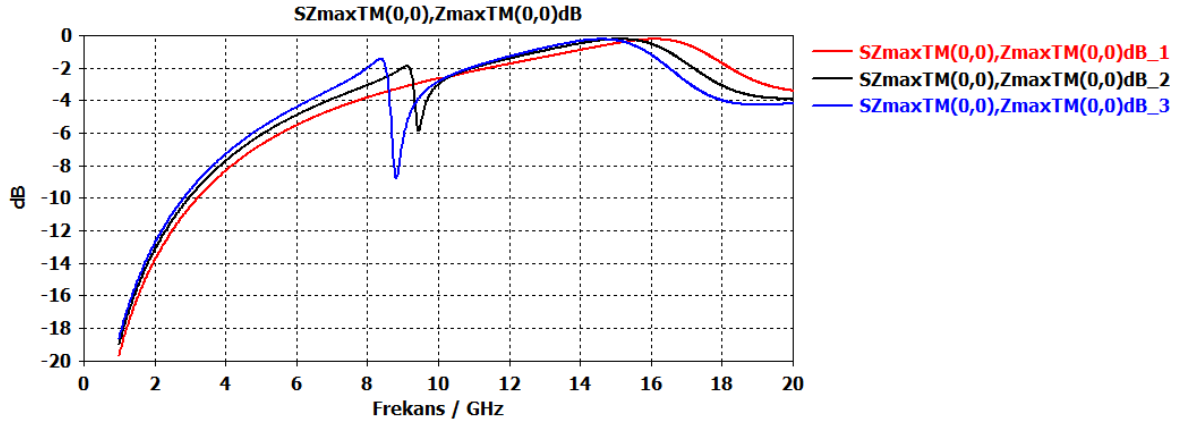
Şekil 3.28. HT-1 yapısına ait h_4 uzunluğuna göre S_{21} parametresi TE polarizasyonu



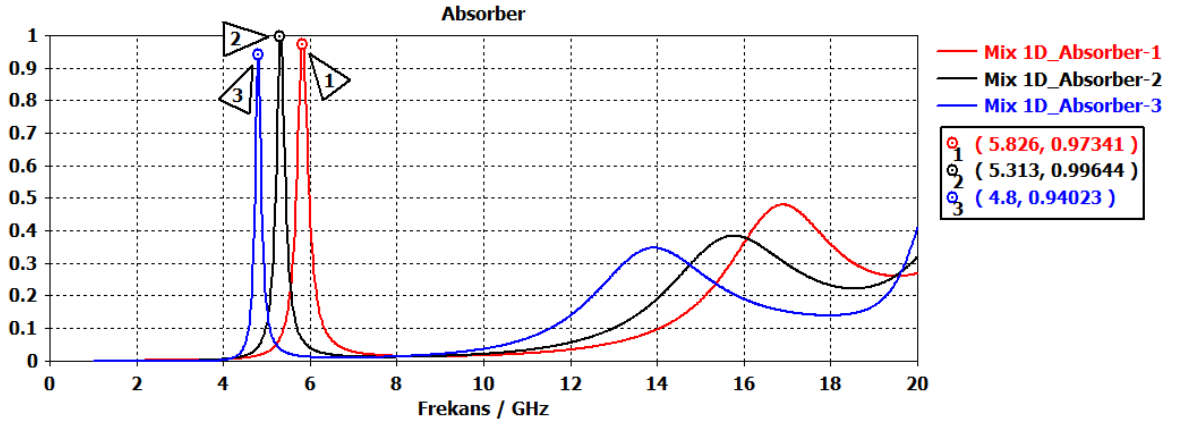
Şekil 3.29. HT-1 yapısına ait h_4 uzunluğuna göre S_{21} parametresi TM polarizasyonu



Şekil 3.30. HT-1 yapısına ait h_4 uzunluğuna göre S_{11} parametresi TE polarizasyonu



Şekil 3.31. HT-1 yapısına ait h4 uzunluğuna göre S_{11} parametresi TM polarizasyonu



Şekil 3.32. HT-1 yapısına ait h4 uzunluğuna göre Absorber grafiği

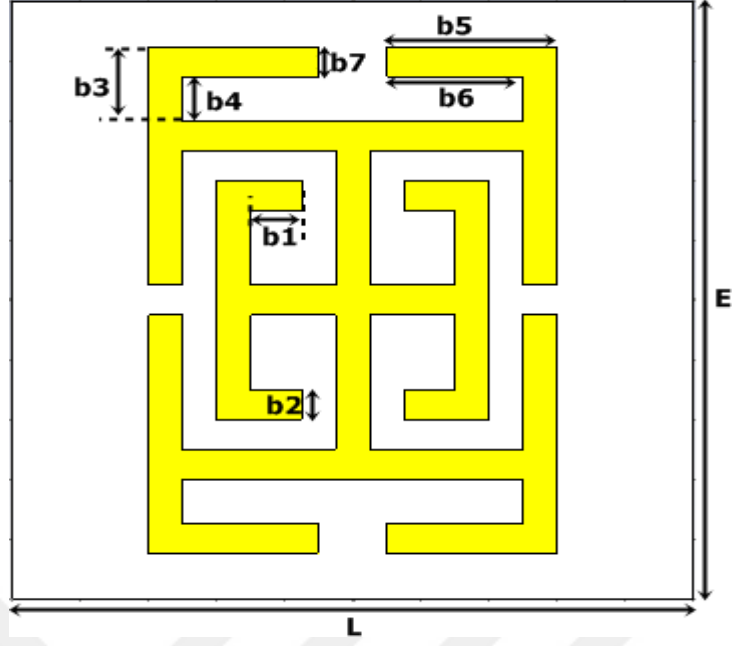
HT-1 yapısındaki h4 uzunlukları için absorber grafiği için tasarım olan tarafın arka kısmına 0.05 mm^2 kalınlığında bakır iletken ile kaplanmıştır.

3.6. HT-2 Yapısı

HT-2 yapısı HT-1 tasarımı ve FR-4 boyutu değiştirilmeden yatayda ve dikeyde bakır ilaveler yapılarak oluşturulmuştur.

3.6.1. HT-2 periyodik yapı ve birim hücre ölçüleri

Şekil 3.33 de periyodik HT-2 yapısı ve ölçeklendirme harfleri gösterilmiştir.

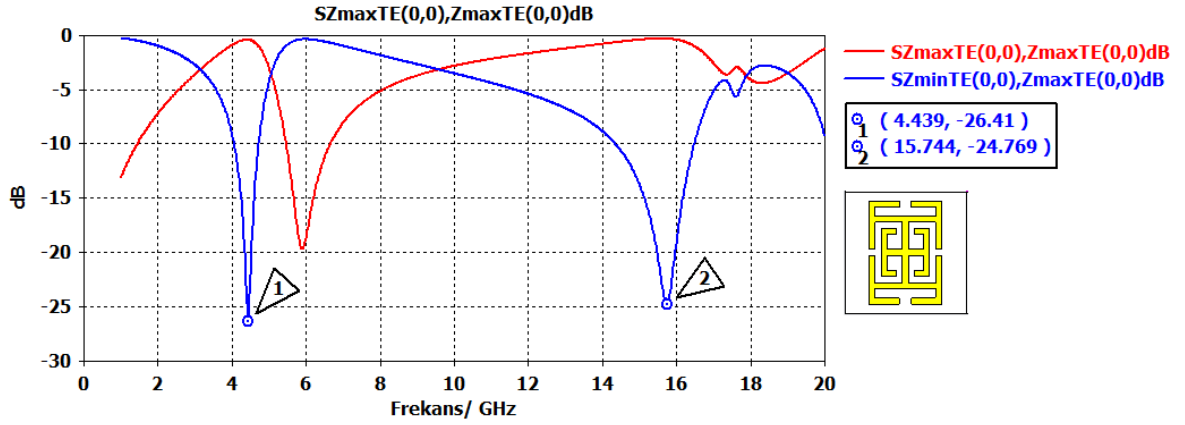


Şekil 3.33. HT-2 periyodik yapısı ve birim hücre boyutları ($L=10$ mm $E=10$ mm $b_1=0.75$ mm $b_2=0.5$ mm $b_3=1.25$ mm $b_4=0.75$ mm $b_5=2.5$ mm $b_6=2$ mm $b_7=0.5$ mm)

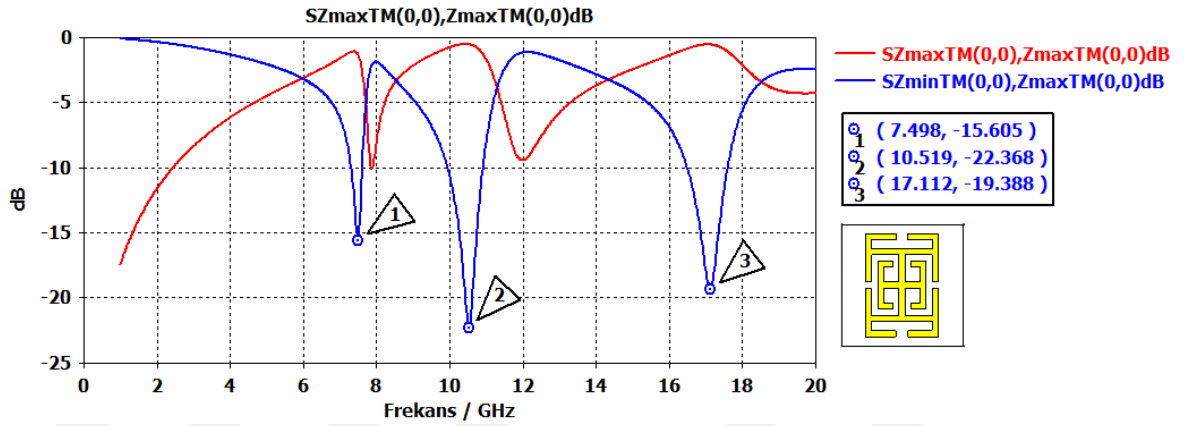
HT-2 yapısı için kullanılan dielektrik malzeme HT-1 yapısında kullanılan 1.6 mm kalınlığında FR-4 malzemesidir.

3.6.2 HT-2 periyodik yapı simülasyonu s-parametreleri

Şekil 3.34 ve şekil 3.35 de gösterilen grafikte HT-2 yapısı CST programı yardımıyla simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Bu simülasyon sonucunda HT-2 yapısının TE (Transverse Elektrik) ve TM (Transverse Magnetik) modunda S-parametreleri, oluşan rezonans frekansındaki E-Field (Elektrik Alan), H-Field (Magnetik Alan), yüzey akım dağılımı ve absorber grafiği sonuçları elde edilmiştir.



Şekil 3.34. HT-2 yapısı TE polarizasyonu S-Parametre grafiği (S_{11} = (Kırmızı)Yansım grafiği, S_{21} = (Mavi)İletim grafiği)



Şekil 3.35. HT-2 yapısı TM polarizasyonu S-Parametre grafiği (S_{22} = (Kırmızı)Yansım grafiği, S_{12} = (Mavi)İletim grafiği)

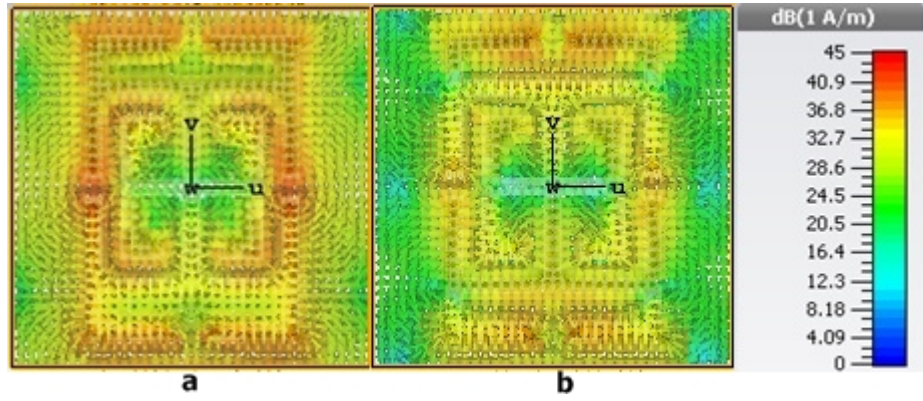
HT-2	TE	TM
Band (GHz)	4.382 / 15.573	7.49 / 10.51 / 17.11
Band Genişliği (GHz)	1.8 / 7.31	1.55 / 2.56 / 3.79

Tablo 3.3. HT-2 yapısı TE / TM polarizasyonu rezonans band ve band genişliği değerleri

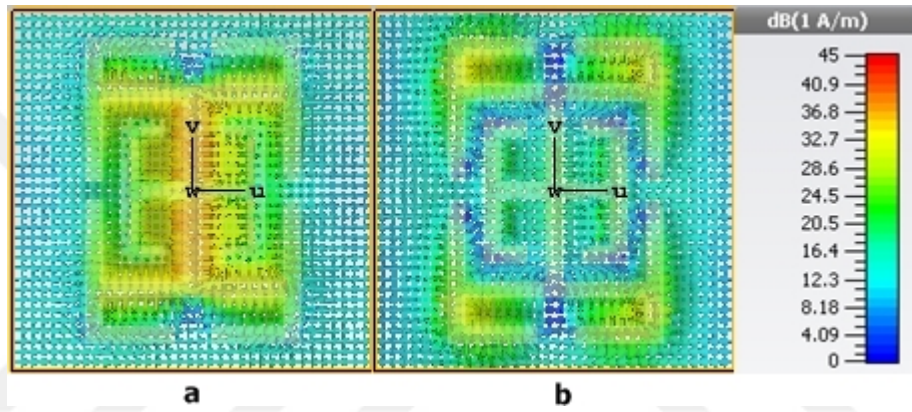
Şekil 3.34 de TE polarizasyonunda (4.382GHz, -26.82 dB) C band sınıfı noktasında ve (15.573 GHz, -25.11 dB) Ku band sınıfı noktasında rezonans meydana gelmiştir. Sırası ile (3.2 GHz--5.01 GHz arasında) 1.80 GHz ve (9.8 GHz--17.1 GHz arasında) 7.30 GHz band genişliğine sahiptir.

Şekil 3.35 de TM polarizasyonunda (7.49 GHz, -15.60 dB) C bandı , (10.51 GHz, -22.36 dB) X bandı, ve (17.11 GHz, -19.38 dB) Ku sınıfında rezonans meydana gelmiştir. Sırası ile (6.07 GHz--7.63 GHz arasında)1.56 GHz, (8.65 GHz--11.02 GHz arasında) 2.55 GHz ve (14.52 GHz--18.32 GHz arasında) 3.79 GHz band genişliğine sahiptir.

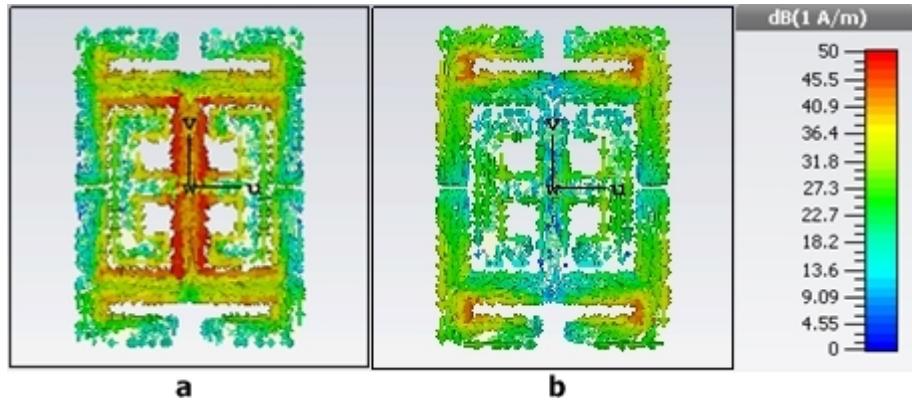
3.6.3 HT-2 periyodik yapı simülasyonu elektrik alan/manyetik alan ve yüzey akım



Şekil 3.36. HT-2 Yapısı Elektrik alan çizgileri



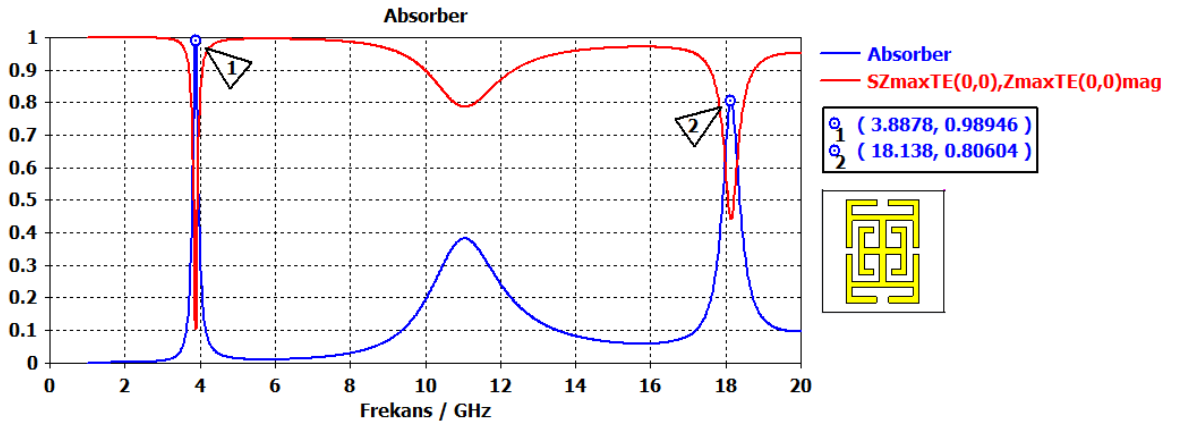
Şekil 3.37. HT-2 Yapısı Manyetik alan çizgileri



Şekil 3.38. HT-2 Yapısı Yüzey akım çizgileri

Şekil 3.36 ve şekil 3.37 de Elektrik alan ve manyetik alan 2 farklı rezonans durumunda aynı skala ayarları içerisinde analiz yapıldığında elektrik alan ve manyetik alanın birinci rezonansa daha yoğun olduğu gözlemlenmektedir.Şekil 3.38 de ise birinci rezonans durumunda daha yoğun bir yüzey akım durumu mevcuttur.

3.6.4 HT-2 periyodik yapı simülasyonu soğurma karakteristiği



Şekil 3.39. HT-2 Yapısı Absorber grafiği (Mavi=Absorber grafiği, Kırmızı=Yansımaya grafiği)

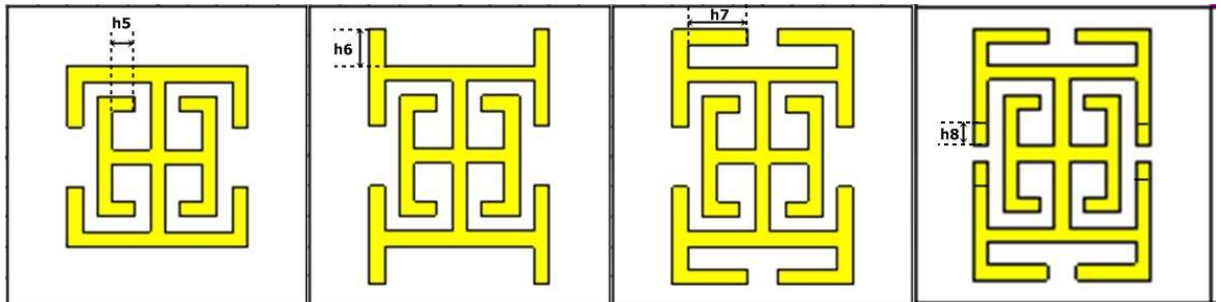
	Band (GHz)	Emilim (%)
HT-2	3.88 / 18.13	98.9 / 80.6

Tablo 3.4. HT-2 yapısı Absorber band ve emilim değeri

Absorber grafiğini oluştururken FR-4 tabakanın bir yüzeyinde tasarım şekli olmasıyla birlikte diğer yüzeyi 0.05 mm kalınlığında tamamen bakır tabaka ile kaplıdır. CST simülasyon programından iletim ve yansımaya (lineer modda) grafiklerini oluşturulur. Bu iki grafiği Absorber denklemi olan $A(\omega) = 1 - (S_{11})^2 - (S_{12})^2$ denklemine göre hesaplatarak Şekil 3.39 da 3.88 GHz de %98.9 değerinde ve 18.13 GHz de %80.6 soğurma olduğu grafikten gözlemlenmektedir.

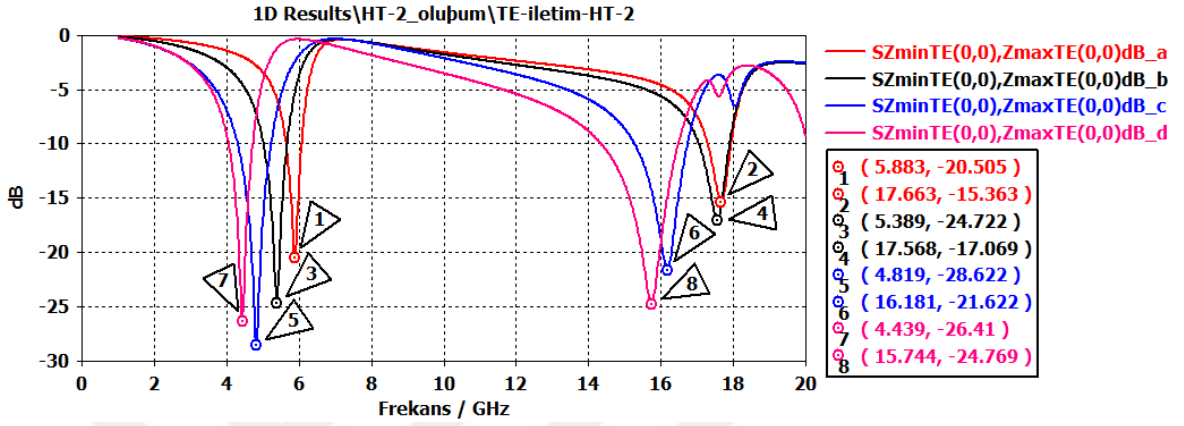
3.6.5. HT-2 periyodik yapı oluşumu ve birim hücre ölçüleri

Şekil 3.33 de HT-2 yapısı ve boyutları gösterilirken şekil 3.40 da HT-2 yapısı oluşum aşamaları ve boyut ölçeklendirmeleri gösterilmiştir.

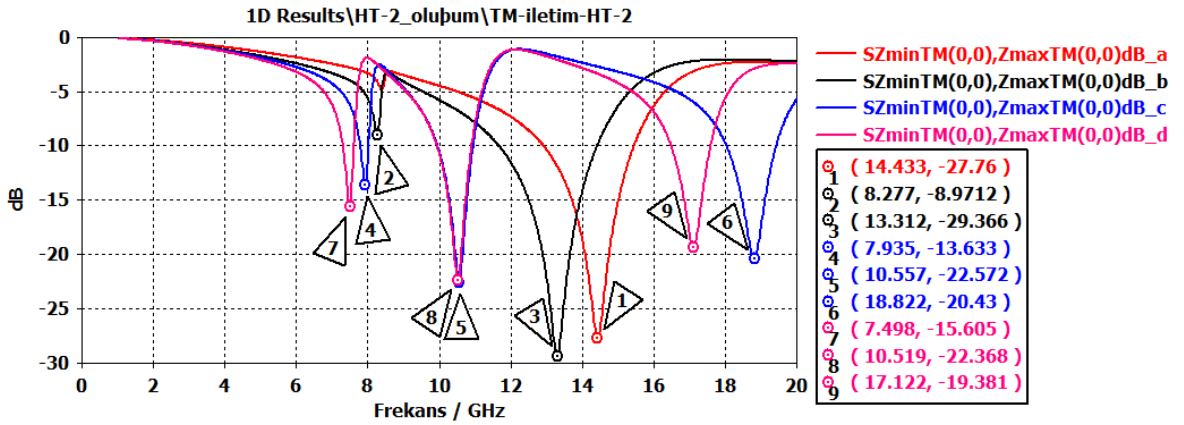


Şekil 3.40. HT-2 yapısının oluşum aşamaları (h5=0.75 mm, h6=1.25 mm, h7=2 mm, h8=0.75 mm)

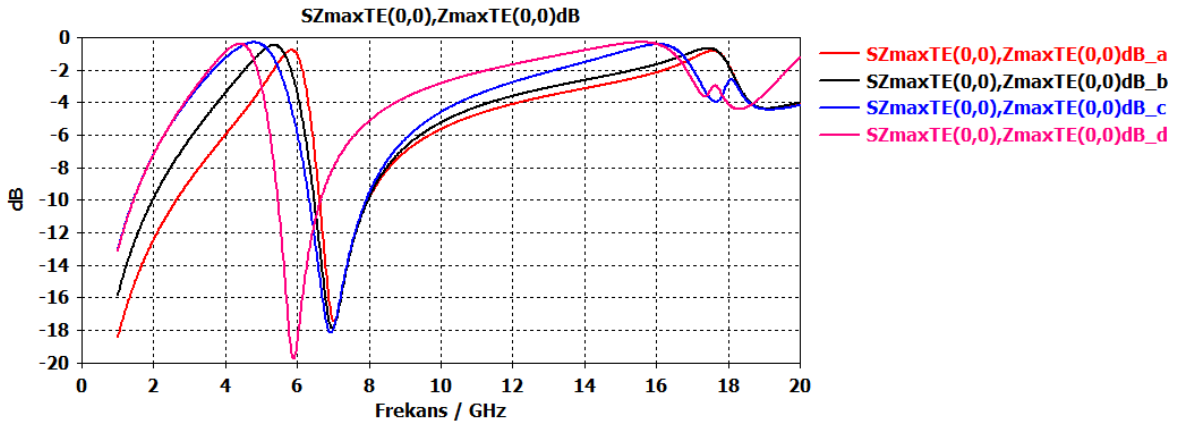
Şekil 3.40 da HT-2 Yapısı yatay ve dikey bakır lama parçalar eklenerek ve diğer bütün parametreler aynı kalarak a-b-c ve d aşamalarından oluşmuştur. Şekil 3.41 - şekil 3.44 de a-b- c ve d yapıların S_{12} ve S_{11} parametreleri TE ve TM modda incelenmiştir. Şekil 3.45 de HT-2 yapısı için absorber grafiği incelenmiştir.



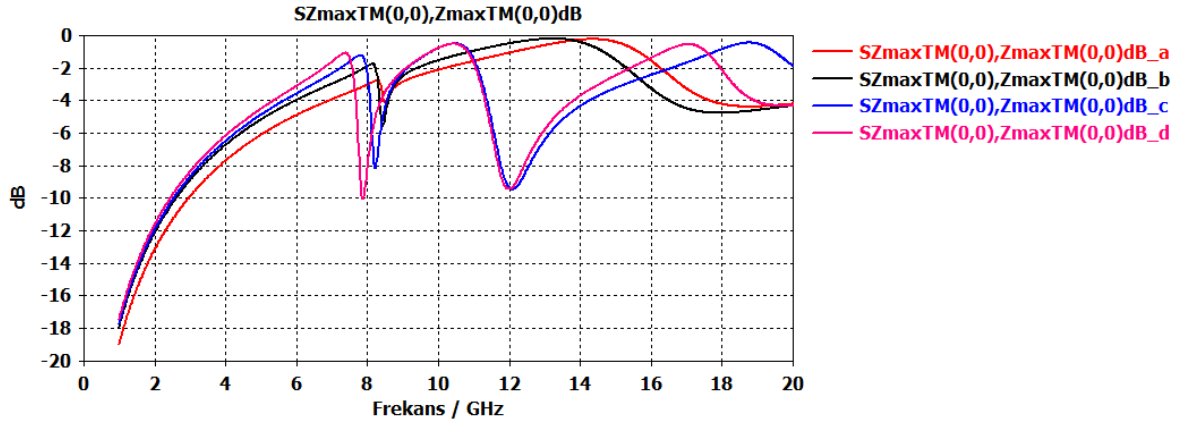
Şekil 3.41. HT-2 yapısına ait a-b-c-d oluşum yapıları S_{21} parametresi TE polarizasyonu (a=1-2, b=3-4, c=5-6, d=7-8)



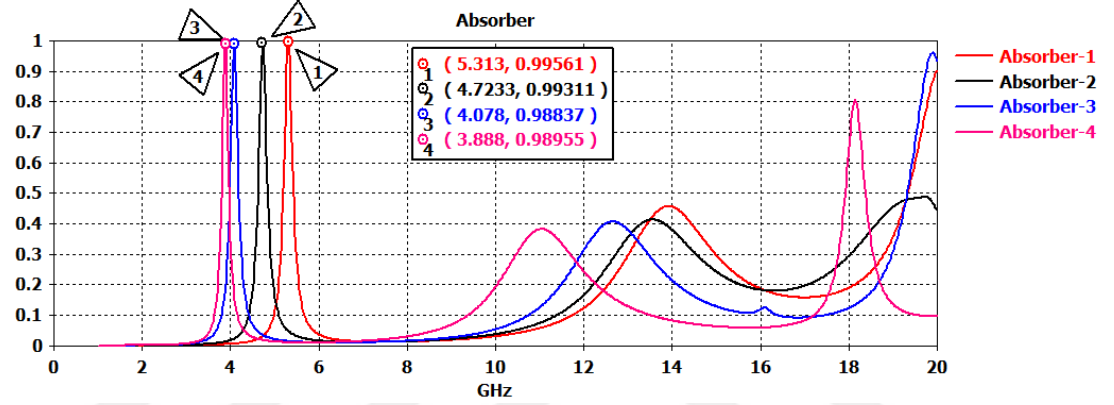
Şekil 3.42. HT-2 yapısına ait a-b-c-d oluşum yapıları S_{21} parametresi TM polarizasyonu (a=1, b=2-3, c=4-5-6, d=7-8-9)



Şekil 3.43. HT-2 yapısına ait a-b-c-d oluşum yapıları S_{11} parametresi TE polarizasyonu



Şekil 3.44. HT-2 yapısına ait a-b-c-d oluşum yapıları S_{11} parametresi TM polarizasyonu



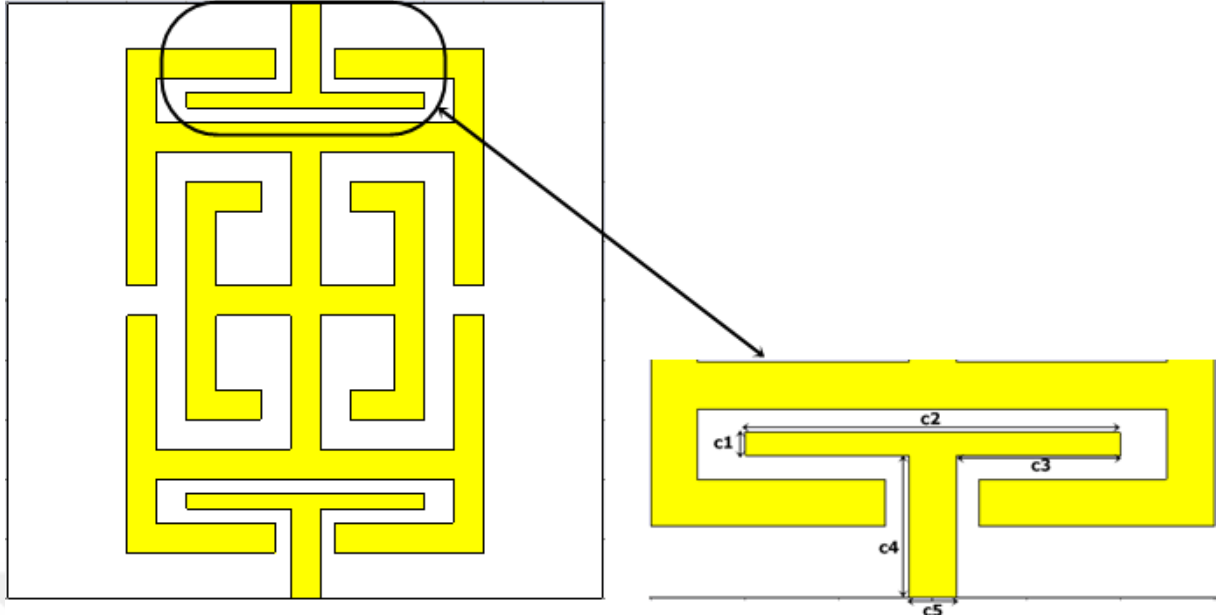
Şekil 3.45. HT-2 yapısına ait a-b-c-d oluşum yapıları absorber grafiği

3.7. HT-3 Periyodik Yapısı

HT-3 yapısı FR-4 boyutu değiştirilmeden HT-2 tasarımına (+y) ve (-y) eksenlerinde 'T' şeklinde bakır ilaveler yapılarak oluşturulmuştur. HT-3 yapısı için kullanılan dielektrik malzeme HT-1 ve HT-2 yapılarında kullanılan 1.6 mm kalınlığında FR-4 malzemesidir.

3.7.1. HT-3 periyodik yapı ve birim hücre ölçüleri

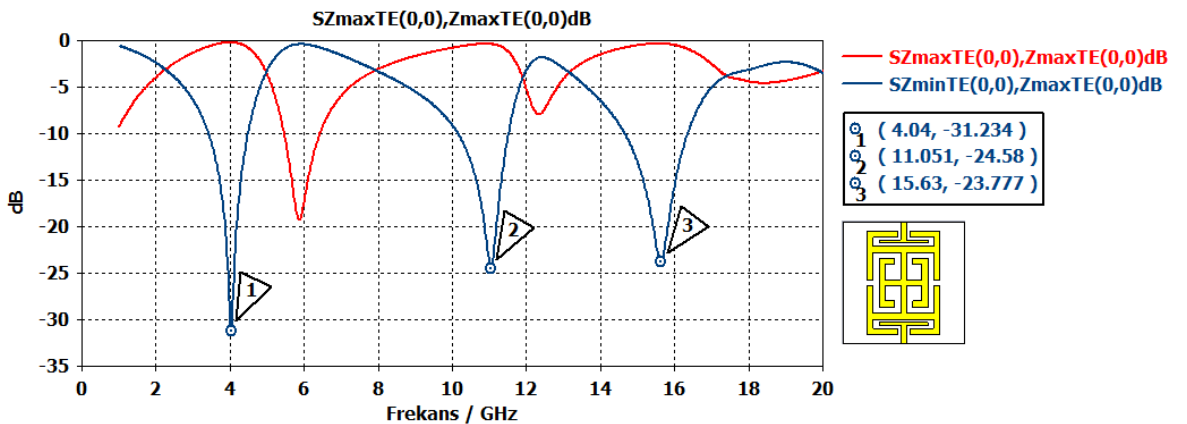
Şekil 3.46 da periyodik HT-3 yapısı ve ölçeklendirme harfleri gösterilmiştir.



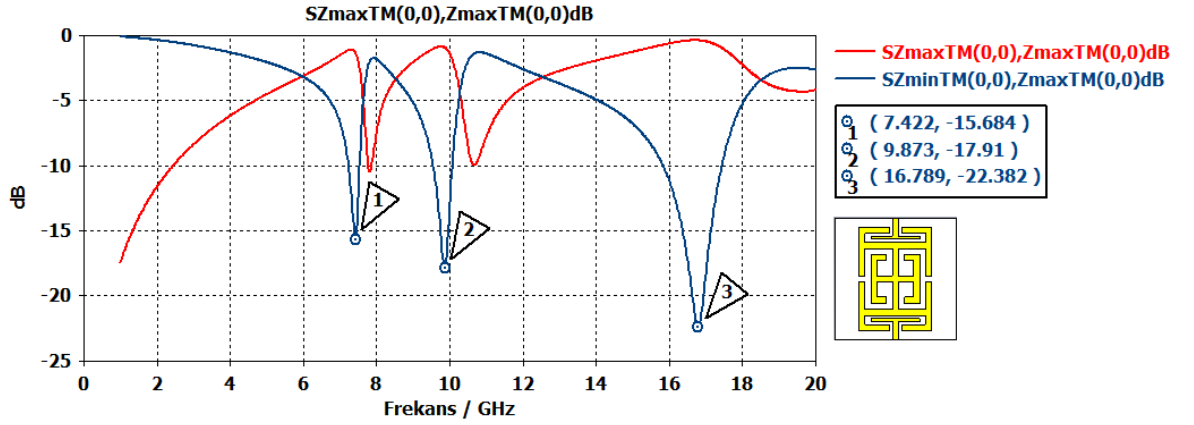
Şekil 3.46. HT-3 periyodik yapısı ilave yapı boyutları ($c_1=0.25$ mm $c_2=4$ mm $c_3=1.75$ mm $c_4=1.50$ mm $c_5=0.5$ mm)

3.7.2 HT-3 periyodik yapı simülasyonu s-parametreleri

Şekil 3.47 ve şekil 3.48 de gösterilen grafikte HT-3 yapısı CST programı yardımıyla simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Bu simülasyon sonucunda HT-3 yapısının TE (Transverse Elektrik) ve TM (Transverse Magnetik) modunda S-parametreleri, oluşan rezonans frekansındaki E-Field (Elektrik Alan), H-Field (Magnetik Alan), yüzey akım dağılımı ve absorber grafiği sonuçları elde edilmiştir.



Şekil 3.47. HT-3 yapısı TE polarizasyonu S-Parametre grafiği (S_{11} = (Kırmızı)Yansımaya grafiği, S_{21} = (Mavi)İletim grafiği)



Şekil 3.48. HT-3 yapısı TM polarizasyonu S-Parametre grafiği (S_{11} = (Kırmızı)Yansım grafiği, S_{21} = (Mavi)İletim grafiği)

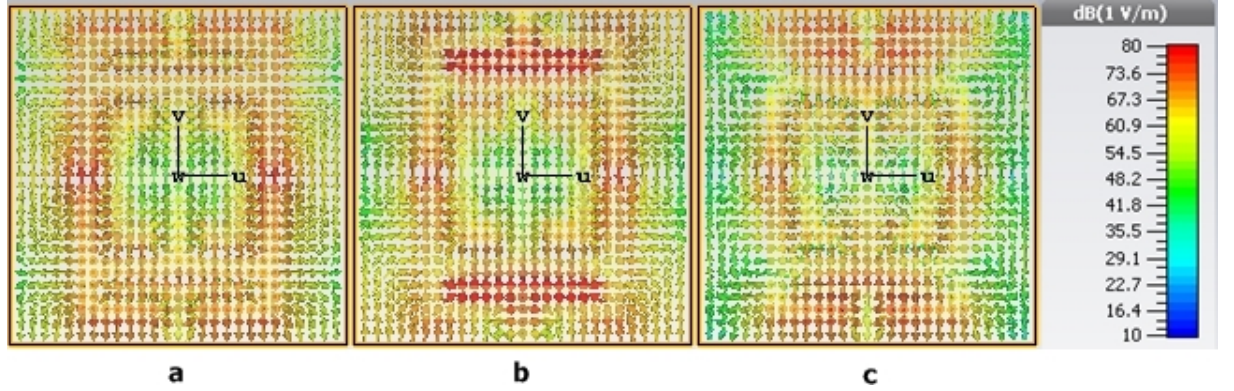
HT-3	TE	TM
Band (GHz)	4.04 / 11.05 / 15.63	7.42 / 9.87 / 16.78
Band Genişliği (GHz)	2.63 / 3.75 / 3.83	1.49 / 1.55 / 5.55

Tablo 3.5. HT-3 yapısı TE / TM polarizasyonu rezonans band ve band genişliği değerleri

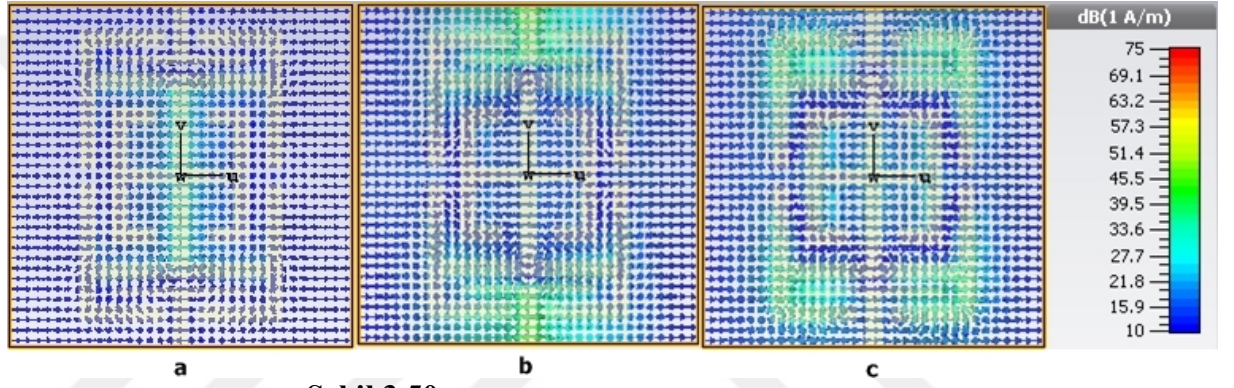
Şekil 3.47 de TE polarizasyonunda (4.04GHz, -31.23 dB) C bandı, (11.05GHz, -24.58 dB) X bandı ve (15.63GHz, -23.77 dB) Ku band sınıfı noktaları frekanslarında rezonans meydana gelmiştir. Sırası ile (2.3GHz--4.93 GHz arasında) 2.63 GHz, (8.04 GHz--11.8 GHz arasında) 3.76 GHz ve (13.29 GHz--17.13 GHz arasında) 3.84 GHz band genişliğine sahiptir.

Şekil 3.48 de TM polarizasyonunda (7.42 GHz, -15.68 dB) C bandı, (9.87 GHz, -17.91 dB) X bandı ve (16,78 GHz, -22.38 dB) Ku bandı sınıfı noktadaki frekanslarında rezonans meydana gelmiştir. Sırası ile (6.07 GHz--7.56 GHz arasında) 1.49 GHz, (8.62 GHz--10.18 GHz arasında) 1.55 GHz ve (12.73 GHz--18.3 GHz arasında) 5.56 GHz band genişliğine sahiptir.

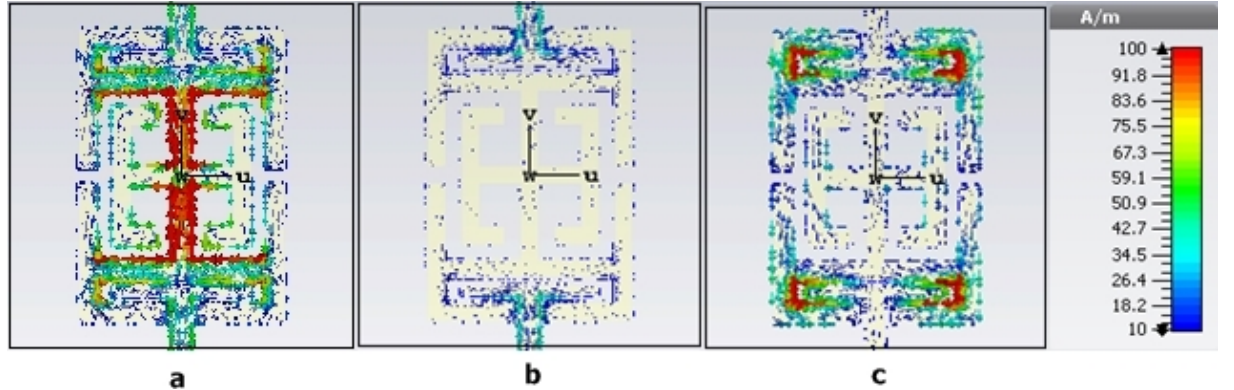
3.7.3 HT-3 periyodik yapı simülasyonu elektrik alan/manyetik alan ve yüzey akım



Şekil 3.49. HT-3 yapısı elektrik alan çizgileri



Şekil 3.50. HT-3 yapısı manyetik alan çizgileri

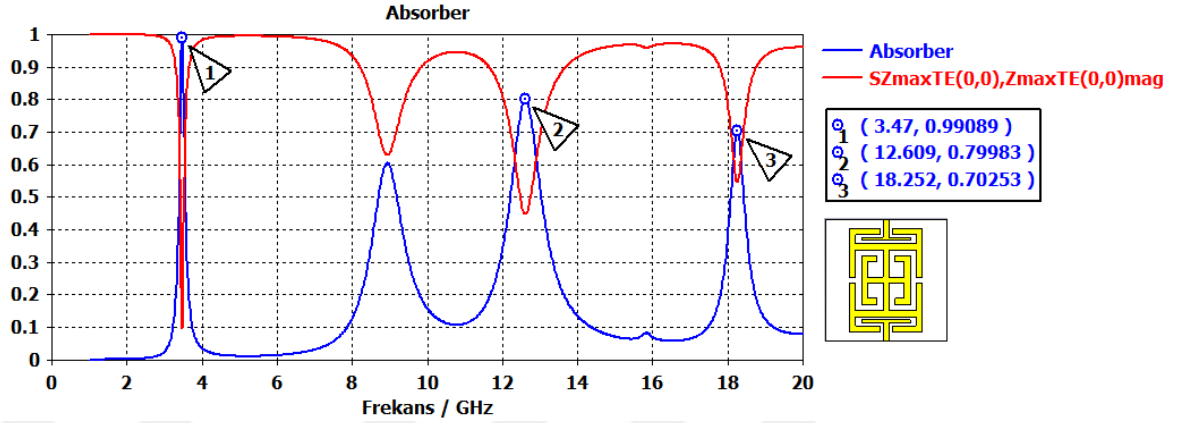


Şekil 3.51. HT-3 yapısı yüzey akım çizgileri

Şekil 3.49 da elektrik alan 3 farklı rezonans durumunda aynı skala ayarları içerisinde analiz yapılmıştır. Elektrik alan ikinci rezonans frekansında en son ilave yapılan "T" şekillerinde yoğunluk gösterirken üçüncü rezonans frekansında biraz daha kenar kısımlarda yoğunluk göstermektedir. Şekil 3.50 de manyetik alanın ise birinci rezonanstaki daha yoğun olduğu gözlemlenmektedir. Şekil 3.51 de ise birinci rezonans

durumunda şekil ortasında daha yoğun bir yüzey akımı durumu mevcut iken üçüncü rezonansa şekil köşelerinde bir yoğunluk görülmektedir.

3.7.4 HT-3 periyodik yapı simülasyonu soğurma karakteristiği



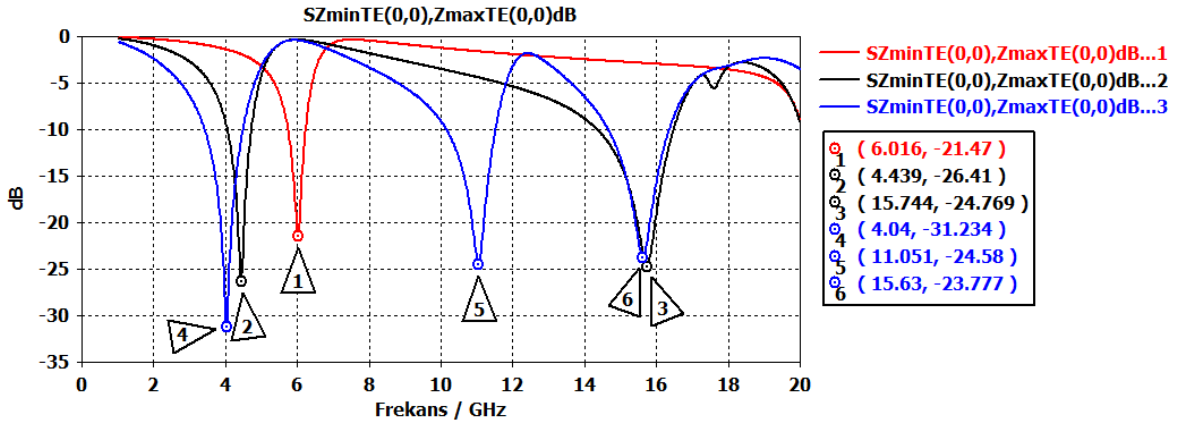
Şekil 3.52. HT-3 Yapısı Absorber grafiği (Mavi=Absorber grafiği, Kırmızı=Yansıma grafiği)

	Band (GHz)	Emilim (%)
HT-3	3.47 / 12.60 / 18.25	99 / 79.9 / 70.2

Tablo 3.6. HT-3 yapısı Absorber band ve değeri

Absorber grafiğini oluştururken FR-4 tabakanın bir yüzeyinde tasarım şekli olmasıyla birlikte diğer yüzeyi 0.05 mm kalınlığında tamamen bakır tabaka ile kaplıdır. CST simülasyon programından iletim ve yansıma (lineer modda) grafiklerini oluşturulur. Bu iki grafiği Absorber denklemi olan $A(\omega) = 1 - (S_{11})^2 - (S_{12})^2$ denklemine göre hesaplatarak Şekil 3.52 de 3.47 GHz de %99 değerinde soğurma olduğu grafikten gözlemlenmektedir.

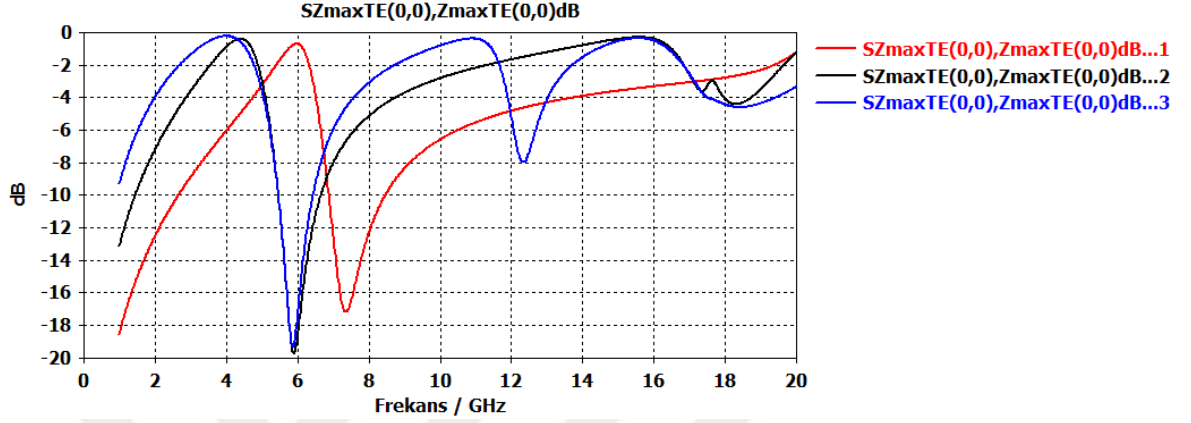
3.8. HT-Serisi (HT-1 / HT-2 / HT -3) Periyodik Yapıları Simülasyonu S-Parametreleri



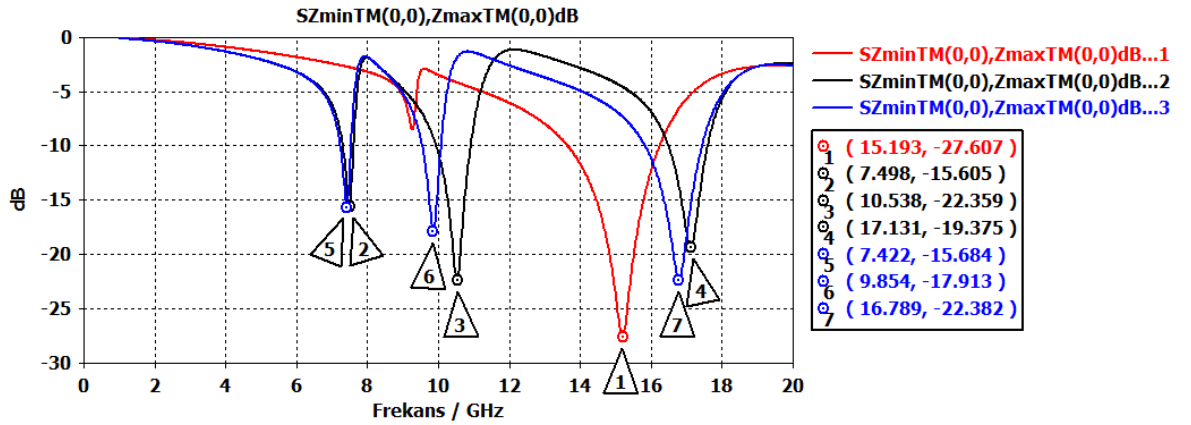
Şekil 3.53. HT- serisi TE polarizasyonu S-Parametre grafiği (S_{21} = İletim grafiği)

HT-SERİSİ / TE	HT-1	HT-2	HT-3
Band (GHz)	6.016	4.439 / 15.744	4.04 / 11.05 / 15.63
Band Genişliği (GHz)	1.36	1.8 / 7.31	2.63 / 3.75 / 3.83

Tablo 3.7. HT- serisi TE polarizasyonu rezoanans bandı ve band genişliği değerleri



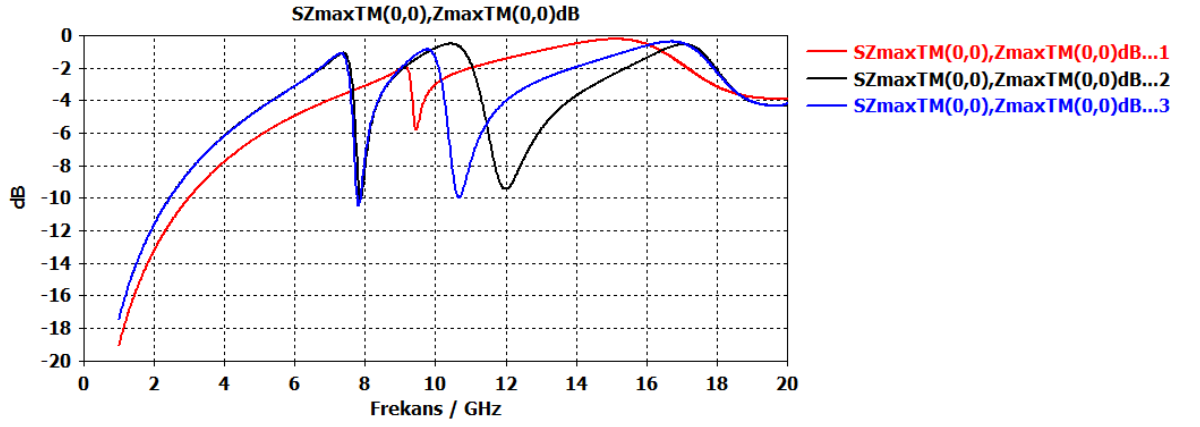
Şekil 3.54. HT- serisi TE polarizasyonu S-Parametre grafiği (S_{11} = Yansım grafiği)



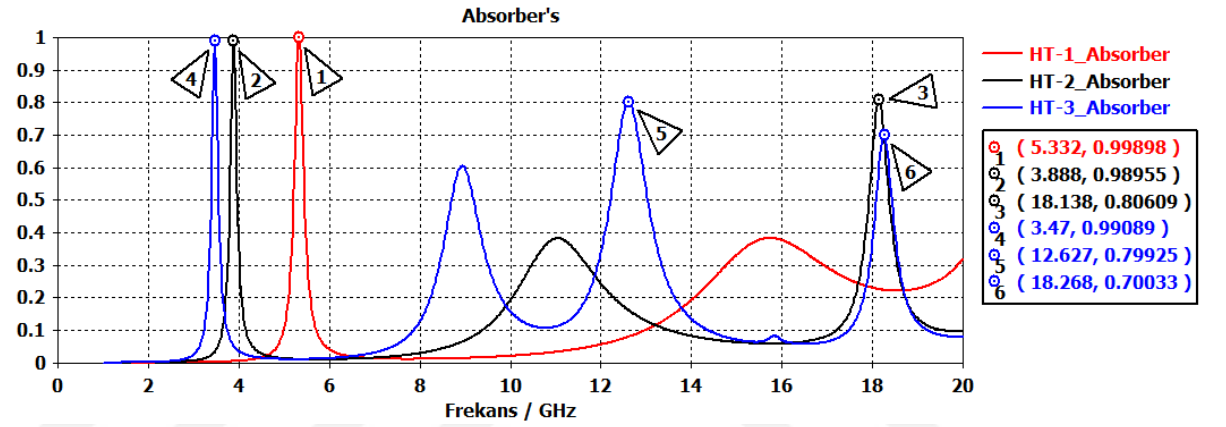
Şekil 3.55. HT- serisi TM polarizasyonu S-Parametre grafiği (S_{21} = İletim grafiği)

HT-SERİSİ / TM	HT-1	HT-2	HT-3
Band (GHz)	15.193	7.49 / 10.51 / 17.11	7.42 / 9.87 / 16.78
Band Genişliği (GHz)	7.87	1.55 / 2.56 / 3.79	1.49 / 1.55 / 5.55

Tablo 3.8. HT- serisi TM polarizasyonu rezoanans band ve band genişliği değerleri



Şekil 3.56. HT- serisi TM polarizasyonu S-Parametre grafiği (S_{11} = Yansım grafiği)



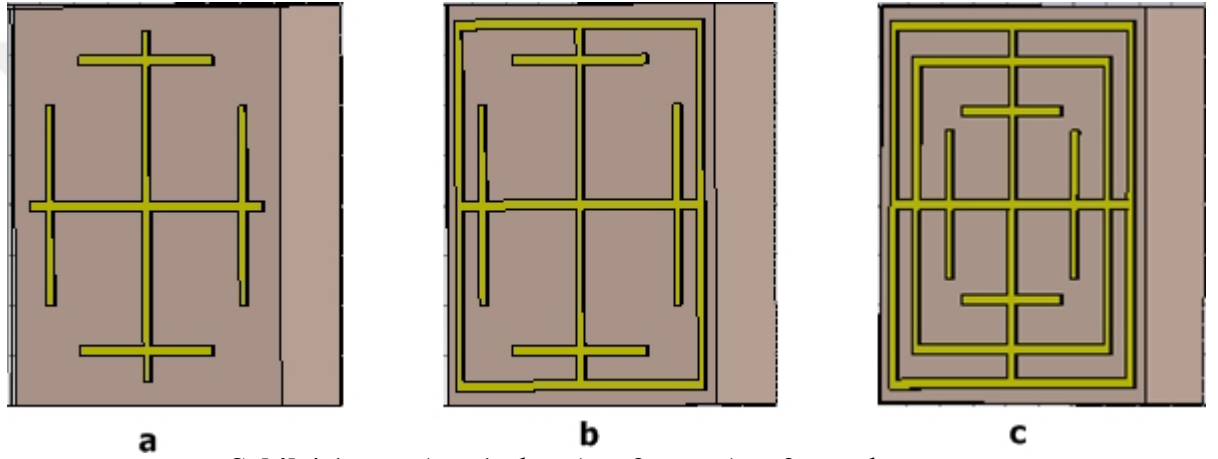
Şekil 3.57. HT- serisi Absorber grafiği

	Band (GHz)	Emilim (%)
HT-1	5.332	99.8
HT-2	3.88 / 18.13	98.9 / 80.6
HT-3	3.47 / 12.62 / 18.26	99 / 79.9 / 70

Tablo 3.9. HT- serisi Absorber rezonans band ve band genişliği değerleri

4. ARTI- SERİSİ TASARIMLARIN SİMÜLASYON UYGULAMA AŞAMALARI

Bu çalışma esnasında dielektrik malzeme üzerinde iletken levhalarla yapılan Artı ve kare halkalar ile oluşturulan Artı-serisi (Artı-1 / Artı-2 / Artı-3) olarak adlandırılan 3 aşamalı tasarımının yapısı, S-parametreleri, Elektrik alan, Manyetik alan, Yüzey akım değerleri ve Absorber grafikleri sırası ile açıklanmıştır. Artı- serisi FSY()* ler 10x10 elemandan oluşmakta olup 1.6mm kalınlığında ve dielektrik sabiti 4.3 olan FR4 üzerine periyodik yerleştirilmiştir. HT serisi elemanları 0.05 mm kalınlığa sahip bakır malzemesi seçilmiştir. Şekil 4.1 de Artı serisi yapıların tasarım aşamaları gösterilmiştir.



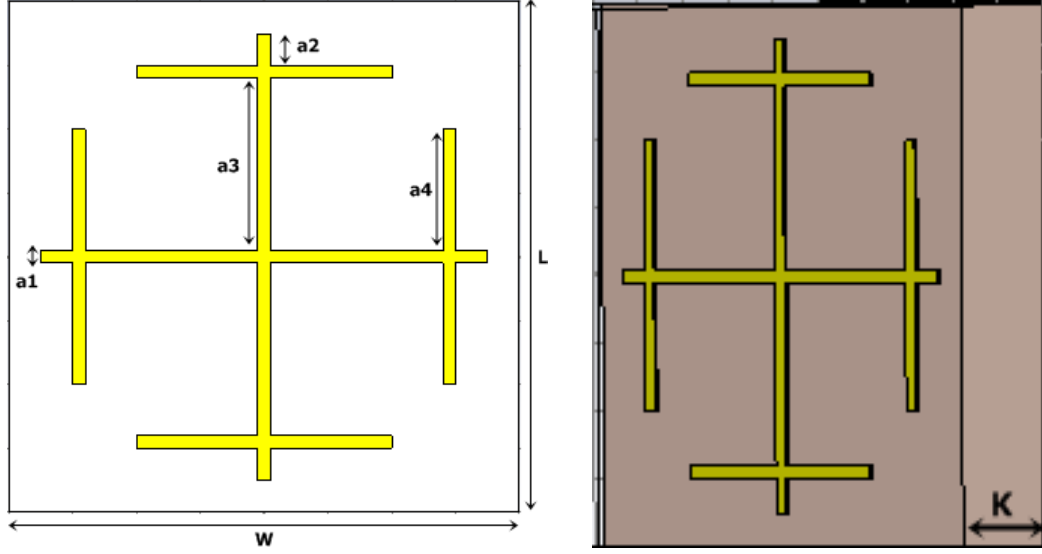
Şekil 4.1. a = Artı-1 b = Artı-2 c = Artı-3 yapıları

4.1. Artı-1 Yapısı

Artı-1 yapısı yatay ve dikey eşdeğer uzunluğa ve kalınlığa sahip bakır lama şeritlerin birleştirilmesiyle beraber her bir kutup ucuna 90 derece olacak şekilde yine eşdeğer uzunlukta ve kalınlıkta bakır şeritler eklenerek oluşturulmuştur.

4.1.1 Artı-1 periyodik yapı ve birim hücre ölçüleri

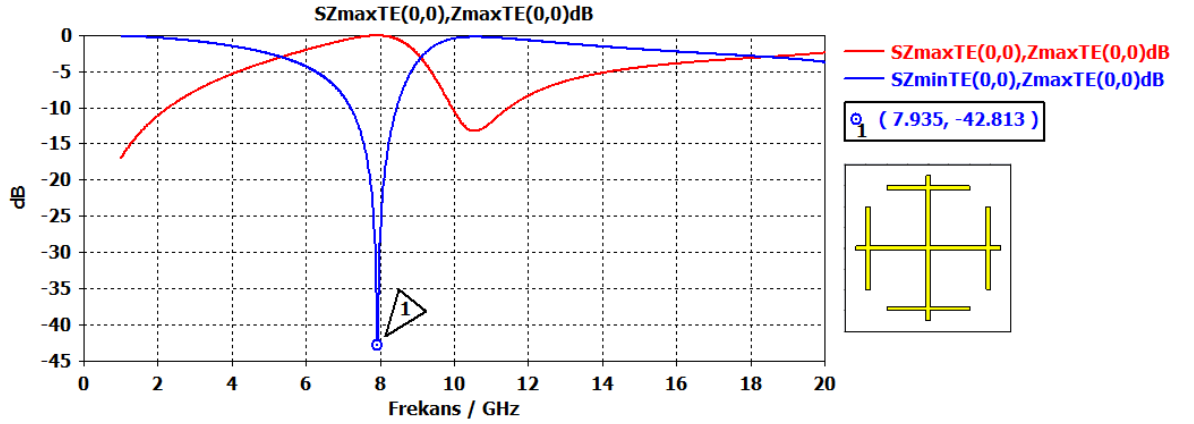
Şekil 4.2 de periyodik Artı-1 yapısı ve ölçüklendirme harfleri gösterilmiştir.



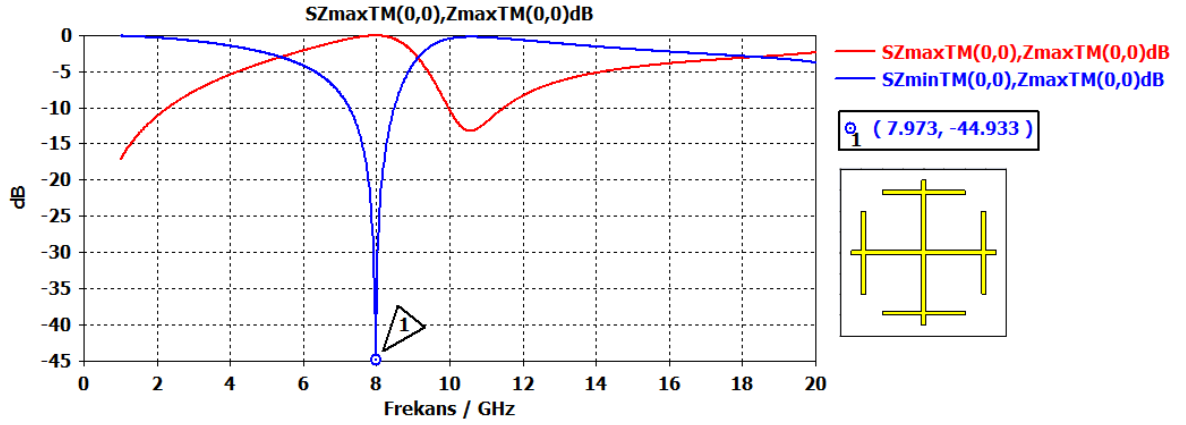
Şekil 4.2. Artı-1 periyodik yapısı ve birim hücre boyutları ($L=8$ mm $E=8$ mm $K=1.6$ mm $a_1=0.2$ mm $a_2=0.5$ mm $a_3=0.7$ mm $a_4=1.9$ mm)

4.1.2 Artı-1 Periyodik Yapı Simülasyonu S-Parametreleri

Şekil 4.2 de gösterilen Artı-1 yapısı CST programının simülasyonu sonucunda Artı-1 yapısının TE (Transverse Elektrik) ve TM (Transverse Magnetik) modunda S-parametreleri, oluşan rezonans frekansındaki E-Field (Elektrik Alan), H-Field (Magnetik Alan), yüzey akım dağılımı ve absorber grafiği sonuçları elde edilmiştir.



Şekil 4.3. Artı-1 yapısı TE polarizasyonu S-Parametre grafiği (S_{11} = (Kırmızı)Yansımaya grafiği, S_{21} = (Mavi)İletim grafiği)



Şekil 4.4. Artı-1 yapısı TM polarizasyonu S-Parametre grafiği (S_{22} = (Kırmızı)Yansım grafiği, S_{12} = (Mavi)İletim grafiği)

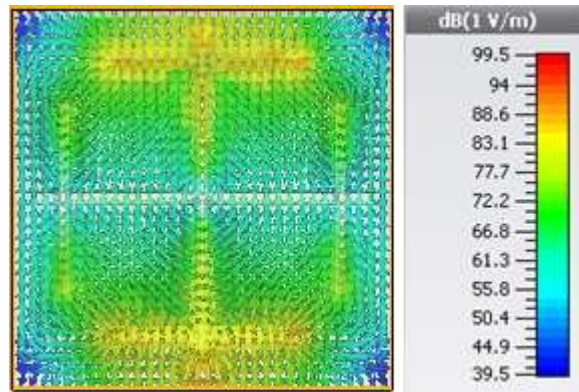
Artı-1	TE	TM
Band (GHz)	7.935	7.973
Band Genişliği (GHz)	3.75	3.73

Tablo 4.1. Artı-1 yapısı TE / TM polarizasyonu rezonans band ve band genişliği değerleri

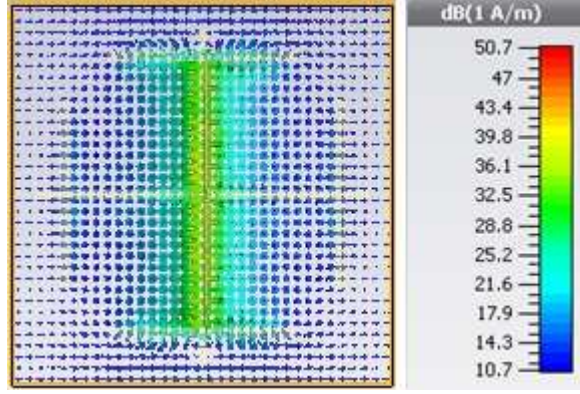
Şekil 4.3 de TE polarizasyonunda (7.935 GHz, -42.81 dB) C band sınıfı noktasında (5.35 GHz--9.10 GHz arasında) 3.75GHz band genişliğine sahip tek rezonans meydana gelmiştir.

Şekil 4.4 de TM polarizasyonunda (7.973 GHz, -44.993 dB) Ku band sınıfı noktasında (5.38 GHz--9.12GHz arasında) 3.73 GHz band genişliğine sahip tek rezonans meydana gelmiştir.

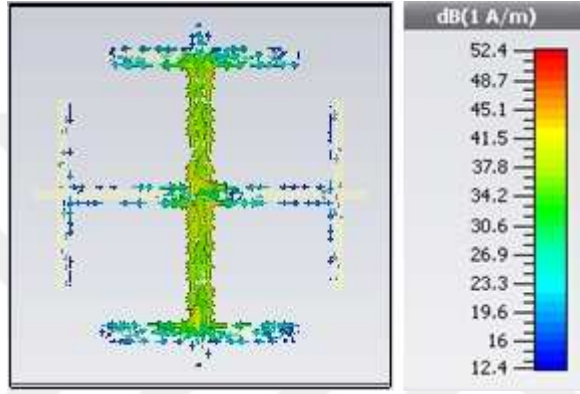
4.1.3 Artı-1 periyodik yapı simülasyonu elektrik alan/manyetik alan ve yüzey akım



Şekil 4.5. Artı-1 yapısı elektrik alan çizgileri



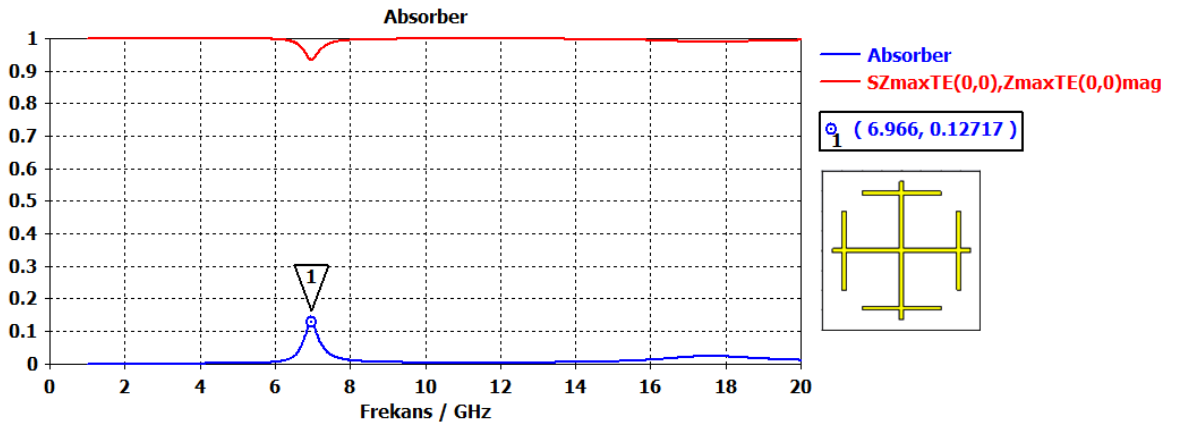
Şekil 4.6. Artı-1 yapısı manyetik alan çizgileri



Şekil 4.7. Artı-1 yapısı yüzey akım çizgileri

Şekil 4.5'de elektrik alan birim hücrenin x-ekseni doğrultusunun uç kısımlarında yoğunluk gösterirken, şekil 4.6 de manyetik alan x-ekseni üzerindeki dikey bakır çubukta yoğunluk oluşturmuştur. Şekil 4.7 de Yüzey akım dağılımı ise tasarımın yine x-ekseni doğrultusu dikey çubuğunda yoğundur.

4.1.4 Artı-1 periyodik yapı simülasyonu soğurma karakteristiği



Şekil 4.8. Artı-1 yapısı Absorber grafiği (Mavi=Absorber grafiği, Kırmızı=Yansıma grafiği)

	Band (GHz)	Emilim (%)
Artı-1	6.96	12

Tablo 4.2. Artı-1 yapısı Absorber band ve emilim değeri

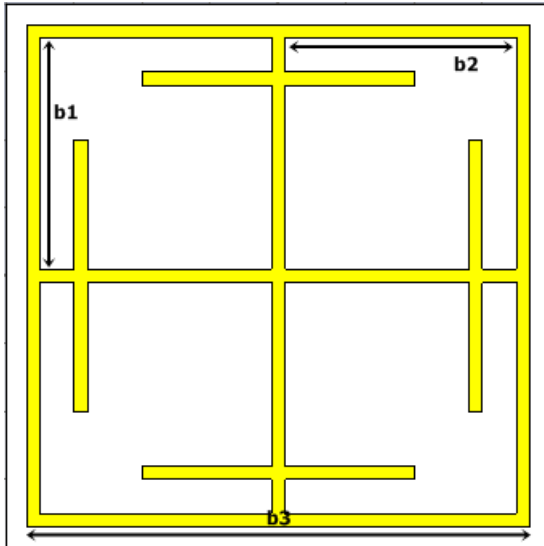
Absorber grafiğini oluştururken FR-4 tabakanın bir yüzeyinde tasarım şekli olmasıyla birlikte diğer yüzeyi 0.05 mm kalınlığında tamamen bakır tabaka ile kaplıdır. CST simülasyon programından iletim ve yansıma (lineer modda) grafiklerini oluşturulur. Bu iki grafiği Absorber denklemi olan $A(w) = 1 - (S_{11})^2 - (S_{12})^2$ denklemine göre hesaplatarak Şekil 4.8'de 6.96 GHz de %12 değerinde soğurma olduğu grafikten gözlemlenmektedir.

4.2. Artı-2 Yapısı

Şekil 4.9 daki Artı-2 tasarımı Artı-1 yapısının x ve y eksenlerindeki uç kısımlarına ilave olarak kare halkanın eklenmesiyle oluşturulmuştur. Bu ilave esnasında birim hücre boyutu, dielektrik malzeme cinsi ve bakır iletken yüzey kalınlığı sabit tutulmuştur.

4.2.1 Artı-2 periyodik yapı ve birim hücre ölçüleri

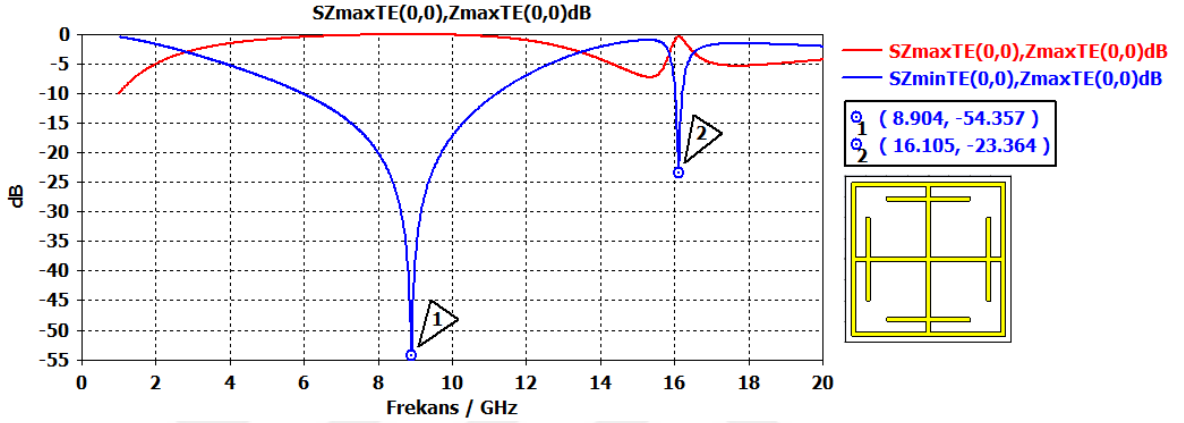
Şekil 4.9 da periyodik Artı-2 yapısı ve ölçeklendirme harfleri gösterilmiştir.



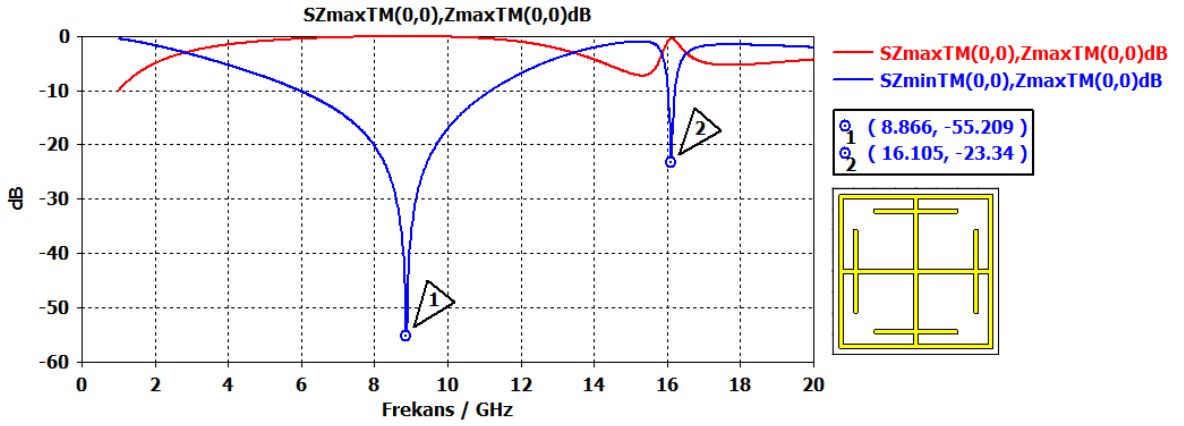
Şekil 4.9. Artı-2 periyodik yapısı ve birim hücre boyutları ($b_1=3.4$ mm, $b_2=3.4$ mm, $b_3=7.4$ mm)

4.2.2 Artı-2 periyodik yapı simülasyonu s-parametreleri

Şekil 4.9 da gösterilen Artı-2 yapısı CST programının simülasyonu sonucunda Artı-2 yapısının TE (Transverse Elektrik) ve TM (Transverse Magnetik) modunda S-parametreleri, oluşan rezonans frekansındaki E-Field (Elektrik Alan), H-Field (Magnetik Alan), yüzey akım dağılımı ve absorber grafiği sonuçları elde edilmiştir.



Şekil 4.10. Artı-2 yapısı TE polarizasyonu S-Parametre grafiği (S_{11} = (Kırmızı)Yansımaya grafiği, S_{21} = (Mavi)İletim grafiği)



Şekil 4.11. Artı-2 yapısı TM polarizasyonu S-Parametre grafiği (S_{22} = (Kırmızı)Yansımaya grafiği, S_{12} = (Mavi)İletim grafiği)

Artı-2	TE	TM
Band (GHz)	8.904 / 16.11	8.866 / 16.105
Band Genişliği (GHz)	10.65 / 0.63	10.64 / 0.64

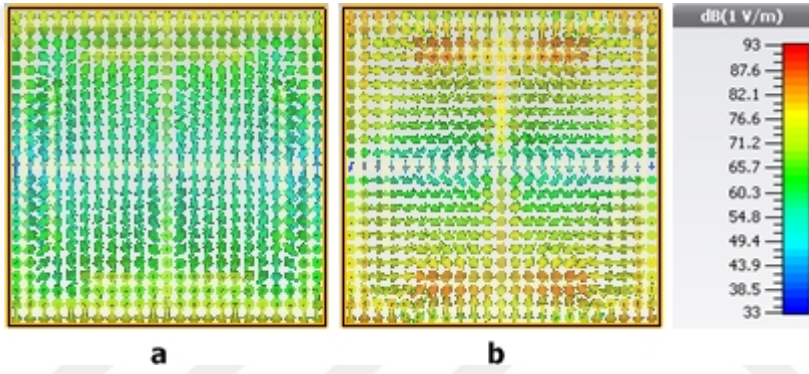
Tablo 4.3. Artı-2 yapısı TE / TM polarizasyonu rezonans band ve band genişliği değerleri

Şekil 4.10 da TE polarizasyonunda (8.904 GHz, -54.357 dB)X band sınıfı ve (16.110 GHz - 23.364 dB) Ku band sınıfı noktasında, sırasıyla (2.79 GHz--13.45 GHz

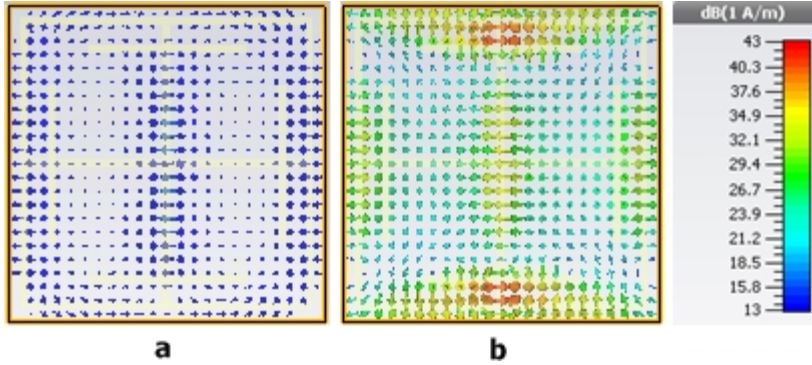
arasında) 10.65 GHz band genişliğine ve (15.87 GHz--16.50 GHz arasında) 0.63 GHz band genişliğine sahip dual band rezonans meydana gelmiştir.

Şekil 4.11 de TM polarizasyonunda (8.866 GHz, -55.209 dB)X band sınıfı ve (16.105 GHz, -23.34 dB) Ku band sınıfı noktasında, sırasıyla (2.81 GHz--13.46 GHz arasında) 10.64 GHz band genişliği ve (15.87 GHz -16.51 GHz arasında) 0.64 GHz band genişliğine sahip dual band rezonans meydana gelmiştir.

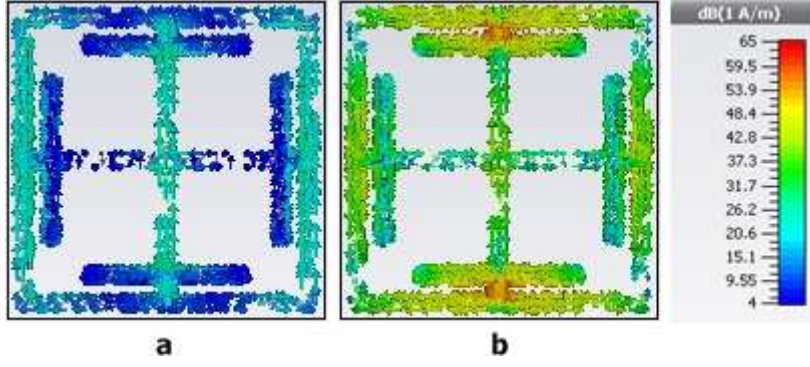
4.2.3 Artı-2 periyodik yapı simülasyonu elektrik alan/manyetik alan ve yüzey akım



Şekil 4.12. Artı-2 yapısı elektrik alan çizgileri (a = 8.866 GHz, b = 16.105 GHz rezonans frekansları)



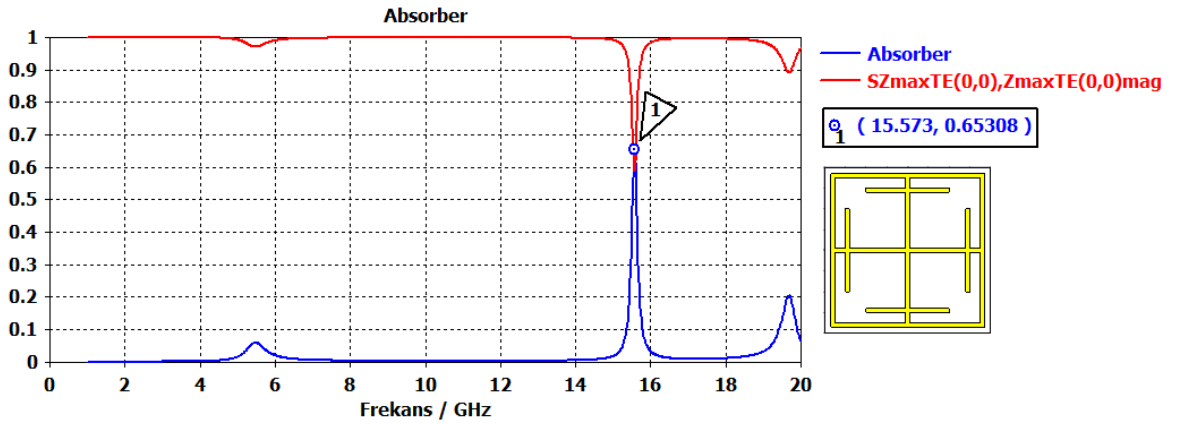
Şekil 4.13. Artı-2 yapısı manyetik alan çizgileri (a = 8.866 GHz, b = 16.105 GHz rezonans frekansları)



Şekil 4.14. Arti-2 yapısı yüzey akım çizgileri (a = 8.866 GHz, b = 16.105 GHz rezonans frekansları)

Şekil 4.12 de elektrik alan birinci rezonans durumunda ikinci rezonans durumuna göre daha yoğun gözlemlenirken şekil 4.13 de ikinci rezonans durumunda x-ekseni uç noktalarında yoğunluk görülmektedir. Şekil 4.14 de Yüzey akım dağılımı ise birinci rezonansta dikey şeritlerde yoğunluk gözükürken ikinci rezonansta hem dikey hem yatay şeritlerde yoğunluk gözükmektedir.

4.2.4 Arti-2 Periyodik Yapı Simülasyonu Soğurma Karakteristiği



Şekil 4.15. Arti-2 yapısı Absorber grafiği (Mavi=Absorber grafiği, Kırmızı=Yansıma grafiği)

	Band (GHz)	Emilim (%)
Artı-2	15.57	65

Tablo 4.4. Arti-2 yapısı Absorber band ve emilim değeri

Absorber grafiğini oluştururken FR-4 tabakanın bir yüzeyinde tasarım şekli olmasıyla birlikte diğer yüzeyi 0.05 mm kalınlığında tamamen bakır tabaka ile kaplıdır. CST simülasyon programından iletim ve yansıma (lineer modda) grafiklerini oluşturulur. Bu iki grafiği Absorber denklemi olan $A(\omega) = 1 - (S_{11})^2 - (S_{12})^2$ denklemine göre

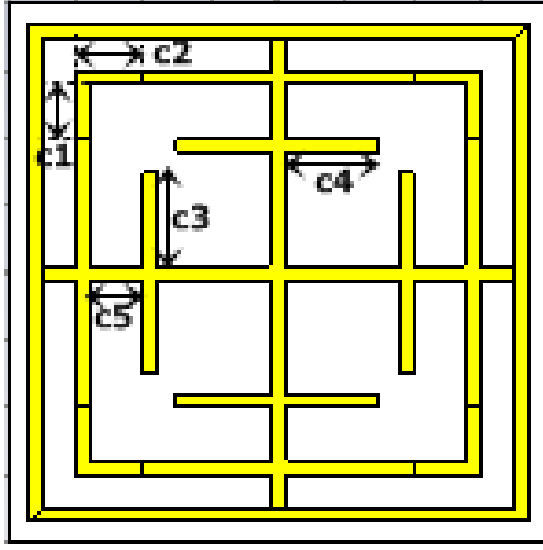
hesaplatarak Şekil 4.15'de 15.573 GHz de %65 değerinde soğurma olduğu grafikten gözlemlenmektedir.

4.3. Artı-3 Yapısı

Şekil 4.16 daki Artı-3 tasarımı Artı-2 yapısında kare halkanın iç kısmında kalan şeritleri birleştirerek kare halka oluşturup 0.8 mm ilerisine simetrik olarak 4 eş uzunlukta bakır şerit ilave yapılarak oluşturulmuştur..Bu ilave esnasında da birim hücre boyutu, dielektrik malzeme cinsi ve bakır iletken yüzey kalınlığı sabit tutulmuştur. Artı-2 yapısından Artı-3 yapısına geçiş yaparken yukarıda anlatıldığı üzere 2 hamlede geçiş yapılmıştır. İlk değişiklikte ki yapılmış olan 4 adet köşebentten oluşan parça CST programı ile simüle edildiğinde Artı- 2 yapısında olduğu gibi dual-band durumu meydana gelmiştir.Fakat ikinci değişiklik olarak kare içerisine yerleştirilen 4 özdeş parça ilave edilip (Artı-3 yapısı elde edilip) simüle edildiği zaman tri-band durumu meydana gelmiştir. Artı-3 yapısının TE (Transverse Elektrik) ve TM (Transverse Magnetik) modunda S-parametreleri, oluşan rezonans frekansındaki E-Field (Elektrik Alan), H-Field (Magnetik Alan), yüzey akım dağılımı ve absorber grafiği sonuçları elde edildikten sonra Artı- yapısına geçişte oluşturulan yapı analizi gösterilecektir.

4.3.1 Artı-3 periyodik yapı ve birim hücre ölçüleri

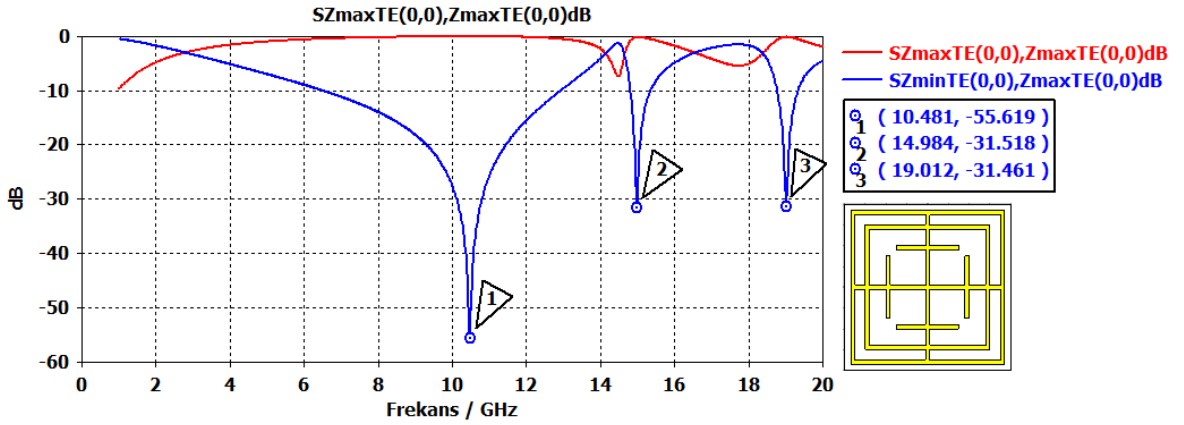
Şekil 4.16'da periyodik Artı-3 yapısı ve ölçeklendirme harfleri gösterilmiştir.



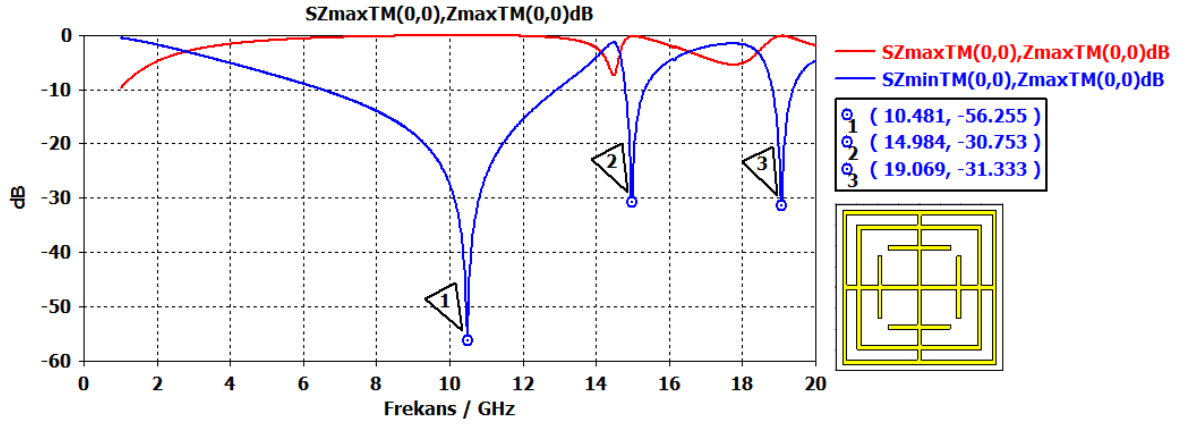
Şekil 4.16. Artı-3 periyodik yapısı ve birim hücre boyutları ($c_1=0.8$ mm, $c_2=1$ mm, $c_3=1.4$ mm, $c_4=1.4$ mm, $c_5=0.8$ mm)

4.3.2 Artı-3 periyodik yapısı simülasyonu s-parametreleri

Şekil 4.16 da gösterilen Artı-3 yapısı CST programının simülasyonu sonucunda Artı-3 yapısının TE (Transverse Elektrik) ve TM (Transverse Magnetik) modunda S parametreleri, oluşan rezonans frekansındaki E-Field (Elektrik Alan), H-Field (Magnetik Alan), yüzey akım dağılımı ve absorber grafiği sonuçları elde edilmiştir.



Şekil 4.17. Artı-3 yapısı TE polarizasyonu S-Parametre grafiği (S_{11} = (Kırmızı)Yansımaya grafiği, S_{21} = (Mavi)İletim grafiği)



Şekil 4.18. Artı-3 yapısı TM polarizasyonu S-Parametre grafiği (S_{22} = (Kırmızı)Yansım grafiği, S_{12} = (Mavi)İletim grafiği)

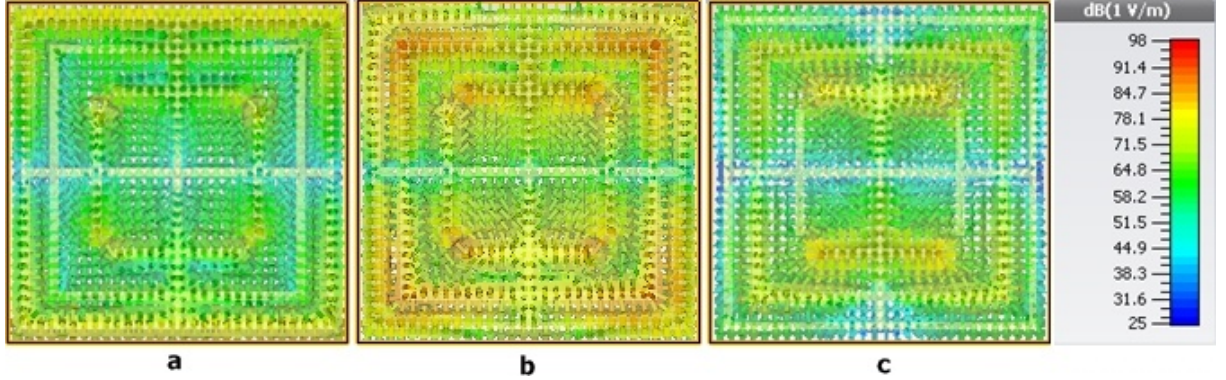
Artı-3	TE	TM
Band (GHz)	10.481 / 14.984 / 19.012	10.481 / 14.984 / 19.016
Band Genişliği (GHz)	11.32 / 1.85 / 2.66	11.32 / 1.85 / 2.66

Tablo 4.5. Artı-3 yapısı TE / TM polarizasyonu rezonans band ve band genişliği değerleri

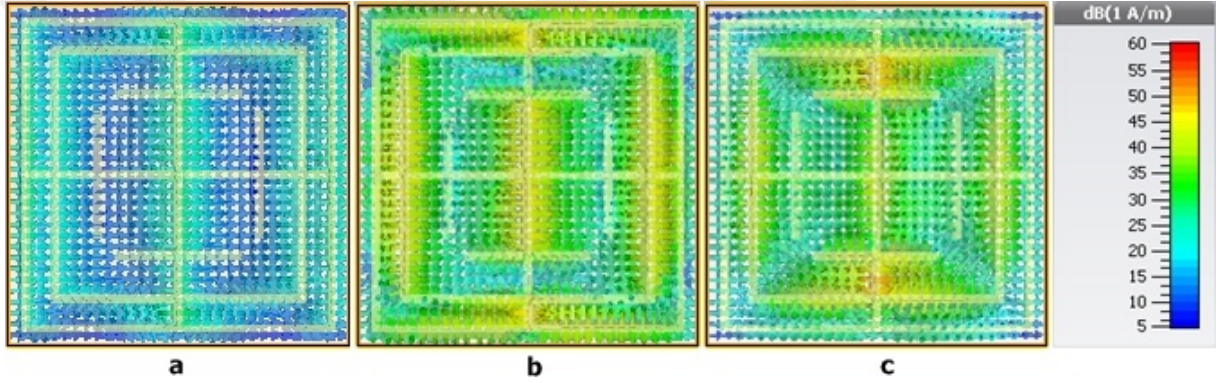
Şekil 4.17 de TE polarizasyonunda (10.481 GHz, -55.619 dB) X band sınıfı , (14.984 GHz - 31.518 dB) Ku band sınıfı ve (19.012 GHz, -31.461 dB) K band sınıfı noktasında sırasıyla (2.79 GHz--14.11 GHz arasında) 11.32 GHz band genişliğine, (14.67 GHz--16.52 GHz arasında) 1.85 GHz band genişliğine ve (19 GHz--21.67 GHz arasında) 2.66 GHz band genişliğine sahip rezonans bandı meydana gelmiştir.

Şekil 4.18 de TE polarizasyonunda (10.481 GHz, -56.255 dB) X band sınıfı , (14.984 GHz - 30.753 dB) Ku band sınıfı ve (19.016 GHz, -31.333 dB) K band sınıfı sırasıyla (2.79 GHz--14.11 GHz arasında) 11.32 GHz band genişliğine, (14.67 GHz--16.52 GHz arasında) 1.85 GHz band genişliğine ve (19 GHz--21.67 GHz arasında) 2.66 GHz band genişliğine sahip rezonans bandı meydana gelmiştir.

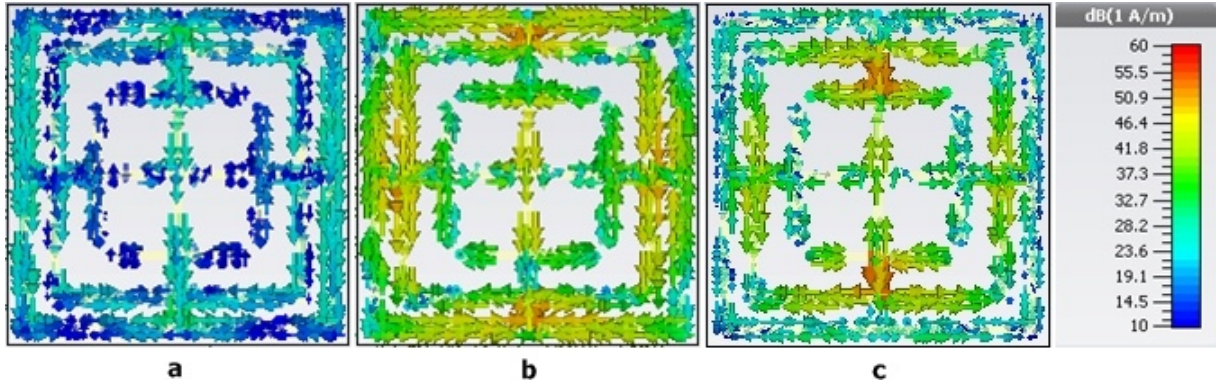
4.3.3 Artı-3 periyodik yapı simülasyonu elektrik alan/manyetik alan ve yüzey akım



Şekil 4.19. Artı-3 Yapısı Elektrik alan çizgileri (a = 10.481 GHz, b = 14.984, 19.012 GHz rezonans frekansları)



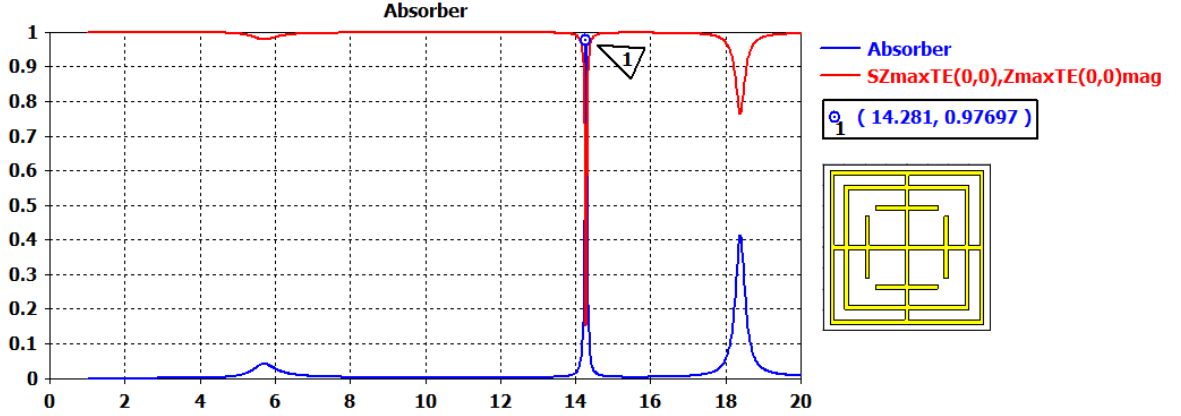
Şekil 4.20. Artı-3 Yapısı Manyetik alan çizgileri (a = 10.481 GHz, b = 14.984, 19.012 GHz rezonans frekansları)



Şekil 4.21. Artı-3 Yapısı Yüzey akım çizgileri (a = 10.481 GHz, b = 14.984, 19.012 GHz rezonans frekansları)

Şekil 4.19 da elektrik alan ikinci rezonans durumunda yoğunluk gözlemlenirken şekil 4.20 de manyetik alan üçüncü rezonans durumunda yoğunluk görülmektedir. Şekil 4.21 de yüzey akım dağılımı ise ikinci rezonansa yoğunluk gözükmemektedir.

4.3.4 Artı-3 periyodik yapı simülasyonu soğurma karakteristiği



Şekil 4.22. Artı-3 Yapısı Absorber grafiği (Yeşil=Absorber grafiği, Kırmızı=Yansıma grafiği)

	Band (GHz)	Emilim (%)
Artı-3	14.281	97.6

Tablo 4.6. Artı-3 yapısı Absorber band ve emilim değeri

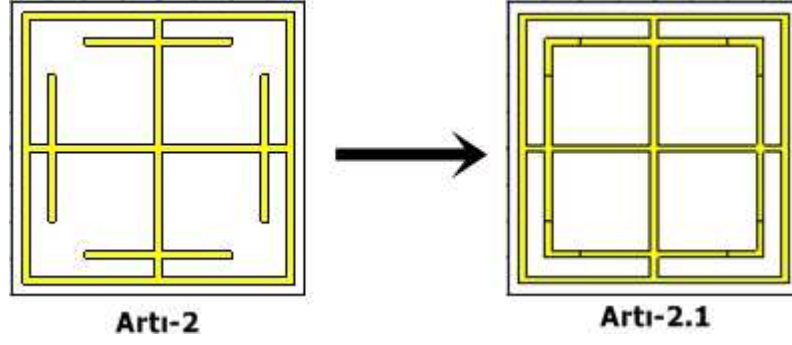
Absorber grafiğini oluştururken FR-4 tabakanın bir yüzeyinde tasarım şekli olmasıyla birlikte diğer yüzeyi 0.05 mm kalınlığında tamamen bakır tabaka ile kaplıdır. CST simülasyon programından iletim ve yansıma (lineer modda) grafiklerini oluşturulur. Bu iki grafiği Absorber denklemi olan $A(\omega) = 1 - (S_{11})^2 - (S_{12})^2$ denklemine göre hesaplatarak Şekil 4.22'de 14.281 GHz de %97 değerinde soğurma olduğu grafikten gözlemlenmektedir.

4.4. Artı-2.1 Periyodik Yapısı

Artı serisi FSY yapısında Artı-3 birim hücrenin oluşması için Artı-2 birim hücrene 2 farklı ilave yapılmıştır. Bu yapılan iki ilave neticesinde oluşan yapı şekil 4.16 başlığı altında incelenmiştir. Artı-2 yapısına yapılmış olan ilk ilavenin şekli ve sonuçları aşağıda açıklanmıştır.

4.4.1 Artı-2.1 periyodik yapı ve birim hücre ölçüleri

Şekil 4.23'te periyodik Artı-2.1 yapısı gösterilmiştir.

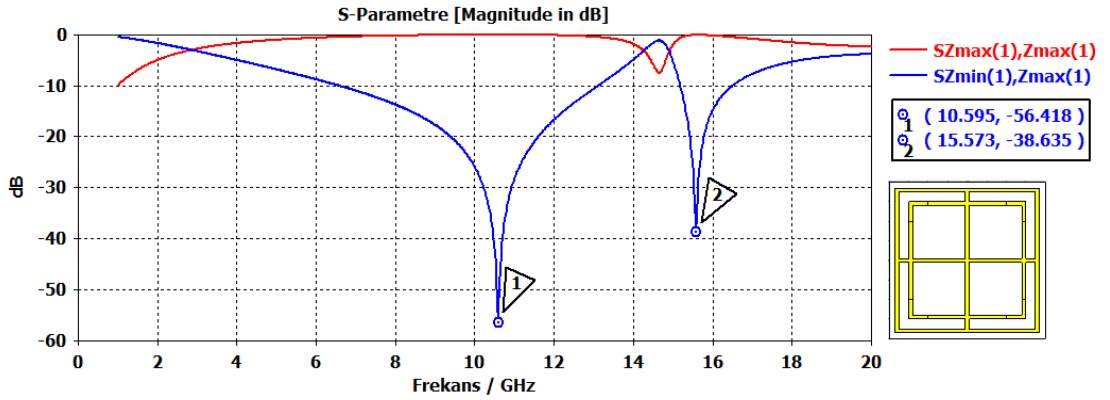


Şekil 4.23. Artı-2.1 periyodik yapısı

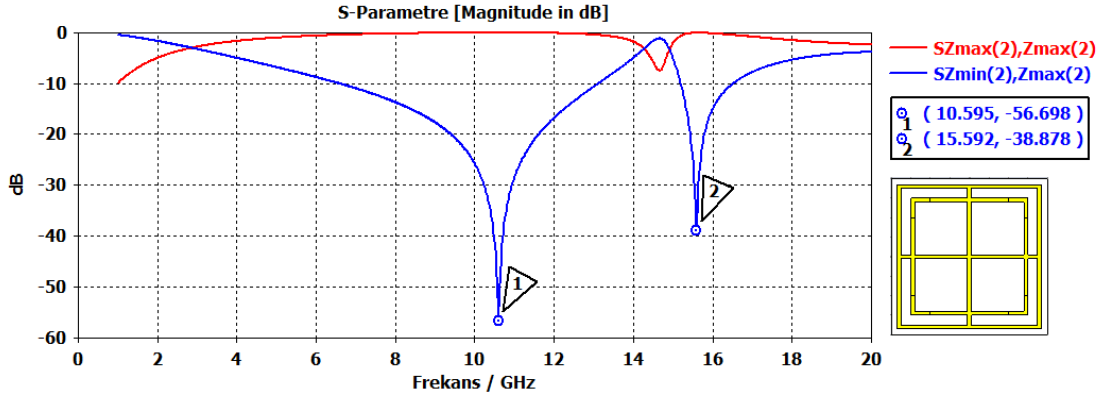
Artı-2 birim hücrelerine yapılan ilk ilavenin ölçüleri şekil 4.16 da gösterilmiştir.

4.4.2 Artı-2.1 periyodik yapı simülasyonu s-parametreleri

Şekil 4.23'de gösterilen Artı-2.1 yapısı CST programının simülasyonu sonucunda Artı-2.1 yapısının TE (Transverse Elektrik) ve TM (Transverse Magnetik) modunda S parametreleri, oluşan rezonans frekansındaki E-Field (Elektrik Alan), H-Field (Magnetik Alan), yüzey akım dağılımı ve absorber grafiği sonuçları elde edilmiştir.



Şekil 4.24. Artı-2.1 yapısı TE polarizasyonu S-Parametre grafiği (S_{11} = (Kırmızı)Yansım grafiği, S_{21} = (Mavi)İletim grafiği)



Şekil 4.25. Artı-2.1 yapı TM polarizasyonu S-Parametre grafiği (S_{22} = (Kırmızı)Yansım grafiği, S_{12} = (Mavi)İletim grafiği)

Artı-2.1	TE	TM
Band (GHz)	10.595 / 15.573	10.595 / 15.592
Band Genişliği (GHz)	11.32 / 7.86	11.32 / 7.86

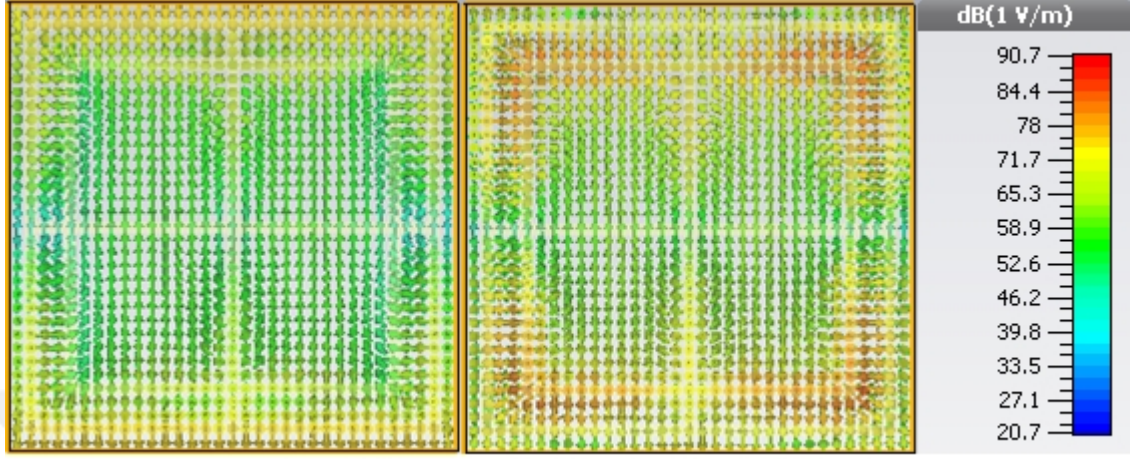
Tablo 4.7. Artı-2.1 yapı TE / TM polarizasyonu rezonans band ve band genişliği değerler

Şekil 4.24 de TE polarizasyonunda (10.595 GHz, -56.698 dB) X band sınıfı , (15.573 GHz - 38.605 dB) Ku band sınıfı noktasında rezonans meydana gelmiştir. Sırasıyla (2.84 GHz--14.23 GHz arasında) 11.39 GHz band genişliğine ve (14.86 GHz--22.72 GHz arasında) 7.86 GHz band genişliğine sahiptir.

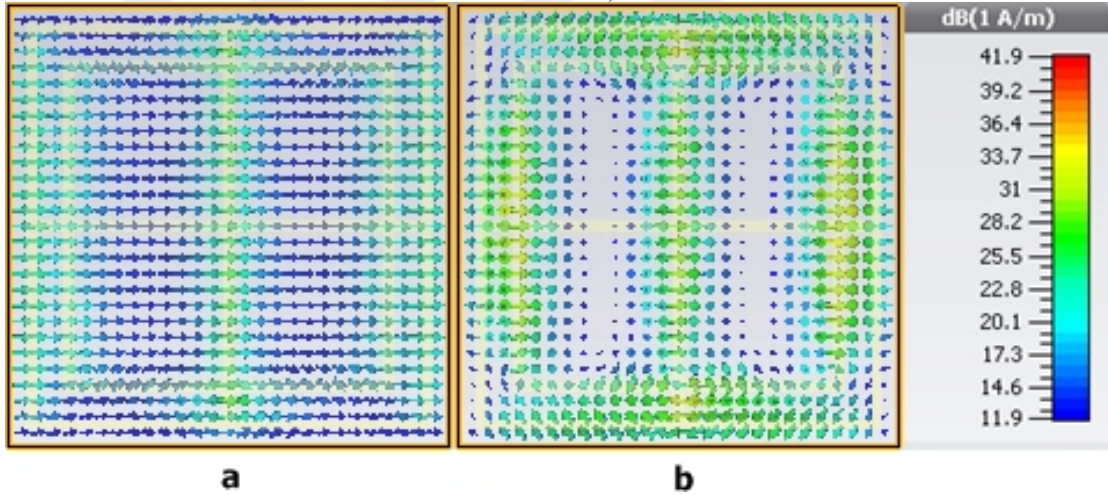
Şekil 4.25 de TE polarizasyonunda (10.481 GHz, -56.255 dB) X band sınıfı , (14.984 GHz - 30.753 dB) Ku band sınıfı noktasında rezonans meydana gelmiştir. Sırasıyla (2.84 GHz--14.23 GHz arasında) 11.39 GHz band genişliğine ve (14.86 GHz--22.72 GHz arasında) 7.86 GHz band genişliğine sahiptir.

Artı-2 şekline yapılan ilk ilave rezonans band sayısında bir farklılık oluşturmamıştır. İkinci ilave neticesinde şekil 4.16 daki tasarımın simülasyonu sonucunda üç-band rezonans durumuna geçmiştir.

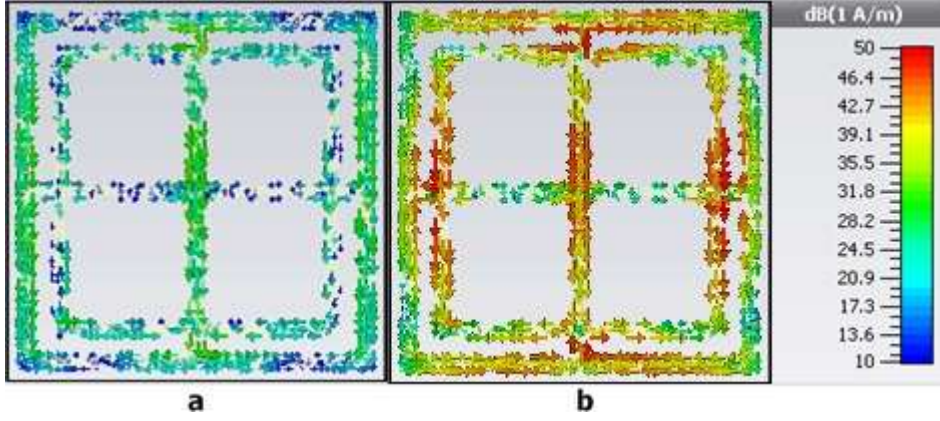
4.4.3 Artı-2.1 periyodik yapı simülasyonu elektrik alan/manyetik alan ve yüzey akım



Şekil 4.26. Artı-2.1 Yapısı Elektrik alan çizgileri (a = 10.595 GHz, b = 15.573 GHz rezonans frekansları)

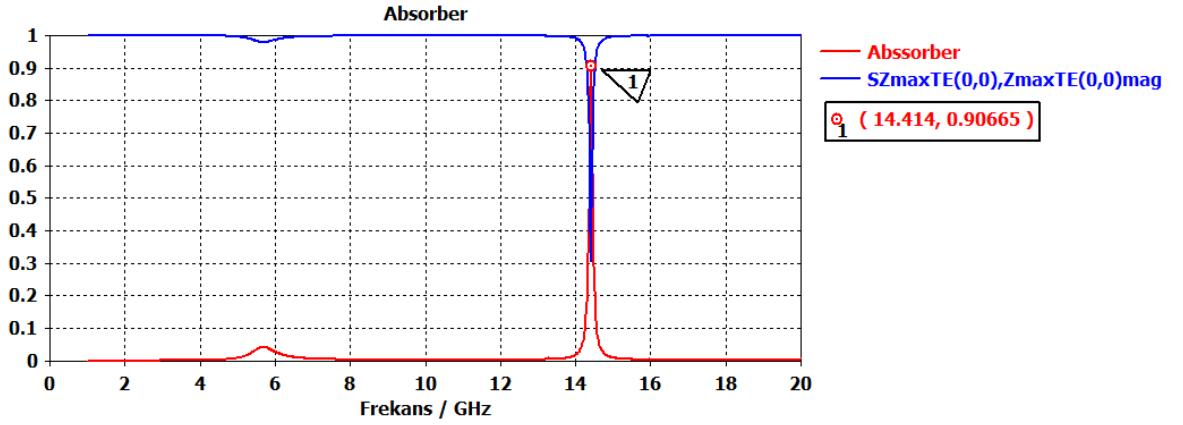


Şekil 4.27. Artı-2.1 Yapısı Manyetik alan çizgileri (a = 10.595 GHz, b = 15.573 GHz rezonans frekansları)



Şekil 4.28. Arti-2.1 Yapısı Yüzey akım çizgileri (a = 10.595 GHz, b = 15.573 GHz rezonans frekansları)

Şekil 4.26 da elektrik alan ikinci rezonans durumunda yoğun gözlemlenirken şekil 4.27 de ikinci rezonans durumunda yoğunluk görülmektedir. Şekil 4.28 de Yüzey akım dağılımı ise ikinci rezonansa yoğunluk gözükmemektedir.



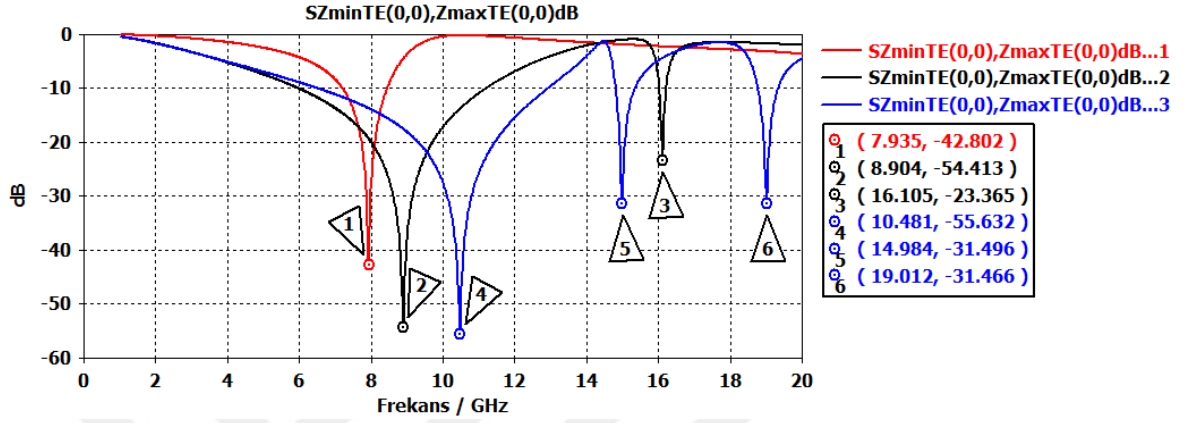
Şekil 4.29. Arti-2.1 Yapısı absorber grafiği (1 = 14.41 GHz rezonans frekansı)

Şekil 4.29 da 14.41 GHz de %90.6 değerinde emilim gözükmemektedir.

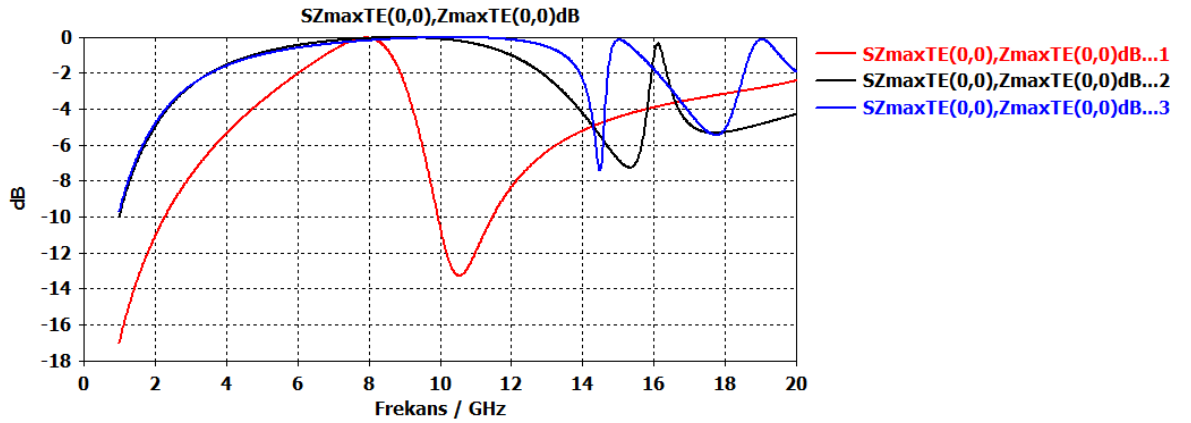
	Band (GHz)	Emilim (%)
Artı-2.1	14.41	90.6

Tablo 4.8. Arti-2.1 yapısı Absorber band ve emilim değeri

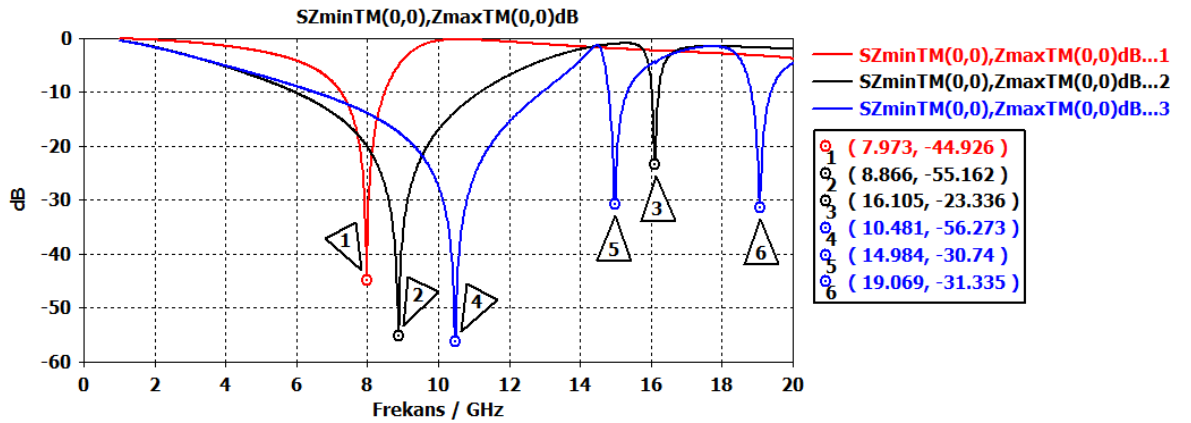
4.5. Artı-Serisi (Artı-1 / Artı-2 / Artı-3) Periyodik Yapıları Simülasyonu S-Parametreleri



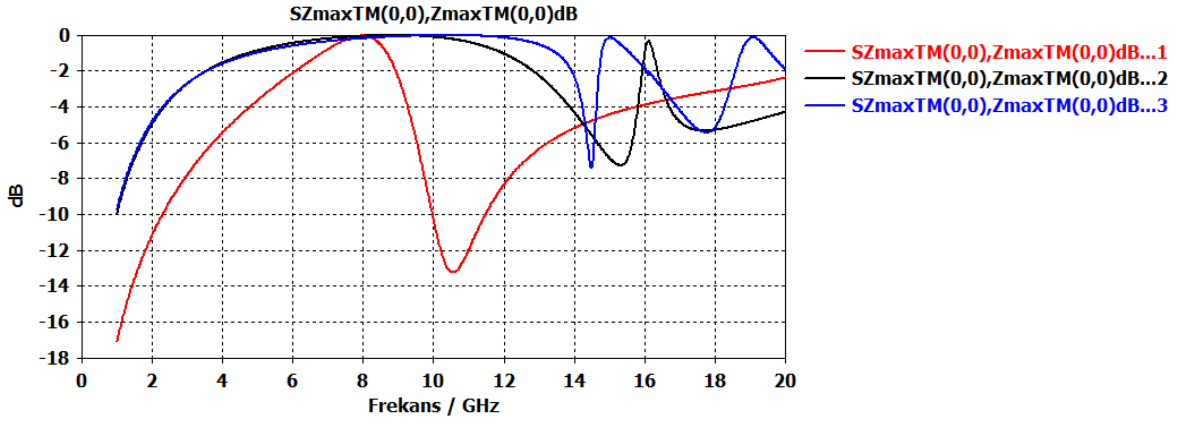
Şekil 4.30. Artı-serisi TE polarizasyonu S-Parametre grafiği (S_{21} = İletim grafiği)



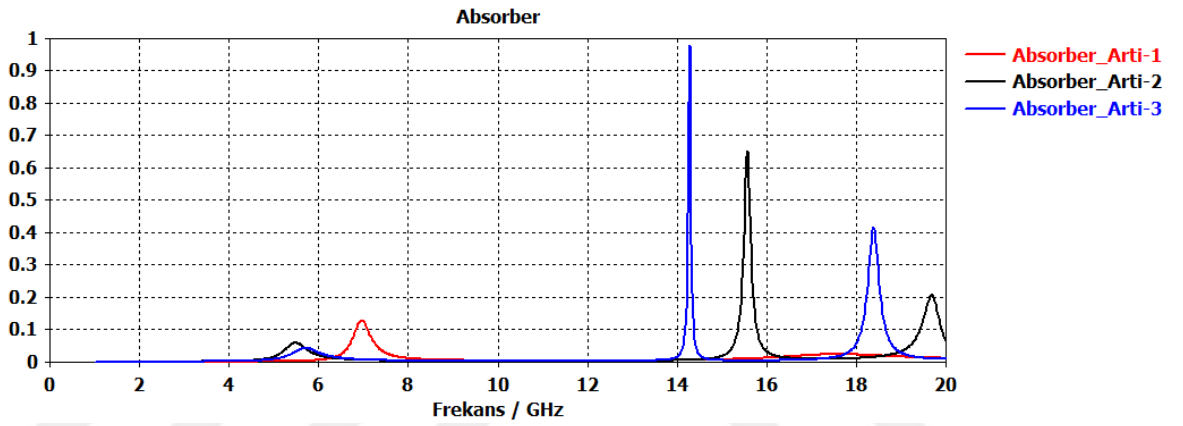
Şekil 4.31. Artı-serisi TE polarizasyonu S-Parametre grafiği (S_{11} = Yansım grafiği)



Şekil 4.32. Artı-serisi TM polarizasyonu S-Parametre grafiği (S_{21} = İletim grafiği)

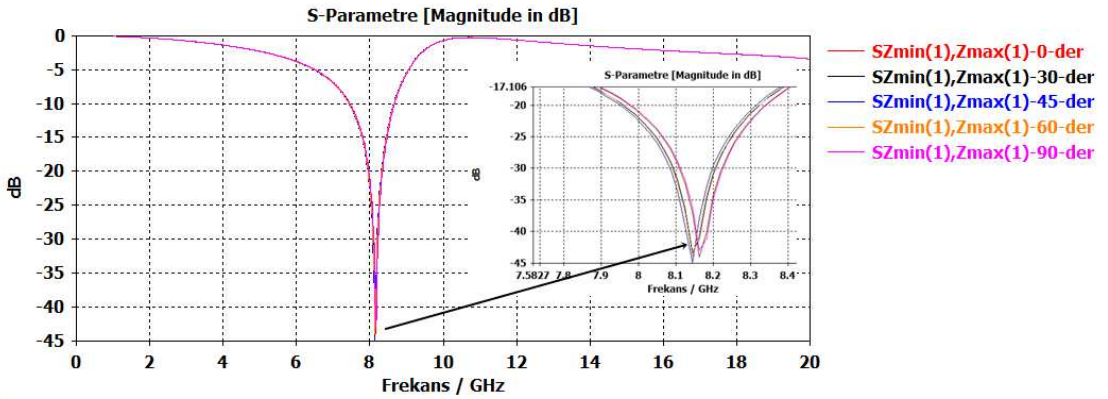


Şekil 4.33. Artı - serisi TM polarizasyonu S-Parametre grafiği (S_{11} = Yansıma grafiği)



Şekil 4.34. Artı - serisi Absorber grafiği

4.6. Artı-Serisi (Artı-1 / Artı-2 / Artı-3) Periyodik Yapıları Dalga Geliş Açısı grafiği



Şekil 4.35. Artı- serisi dalga geliş açısı S-Parametre grafiği

Artı serisi olarak adlandırılan frekans seçici yüzey yapısı birim hücresi simetrik bir yapıya sahip olduğundan elektromanyetik dalganın geliş açısından bağımsızdır.

5. BULGULAR

Dielektrik yapı üzerine oluşturulan iletken yama ya da oyuk şekillerin tasarlanması ile elektromanyetik filtre meydana gelmektedir. Bu filtrenin özelliği ise filtre yapısını oluşturan dielektrik malzeme, iletken malzeme, polarizasyon, geliş açısı ve tasarım şekli etkileyen başlıca faktörlerdendir. Oluşturulan iki seri içinde ilk oluşturulan tasarım üzerinden ilave parçalar ekleyerek meydana gelen tasarımlar sonucu çok bantlı ve geniş bantlı band durduran filtreler elde edilmiştir. Filtre özelliğini etkileyen faktörlerden olan geliş açısından ve polarizasyondan etkilenmemek için simetrik bir tasarımın olması gerektiği anlaşılmıştır. Yine aynı şekilde tasarlanan şekillerin geometri boyutları değiştirilerek istenilen band durduran , band geçiren vb. filtre tasarımları gerçekleştirilebilmektedir.

6. SONUÇ VE TARTIŞMA

Band durduran filtre özelliği gösteren iki serinin ortak yönü tek katman frekans seçici yüzey kullanılarak türetilebilir tasarım fikri ile çok bantlı filtre ve genişband filtre tasarımı gerçekleştirmektir. Çalışmanın özgün noktası ise kolay üretilebilir bir yapı olması için tek katman yapıdan istenilen filtre özelliği oluşturulmasıdır.

Yapıların simülasyonu sonucunda band durduran filtre özelliği gösterilmiş olup absorber grafikleri gösterilmiştir. Bu tasarımlar sinyal kirliliği istenmeyen yerlerde, radar kesit alanlarını en düşük seviyeye getirmek istenen durumlarda ve başta askeri haberleşme olmak üzere sivil haberleşme ve anten sistemlerinde kullanılabilir. Daha ileri seviyede ise (stealth) görünmezlik teknolojisi olarak askeri araçlar için kullanılabilir.

7. KAYNAKLAR

Bayatpur, F., " Metamaterial – İInspired Frequency – Selective Surfaces", Doktora Tezi, The University of Michigan, 2009.

Delihacıoğlu, K., 2012. S-şeklindeki metal iletkenlerin çokbandlı frekans seçici yüzey özelliği. ELECO '2012 Elektrik - Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu, 223, 223-227.

Döken, B., "Geniş Bandlı Kablosuz İletişime Uygun Yapısal Yüzey Malzemesi Tasarımı", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2011.

Güngör, İ., "Frekans Seçici Yüzeyler Kullanarak İki Farklı Frekansta İstenilen Işıma Desenlerine Sahip Reflektör Anten Tasarımı", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2012.

Gökçen, A., Ünal, E., Kutlu, Y., "Dielektrik Ortam Üzerine Yerleştirilmiş Periyodik Kare Ve Daire Yapılı Frekans Seçici Yüzeylerin 1800 Mhz. İçin Kalkanlama Etkinliği", II. İletişim Teknolojileri Ulusal Sempozyumu, TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası İletişim Teknolojileri Ulusal Sempozyumu, Kasım 2005.

Khan, S., Eibert, T. F., 2018. A miniaturized frequency selective surface sub-reflector for x and ku-bands. 184, 184-186.

Khoomwong, E., Phongcharoenpanich, C., 2017. Simple and low-cost dual-band printed microwave absorber for 2.4- and 5-ghz-band applications. 1, 1-8.

Kumar, S. R., Tripathy, M. R., Ronnow, D., 2017. Fractal frequency selective surface based band stop filters for x-band and ku-band applications. 978-15090-6403.

Moghadasia, M. N., Niaa, A. Z., Toolabia, M., Heydari, S., 2017. Microwave metamaterial absorber based on jerusalem crosswith meandered load for bandwidth enhancement. 515, 515–522.

Munk, B., A., 2000. Frequency selective surfaces: Theory and Design, John Wiley & Sons, New York, pp. 1-25.

Palange, A. K., Sonker, A., Yadav, S. S., 2016. Designing of multiband frequency selective surfaces. International Conference on Communication and Signal Processing, 0491, 0491-0494.

Singh, D., Srivastava, V. M., 2017. Triple band regular decagon shaped metamaterial absorber for x-band applications. International Conference on Computer Communication and Informatics, 1, 1-4.

Sung, H.H., " Frequency Selective Wallpaper For Mitigating Indoor Wireless Interference", Doktora Tezi, The University of Auckland, 2006.

Uçar, M.H.B., "Anahtarlamaalı Yarık-Halka Frekans Seçici Yüzey Tasarımı", Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2007.

Wu, T., K., 1995. Frequency Selective Surface and Grid Array, John Wiley & Sons, New York, pp.1-14.

Yang, Z., Luo, F., Zhou, W., Jia, H., Zhu D., 2017. Design of a thin and broadband microwave absorber using double layer frequency selective surface. Journal of Alloys and Compounds 699, 534, 534-539.

7. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Mehmet Yusuf ÖZGÜVEN

Doğum Yeri :Kilis

Doğum Tarihi :22-07-1990

E posta : m.yusufozguven@gmail.com

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Okul, başlama ve mezuniyet yılı, şehir) :

Lisans : İnönü Üniversitesi – Elektrik Elektronik Müh.Bölümü (2009-2013) – Malatya

Yüksek Lisans : Kilis 7 Aralık Üniversitesi / Fen Bilimleri Ens. / Elektrik-Elektronik Müh. (2017 - 2019) - Kilis