T.C.
ERCĶYES ¦NĶVERSĶTESĶ
FEN BĶLĶMLERĶ ENSTĶT¦S¦
ELEKTRONĶK M¦HENDĶSLĶĞĶ ANABĶLĶM DALI

KABLOSUZ HABERLEşME UYGULAMALA

MĶKROşERĶT BESLEMELĶ YARIK ANT

Hazērlayan
Gºkhan Murat ERYILMAZ

Danēкman
Yrd..Dr. Mustafa T¦RKMEN

Yüksek Lisans Tezi

Temmuz 2013
KAYSERĶ

T.C.
ERCĶYES ¦NĶVERSĶTESĶ
FEN BĶLĶMLERĶ ENSTĶT ¦S ¦
ELEKTRONĶK M ¦HENDĶSLĶĞĶ ANABĶLĶM DALI

KABLOSUZ HABERLEşME UYGULAMAL
MĶKROşERĶT BESLEMELĶ YARIK ANT

(Yüksek Lisans Tezi)

Hazērlayan
Gºkhan Murat ERYILMAZ

Danēşman
Yrd..DÞ.Mustafa T¦RKMEN

Bu - aTşēşmalar elveBilimsel Araştērma Projeleri Birimi tarafēndan
112E006 nolu proje ile deste

Temmuz 2013
KAYSERĶ

¥NS¥Z / TEţEKK¦R

Bakta tez-alēkmam, bobigy tunacavţebommeasayioslingiºsbt cºmert-e, dhţanyacayyaandaha genik bir penvecered isabetli hangºzamaniyoldeammēanaydSōanyYedmDan-Dr. Mustafa ôTţenklekkrţ ederim.

Bu tez-alēkmasēnaTţmakdyie BeiStimkselvevven T Kurum(ProjeNo: 112E006) tekkţr ederim.

Ayrēca; -alēkmbaalsakrēēmdesvţrreesiymaqpēmēnda ya Top-uoĵlu ve Bekir Tţrkmenôe, TĦBţKnTAKri UME personeli ElOkstmraonnikţeĵMţehleindkiastikēlar tekkţr ederim.

¥zellikalaalēdkes,ēz devraamkateēdsenmrey-olĵeurninde ben benden gţler hyiţ-zbţinrţeksikatmeyem,beni bir-okklendiripnuda hedeflerivehebţyzţatmeam ycaanēmdyaosdagēnh,olekim tekkţr ederim.

Gºkhan Murat ERY

Kayseri, Temmuz 2013

KABLOSUZ HABERLEŞME UYGULAMALARI İÇİN BESLEMELİ YARIK ANTEN TASARIMI

Gökhan Murat ERYILMAZ
Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Temmuz 2011
Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Mustafa

ÖZET

Kablosuz iletişim sistemleri günümüzde hızlı bir gelişim ve değişim sahiptir. Antenler, kablosuz haberleşme sistemlerinin vazgeçilmez bir parçası olup, sistemin performansını doğrudan etkileyen önemli bir yapı taşıdır. Günümüzde mikroşerit yamalı antenler; ince, hafif, ucuz, kolay üretilebilir yapıda olmaları, sabit ve mobil haberleşme sistemlerine kolaylıkla entegre edilebilmeleri, çoklu frekans ve çift polarizasyon gibi özellikler sağlayabilmeleri ve kablosuz geniş bant haberleşme sistemlerinde kullanılabilmeleri gibi avantajlarından dolayı oldukça ilgi çekmektedir. Bu avantajlarından dolayı mikroşerit yamalı antenler, kablosuz yerel alan ağları (WLAN) ve mikrodalga erişimde küresel birlikte işlerlik (WiMAX) uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır.

Tez çalışmasında bir çok bölümden oluşmaktadır. Kablosuz haberleşme sistemleri ve bu sistemlerde kullanılan anten çeşitleri yanı sıra bu çalışmada anten performansını etkileyen parametreler, yapılan çalışmalar ve kısaca bahsedilmiştir. Daha sonra, Zaman Domeninde Sonlu Farklar Metodu (FDTD) ve bu metodu kullanan simülasyon yazılımı geliştirilmiştir. Dördüncü bölümde, mikroşerit beslemeli yarık anten yapısı ile ilgili literatür taraması yapılmıştır. Daha sonra, mikroşerit beslemeli yarık anten yapısı ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarda, yapılan teorik ve deneysel çalışmalar verilmiştir. Mikroşerit beslemeli yarık anten yapısının çift bant frekans özelliği vardır. Bu özellik, bu çalışmada ayrıntılı olarak incelenmiştir. Son bölümde ise, sonuçlar değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Mikroşerit beslemeli, Kablosuz haberleşme antenleri, WLAN, WiMAX, çift-bant, çoklu

MICROSTRIP FED SLOT ANTENNA DESIGN FOR WIRELESS COMMUNICATION APPLICATIONS

Gökhan Murat ERYILMAZ
Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences
M. Sc. Thesis, July 2013
Thesis Supervisor: Assist. Prof. Mustafa TÜRKMEN

ABSTRACT

Wireless communications technology has developed rapidly and has a major impact in our lives. Antennas are an essential element of wireless communications system and they play a paramount role in an optimal design of the wearable or hand-held units used in personal communications. Nowadays antenna systems there are at least three key requirements in addition to the promise of low cost: dual or multi-band operation, simple structure and miniaturized size the microstrip antennas have been widely implemented in many applications such as wireless local area networks (WLAN), worldwide interoperability for microwave access (WiMAX) and the other miniaturized systems that demand small sized antennas.

Thesis consists of five chapters. In the first chapter, the modern wireless communication systems have been presented and the antenna structures used for wireless communication systems have been given. In the second chapter, the microstrip antenna structures, specifications and feeding techniques of the antennas are presented. In the third chapter, Finite Difference Time Domain (FDTD) method and the specifications of an FDTD based electromagnetic simulation software program are given. In the fourth chapter, obtained results for three different antenna structures from the literature are given. Then the detailed investigations of designed and fabricated five different novel microstrip fed slot antennas are presented and the results of the theoretical and experimental studies are presented. Three of them have dual-band and the others have three-band frequency response. In the fifth chapter, conclusions and recommendations are presented.

Keywords: Microstrip fed slot antennas, Wireless communication, WLAN, WiMAX, Dual-band, Multi-band.

Ķ ¢ Ķ N D E K Ķ L E R

K A B L O S U Z H A B E R L E ķ M E U Y G U L A M A L A R I Ķ ¢ Ķ N B E S L E M E L I M I K A N T E N T A S A R I M I

G Ķ R Ķ ķ

K A B L O S U Z H A B E R L E ķ M E S Ķ S T E M L E R Ķ

1. B ¥ L ¦ M

M Ķ K R O ķ E R Ķ T A N T E N L E R

KISALTMALAR VE SĶMGELER

WLAN	Wireless Local Area Network; Kablosuz Yerel Alan Aĵē
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access; Mikrodalga Eri Dĳnya ¢apēndaкBirlikteк¢a
WMAN	Wireless Metropolitan Area Network;
IEEE	The Institute of Electrical and Electronics Engineers; Elektrik Elektronik Mĳhendisleri Enstitĳsĳ
¶	Kayēp tanjantē
MIC	Microwave Integrated Circuit; Mikrodalga Entegre Devre
MMIC	Monolithic MIC; Monolitik Mikrodalga Entegre Devre
SL	Slot Line; Yarēk Hat
CPW	Coplanar Waveguide, Eк dĳzlemli dal
CPS	Coplanar Striplines; Eк dĳzlemli кe
Q	Kalite faktºrĳ
ve ark.	ve arkadaкlarē
U_{eff}	Efektif dielektrik sabiti
Z_0	Karakteristik empedans
U_0	Boк uzayēn dielektrik katsayēsē
U_r	Baĵēl dielektrik sabiti
l_s	Boк udalgaboyua
MoM	Method of Moment; Moment Metodu
FDTD	Finite Difference Time Domain Method; Zaman Domeninde Sonlu Farklar Yºntemi
SMA	SubMiniature version A
GSM	Global System for Mobile Communications; Mobil Ķletiкim Sistem
PCS	Personal Comminications Systems; Ki
S_{11}	Return Loss; Geriye Dºnĳк Kaybē

TABLOLAR LĶSTESĶ

ķEKĶLLER LĶSTESĶ

GĶRĶķ

KABLOSUZ HABERLEŞME SĶSTEMLER

G.1. Yeni Nesil Kablosuz Haberleşme Sistemleri

Kablosuz yerel alan ağı (Wireless local area network; WLAN), standartları Elektrik Elektronik Mühendisleri Enstitüsü (The Institute of Electrical and Electronics Engineers; IEEE) 802.11 ile belirlenmektedir. Bu standartlar değişik 3 ürün yerel alan ağı kurarken, sağlayıcı bağımsız ürünlerin kullanılmasını sağlamaktadır. Yüksek veri aktarım hızı, düşük uygulanabilme ve kablosuz iletişimin sağlamış getirdiği avantaj, günümüzde WLAN teknolojisinin alanında yer almasını sağlamıştır. WLAN standartları IEEE tarafından belirlenmiş bir uluslararası standarttır. 2.4 GHz frekansında en fazla 2 Mbps hızında haberleşme sağlayan IEEE 802.11 standardı, 2.4 GHz ve 5 GHz frekans bandında çalışan IEEE 802.11a standardı ve 2.4 GHz frekansında çalışan ve IEEE 802.11'e göre biraz daha geniş bir alanda hizmet veren yeni standartlardır. 2003 yılında yapılan standartlar arasında 54 Mbps'e kadar olan hızlara daha sonra IEEE 802.11g standardı ile ulaşılmıştır. Bu standartlar, daha geniş alanlarda, 150 Mbps'e kadar hızlarda haberleşmeyi mümkün kılmaktadır. Bu sürümler kullanılarak olarak adlandırılmaktadır.

WLAN'a göre daha geniş bir kapsama alanı mikrodalga erişim (Worldwide Interoperability birlikte

for Microwave Access; WiMAX) teknolojisi, sabit ve m
bant hablo berleκmeleri desteκleyerek son yē
sistemlerine alternatif olmaς ē bek tekmolojidir [2]. iWiMAX teknolojisinin
standartlarē, IEEE 802-.5106 kiml e- abpeēlnidra, l egnemii
40-75 Mbps gibi yüksek hēz ve geniκ bant
standardē nē belirleme ko1n9u9s9u nydēalkēin d-aa lIĒEaEyaEa ltaarr,
baκlanēlmēκda, ticari olmaz2y0an0bir organizasyon olan WiMAX forum
kurulmuκtur. oWriuMmAXtafrafēndan oluκturulan -
birlikte -alēκmalarē sayesinde 2,5 GHz,
devletler tarafēnnēdlammakl.tiasdaēnrsl[a2narak kulla

WiMAX ile WLAN sistemler arasēndaki ilişkiye WiMAX, WLAN'a göre
daha geniκ alanlarda, daha verimli haber
kablosuz geniκ bant teknolojilerine göre daha y
yapēlmasēnē saðlayacaktēr. WiMAX teknolo
teknolojilerine tamamlayēcē nitelikte ol
güncel ve bir meyi h toilyaancē her yerden ve
saðlayabilecektir. Son yēllarda tüm dünya
hayatēmēzēn her aκamasēnda önemli bir ro
e-devlet, e-eğitim, e-sağlēk-etvicaeret gibi servislerin WL
sayesinde her an her yerde kablosuz baðl
ilgili servislerin daha yaygēn kullanē
uygulamalarēnda¿lkkuelllearneēlgaönre¿rd¿enğlieκren frek
Kablosuz teknolojilere tahsis edilen frekanslar Tablo G.1'de ülkelere göre
frekans Tablonu G.t2'ldeer gösterilmektedir [3].

Tablo G.1. Hē z , f m e v e f r e k a n s a g [3]. e k a b l o s u

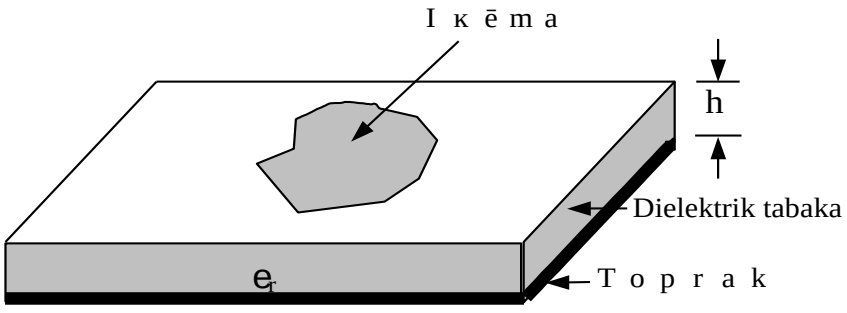
Teknoloji	Standart	K u l l a	E n Y ¿ k s e	Mesafe	Frekans
Wi-Fi	802.11a	WLAN	54 Mbps	100 m	5 GHz
Wi-Fi	802.11b	WLAN	11 Mbps	100 m	2.4 GHz
Wi-Fi	802.11g	WLAN	54 Mbps	100 m	2.4 GHz
W KF K	802.11n	WLAN	74 Mbps	250 m	2.4 GHz/ 5 GHz
WiMAX (sabit)	802.16d	WMAN	75 Mbps (20 MHz bant g e n i к l	6.5-10 km	<11 GHz
WiMAX (mobil)	802.16e	WMAN	30 Mbps (10 MHz bant g e n i к l	1.5-5 km	2-6 GHz

Tablo G.2. WiMAX i - i n t a h s i s e a [3]. d e n f r e k a n s

¦ l k e / C o ĵ r a f i	K u l l a n ē l a n F r e
Kuzey Amerika, Meksika	2.5 GHz ve 5.8 GHz
O r t a v e G ¿ n e	2.5 GHz, 3.5GHz ve 5.8 GHz
D o ĵ u v e B a t ē	3.5 GHz ve 5.8 GHz
O r t a d o ĵ u v e	3.5 GHz ve 5.8 GHz
Asya Pasifik	3.5 GHz ve 5.8 GHz

G.2 L i t e r a t ¿ r T a r a m a s ē

K lyka m a a n t e n 1 9 5 3] ô d t e a r D a e f s ē c n h d a a m p s s u [n 4 u l a n m i k 1 9 5 5 y ē l ē 5 n] d a t a G r u a t f t ē o n n d a [n i A l k c a p k a , t e i n l t k a p l ē a n m i ē anten, 1 9 7 4 y M ē n s o n ē [6] ve 1975 Howell [7] t a r a f ē n d a n s u n u l m m i k r o к t e a n t e n g e o k i l e G t . d l ô s l g n k t e d g r . a ĵ ē d a k i ķ



ķ e k 1. B a G s . i t b i r m i k r o к e r i t a n t e n g

Bu tip yama antenlerin tasarımında dahil edilen kabul genellikle sonsuz büyüklükte paralel sonsuz taban malzemesinin bağıl dielektrik sab istenir. Yüksek dielektrik sabitli taban kullanmak, düşük verimlilik ve sebep olmaktadır[14]. Yüksek iletken olm altından yapılır ve herhangi bir kekil kolaylık ve performans beklentilerine cevap verebilecek ge 1970'li yıllarda düşük kayıp yapıda ve mekanik dielektrik tabanların piyasaya sürülmesi, teorik modellerin literatürde sunulması mikro pratik sınırlarının 1800'lerin sonu 1900'lerin [4] bu yamalarda ışıma yaratan nedenin ilgili yarı teorik ve pratik sınırlamaların verilmesi [5-56].

Küçük yüksek kazançlı ışınım örüntüsü gibi bazı problemlere sahip mikroşerit teknolojisiyle optimize edilmesi pratik mikrodalga entegre devre teknolojisi (Microwave Integrated Circuit; MIC) geliştirilmiş yöntemlerdir. Bu yapılan çalışmalarda, MIC'lerde kullanılmak üzere olarak önerilen Slot Line; SL) ve koplanar hatlar (Coplanar Waveguide; CPW, Coplanar Strip Line; CPS) tasarlanmıştır. Gerçek monolitik mikrodalga entegre devre (monolotic MIC; MMIC)'lerde devre elemanlarının toprak iletkenlerle sağlanması ve aynı zamanda gerilim ve akım yollarının zorlaştırılmaması gibi nedenlerden dolayı yapılan çalışmalarda önerilen tekniklerin yüzde ortadan kaldırılmıştır[15]. Mikroşerit hatların yerine CPW'lerden oluşan tek yüzlü MMIC'lerin haberleşme sistemlerinde ilk yıllarında en çok antenler yerini CPW beslemeli yarık antenlere bırakmıştır

Mikroκeristonamytēelnllaerrda, uzay ara-larēnda, radarlarēnda, ndeydughdbeml¿emeesi gibi bir anten dizilerinde, mobil radyo ve telsi biyomedikal uygbuilramκaelkairldde yk18].Yāmanēlemakta bilinen mikrodalga antenleri ile karκēlaκtērēldē¡ēnda -ok sa frekans aralē¡ēnda -ok sayēda uygulamay genikκ bir frekans aralē¡ēnda kullanēlan frekans araly¡ēmadahaedlaeirntabilinen mikr ¿st¿nl¿kleri κu κekilde sēralanabilir. teknolojisi ile ¿retiminin basit ve ucuz bi-imlili¡iannēeκdleēniyolmaskēu,ll-ok ince yapē ara-larēnēn aerodinamik yapēsēnē bozmama ¿zerinde ºnemli de¡iκikliklere sebep olm kesitine sahsitibir beslemeilel veya ēbeslemekonumundaki ufak de¡iκikliklerle do¡rusal ve dairesel kut kutuplama ante¿nrleetriilne,bkolzmabaladēstēklemeye gerek duymamasē, -okn farkalsē-sebeeyle farklē edilebilmesi, osilatºrler, y¿kselte-ler, katē hal ara-larēnēn yama antenlerin t gelikτiriley¡ocilmesi,labēsve uyumlandērma d zamanda ¿retilebilir bi-imde olmasēdēr. mikrodalga antenleriamrēgdarevabradzēr. dBuavda elektriksel olarak ince antenler i-in bant genikτlikle sonucu d¿κ¿k kazan-lē olmalarē, d¿κ¿k g ba¡lantēlardan istenmeyen ēκēma, -o¡unu maksimum kazanesēndeldeeatdkilbazē g¿-l¿kle elemanē arasēnda yalētēmlarēnēn zayēf ol dizilerin besleme yapēsēnda b¿y¿k omik i-in karmaκēka bgeesnleekmeduyampæslaā,rēgnenelde bo y¿ksek frekanslarda dizi -keuvtruepsliannmdaenēonr edilemez y¿ksek seviyeliloelmiaiarēdbirlY¿kes sabitli tabana sahip yama anten, MMIC RF devre uygulamalarē

edilmektedir. Ancak, yüksek dielektrik s
bant genişliğine sebep olmaktadır [18].

Modern kablosuz haberleşme sistemlerinde
bantlı ve yapılarının basit olması nedeniyle
literatüre sunulmuş WLAN ve WiMAX uygula
banvtelı-bantlı amnlta ernı maesvacnuıtt ur. Bu makalede
-eşitli farklı geometrideki n-tekli-çıftli anten
sağlamaktadır.

Geçmişte literatüre sunulmuş olan tek ku
hem de WiMAX uygulamalarında uygunluğun kar
olarak oldukça büyük yüzey alanına sahip
kutuplu [40] antenlerin yanı sıra, mikroşerit [43], dipol
antenler ve kompozit metamalzeme antenler
bir-ok farklı uygulama sınıfı konusudur. Di
anten beslemeli yarık antenler daha fazl
elemanlıyla besleme kaynağı şasi ile aynı düzlemde
karakteristik özelliklere sahiptir. Yüksek
mikroşerit-çizgi ile beslenen [12] dikdörtgen ant
uygulamalarında da aşağıdaki nedenlerden [34-39] dolayı
koplanar iletim hatları [44, 46, 48] ile beslenen mikroşerit
2000'li yıllardan sonra ise geniş bant
duyulmasıyla birlikte geniş bantlı monopol
bağlamında [37, 40, 42, 52, 53]. Bu çalışmalardan bazıları
WiMAX uygulamalarında kullanılmaya başlanmıştır, örneğin
43, 47, 48, 51]. Yapılan inceleme sonucunda ayrı
edilebilecek bir boşluk veya çıkıntı ile düzlemsel
gösteren yapılar sunulabileceği tespit e

WLAN/WiMAX uygulamalarda kullanılan en öne
veri aktarım hızını yan [4-18]. Bu uygulamalarda ilk olarak kürlanıla
anten yapılarının MIMO (çoğu zaman yalnız çıkış) konfigü
Bağlantı bu antenler mikroşerit hatla

isimlendirilirkleanrddahyaarēkanrhaaktilayyēlve ko
beslenmiκ mikroκerit kantleanēylampēylanmakbayla
yēllarda ise geniκ bant kablosuz haber
birlikte geniκ bannt yvaepē-loakrēgelniitκerbaatrea
literat¿r taramasēnda farklē geometrik b
gºsteren yapēlar sunulduĵu ve bu yapēlar
sunulmaya -alēκēldē ĵ56]. Bugnedenlebma¿zkēt ¿amt[e3n4 yapēlar
WLAN/WiMAX uygulamasē i-in uygun karakt
κekil-bant v-eif-bonakt karakteristiĵit assaerrlgainldeē
gºr¿lm¿,43,t47¿, 48, 51[].4IEEE 802.11 WLAN standartlarē2,4842.4 G
GHz), 5.2 GHz (5.15 ï5.35 GHz), ve 5.8 GHz (5.725 ï5.875 GHz) frekans
olukndaēkrtaWiMAX standaiï3.6 GHz)rvē5.5 iGHze(5.25 ï5.85 GHz
GHz) frekans ban[51].arēndan olukmaktadēr

¦lkelerĵeikgsºereddeWLAN uygulamalarēnda kul
ve 5.8 GHzôde, WiMAX ¿r¿nleri ise 3,5 G
-alēκmaktadērlar. Hem WLAN hem de WiMAX
veri iletimi gnderineMIMO tekniĵi-oinisbiuylaent¿eretir
gerekmektedir.

G.3. Tezin Amacē

Tezin, maimkarcoēdalga m¿hendisliĵinin temel
minyat¿riikzlaesmyionnin kablosuz haberleκme s
yapēlarēna uygulanmasē ve yeni nesil ka
kompakt anten yapēdmarēhēnWLAN ulvamakbēoosu
bandēn hēzlērnveeĵikuWiMAXēkulyēguºlamalarē i-
standartlara uygun frekanslarda -alēkan antbenuygulamalardan cele
kullanēlabildiklerdeğtakmaneen farklē geometrik ve
sahip anten yapēdaklēolsaunakkl ilgili anten yap
programlarē ildecekavealb2kyulglkeakn-ēalkalteamataiyraipēla
geometriler belirlenecektir. Daha sonra bu geometrilerde yer alan her bir boyutun
antenin frekans cevabnadeēb º¿yzleerlinkdlek isuentuklias
geometrileri i-in detaylē biamadnazlleizgsē

anten yapēyelādrºēnn¿ēkn ,kagyebrēid,dukkaanzaldcavdlegayaoyrēannēlr
diyagramē garakteristiklerigyriaiycdenēemekktir. Literat¿rde
¿st¿nºzerzuledilekmlyearyeēnvēem akarakteœlrdiusĵtuiktleesrpinte
antenyapēblaasrlēē, devre kazēsmeal yºhatreamkiecektgir.dre-edke
¦rlentaianten yapēlarakarakteristiklerii, tyaryasyēnaēnēz odala
network analiºzlerçelkutlhranēSbanua-kolarak but
haberleĸme uygulamalarēndan olan WLAN v
uygun frekanslarda -aslēcĸeavmab-ēinfat svaehi¿p-lm¿ik
yarēk antenlerin sunulmasē ama-lanmaktad

1. BÖLÜM
MİKROŞERİT ANTENLER

1.1. Giriş

Mikroşerit anten, bir taban malzemesinin üst yüzeyine yerleştirilen ince iletken yama (yama/boşluk), besleme hattından ve taban malzemesinin alt yüzeyinde bulunan toprak tabakasından oluşur. Bu tip yapılar, ince metal şeritlerden veya iletken yüzeylerden oluşan mikroşerit hat ile beslenir. Işıma elemanının farklı geometrilerde yama, toprak düzleminde boşluk veya açıklık şeklinde olması mümkündür. Bir-çok mikroşerit anten, dielektrik yüzeyinde yer alan iletken kısımlar olarak görülebilmektedirler. Işıma elemanının boyutları, kullanılan dielektrik malzemenin kalınlığına ve dielektrik sabitine bağlı olarak değişir. Bu parametrelerdir.

Mikroşerit antenler, alçak profilli, hafif, ucuz, kolay üretilebilir ve kolay bütünleştirilebilir olmaları gibi avantajlarından dolayı, özellikle mikrodalga frekanslarında, tipik olarak 100 MHz ile 50 GHz arasında değişen frekanslarda yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Taban malzemesinin dielektrik sabitinin düşük, kalınlığının ise ışıl performansında iyileşme sağlamak için gerekeceğinden, ilgili antenin verimi yüksek olacaktır. Bu durum istenilmeyen bir durumdur. Taban malzemesinin dielektrik değeri antende ideal ışıma performansında sağlamasından yanı sıra, Fakat taban malzemesinin kalınlığının ışıl performansını tetikleyerek antenin verimini azalmasına neden olmaktadır.

neden olabilmektedir.

Yukarēda fiziksel yapēsēndan ve teknik mikroкerikt¿ -a¿nkt ehmalceim, (kuç¿nkpamkatl iboyeytu, t)h,afd¿f olan ve d¿zlemsel olmayîæēn, yb¿azsekyēl jsidrieev rueygtu kolay ¿retim ve mikrodalga entegre dev avantajlara sîēhiyçpdeeyoleUuygu-dakd¿ē¿k Bu cim º zellikleri sayesinde k¿-¿k boyutalyalrēēknlda yerleкtirilBº ylmdlk¿kzdeimrsleelr . olmadeyauyumluy¿zey olmalarēndan dolayē radar, u-ak, f¿ze v aerodinamik yapēsēnē bozmadan bu araa-lar bu antenlerden-btaenkt bv-abmatn-,tok-kiafrtakteristiî i m¿mk¿nd¿r .

Bu avantajlaкç¿knēvreк¿yikm,lēadzan-d,¿ bkmeyerlerindeme ve ekstкērmaēyapma, y¿zey dkmalgaēs,ē dahkieî lgibiyatrtgē dezavantajlara da sahiptir. Mikroкerit antenler -ok y¿Qsek a sahiplerdir. Q, anten ile ilgili kaQydēîeri,darrbānt tems genikiî i veç¿kd¿verim anlamQē,mabaan mgalzemesiekatlejēdniērē. artērēlmasē ile azaltēlaboiuracBku ykaz¿ēyl nedeniyle antenin diîer elektrikBsuely¿zeyf dalgalarē, istenmeyen g¿- kayeēbozulmalarēna v sebep olmaktadēr.

Tasarlandēîē ilk yēllarda aîērlēklē olar gibi askeri uygulamalarrd,a gk¿ul¿imMAXzWLeAN,W mik GSM, PCS sistemleri ve biyomedikbair uygagullam sahiptir. Mikroкerit antenler kullanēldēîē alar besleme teknikleri de tasarēmlara baîlē mikroкe-reikt ivetbeslemeteknikleri hakkēnda bilmektedir. ver

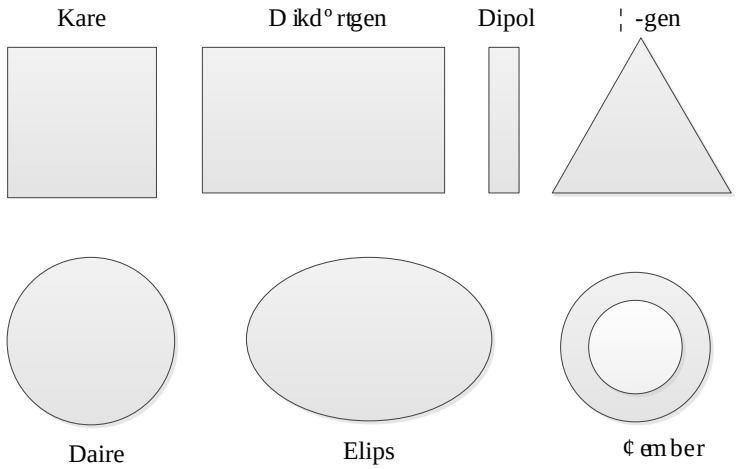
1.2. Mikroкerit Anten ¢eкitleri

Fiziksel parametrelerinin -eкitliliĵi s antenlere oranla daha geniк bir yelpazed ve geometrilka nyaabpiēldean tmaiskarroкerit antenler boкluk antenler, mikroкerit yama olmaktenle ¿zere sēnēf-18]a nBduērsēēlmaēbfillaimra [d8ēкēnda kala tasarēmlarē da mevcuttur.

1.2.1. Mikroкerit yama antenler

Bu tip antenlerde dielektrik taban malze olup diĵer yüzeyi ise herhangi bir geo bulunmaktadēr.

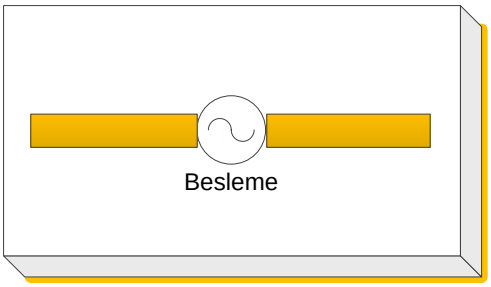
Mikroкerit yama antgenoomeedeikilкeklein yamk karakteristikleri benēzer6 5rdlBrsevTiipeiskeritodlearo yama antenler, 70Á90Á arasēnda 3 endlBikĵhizmesaĝipôtdierle literatürde sēklēkla rastlanēlan ve yayg tipleri g[8-18]¿.lmBkundedirēn dēкēnda farklē bulunmaktadēr.



Şekil 1. Mikroкerit yama anten tipl

1.2.2. Mikroκerit dipol antenler

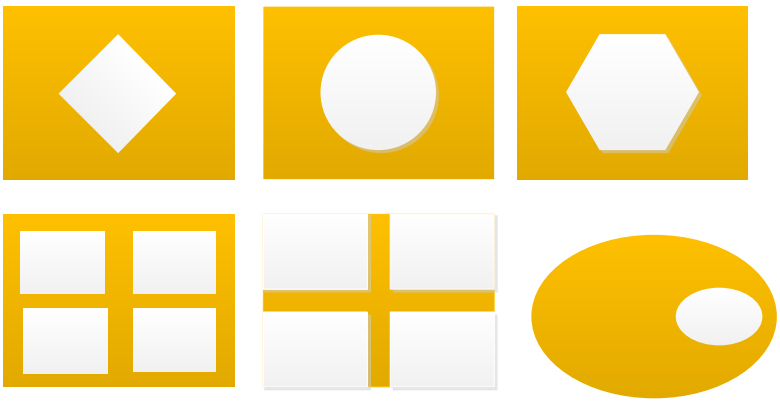
Dikdºrtgen yama-geannitκelnilke ro ruaznuēnnlaukbaĵlē o sēnēflandeēmrēlyāmaanēnakĵaherntkoelrdumĵiukroκerit y anten olarak isimlendirbielmzekrtleidkilre.riAnkdēemn ve dikdºrtgen yama antenlerin ēκēma ºr¿n ēκēma diren-leri, bant geniκlikleri ve - gºstermektedir. Diĵelra mdiakhraoκaezriyte rankt æpnllæ ºzellikle dizi antelna nuymgiuklraomκaeķraiktē hedi a1p. o2klô gºsterildiĵi gibi genellikle [8-18]rkez besl



ķek2.1Me1kez beslemeli tip.ik bir mik

1.2.3. Mikrotκeyanmendek

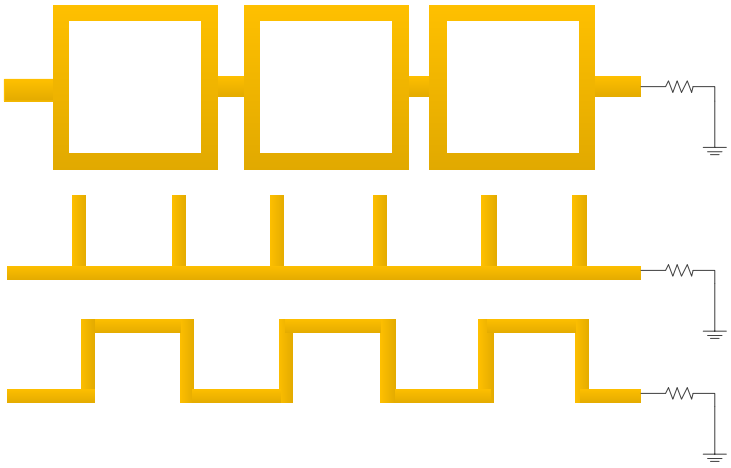
Bu tip mikroκerit antenlerde, dielektrik bulunan toprak d¿zlemi, diĵer tarafēnda Iκēma boκluĵu farklē κekillerde tasarl -ĵounlukla mikrodeğzlemha tdaylagadakēelκavuzu i mikroκerit yama anten-polarizasyonsevayelerki(~-35dB)t ērēl olduk-a d¿κ¿kt¿r. Bu t¿r antenlerde ēκēma ger-eklεκmektedir. Bunun yanē sēra, yarē ile tek yºnl¿ ēMēmaroderel dantenipleriηekiĵlyar.ē te gºste[8-18]lmektedir



ķek 3. Mik roκe eil ti aby en tipleri

1.2.4. Mikroκerit y¿r¿yen dalga antenler

ķek iôl tdee ĵ 4 κik tipteki y¿r¿yen dalga mikro antenler, zincir bi-imli tekrarlanan ile sonlandērēlmas [8–18] an Ameydayapēsedaki deĵ yatay veya d¿κey konum aa-rēaysaē nydºan lheenrdhiarniglie bbiilr

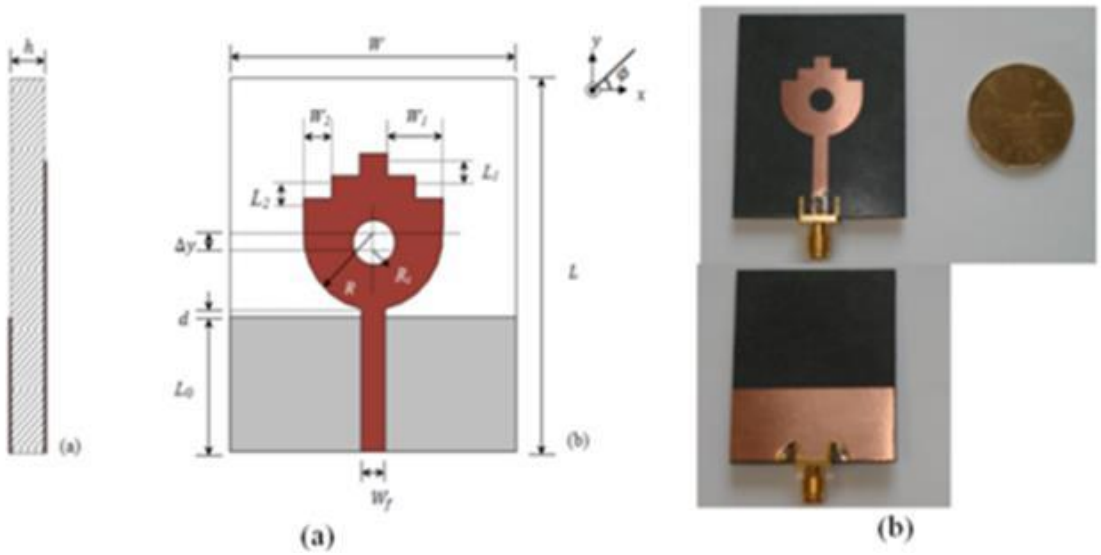


ķek 4. Mik roκerit y¿r¿yen dalga ant

1.2.5. Monopol antenler

G¿n¿m¿zde amotneonploelr genik bant performan saĵlamalarē nedeniyle, kablosuz haberl edilmektedirler. IEEE standartlarēna gº kablosuz haberleκmeruygulamalarēnēyla

ilgili anbtaennti nve-yoakn tgeper formans gºster olabilmektedir. Literat¿r diekr tobesleme monopol anten ķekil 1.5 gºsterilmektedir.



ķek 5. Mikr tobesleme monopol anten.

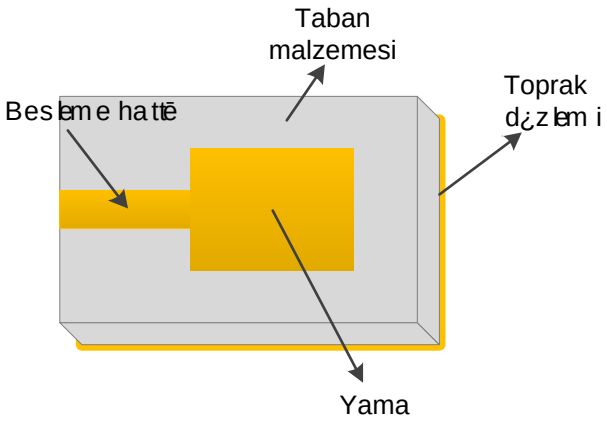
Bu anten yapēlarēnda taban malzemesinin doĵrudan baĵlē olan mikroķerit besleme l antenlerden ayēran baķlēca ºzellik, topr boyunca oluķturuluyor olmasēdēr. Bu yapēsēnd d¿zlemde de ēķēma ger-eklemektedir. Ayr frekansēnē d¿k¿r¿rken, empedans bant gen

1.3. Besleme Teknikleri

Mikroķerit antenlerde beslem [8-18]. Besleme ē yº teknikleri en genel halde temaslē ve tem Temaslē beslemede, elektriksel enerjini baĵlēyken, temassēz beslemede enerji hatt kuplaj ile enerji aktarēmē yapēlmaktadē b¿y¿k oranda tasarlanan anten yapēsēna teknikleri dºrt ayrē grupta incelenebilir. A bakēmēndan ele alēnmaktadēr.

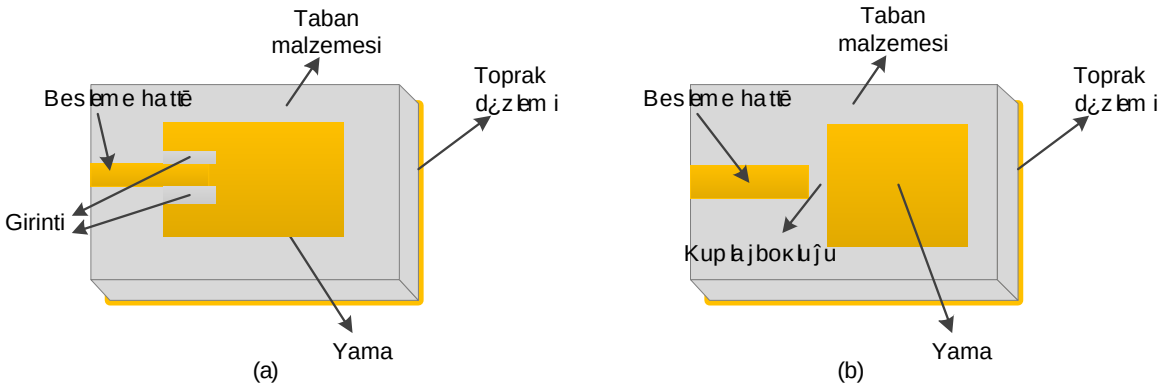
1.3.1. Mikroκerit besleme

Mikroκeritle yama arasēndaki empedans uyumunu sağlamak için kullanılan bir tip besleme, şekil 6'da gösterildiği gibi yama elemanın bir kenarına veya ortasına beslemenin yapılmasıdır. Bu tip beslemede, şekilden de görüldüğü gibi yama elemanın bir kenarına veya ortasına beslemenin yapılmasıdır. Basit yapēsēndan dolayē tasarēm ve üretim rahatlığı, bu besleme tipinin performansını sınırlandırmaktadır. Antenin genişliğini artırmak için taban malzemesinin kalınlığının artırılması, besleme merkezli parazitik ēκēmalar artışına ve genişliği yamaya oranla daha çok küçük olduğunda çapraz kutuplanmanın artmasına neden olmaktadır. Mikroκerit hat ile yama arasēndaki empedans uyumunun sağlanmasında ara devreye ihtiyaç duyulmaktadır [8-18].



Şekil 6. Mikroκerit hatlē besleme

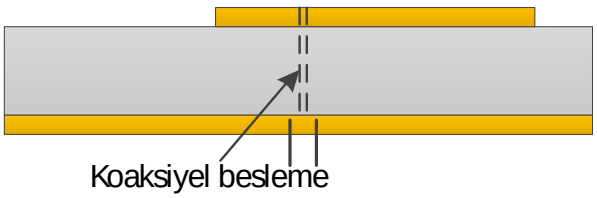
Şekil 6'da gösterilen yöntemde, mikroκerit hat ile yama arasēndaki empedans uyumunu sağlamak için hat genişliğinin değiştirilmesi veya kesik uçlu mikroκerit hattēn empedansēna uyumlu olacak şekilde uygun bir noktadan beslenmesi gibi yöntemler kullanılmaktadır. Şekil 7'de gösterildiği gibi yama arasēnda bir boşluk bērakēlarak yapılan bu yöntemde, sinyal elektromanyetik olarak aktarēlmaktadēr. Fakat boşluk mesafesi genişledikçe [8-18].



Şekil 7. Empedans uyumlaştırma yöntemleri; (

1.3.2. Eş eksenli kablo ile besleme

Bu tip beslemede koaksiyel kablo (coaxial cable) şekilde görüldüğü gibi toprak düzleminin altında bulunur ve iletkeni yamaya bağlanarak, dış iletken topraklanır. Bu yöntem kullanılan kablonun empedansının uygun olmasına bağlı olarak besleme kolayca sağlanabilmektedir. Fakat anten geometrisinin artırılması durumunda, iletkenin metalik yama ile beslemenin deneysel olarak gerçekleştirilmesi zorlaşır. Bu tür besleme tekniği kullanılan antenler mikroşerit bantlıdır. Bant genişliğinin artırılması, eksenli hattın uzunluğunun artırılması, besleme merkezinin değiştirilmesi ve yüzey dalgalarının azaltılmasıyla başarılabilmektedir [8-18].

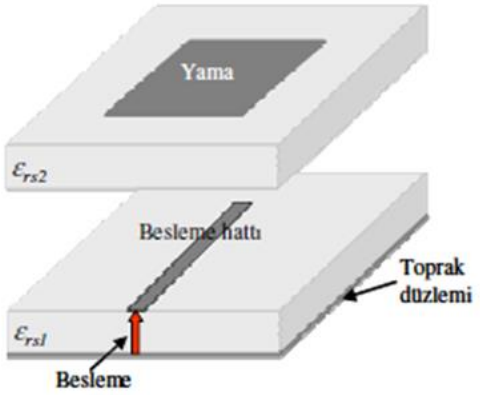


Şekil 8. Eş eksenli kablo ile beslenmiş mikroşeri

1.3.3. Yakınlık kuplajlı besleme

Şekilde görüldüğü gibi bu tarz beslemede, iki farklı Besleme hattı bu iki malzemenin arasında bulunmaktadır. En alt yüzey ise toprak

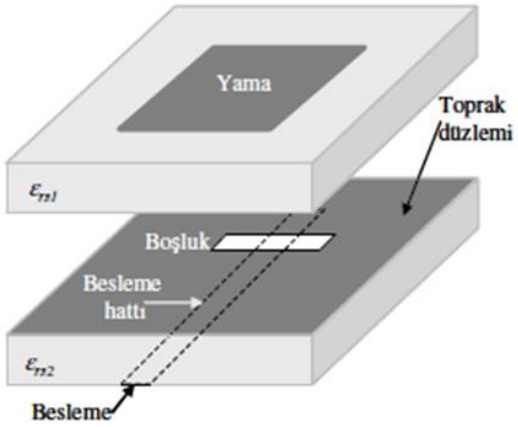
beslemelerin asimetrik yapēlarēndan dolayē oluĸan merkezli parazitik ēĸēmalar bu besleme yamanēn ¿zerinde bulunduĵu taban malzeme geniĸliĵi esdaĵrlanaBeislleemket hattēnēn uzunlu geniuĸzluinkluk oranlarēnēn ayarlanmasēyl yapēlabilmektedir. Bu besleme tekniĵinin aynē hizada olacak ĸure[8-18].lde ¿retilebilme



ĸekil 1.Yakēnlēk kuplaj b[59].lemeli mikr

1.3.4. Boĸluk kuplajlē besleme

Bu besleme tipinde, ĸekildaĝ1.s1.0erildiĵi gibi ēĸēma arasēnda toprak d¿zlemi ēbdukinmekkaidēĸim boĸluktan saĵlanmaktadēr. Kuplaj boĸluĵu denk gelecek ĸekilde oluĸturularak- ante polarizasyon -ok d¿ĸ¿k usneuvni yyealneērned a- ebkeislle mikroĸerit yama arasēnda toprak d¿zlemin engellemektedir. Kuplaj yoluyla aktarēla oranda boĸluĵun boyutla.rēA,yrĸēeckal ibovĸel ukĵoumu mikroĸerit besleme hattēnēn geniĸliĵi ay En ºnemli dezavantajē ise, yakēnlēk kup yapēsēndan dolayē ¿re[8-18]minin olduk-a zor



Şekil 1.10. Boşluk kuplajlı beslemeli mikr

Tablo 1.1'de mikroşerit antenlerde kullanılan özellikleri karşılaştırılmıştır.

Tablo 1.1. Mikroşerit antenlerde kullanılan beslem tekniklerinin karşılaştırılması

	Mikroşerit Hatla Besleme	**Eş Eksenli Hatla Besleme**	**Yakın Kuplaj Besleme**	**Boşluk Kuplaj Besleme**
Tasarım	Eş düzlemli	Düzlemsel olmayan	Düzlemsel	Düzlemsel
Kışınım Besleme Işıma	Az	Fazla	Fazla	Fazla
Üretim Kolaylığı	Kolay	Delme ve lehimleme gerekli	Hizalama gerekli	Hizalama gerekli
Empedans Uyumlama	Kolay	Kolay	Kolay	Kolay
Bant Genişliği	% 2-5	% 2-5	% 13	% 21

2. BÖLÜM
SAYISAL ANALİZ YÖNTEMİ

2.1. Giriş

Elektromanyetik problemlerin çözümlenmesinde karmaşık yapılarda, yüksek işlem yetenekli sayısal yöntemlerin ve bilgisayarların ortaya çıkmasıyla birlikte sayısal analiz programları kullanılmaya başlanmıştır. Zaman domeninde sonlu farklar yöntemi (Finite Difference Time Domain; FDTD) yöntemini kullanan CST (Computer Simulation Technology) tam dalga benzetim yazılımı, üç boyutlu elektromanyetik problemlerin çözümü için tasarlanan CST Microwave Studio

2.2. Zaman Domeninde Sonlu Farklar Metodu (FDTD)

FDTD yöntemi, problem uzayının zaman domeninde çözümlenmesinde kullanılan yöntemlerden biridir. FDTD metodu 30 yılı bilgisayarların hız ve kapasitelerinin artmasinden edecektir. Ayrıca zaman domeninde çözümleme yöntemlerinin hesaplama hızının artmesinden sorumludur.

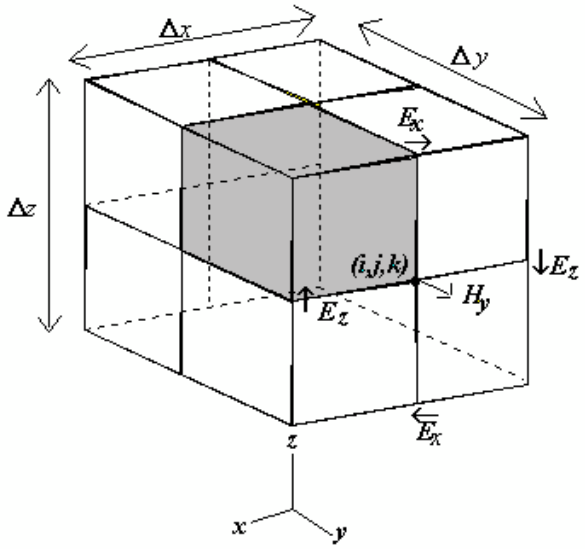
FDTD yöntemi, diferansiyel formdaki Maxwell denklemlerinin zaman domeninde gerçek-konum uzayında çözümlenmesine dayanır [57]. Yee [58] yöntemi, elektrik ve manyetik alan bileşenlerinin birbirlerinden ayrık olarak hesaplanabilmesini sağlar.

Karmaşık olmasına rağmen, Maxwell denklemlerinin bilgisayarda işlemleri yürütülebilmesi için sonlu farklara dönüştürülmesi gerekir. Çözüle edilmiş yöntemlerin ve akım Maxwell denklemleri [58]'e göre yazılabilir

$$\frac{\partial H_z}{\partial y} - \frac{\partial H_y}{\partial z} = \varepsilon \frac{\partial E_x}{\partial t} \tag{2.1}$$

$$\frac{\partial H_x}{\partial z} - \frac{\partial H_z}{\partial x} = \varepsilon \frac{\partial E_y}{\partial t} \tag{2.2}$$

Bu iκlemahdanaikēlmasādôdeigºrkedkiĵl¿ 2gibi al
olarak elealmaktansa ayrēk olarak ele a



ķek1i.Yeeh2¿.cr5e7]si [

Ger-ek bimalzemeve,dehbeimdebir ε ve Ů deĵerine
κekilde boyutlandērēlmēycaYeænahl¿iczredeleirlinde
birim h¿credeki malzemenin manyetik ge-
sabitini gºsterir.

Alanelemanlarēnēn hepsi i-in baκlangē- deĵ
edilene kadar, alan denklemlerisıCŸòôdeve
deĵerlerisıCŸòôde g¿ncelleκtirilir. Ana dºng
maksimum zaman adēmē tamamlanēncaya kada
zaman cpt uzunluĵunda ayrēk adēmlara ayr
deĵerleri, ºncekieydeĵerlerine gºre artar

Eκi 2.1lve 2.2 ôde verilen Maxwell denklemlerin diferansiyel denklem plēnlerdeki yaygōn alanēr sia , vemkt

$$\frac{\partial \vec{H}}{\partial t} = \frac{1}{\mu} \nabla \times \vec{E} \qquad (2.3)$$

olur. Burada manyetBunlar; alanēn 3 bileκeni

$$\frac{\partial H_x}{\partial t} = \frac{1}{\mu}\left(\frac{\partial E_y}{\partial z} - \frac{\partial E_z}{\partial y}\right) \qquad (2.4a)$$

$$\frac{\partial H_y}{\partial t} = \frac{1}{\mu}\left(\frac{\partial E_z}{\partial x} - \frac{\partial E_x}{\partial z}\right) \qquad (2.4b)$$

$$\frac{\partial H_z}{\partial t} = \frac{1}{\mu}\left(\frac{\partial E_x}{\partial y} - \frac{\partial E_y}{\partial x}\right) \qquad (2.4c)$$

Elektrik alan ;

$$\frac{\partial \vec{E}}{\partial t} = \frac{1}{\varepsilon} \nabla \times \vec{H} \qquad (2.5)$$

olur. Burada elektrik alanēn 3 bile;κeni vardēr. Bunlar

$$\frac{\partial E_x}{\partial t} = \frac{1}{\varepsilon}\left(\frac{\partial H_z}{\partial y} - \frac{\partial H_y}{\partial z}\right) \qquad (2.6a)$$

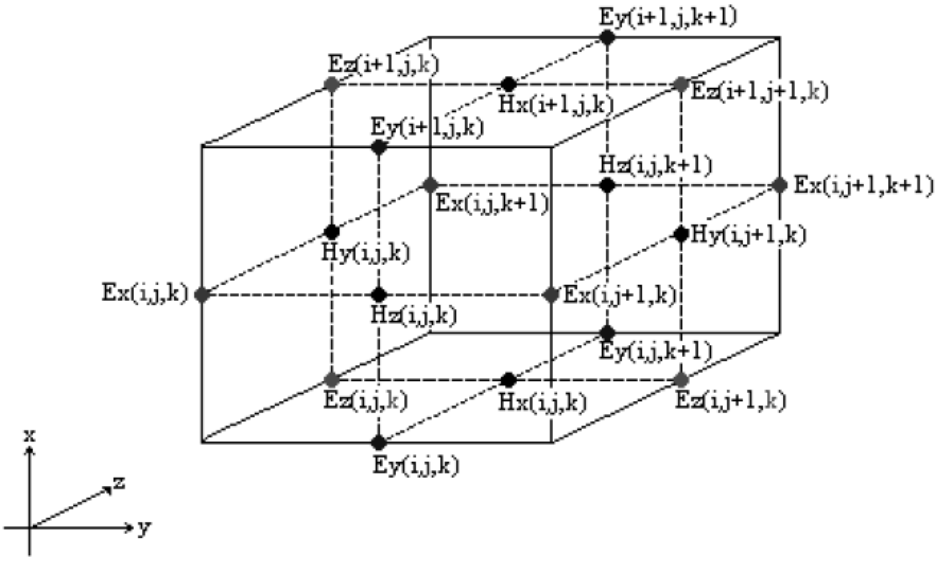
$$\frac{\partial E_y}{\partial t} = \frac{1}{\varepsilon}\left(\frac{\partial H_x}{\partial z} - \frac{\partial H_z}{\partial x}\right) \qquad (2.6b)$$

$$\frac{\partial E_z}{\partial t} = \frac{1}{\varepsilon}\left(\frac{\partial H_y}{\partial x} - \frac{\partial H_x}{\partial y}\right) \qquad (2.6c)$$

κeklinde yazēlabilir.

Bºylece elektrik ve manyetik alana ait ¿
bir noktasēndaki elektrik vteammaameyne tbiakĵ laēl
bu baĵlēlēk ortamēn lekturiksabiteyletdeikgilidgir.e - irgenliĵ

Elde edilen bzuamGanad.eotaBĵuleēkdlēbilitilkgiikslaeyraim or
- ºz¿lebilmesi i-in ayrēklaκtēmproblemdersdeē ger
uzaydaki aYyereēktlaaκatfērmdaa,n2 ôºdneekrii lbuinlrlikamlēhil¿lacrı
ger-ekld.κtirilir [57



ķek2.1. Birim2yeeh¿cresi

Bu ama-la Taylor serisinden fēalyēdlmaēlayēnpaē
Burada ó"ŒŠŵĥ"ŒŠŵĥ"ŒŠŷą سي óζ ĭĥĉ anlamēna gelir.

$$\frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{\partial H_x}{\partial y}\right)-\frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{\partial H_z}{\partial z}\right)=\varepsilon\frac{\partial E_x}{\partial t} \qquad (2.7)$$

konumda ayrēklaκtērmayē saĵlar.

$$\frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{\partial H_x}{\partial y}\right)-\frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{\partial H_z}{\partial z}\right)=\varepsilon\frac{\partial E_x}{\partial t} \qquad (2.8)$$

ise zamanda ayrēklaκtērmayē saĵlar.

¦- adet manyedėk elektvėk¿alan denklemi ayrēklaκtērma yapēldēktan sonra d¿zenler denklemleri elde edilmiκ olur.

FDTD yºntemiinldeecaknaolliazn eydapē x, y ve z el h¿creye bºl¿n¿r. Gerekli iκlemlerden s dalgalarēn ilerleyiκi hakkēnda bilgiler deĵerlerinin fazladed,eĵiyapmēdēĵi- yle fazla y¿k¿n¿ artērdēĵēndan dolayē gereksizdir. gºsterdiĵi bºlgelerde, kºκelerde ve u- bºl¿nmesiyle daha eldeĵdilmektedir verimli sonu-

2.3. CST Microwave Studio Programēn ¥zellikleri

Literat¿rde sunulan -alēκmalarda yaygē programlardan biri CST (Computer Simulation Technology) firmasē tarafēn CST Microwa Anveen yapSēuliatrôētniērnd ea nCaSlTi zplreorgirnamēnēn Studio aracēnē kullanacaĵēz. CST yanbiro gram arabirime de,S-pparta mne.trCeSTEôini, elektromany ēκēma diyagramlalrēēnedi ĵveer baunntaenibma ĵ karak parametreleri, antenin, gerilim duran da akēm yoĵunluĵu gibzilēb ibri-rokκ ehkeis[6d]el aymapyaēb ihl

3. BÜLÜM
MİKROŞERİT YARIK ANTEN TASARIM

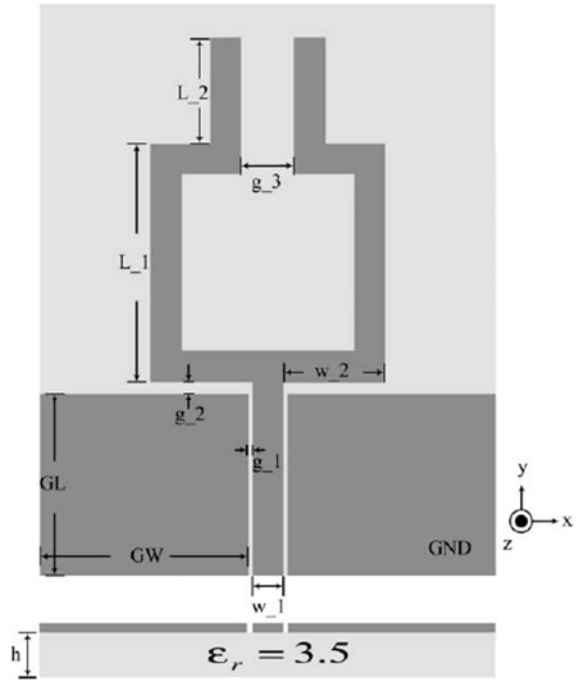
3.1. Giriş

Bu tez çalışmasında mikroşerit yarık anten tasarımı ve analizi için WLAN/WİMAX frekans aralığında çalışacak, kesirsel mikroşerit, tek boyutlu periyodik yapılar içeren mikroşerit anten gibi farklı tipte mikroşerit anten programında yapılan tanımlamalar (port, transient solver ayarları vb.) dört ana bölümde incelenmiştir. İlk olarak CPW ve yitik beslemeli mikroşerit yarık anten veya bu antenin elektriksel özelliklerine sahip olan anten yapılarının tasarımı ve analizi için kullanılan benzetim programı hakkında bilgi verilmiştir. Daha sonra benzetim programında tasarım ve analizleri gerçekleştirilen mikroşerit yarık anten yapılarının benzetim sonuçları ile ölçüm sonuçları karşılaştırılmıştır. Son olarak ise yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen anten yapılarının üretimi ve ölçümleri için Zeland IE3D Circuit 7000 kazeması ile Agilent 8510C vektör ağ analizörü kullanılarak TÜBİTAK UME merkezinde yapılan ölçümlerden bahsedilmiştir.

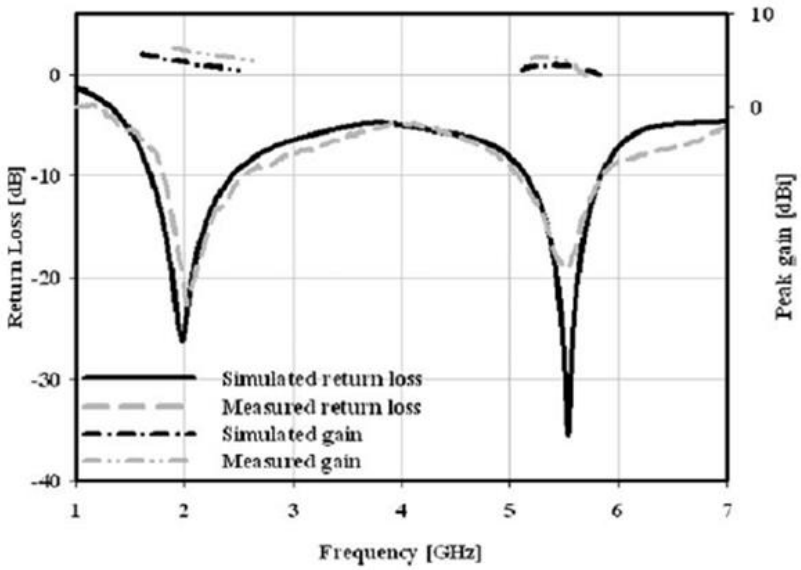
3.2. Literatürde Yapılmış Çalışmalar

3.2.1. L#1

Literatürdeki yapılan çalışmalarda incelenen CPW beslemeli mikroşerit yarık anten yapısı [50] ile bakır tarafından 2011 yılında yapılan çalışmada yüksek kalınlığa sahip teflon dielektrik malzeme ile ilgili yapılan çalışmalar elde edilmiştir.

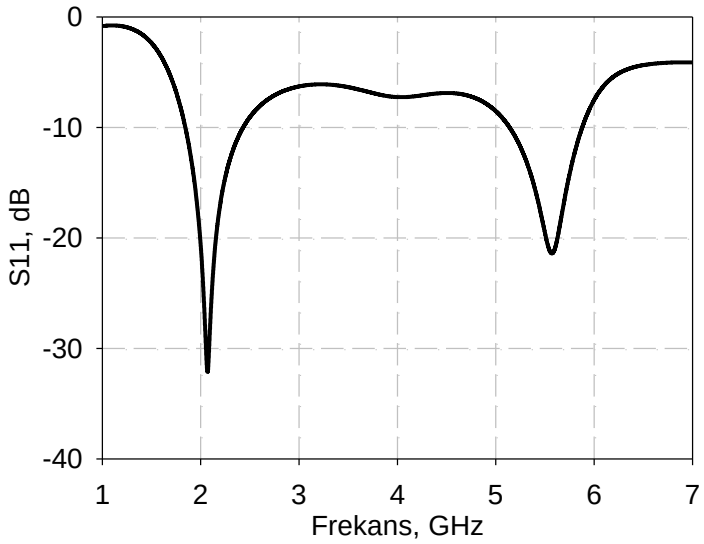


ķek1. Ş e 3 . v e a r k . t a r [50].f ēndan ºneril



ķek2. Ş e 3 . v e a r k . t a r a f ēndan ºneri l[50]n yapē

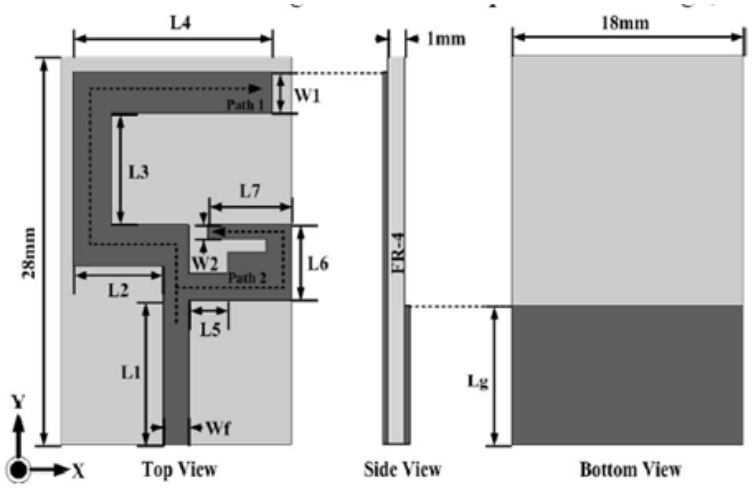
Bu yapē verilen boyutlara gºre CST pro
ger-eklekķek3ölümü.ktder.edilen simċlasyon s
makalede verilen sonu-lar doĵrulanmēkтēr



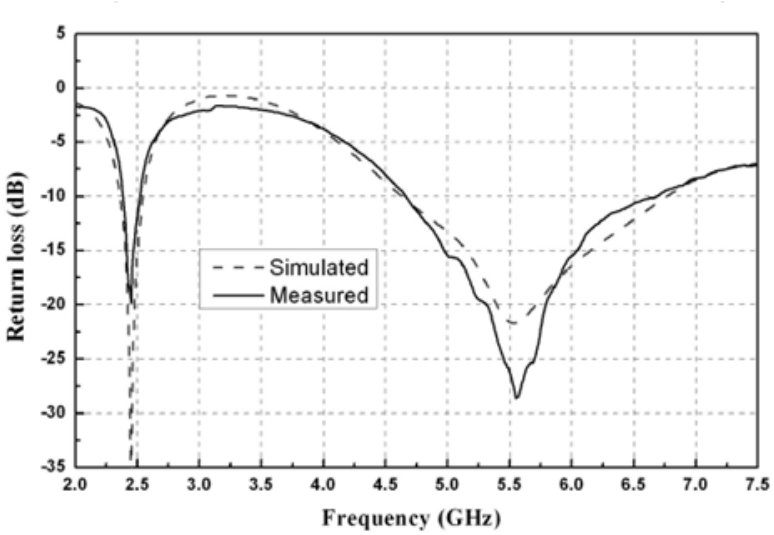
şekil 3.3. Seo ve ark. tarafından önerilen yapının S_{11} benzetim sonuçları

3.2.2. L#2

Literatürde yapılmış olan çalışmalardan biri Nguyen ve arkadaşları tarafından 2010 [54] yılında yapılmıştır. Bu çalışmada önerilen anten yapısı, ultra geniş bant haberleşme sistemlerinde kullanılmak üzere tasarlanmıştır. Anten yapısı 28 mm x 18 mm x 1 mm boyutlarında FR4 dielektrik malzeme üzerine basılmıştır. Önerilen yapının tasarımında ve benzetim çalışmalarında CST Microwave Studio programından yararlanılmıştır.

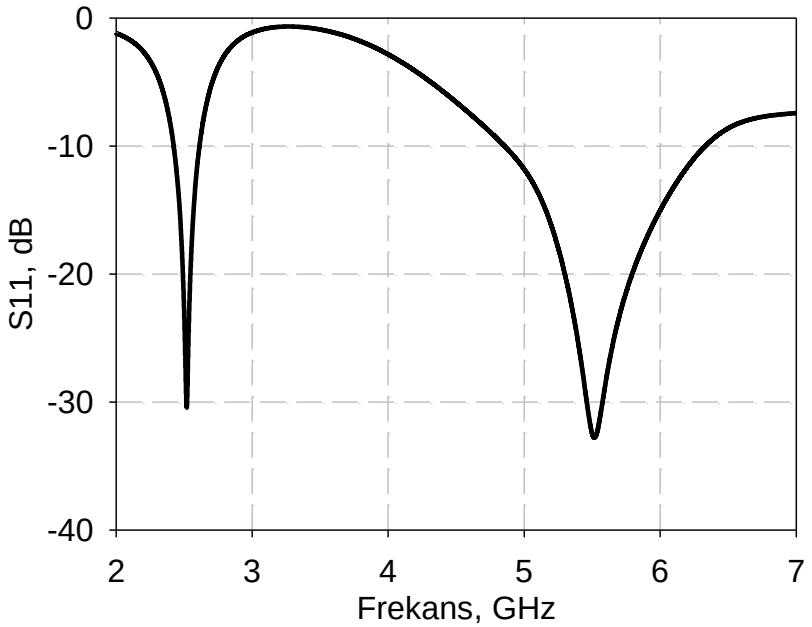


şekil 4.1. Bian ve ark. tarafından [54] önerilen



ş e k i l 5 . 1 3 . B i r a n v e a r k . t a r a f ē n d a n ö n e r i l e n [5 4] y a p

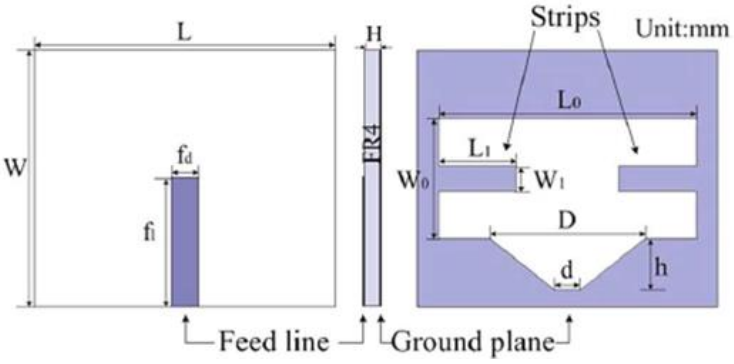
B u y a p ē v e r i l e n b o y u t l a r a g ö r e m ¿ C S T y a z ı l ı m ı k u l l a n ı l a r a k b e n z e t i m l e r i g e r - e k l e n m i ş t i r . B e n z e t i m s o n u ç l a r ı ş e k i l 5 . 1 4 ' d e v e r i l e n s o n u ç l a r l a k a r ş ı l a ş t ı r ı l m ı ş t ı r .



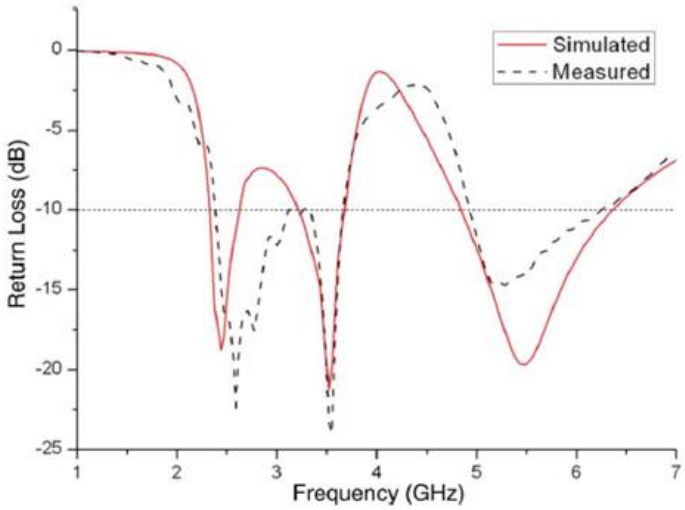
ş e k i l 6 . 1 3 . B i r a n v e a r k . t a r a f ē n d a n ö n e r i l e n S_{11} y a

3.2.3. L#3

Literatürde yapılmış olan bir çalışmanın benzeri Dang ve ark. tarafından 2010 yılında [47] sunulmuştur. Bu yapı mikroşerit beslemeli WLAN/WiMAX uygulamaları için önerilmiştir. 1.6 mm kalınlığa sahip FR4 dielektrik tabanın üzerine basılmıştır. Önerilen yapının boyutları Şekil 3.7'de verilmiştir. Önerilen yapının benzetim ve ölçüm sonuçları Şekil 3.8'de verilmiştir.

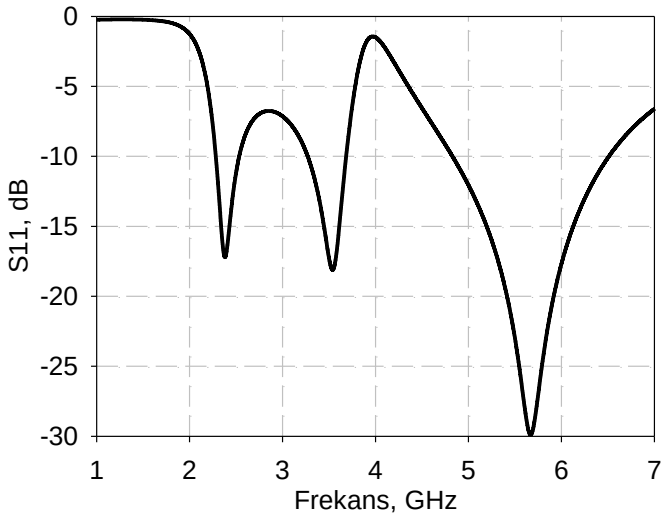


Şekil 3.7. Dang ve ark. tarafından önerilen yapı [47]



Şekil 3.8. Dang ve ark. tarafından önerilen yapı [47].

Bu yapı verilen boyutlara göre CST programında benzetimi yapılmıştır. Önerilen yapının benzetim sonuçları ile makalede verilen sonuçlar yaklaşık olarak aynıdır.



ķekil 3.10 Dalga ve ark. tarafēndan ºnerilen S11

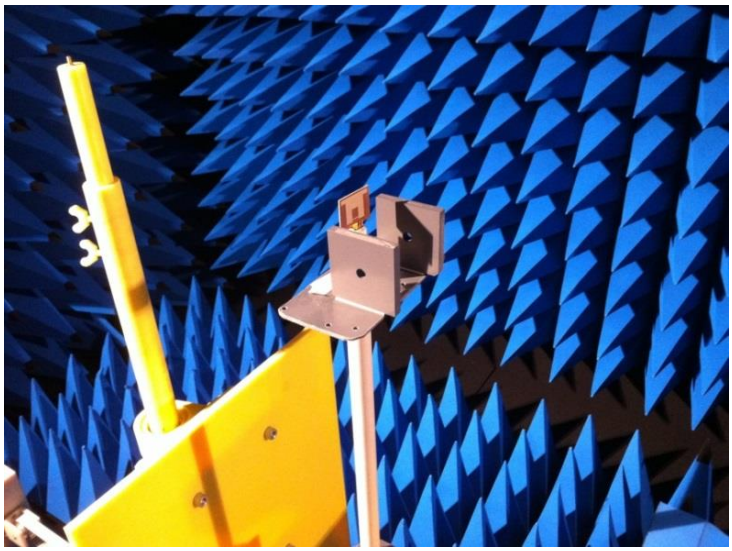
3.3. Teze ¥zg¿ Olarak Tasarlanan Anten Yapē

Literat¿rdeki son yēllardza zyaampaēnl,anbu-a-laēlk WLAN/WiMAX frekans spektrumunda -alēkacak tasarlamaya karar verirl.miTkatsiarladē j ēmēz yapēlar lit yarnekem yapēlarē olarak yer Ta, BnķaTkAKadpērro.j kapsamēnde anbainrka- farklē dielektrik tab ger-erkillemkitkitir.

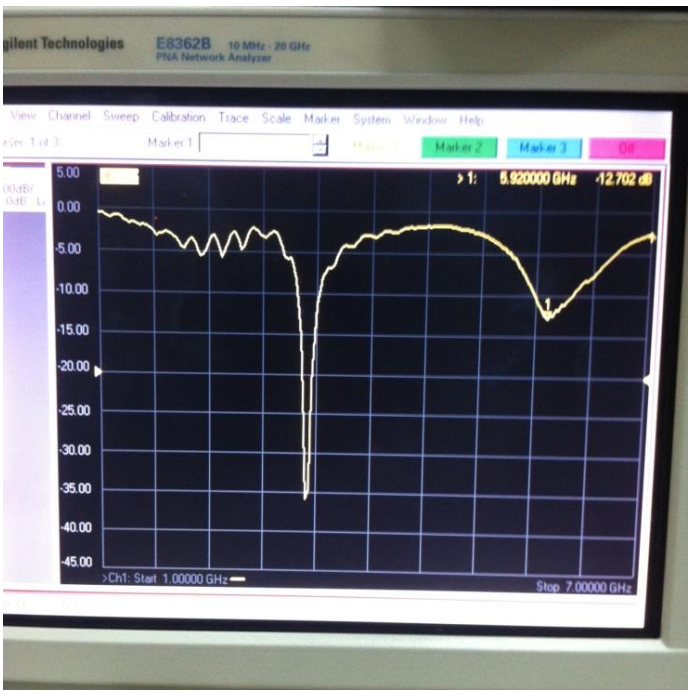
Teza l-ēkmasēnda l-paintfat -baalnētkdvee y¿k-pēfasBukulma yapēlara ait antēednakdaertaakytleēriosltairkalke riin caeklae

Teze ºzg¿ olarak tasarlanan anten yapēla taban malzemelerinde tasarlangibinisimkerle rsiyo belirtilmiktir.

Tasarlanan Qaunitcekn Gyiarpcēuliatrē7000 badesneysel devr olarak ger-AektleenktyiarpidlmairkTe,mBeKnTAMKEmerkezinde ri i yansēmasēAgioldeanlardairmasēnaamailtkuzEP8r3a6n2eBlan ger-tekrlieKmainkstēimra.sēz odaya ve º l-¿m dve¿ zene ķekil 3.11ôde gºsterilmektedir



ķek1i0l 3T¦BĶTAK UME yansēmasēz oda



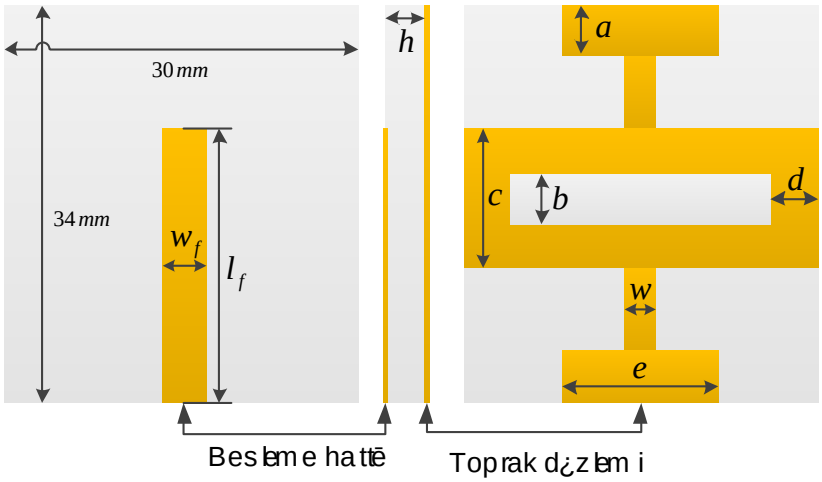
ķek1i1.lAgilent firmasēna aitneEt&w3o6r2k.Banalizºr

3.3.1. Teze ¥zg¿ Olarak Tasarlananrn Anten Yap

3.3.1.1. T#1 ôeo naui-tl asr

Bu bº l¿m delē-kinfat ºbzaenltli-Ĵaisag·ºlsatnenraBnuayāpēlla tezimizde T#1 olarak isimlendirerek devam edilmektedir. T#1 ôin geometr

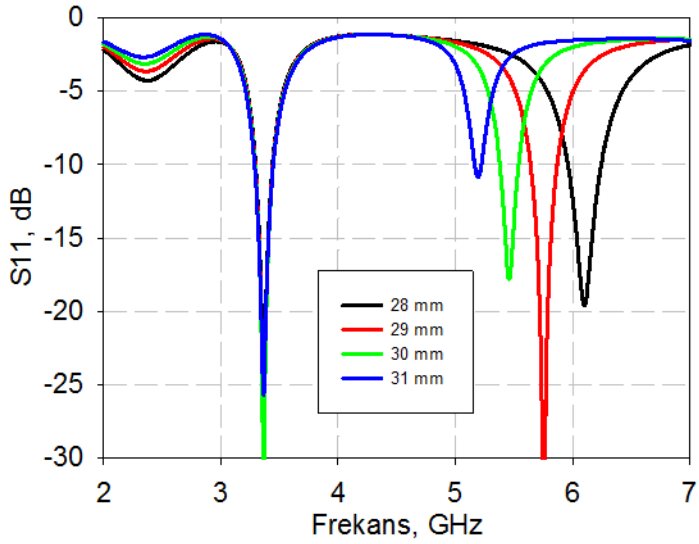
boyutlandērmaķetkaiınlzeñvderilmektedir.T#1 yapēsıēterat¿r
mikroκeriit ybaersēlkemealnten olaraTkasadEmnlaēr
T¦BĶTAK projesi, dielektriksabitiÛ=4.3a, aylıķmsaeln8mmi, ĵi (h
kayēp ğ0.02 olan FR-4 dielektrik taban malzemesi ve Ů=6.15, h=1.27 mm ve
ŭ=0.0027 olan Rogers firmasēnēn duroid 6006 dielektrik tabanlı ĵu R
malzemesi ku-4 dielektrik tabanlı malzemesi kullanılarak tasarlanan yapē
tez T#1a olarak, RT/duroid 6006 dielektrik taban mal
tez T#1b1 ve tez T#1b2 olarak isimlendiril.miYkatpiērlan tasarēmları
deneysel olarak ger-ekleştirilmiştir. SMA (SubMiniatureversionA) konnektör
kullaniē-lidır, ĵēempedans uyumsuzluğunu ortadan empedansē 50 Ý olacak κekilde ayarlanmēκ



ķekil 2.1 T#31.ôin geometrisi ve boyut

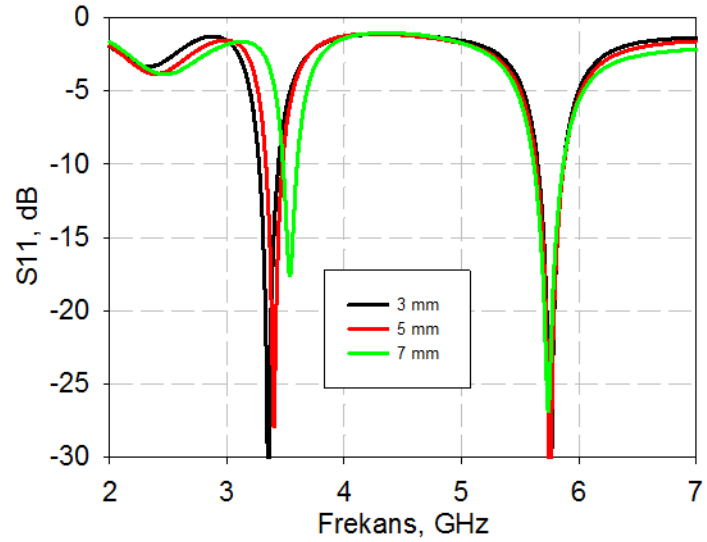
ķekil 3.1a'da önerilen antenin simülasyon ve ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması zaman, antenin kolayılıkla çalıştırılabildiği frekanslarda -alēκtē

Besleme hattı ünlü tutjēünnjēdüzlemine dik ĵuiz κ (ihmis cferveakbaēndakôtetki verilmektedir. l_f uzunluğu artırıldıkça ilk rezonans frekansı azalmaktadır.

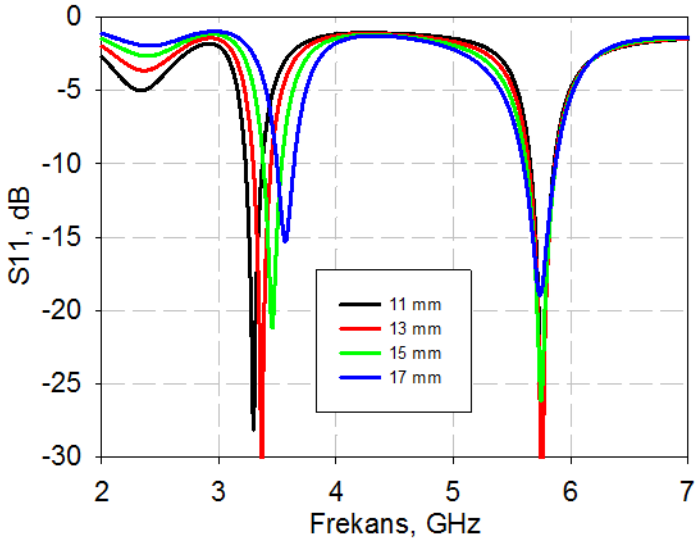


ķ e k 1i3.llf u3z .u n l u ĵ u n u n d e ĵ i ĸ i m i .

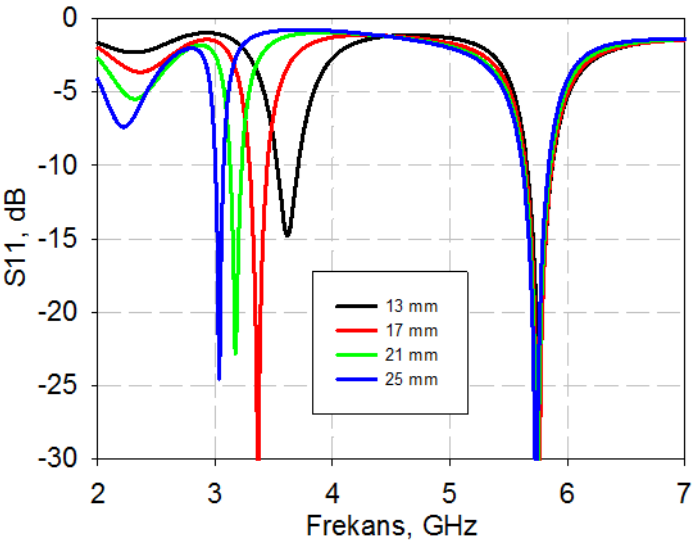
a , c v e d b e o ŷ i u ĸ t i l m a l r ē m n d s a k ĸ i r a s ē i l e ķ ō k d i a l 3
v e r i l m e k t e d i r . k g e i l b i i l a e , r d c e m v e g ºe r ¿ b l o d b ¿ u ĵ n ¿ l ā m n ē n
f r e k a n s ē n ē b l æ ŋ ĵ d l ĸ e t k i ¿ a z n i e s r d k i e m n d , e 2 f . a z l a b i r e t k i



ķ e k 1i4.la u3z .u n l u ĵ u n u n d e ĵ i ĸ i m i .



ķekil 5.3. uzunluğunun değişkimi.



ķekil 6.1. a. uzunluğunun değişkimi.

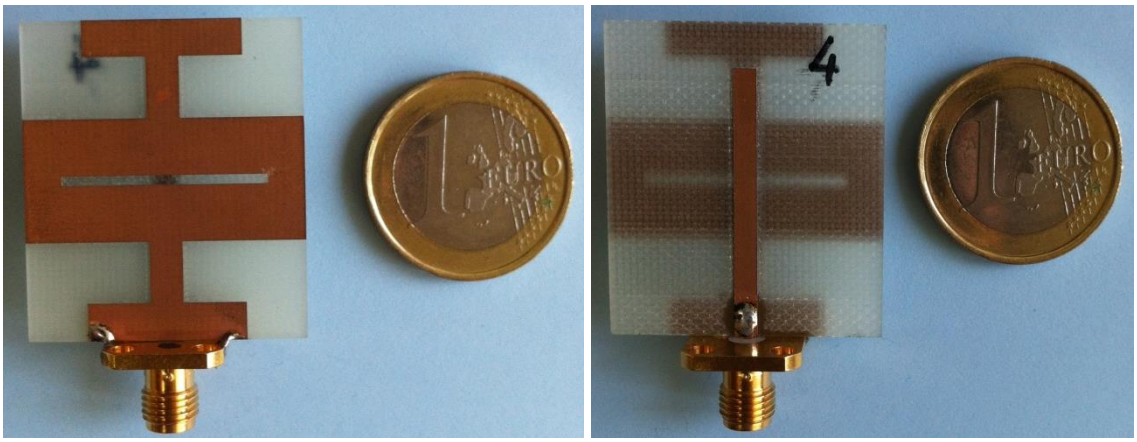
Tanēmlanan boyutlarēn etkileri belirlenc
ayarlanabilmektedir.

Tablo 3.1'de boyutları verilmektedir.

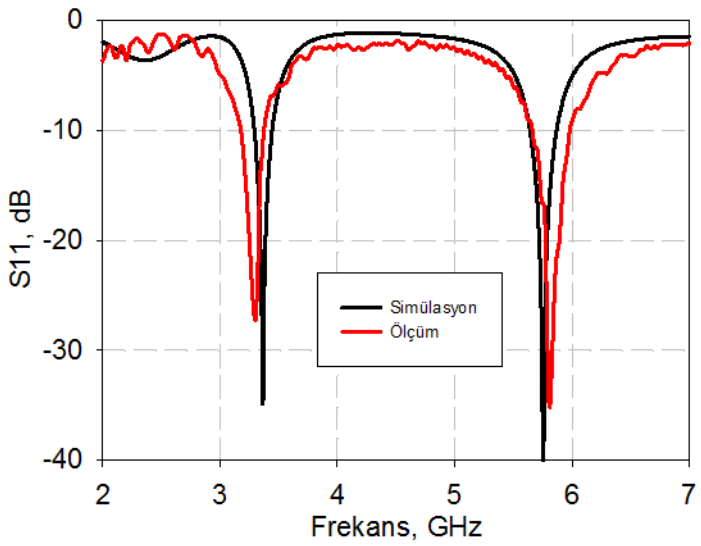
Tablo 3.1. T#1a y a p ē s ē n a a i t b o y u t l a r (m m

w_f	l_f	h	a	b	c	d	e	w
2.5	29	1.3	4	1	13	4	17	3.5

T#1a y a p ē s ē i - i n e l y a - p a ē l l ē a k m m a d n e ē n n e y r e s e s g i º m r l ¿ e l m i e k ķ t e e k d
y a p ē y a a k i a t s y a a y n ē s ē ē m a s o 3 . 1 8 u ô - d l e a r v ē e r i i s l e m e ķ k e t k e i d l i r .
g º r ¿ l e c e ĵ i ¿ z e r e t a s a r l a n a n a n - 3 4 0 0 M H z) i f t b
v e ¿ s t 5 - 5 G H z) M H z 2 5 [6 0] b a n t l a r ē n d a - a l ē k

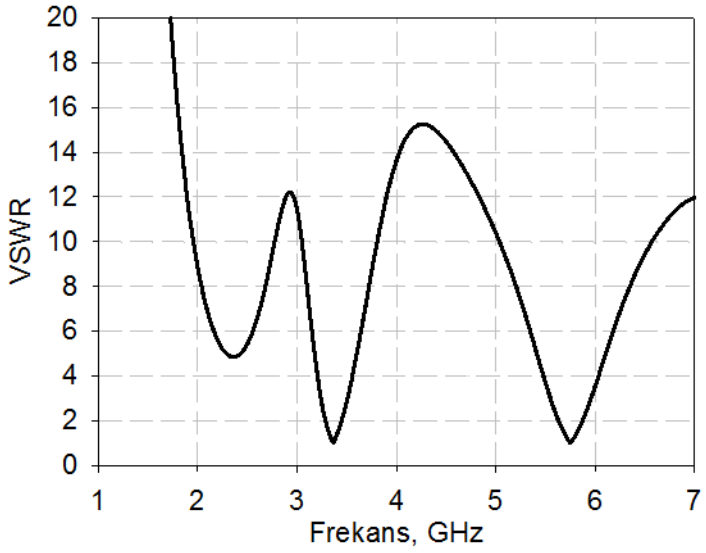


ķ e k i l 7 l T # 3 1 . a y n a b p a ē s k ē n ē d l e v r e s i

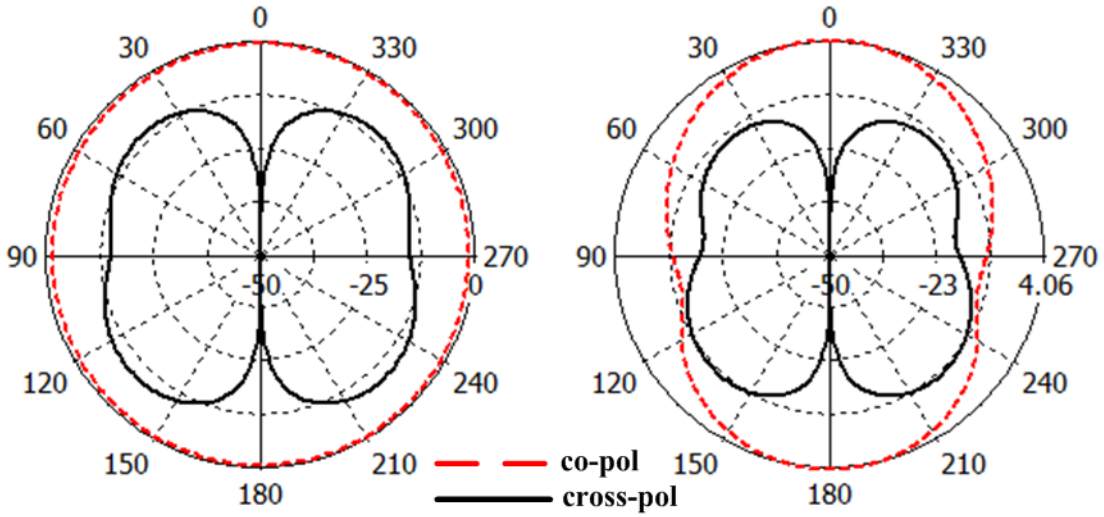


ķ e k i l 8 . l T # 3 1 n a ē ô ņ k a r a k t e r i s t i ĵ i

Bu yapēya ait voltaj duran dalgalanma grafiği Şekil 3.19'da verilmektedir. Kablosuz haberleşme uygulamalarında kullanılan frekanslarında 2 ve 3 GHz civarında olmasına rağmen bu anten yapısının VSWR değeri rezonans frekanslarında 2'nin altında olmaktadır. Şekil 3.20, Şekil 3.21'de verilen yapının yüzey akım dağılımlarını ve



Şekil 3.19. Önerilen yapının voltaj duran dalga



(a) (b)

Şekil 3.20. Önerilen yapının (a) 3.36 GHz ve (b) 5.75 GHz.

(a) (b)

ķ e k 2 1 l = 9 0 Á i - i n ē κ ē m a d i a g r a m ē (a) 3 . 3 6

(a) (b)

ķ e k 2 2 l ∂Á = i 9 0 n ē κ ē m a d i a g r a m ē (a) 3 . 3 6

D i e l e k t r i k s a b i t i 6 . 1 5 o l a n d i e l e k t r i k t
T # 1 b o l a r a k i s s i º m y l l e e m m d i ι κ r t e i c k e . ĵ i B m u a z l y ī e a κ p a ē c d a a k - κ i e f l
f a r k l ē y a p ē . t B a s n a r d a n ē m ē κ i t l ē k i o T a b l o 3 . 2 T ô # d l e b 1 ô
verilmektedir.