



T.C.

BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ

MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ

ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ



T-Tipi Mikroşerit Anten Tasarımı

Mehmet TAŞTAN

031711050

Bilgisayar Destekli Anten Tasarımı

BURSA 2021

1-MİKROŞERİT ANTENLER

1.1-Giriş

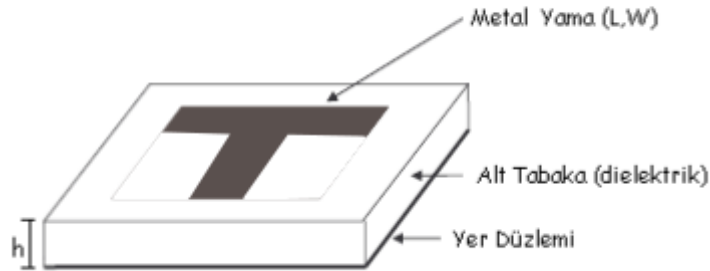
Mikroşerit anten; iletken yer düzleminde dielektrik ara tabaka ile ayrılan ve ara tabakaya monte çok ince metalik bir yamadan (genellikle altın ya da bakır) meydana gelmektedir. Diğer antenlere göre birçok avantajı ve dezavantajı bulunmaktadır:

- Ağırlıkları az ve hacimleri küçüktür.
- Düşük fabrikasyon bedeli ile çok sayıda kolayca üretilebilirler.
- Lineer ve dairesel polarizasyon biçimlerinin ikisini de sağlarlar.
- Mikrodalga Entegre Devreleri (MIC) ile kolay bağdaşırlar.
- Aynı anten birden fazla frekansta çalışmak için ayarlanabilir.

Tüm bu özelliklerin yanı sıra mikroşerit antenlerin bazı sınırlamaları vardır:

- Genellikle bandgenişlikleri dardır (%2,5 tek katmanlı ve %30 birden fazla katmanlı yapılarda)
- Işıma verimleri azdır.
- Düşük kazanç ve buna bağlı olarak düşük yönlendirilebilirlik.
- Dielektrikten kaynaklanan kayıp çoktur.

Metalik yama, herhangi bir şekilde gerçekleştirilmesine karşın analiz ve performans tahminlerinin kolaylaştırılması bakımından dikdörtgen, kare, daire ya da üçgen gibi geometrisi yaygın olarak bilinen biçimlerde karşımıza çıkmaktadır (Wong,Kin-Lu ;2003)



Şekil 1: T-Tipi mikroşerit yama antenin yapısı

Bir dikdörtgen yama için, yama boyu (L), λ_0 boş uzaydaki ışığın dalga boyu olmak üzere; $0,3333 \lambda_0 < L < 0,5 \lambda_0$ olarak, metalik yamanın kalınlığı (t); $t \ll \lambda_0$ olacak şekilde ve dielektrik tabakanın yüksekliği (h); $0,3333 \lambda_0 \leq h \leq 0,5 \lambda_0$ olacak şekilde verilmiştir (Wong,Kin-Lu ;2003)

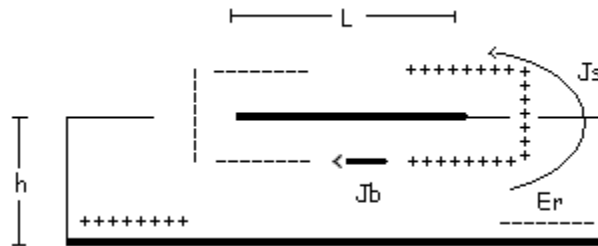
1.2-Mikroşerit Anten Parametreleri ve Tasarımda Rol Oynayan Faktörler

1.2.1.Geometri

Gerçekçi ve işe yarar bir geometri seçimi anten tasarımına başlamanın, uygun bir dielektrik substrat seçiminden sonraki, ikinci adımı olmalıdır. Substrat maddenin elektriksel geçirgenliği ϵ_r , kalınlığı h ve tanjant kaybı $\tan\delta$ parametrelerinin seçimi önce her birinin ışıma yapan yamaya nasıl etki yaptığının bilinmesini gerektirmektedir. Kalın bir dielektrik tabaka daha fazla güç sağlar, ışıma gücünü artırır ve empedans band genişliğini artırır fakat ağırlık, dielektrik kaybı ve yüzey dalga kayıplarından ötürü kullanışlı olmamaktadır. Düşük dielektrik geçirgenlik ϵ_r ise, kalın tabaka ile aynı etkileri göstermektedir (Ehsan,G.Doust; 2007)

1.2.2.İşıma mekanizması ve ışıma karakteristikleri

Mikroşerit antenlerde ışımayı, iletken yer düzlemi ile metalik yama arasındaki elektriksel alan dağılımı belirlemektedir. Bu durum yüzey akımlarının yama üzerindeki dağılımı ile de açıklanabilmektedir. Bir mikrodalga kaynağına bağlanmış antende iletken yer düzleminde olduğu gibi, metalik yamanın alt ve üst yüzeylerinde de yük kutuplanması meydana gelmektedir.



Şekil 2 Mikroşerit antende akım dağılımı ve akım yoğunlukları

HPBW(Half Power Beam Width): Maksimum ışıma doğrultusunda, majör eksenenden yukarı ve aşağı gidilerek ışıma gücünün yarısına düştüğü noktaların birer doğru yardımıyla işaretlenmesiyle oluşmaktadır. Işıma karakteristiğinde belirleyici rol oynayan kısımlar, temel iki alan olan E ve H 'ye aittir. Bu iki alan daima ortogonal olup alan vektörlerini ve maksimum ışımanın yönlerini de içermektedirler.

1.2.3.Yansıma Katsayısı ve Karakteristik Empedans

Yüksek frekans uygulamalarında, mikrodalga iletim hatlarında yansıma hesaba katılması gereken önemli bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Her iletim hattının yapısına has bir karakteristik empedansı vardır. Bu empedans genellikle 50Ω olarak alınmaktadır. Hat bir Z_L yüküyle sona erdirilmek istenirse, hattın girişinden görünen empedansı artık eski değerinde olmayıp, yansıma olayı meydana gelebilmektedir. Bu durumun modellenebilmesi için bir yansıma katsayısı Γ , tanımlanmıştır ve giden dalga gerilimiyle dönen dalga gerilimlerinin birbirine oranına eşittir;

$$\Gamma = \frac{V_o^-}{V_o^+} = \frac{Z_L - Z_o}{Z_L + Z_o}$$

1.2.4.Geri Dönüş Kaybı (Return Loss, RL)

Geri dönüş kaybı, yükte kaybolup yansıma olarak gelmeyen güç miktarının bir parametresidir. Bilindiği gibi, verici ve anten empedansı değerleri uyuşmadığı zaman duran dalgalardan kaynaklanan kayıplar fazla olmaktadır.

Anten simülasyonu safhasında geri dönüş kaybı, bize empedans uyumunun ne kadar başarılı bir biçimde ortaya konduğuna dair karakteristik bir değer olup, dB cinsinden şu şekilde formülize edilebilmektedir;

$$RL = -20\log|\Gamma|$$

Anten ve verici arasındaki empedans uyumunun mükemmel olabilmesi için $\Gamma=0$ ve $RL=\infty$ olmalıdır ki bu durumlarda yansıtılan gücün geri yansıma yapmadığı sonucuna varılmaktadır. Pratikte bu sonuçlara asla ulaşılammaktadır. Antenin kullanım yerine ve istenen özelliklerine göre yansıma katsayısı ve dolayısıyla geri dönüş kaybı kabul edilebilir değerlere çekilmelidir.

1.2.5. Yönlendirilebilirlik, Kazanç ve Işıma verimi

Antende yönlendirilebilirlik (D), ana lobdaki enerji yoğunluğuyla açıklanabilmektedir. Yani gücün ne kadarını ana loba aktarabilmiş iseniz anten o derece iyi yönlendirilmiş demektir ki bu ise izotropik antende verilen bir doğrultudaki ışıma yoğunluğu oranına eşittir. Dikdörtgen yama için şu şekilde verilmektedir;

$$D = \frac{4(k_0 W)^2}{\pi \eta_0 Y_{in}}$$

Son ifadedeki Y_{in} , antenin transmisyon hattı modeli devresinin giriş admitansı olup k_0 , boltzman sabiti $\eta_0 = 120\pi [\Omega]$ ve dur. İzotropik antenlerle kıyaslandığında izotropik antenler yönlendirilebilir olmadığından dolayı yönlendirilebilirlik her zaman pozitif çıkar.

Kazanç (G), antende meydana gelen kayıpları belirlemede önemli bir faktördür. Antenin gücünü bir açısal uzay bölgesine yoğunlaştırabilme yeteneği olarak geçmektedir.

$$G = e_r D$$

olarak tanımlanmaktadır. Burada e_r ışıma verimidir. Işıma verimi toplam ışıma gücü, giriş gücü, iletim kaybı ve yapıyla doğrudan alakalı olan dielektrik ve yüzey dalga kayıpları oranının bir ölçüsüdür.

$$e_r = \frac{P_r}{P_r + P_c + P_d + P_{sur}}$$

şeklinde verilmektedir.

Az kayıplı bir dielektrik madde için iletim kaybı P_c ve dielektrik kaybı P_d ihmal edilebilmektedir. Dikdörtgen şekilli yama tipi mikroşerit anten için ışıma gücü, h tabaka kalınlığı, k_0 boltzman sabiti olmak üzere;

$$P_r = 40 k_0^2 (k_0 h)^2 \left(1 - \frac{1}{\epsilon_r} + \frac{2}{5 \epsilon_r^2}\right)$$

olarak verilmektedir.

Antende kayıplar nedeniyle direkt gönderilemeyen dalgalar metalik tabakanın alt yüzeyinde kalır ya da başka yönlere ışıma yaparlar. Bu dalgalara yüzey dalgası ve bu dalgaların oluşturduğu güce ise Yüzey dalga gücü denir ve;

$$P_{sur} = 30\pi k_o^2 \frac{\epsilon_r(x_o^2 - 1)}{\epsilon_r \left(\frac{1}{\sqrt{x_o^2 - 1}} + \frac{\sqrt{x_o^2 - 1}}{\epsilon_r - x_o^2} \right) + k_o h \left(1 + \frac{\epsilon_r(x_o^2 - 1)}{\epsilon_r - x_o^2} \right)}$$

ile verilmektedir.

1.2.6.Polarizasyon

Antenin polarizasyonu, antenden çıkan dalganın polarizasyonudur. Polarizasyon, bir elektromanyetik dalganın yere ya da dünyanın yüzeyine referansla bulunduğu pozisyon ve doğrultusu ile açıklanır. Çok sık rastlanılan iki çeşit polarizasyon vardır; lineer polarizasyon ve dairesel polarizasyon.

Dalganın yayılımının E_x - H_y düzlemine paralel bir A ekranı üzerine izdüşümü alındığında herhangi bir doğrultuda bir doğru elde ediliyor ise bu halde dalganın polarizasyonu lineer polarizasyondur. Burada genlik zamanla değişmekte fakat doğrultu sabit kalmaktadır.

Dairesel polarizasyon ise izdüşüm vektörünün genel olarak sağa ya da sola doğru hareket etmesiyle RHCP (sağ-el dairesel polarizasyon) ve LHCP (sol-el dairesel polarizasyon) olmak üzere ikiye ayrılır.

Mikroşerit antenlerin bu konudaki en büyük avantajı ise bir yamalı mikroşerit antenin lineer ve/veya dairesel polarizasyon yapacak şekilde tasarlanabilmesidir.

1.2.7.Band Genişliği

Antenin band genişliği, antenin belirli performans ve belirli karakteristiklere istinaden ulaşabildiği frekans aralığıdır (James,J;1989).

Band genişliği bir aralık olabilmesine karşın, giriş empedansı, ışıma karakteristiği, kazanç, lob genişliği gibi parametrelerin tayininde merkez frekans esas alınmaktadır.

Empedans band genişliği ise, uygun empedans eşleşmesi olduğu frekans aralığı olarak tanımlanmaktadır.

Mikroşerit antenlerin band genişlikleri, eşleşmenin kalitesine bağlı olarak genellikle %1-5 arasındadır. Genel olarak mikroşerit antenin band genişliğini artırmak için birkaç yöntem tanımlanmıştır (Carver,K.R & Mink,J.W;1981);

- Dielektrik tabaka kalınlığı h 'yi artırmak.
 - Düşük kalite faktörüne neden olmaktadır
 - Tabaka kalınlığı için üst sınır belirlenmiştir çünkü istenmeyen yüzey dalgaları uyarıtımı belirli bir değerden sonra üstel olarak artış göstermektedir, fakat daha geniş bir bandgenişliğine yol açmaktadır.
- Düşük elektriksel geçirgenlikli madde kullanmak.
 - Daha geniş bir bandgenişliğine yol açmaktadır
 - Bu ise anten boyutlarının büyümesine yol açmaktadır.

1.2.8.Sonlu Büyüklükteki Yer Düzleminin Etkisi

Mikroşerit antenlerde analiz, sonlu bir büyüklükte yer düzlemi etkisini hesaba katmalıdır. Sonlu büyüklükteki yer düzlemi ışıma karakteristiğini, rezonans frekansını, ışıma iletkenliğini ve kazancı değiştirir. Bu durum şöyle açıklanabilir; yama yüzeyinden ışıyan dalga yer düzleminin köşelerinde kırınımına uğrayarak yayılım göstermektedir ve değişim manyetik alandan daha ziyade elektrik alanda daha çok gözlemlenebilmektedir. Kırınımına uğrayan dalga ışıma karakteristiğinde kendini arka loblarda gösterir. Araştırmalar göstermiştir ki, yer düzleminin büyüklüğü rezonans frekansıyla ters orantılıdır. (Pozar,D.M;1992)

1.3.Mikroşerit Antenlerde Analitik Modelleme

Analitik modelleme,tüm anten çeşitlerinde ,mühendislerin rezonans frekansı bandgenişliği, radyasyon karakteristiği gibi anten parametrelerinin daha kolay kavranabilmesi, tahmin edilebilmesi ve dahası kontrol edilebilmesi için kullanılmaktadır. Transmisyon Hat ve Rezonatör modeli gibi modellemeler, hesaplamaları kolaylaştırabilmek için, hatasızlıktan ödün verilmek pahasına, genel olarak bazı varsayımlara dayanmaktadır. Moment metodu gibi doğruluk payı her anten ve her geometrik şekil için çok yüksek olan yöntemler ise analizde çok karmaşıklardır.

1.3.1.Transmisyon Hat Modeli

Dikdörtgen mikroşerit antenler için özel bir analiz yöntemi olup, diğer modellere kıyasla daha az karmaşık olduğundan dolayı çok tercih edilen bir yöntemdir. Model, anteni eşdeğer bir devre yardımıyla karakterize eder. Model uyarınca; yama, iki ucunda ışıma yarıkları bulunan W genişliğinde, L uzunluğunda bir iletim hattı olarak kabul edilmektedir.

Burada,

- Hedef frekans, f_0
- Metalik yama genişliği, W
- Dielektrik tabaka genişliği, h
- Elektrik geçirgenliği, ϵ_r

olmak üzere;

yama genişliği W ;

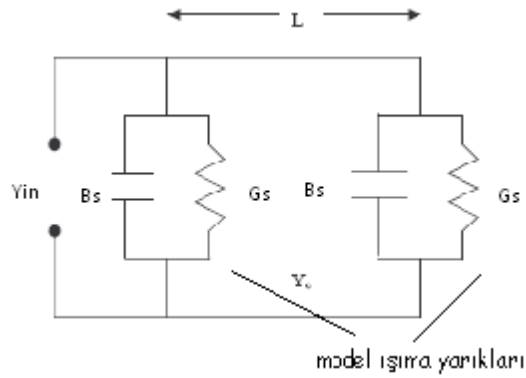
$$W = \frac{\lambda_o}{2} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}}$$

eşitliği ile verilmektedir.

Modelde yamanın giriş empedansı ,tıpkı uzunluğu L ve admitansı Y_c olan normal bir transmisyon hattının empedansı gibi algılanabilir. Her yarık, G_s kondüktans ve B_s süseptans olmak üzere; $Y_s = G_s + j B_s$ gibi bir admitansa sahiptir.

$$G_s = \frac{W}{120\lambda_o} \left(1 - \frac{1}{24} (k_o h)^2 \right)$$

$$B_s = \frac{W}{120\lambda_o} \left(-0.636 \ln(k_o h) \right)$$



Şekil 3 :Eşdeğer admitans devre modeli

Rezonansta her iki uçtaki ışıma yarıklarının fazörleri arasında 180° fark olduğundan dolayı her iki yarığın süseptansları birbirini götürür. Böylece geriye sadece resistif giriş admitansı kalır. Dolayısıyla;

$$Y_{in} = 2G_s$$

buradan giriş rezistansı;

$$R_{in} = \frac{1}{Y_{in}}$$

olarak bulunur.

Mikroşerit antende metalik yama, alt yüzeyde dielektrik tabaka ve üst yüzeyde hava bulunduğundan dolayı, homojen olmayan bir yapıya sahiptir. Bu yapı elektriksel geçirgenlik değerinin değişmesine neden olur. Yeni durum için bir başka geçirgenlik sabiti ϵ_{eff} tanımlanır ve;

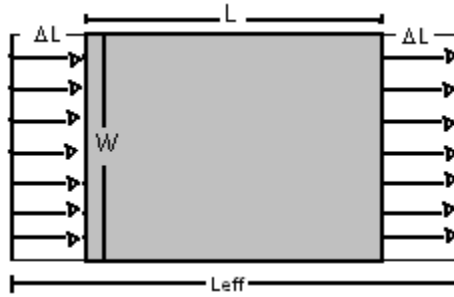
$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + 12 \frac{h}{W} \right)$$

Şeklinde gösterilir.

Işıma yarıkları etrafında saçılan elektrik alan, yamayı fiziksel olarak olduğundan daha büyük bir elektriksel boyuta taşır; L , elektriksel uzama miktarı olmak üzere;

$$\Delta L = \frac{0.412h(\epsilon_{eff} + 0.3) \left(\frac{W}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{eff} - 0.258) \left(\frac{W}{h} + 0.8 \right)}$$

Şeklinde ifade edilir.



Şekil 4: İki yarıklı modelde saçılan elektrik alanının elektriksel boyutu

Yamanın etkin uzunluğu ise L_{eff} ile gösterilip,

$$L_{eff} = \frac{c}{2f \sqrt{\epsilon_{eff}}}$$

Şeklinde ifade edilmektedir. Şekil 4 ve eşitlik 'ten yama boyu;

$$L = (L_{eff} + 2\Delta L)$$

olarak bulunur.

1.3.2.Rezonatör Modeli

Rezonatör modeli bir diğer çok kullanılan modelleme yöntemidir. Transmisyon hat modeline nazaran daha doğru sonuçlar elde edebileceğimiz bir giriş empedansı ve rezonans frekansı sunar. Mikroşerit antenin metalik yama kısmını,dört yanı manyetik duvarla çevrili,en alt ve en üstünde ise elektrik alanın bulunduğu bir rezonatör olarak ele alır.

Model, λ dalga boyu olmak üzere, $h \ll \lambda$ için şu gözlemleri öne sürer:

- Dielektrik tabaka ince olduğundan dolayı, kavitenin iç bölgesindeki elektrik ve manyetik alan z eksenine yayılım göstermezler.
- Elektrik alanın sadece z-ekseni bileşeni bulunur. Manyetik alanın ise birbirine dik iki düzlem olan H_x ve H_y bileşenleri bulunur.

1.3.3.Moment Metodu

Moment metodu ,diğer metodlar gibi kılavuz dalga ya da yarı dalga kullanmak yerine tam dalga analizini baz alır,bundan dolayıdır ki sonuçları %100 doğruluk göstermektedir,fakat analizde karmaşıktır.

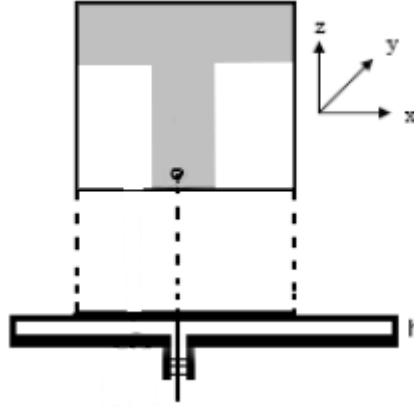
Dielektrik tabakadaki elektrik alanı modellemek için yamanın yüzey akımları ve polarizasyon oluşturan yamanın alt yüzeyindeki yükleri kullanır.Elektrik alanın 2 ve 3 boyutlu integralleri matris biçimine sokularak değişik formlarda çözüm üretilmiştir.

1.4.Mikroşerit Anten Besleme Teknikleri

Genel olarak, besleme tekniğinin adı her ne olursa olsun ana amaç empedans uyumunu sağlamaktır. Empedans uyumunun sağlanması, aktarılan gücün çok büyük bir kısmının beslemeden metalik yamaya geçmesini garanti eder. Öte yandan bir besleme tekniğinin bir anten için uyumluluğu da çok önemlidir.

1.4.1 Prob Besleme

Metalik yamaya dielektrik tabakanın içinden geçen bir probun lehimlenmesi suretiyle oluşturulan bir tekniktir. Prob herhangi bir iletken ya da koaksiyel kablo olabilmektedir yalnız prob, yama üzerinde en iyi empedans uyumunun sağlandığı bir koordinata yerleştirilmelidir.



Şekil 5 :Prob beslemeli T-tipi mikroşerit antenin yandan ve üstten görünüşü

Besleme akımı J_z nin elektrik alan bileşeni E_z ile bağlantısı (kuplajı) yama üzerinde uyartıma neden olmaktadır. Bu kuplaj (bağlaşım), herhangi bir x_0 referans noktasına göre, besleme ucunun yama üzerindeki koordinatı olmak üzere şekildeki gibi verilmektedir;

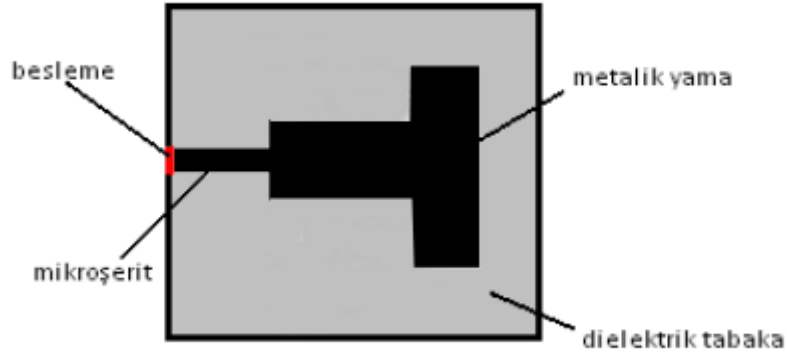
$$\iiint E_z J_z dv \cong \cos \left(\frac{\pi x_0}{L} \right)$$

Prob besleme tekniğinin temel avantajı, giriş empedans değeri seviyesinin probun konumunun değiştirilerek kolayca ayarlanabilmesidir. Bu kolaylığının yanında bazı sınırlamaları da vardır:

- Lehim ve iletkenin yüzeyleri delerek geçmesi , yüzey akımlarında kaçığa meydan vererek ışıma verimini düşürür.
- Dizi antenlerde birçok lehim gerektirdiğinden kullanımı elverişsizdir.
- Kalın dielektrik tabakalı antenler için, probun kablosunun uzun olmasını gerektirdiğinden ve uzun kablonun giriş empedansının daha indüktif olmasına ve yüzey dalga artışına neden olduğundan elverişsizdir.

1.4.2-.Mikroşerit Besleme

Bu tarz beslemede güç, metalik yamaya oranla çok ince bir iletken şerit yardımıyla aktarılır. Tekniğin ana avantajı; besleme şeridinin metalik yamayla aynı maddeden olması halinde düzlemsel bir yapı oluşmasıdır. Bu; yüzey dalgasını azaltıcı bir durumdur. Kolay bir şekilde antene adapte edilebilmektedir. Metalik yama besleme şeridinin bir devamıymış gibi düşünülebilir.



Şekil 6 : Mikroşerit besleme

Bu besleme tekniğinin tasarımı ve fabrikasyonu son derece kolaydır. Diğer taraftan birçok sınırlamayı da beraberinde taşır.

- Air-gap kullanıldığında,yani besleme şeridiyle yama arasında mesafe bırakıldığında, şeritle yama arası hava boşluğundan dolayı saçaklanan harici radyasyondan dolayı oluşan kayıplar yüksek frekanslarda büyük etki göstermektedirler.
- Besleme şeridi metalik yama ile birleştiğinde empedans değeri 50 değerinin üzerine çıktığından empedans eşleşmesi yinelenmelidir.

1.4.3.ACF (Aperture Coupled Feed) Besleme

Bu besleme tekniğinde besleme sistemi,metalik yamadan ikinci bir yer düzlemi ile ayrılmış durumdadır. Enerji besleme şeridinden yiv'e geçer yiv'den iletken yer düzlemi vasıtasıyla dielektrik tabakaya ulaşır. Bu beslemede yiv, metalik yamanın manyetik alanının maksimum olduğu noktaya göre konumlandırılır.Besleme sisteminin metalik yamadan ayrı olması beklenmedik kayıplara yol açmamaktadır; yiv'in boyu ve eni optimum bir şekilde ayarlanarak daha geniş bir bandgenişliği elde edilebilmektedir.

Genellikle besleme sistemi için kullanılan dielektrik malzemenin elektriksel geçirgenliği genelde yüksek,metalik yama dielektrik sabiti düşük ve substrat tabakası kalındır.

2.TASARIM

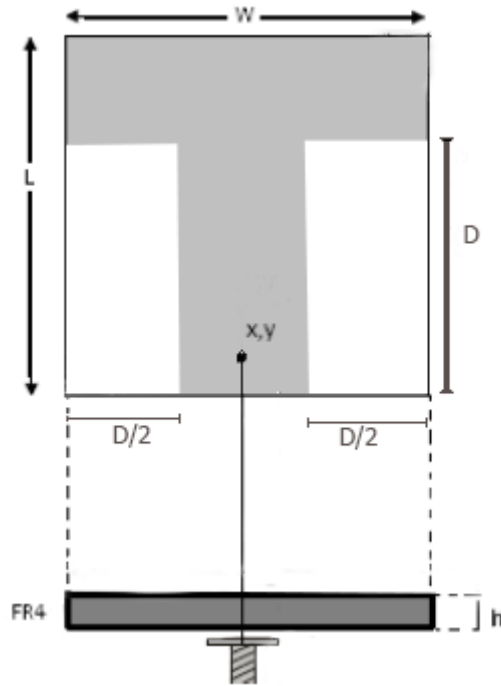
2.1.Giriş

Bu bölümde 1.58 GHz t tipi mikroşerit anten tasarımında kullanılan parametreler,kullanım nedenleri ve detaylar açıklanmış ardından bu bilgiler ışığında hazırlanmış olan simülasyon tanıtılmıştır.

2.2.Tasarım Prosedürü:Parametreler ve Tasarım Hesaplamaları

Tasarıda kullanılan parametreler şu şekildedir;

- *Operasyon frekansı (f_0):* Antenin rezonans frekansı olup,tasarımda 1.58 GHz değerindedir.
- *Dielektrik sabiti (r):* Tasarımda dielektrik tabaka kullanılmıştır FR4 maddesi için $\epsilon_r=4.4$ değerleri seçilmiştir.
- *Dielektrik tabaka kalınlığı (h):* FR4 maddesi için $h=1.6\text{mm}$ olarak belirlenmiştir.
- *Besleme probu koordinatları (x,y):* sağ üst köşeye referansla (20,39)[mm]'dir.
- *kesim parçaları kenar uzunluğu(D):* 26 mm seçilmiştir. T parçası oluşturmak için y-ekseninde D kadar x-ekseninde soldan ve sağdan $D/2$ uzunluklu parçalar kesilmiştir.



Şekil 7: Tasarlanan mikroşerit anten

Tasarım hesaplamalarında , analizdeki ve uygulamadaki kolaylıkları bakımından Transmisyon Hat Modeli kullanılacaktır. Anten ile ilgili parametreler ;

- Yama genişliği , eşitlik yardımıyla $W=40$ mm
- Etkin elektrik geçirgenliği, eşitlik yardımıyla $eff=5.2$
- Elektriksel yama artımı, eşitlik yardımıyla $\Delta L=0.72mm$
- Yama uzunluğu , eşitlik'den $L=40mm$ olarak bulunur.

2.2.1-Optimizasyon

Mikroşerit anten tasarımında kısmen de olsa seçilen her besleme tekniğinin, her analiz modelinin kendilerine ait avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Mikroşerit anten tasarımındaki başlıca handikaplar olarak dielektrik tabakanın kalınlık-incelik problemi ve bu tabakaya ilişkin dielektrik sabitinin büyük – küçük olması problemlerini sayabiliriz. Esasen bu parametreler rezonans frekansını direkt olarak etkilediği için, bu frekanslar için kullanılacak dielektrik tabaka kalınlığı ve bu tabakaya ilişkin dielektrik sabiti kullanılan formüller ve/veya fabrikasyon koşulları ile hemen hemen belirlenmiş bulunmaktadır. Dolayısıyla dizayn edilen antenin amacına daha iyi hizmet verebilmesi için yapılacak iyileştirme çalışmalarının dielektrik tabaka kalınlığını ve dielektrik sabitini içermemesi gerekmektedir. Bu sorun anten mühendisleri tarafından çözüme kavuşturularak, yapılacak iyileştirmenin anten geometrisi üzerinde olması gerektiğine karar verilmiştir.

T-tipi Metalik yama neredeyse T şekilli bir geometriye sahip olup, üst kenarı W kadar uzunluğa sahip, birbirlerine şekilden simetrik kesilmiş iki adet uzunluk olarak D en olarak $D/2$ uzunluklu parçadan meydana gelmektedir. Bu iki dikdörtgen şekli kesmek, antenin ana lobu doğrultusunda ışıma yapmayıp, yan doğrultulara ışıma yapan dalgaların uyartımını azaltmakta ve yüzey dalgalarında azalmaya sebebebiyet vermektedir. Bunun yanı sıra koordinatları doğru seçilmiş bir besleme, empedans uyumunu sağlamanın yanı sıra yan doğrultulara ışıma yapan köşelerdeki dalga fazlarının 90° farklı olmasını ve genliklerinin aynı olmasını sağlayarak bir dairesel polarizasyon üretir.

2.2.2 Simülasyon ve Sonuçlar

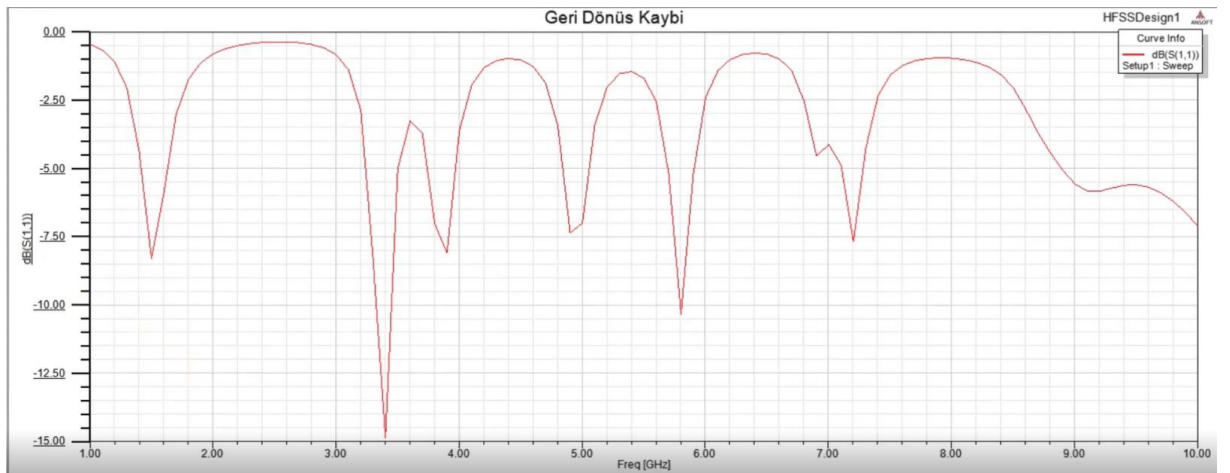
Parametreleri belirtilen 1.58 GHz frekanslı T- tipi mikroşerit anten tasarımı projesi Ansys HFSS 13 versiyonunda sanal ortamda tasarlanmıştır.

Antenin çok katmanlı yapısı için “Model” bölümünden katman seçimi yapılmış, her katmana yükseklikleri ve parametreleri girilmiştir ve model olarak tasarımı yapılmıştır. “Analysis-Solution Setup” menüsünden merkez frekans 1.58 GHz değerine ayarlanmıştır. “Sweep” (tarama) ayarları öncelikle ara değerlerin (interpolating) belirlenmesine yönelik olmalıdır ardından analizin yapılmak istenen frekans aralığı seçilir. “Edit Sweep” menüsünden ayarlamalar yapılarak sonuçlara geçilmeden önce sonuç grafiklerinin ayarlanmasıyla son işlemler yapılmıştır. Daha sonra tasarım kontrol işlemi yapılarak, tasarımın doğru olduğu öğrenilip bilgisayara kaydedileme işlemi yapılmıştır.

Aşağıda yapılan analize ilişkin tablolar verilmiştir;

- **Geri Dönüş Kaybı (Return Loss)**

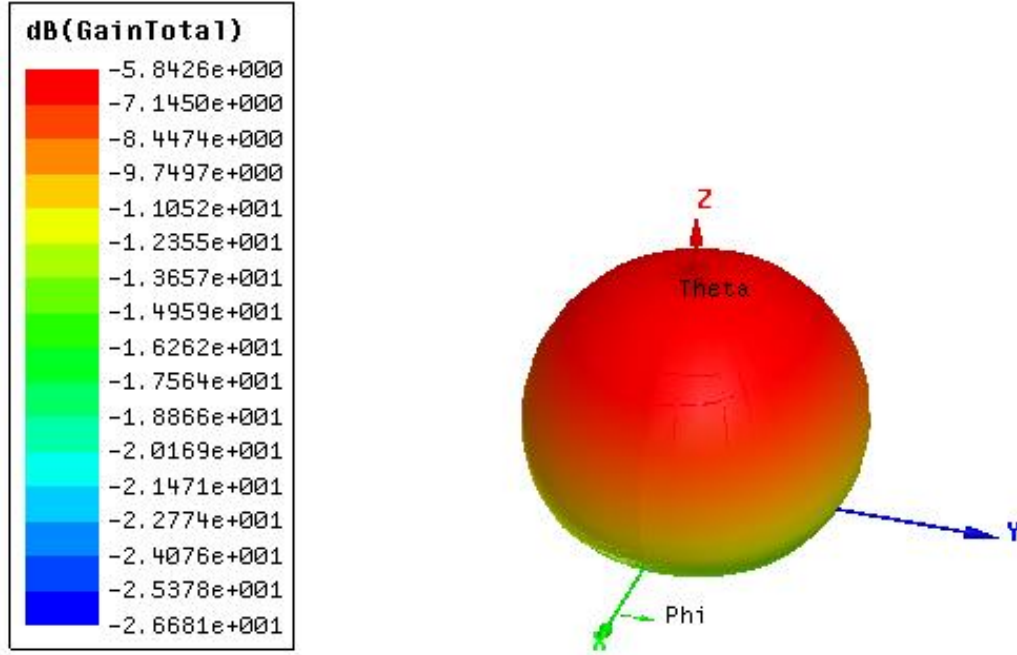
Geri dönüş kaybı ,antenin yüzey dalgaları ve yama akım kaçakları nedeniyle merkez frekans etrafında sapmaya uğramış ve en düşük değerini, Şekil 8’de gösterildiği gibi 1.56GHz mertebesinde -8.47[dB] olmak üzere almıştır. Merkez frekans olan 1.58 GHz mertebesinde ise geri dönüş kaybı -8.05 [dB] değerindedir. Belirtilen durum kabul edilebilir sınırlar içerisinde (Ehsan,G.Doust;August 2007)



Şekil 8: Tasarlananan T-tipi mikroşerit antene ilişkin geri dönüş kaybı grafiği

- **Kazanç(Gain)**

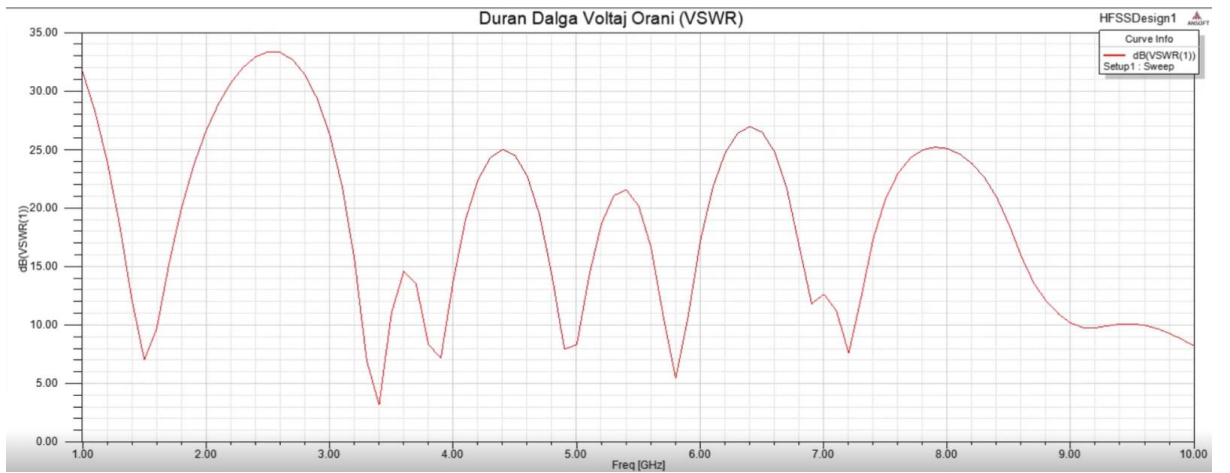
Tasarlanan T-tipi mikro şerit antenin sağladığı kazanç 3 boyutlu olarak şekil 9'daki gibi bulunmuştur.



Şekil 9: Tasarlanan T-tipi mikroşerit antene ilişkin 3 Boyutlu kazanç grafiği

- **Duran Dalga Voltaj Oranı (VSWR) (Voltage Wave Standing Ratio)**

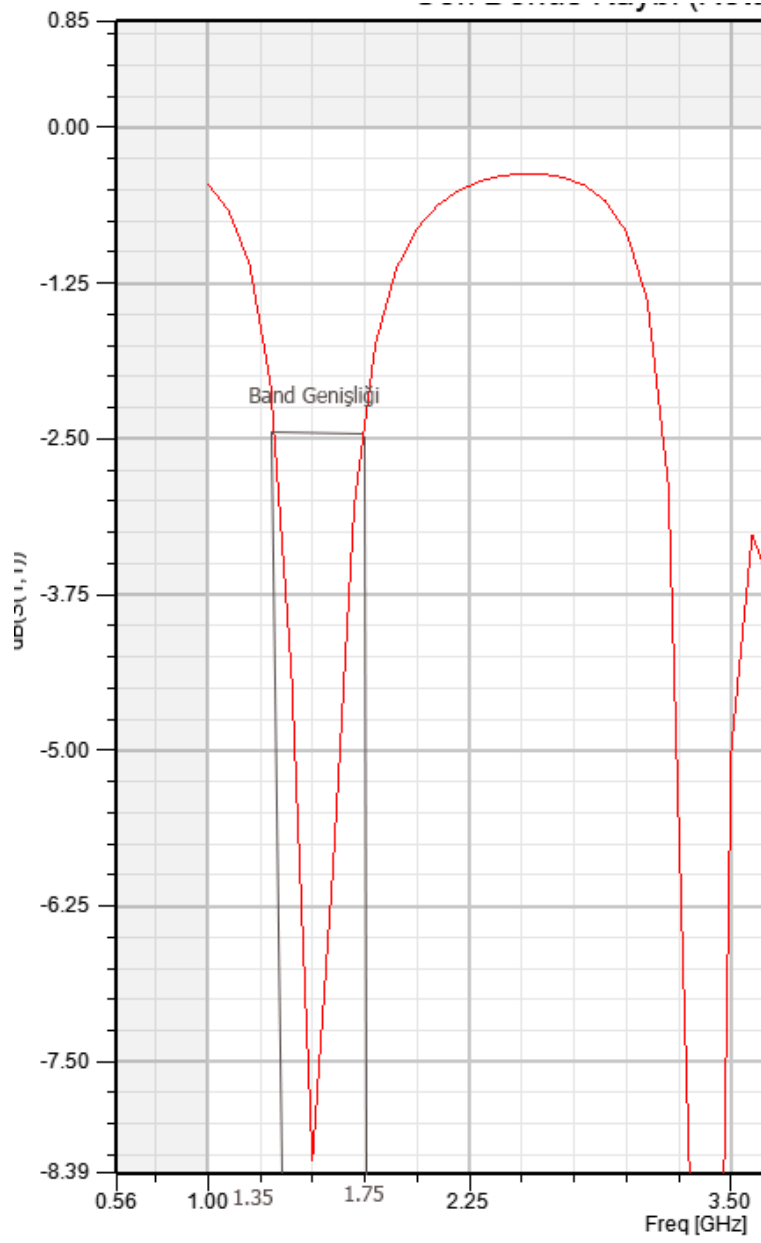
VSWR değeri, 7.16 olup 1.58 GHz mertebesine tekabül etmektedir.



Şekil 9: Tasarlanan T-tipi mikroşerit antene ilişkin Duran Dalga Voltaj Oranı grafiği

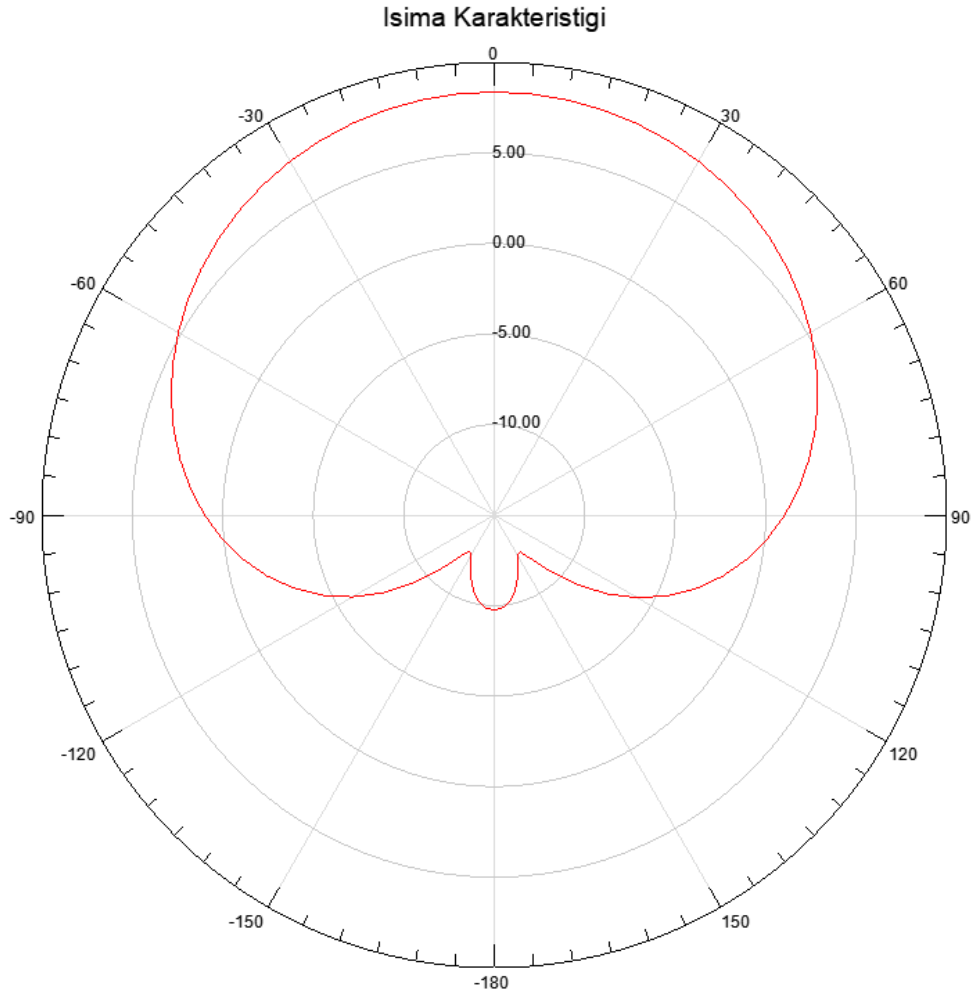
- **Band Genişliği**

şekil 10 ile verilen grafik uyarınca band genişliği yaklaşık 3,5-4 MHz mertebesindedir.



şekil 10 : Tasarlananan T-tipi mikroşerit antene ilişkin band genişliği konfigürasyonu

- **İşıma Karakteristiği**

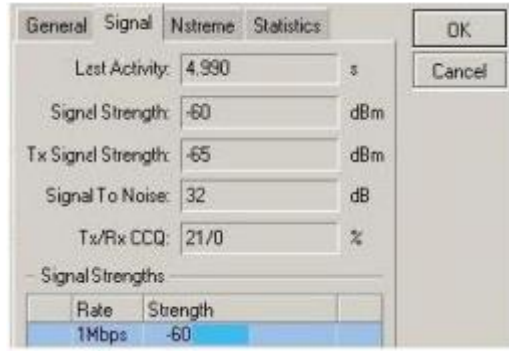


Şekil 11: Tasarlanan T-tipi mikroşerit antene ilişkin ışıma karakteristiği

Şekil 11’da metalik yama düzlemindeki (-x düzlemi) ışıma karakteristiği verilmiştir.İşıma karakteristiği bize antenin kısıtlayıcı parametrelere bağlı olarak antenin ışımayı nasıl gerçekleştirdiği husunda bilgiler verir.En genel halde hiç kayıpsız bir anten için ışıma karakteristiğinin simetrik ve yan loblarda tam bir oval çizgi oluşturması beklenir,fakat tasarlanan antendeki kayıplar ışıma karakteristiğinin simetrisini bozmuştur.

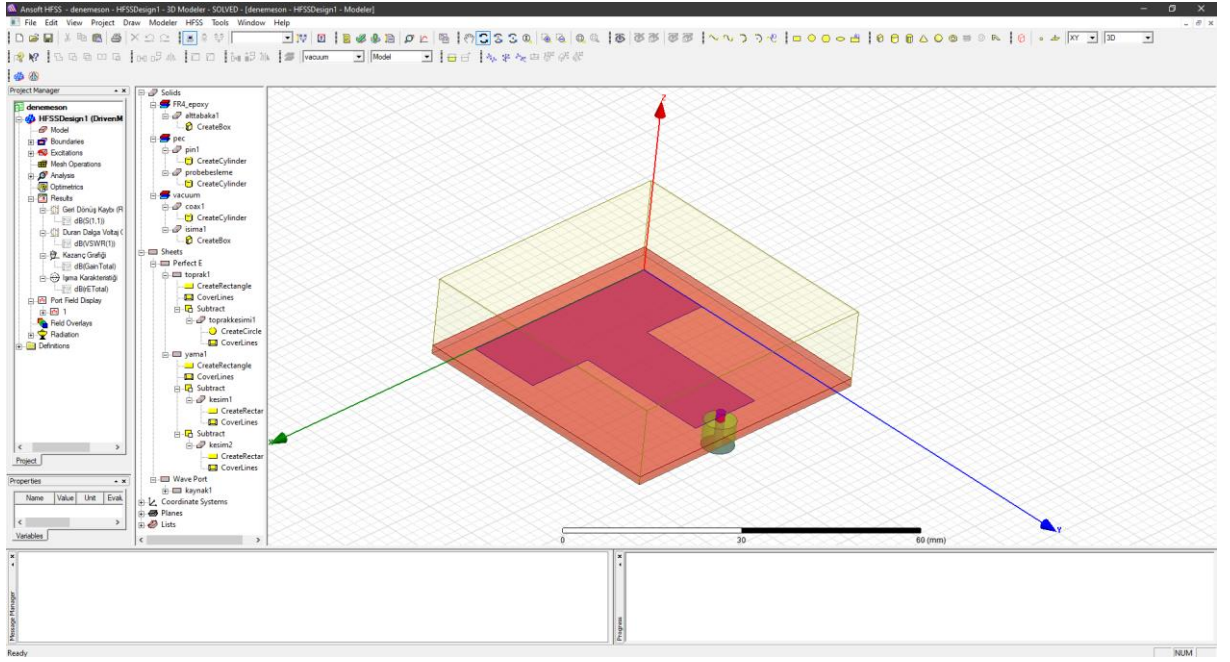
3.Test

Ödevde yapılan anten tasarımı için benzetimleri doğrulamak amacı ile gerçekleştirilen anten için temel özelliklerini ölçmek ve performansını değerlendirmek için test edilmiştir. Şekil 12’da bu ödev için gerçekleştirilen T-tipi mikro şerit antenin sinyal seviyesi gösterilmiştir.

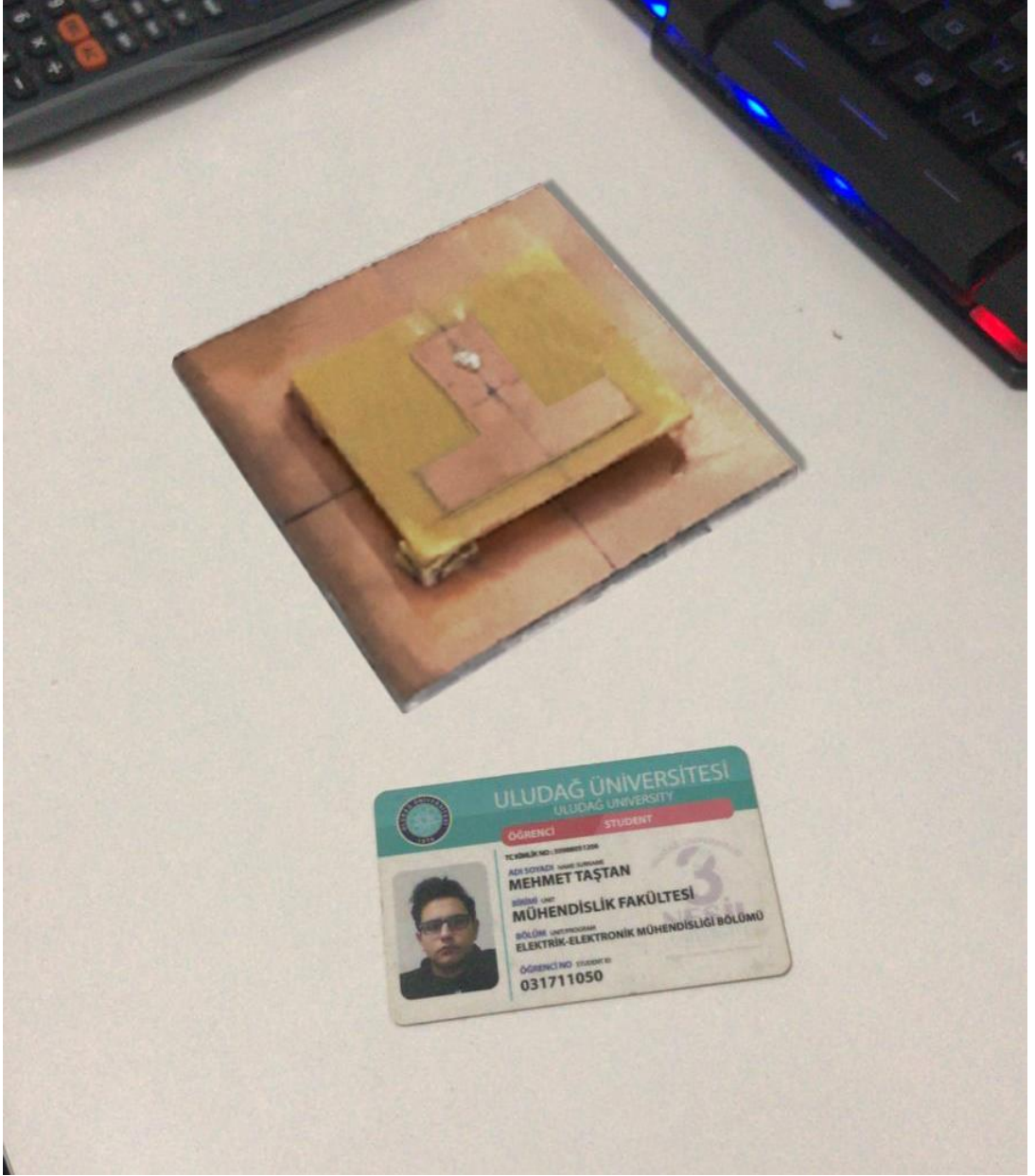


Şekil 12: Gerçeklenen Antenin Test Sonuç Ekranı

4-Görseller



Görsel 1: HFSS ile tasarlanan T-tipi mikro şerit antenin HFSS ekranı görüntüsü



Görsel 2 : Gerçeklenen T-tipi mikroşerit anten

Hesaplamalar $W=40\text{ mm}$ $h=1,6\text{ mm}$ $\epsilon_r=2,4 \rightarrow f_{r_6}$ için

$$e_{eff} = \frac{\epsilon_r - 1}{2} + \frac{\epsilon_r + 1}{2} \left(1 + 12 \frac{1,6\text{ mm}}{40\text{ mm}} \right)^{-1} = \frac{2,4}{2} + 1,836 = 5,216$$

$$L_{eff} = \frac{c}{2 f \sqrt{\epsilon_{eff}}} = \frac{3 \times 10^8}{2 \cdot 1,58 \times 10^9 \sqrt{5,216}} = 41,15\text{ mm}$$

$$\Delta L = 0,412 \cdot 1,6\text{ mm} \left(5,216 + 0,7 \right) \left(\frac{40}{1,6} + 0,264 \right) = 0,256$$

$$(5,216 - 0,256) \left(\frac{40}{1,6} + 0,8 \right) = 122,96$$

$$\Delta L = 0,172\text{ mm}$$

$$L_{eff} = \frac{3 \times 10^8}{2 \cdot 1,58 \cdot 10^9 \sqrt{5,216}} = 38,56\text{ mm}$$

$$L = (L_{eff} + 2\Delta L) = 38,56 + (2 \times 0,172) = 40\text{ mm}$$

Görsel 3 : Tasarlanan T-tipi mikroşerit anten 'in hesaplamaları

Kaynaklar

C.L.I. Williams and Y.Rahman-Samii “Novel Bi-Polar planar Near-Field measurement Scanner At UCLA” 1991 Int.IEEE/AP-S symp.Dig Lon don ,Ontario,Canada June 1991

C.A.Balanis “Antenna Theory Analysis and Design”,Wiley&Sons

Huang-Pu Rd., Feng-Shan, Kaohsiung” Single-feed Microstrip Antenna for Circular Polarization” Department of Electrical Engineering, ROC Military Academy,, 830, Taiwan, ROC

Kin-Lu Wong,”Planar Antennas for Wireless Communications”,Wiley&Sons,New Jersey 2003

K.L.Wong ,”Compact and Broadband Microstrip Antennas”, Wiley&Sons, NY 2002

J.James,”Handbook of Microstrip Antennas”,P.S.Hall,London UK,1989

K.R.Carver,J.W.Mink,Microstrip Antenna Technology”,IEEE Trans.Antenna and Propagation,Vol.AP 29,January 1981

D.M.Pozar,”Microstrip Antennas”,Proc.IEEE,Vol 80,1992

A.Petosa “Antenna and Arrays:ELEC5607”.Carleton University,ON,2004 Balanis, C.A., Antenna Theory: Analysis and Design, John Wiley & Sons, Inc, 1997

Harrington. R.F., Field Computation by Moment Methods, Macmillan, New York, 1968.

G.Kumar,K.Ray”Broadband Microstrip Antennas”,Artechhouse,MA,2003

D.Gray , M.Trinkle ,”Overwiev of GPS Receiver Anti-Jam Technologies”Cooperative Research Center Adelaide University,Australia,April 2001

Ehsan G. Doust “An Aperture-Coupled Stacked Microstrip Antenna for GPS Frequency Bands L1, L2 and L5”ON,Canada

Myung Ki Kim; Kwonil Kim; Young Hoon Suh; Ikmo Park A T-shaped microstrip-line-fed wide slot antenna

H. Wang; D. G. Fang; L. Wang; Y. X. Guo A modified T-shaped probe-fed circularly polarized microstrip patch antenna