

## Wi-Fi Frekansında Çalışan Metamalzemeli Dikdörtgen Mikroşerit Yama Anten Tasarımı

Fulya Bağcı<sup>1</sup>, Sultan Can<sup>2</sup>, Cenk Mülazımoğlu<sup>1</sup>, Emrullah Karakaya<sup>1</sup>, Asım Egemen Yılmaz<sup>2</sup>, Barış Akaoglu<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ankara Üniversitesi  
Fizik Mühendisliği Bölümü  
Ankara

fbagci@eng.ankara.edu.tr, cenkmulazimoglu@gmail.com, emrullah.fizik@gmail.com,  
akaoglu@eng.ankara.edu.tr

<sup>2</sup>Ankara Üniversitesi  
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü  
Ankara  
sultancan@ankara.edu.tr, aeyilmaz@eng.ankara.edu.tr

**Özet:** 2,44 GHz Wi-Fi frekansında çalışan bir mikroşerit yama anten ve bu frekansta rezonans veren solak bir metamalzeme yapısı tasarlanmıştır. Metamalzeme dizisi antene uygun uzaklıkta üsttaş olarak entegre edilerek ışına verimliliği ve toplam verimlilik sırasıyla %2,2 ve %2, anten yönlülüğü %8,15, anten kazancı ise %20,75 artırılmıştır.

**Abstract:** A microstrip patch antenna working at 2,44 GHz Wi-Fi frequency and a left-handed metamaterial structure resonating at this frequency are designed. By integrating the metamaterial array to the antenna as a superstrate from a proper distance, radiation efficiency and total efficiency are 2,2% and 2%, antenna directivity is 8,15% and antenna gain is 20,75% enhanced.

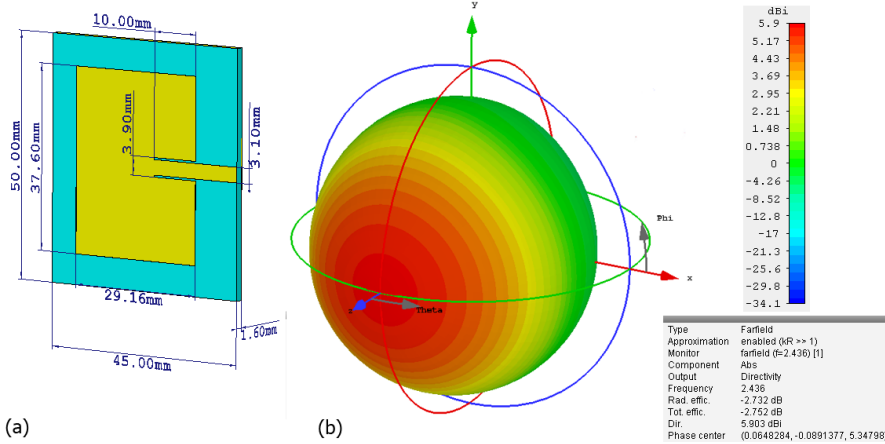
### 1. Giriş

Mikroşerit yama antenler düşük profilli antenlerdir ve diğer anten tiplerine göre birçok üstün yönle sahiptirler. Bu öne çıkan yönler hafif, ince olmaları, basit yapıları, baskı devre teknolojisi ile üretilebilir ve düşük maliyetli olmaları olarak sıralanabilir. Fakat bu üstün özelliklerinin yanında mikroşerit yama antenlerin dar bantlı ve düşük kazançlı olmaları yaygın olarak kullanılmalarını kısıtlamaktadır [1].

Metamalzemeler negatif kırılma, görünmezlik, ters Doppler etkisi gibi ilginç elektromanyetik özelliklere sahip, doğada var olmayan fakat yapay olarak elde edilebilen malzemelerdir. Gelen dalganın dalga boyundan çok daha küçük ebatlardaki metalik hücrelerin periyodik bir yapı oluşturacak şekilde dizilmesiyle oluşturulmaktadır. Metamalzemeler negatif elektrik ve manyetik geçirgenliğe sahip olduklarında solak metamalzemeler olarak adlandırılmaktadır. Anten performansı solak metamalzeme anten tasarlanarak veya anten yapısında üsttaş olarak solak metamalzeme kullanılarak artırılabilir [2]-[7]. Bu çalışmada ikinci yöntem izlenerek, 2,44 GHz frekansında tasarlanan dikdörtgen şeklinde mikroşerit yama antenin kazanç ve yönlülüğü, aynı rezonans frekansına yönelik tasarlanan metamalzeme yapısı antene üsttaş olarak yerleştirilerek artırılmıştır. Çalışmada Computer Simulation Technology (CST) Microwave Studio benzetim programının frekans bölgesinde integral denklem çözücüsü kullanılmıştır. Mikroşerit yama antenlerin yapısından kaynaklanan dar bantlılık, düşük kazanç ve yönlülük özelliklerinin anten yapısına metamalzeme entegre edilerek iyileştirilebileceği gösterilmiştir.

### 2. Mikroşerit Yama Anten Tasarımı

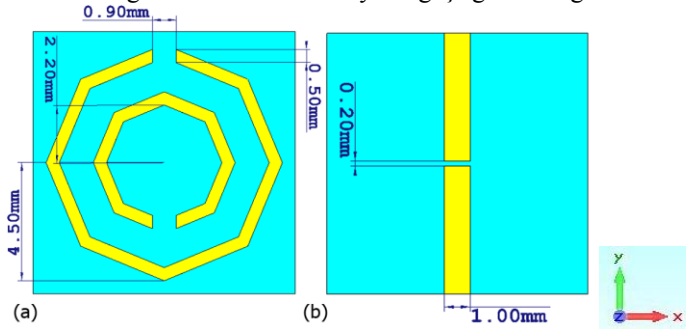
1,6 mm kalınlıkta arka yüzü tamamen bakır kaplı, dielektrik sabiti 4,3, kayıp tanjantı 0,02 olan FR-4 alttaşın ön yüzüne dikdörtgen şeklinde bir yama ve mikroşerit hat tasarlanarak 2,44 GHz'de ışına yapacak şekilde bir anten tasarlanmıştır. Dikdörtgen mikroşerit yama antenin yama genişliği ve uzunluğu bilinen eşitlikler aracılığıyla ve empedans uyumu gözetilerek hesaplanmıştır [1]. Mikroşerit hattın genişliği anten giriş empedansı 50  $\Omega$  olacak şekilde ayarlanmıştır [1]. Bu hesaplamalar sonucunda tasarlanan anten yapısı geometrik boyutlarıyla beraber Şekil 1(a)'da gösterilmiştir. Tasarlanan mikroşerit antenin çalışma frekansı 2,44 GHz, -10 dB bant genişliği %2,1, çalışma frekansında geri dönüş kaybı -23,1 dB'dir. Antenin üç boyutlu ışına örüntüsü Şekil 1(b)'de gösterilmiştir. Bu frekansta antenin ışına verimi ve toplam verimi sırasıyla -2,732 dB ve -2,752 dB, kazancı 3,171 dB, yönlülüğü 5,903 dBi olarak bulunmuştur.



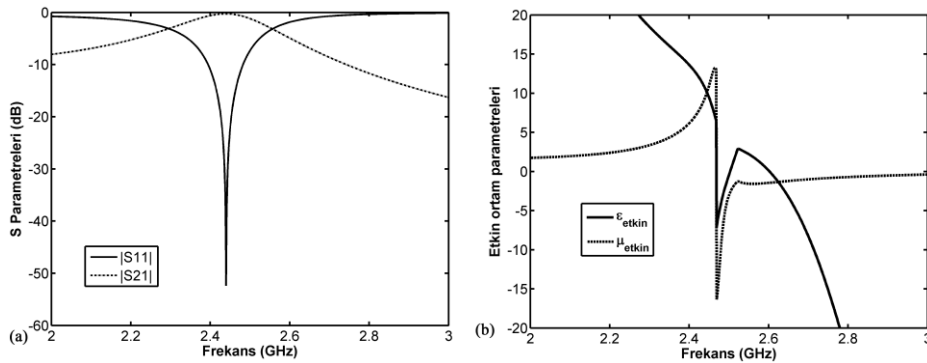
Şekil 1. Dikdörtgen mikroşerit yama antenin (a) geometrisi ve boyutları, (b) üç boyutlu ışınım örüntüsü

### 3. Metamalzeme Tasarımı

Anten performansını iyileştirilmek için 0,508 mm kalınlığında, 10 mm boyutlarında dielektrik sabiti 2,33, kayıp tanjantı 0.0012 olan karesel bir Rogers RT/Duroid 5870 altta üzerinde bir yüzü sekizgen şeklinde ayrıık halka rezonatör (AHR-split ring resonator) diğer yüzü kesikli şeritten oluşan bir metamalzeme yapısı kullanılmıştır. Metamalzemenin arka yüzündeki bakır şeritte bir kesit açılarak kapasitif etki yaratılmış ve yansıma minimumu daha alçak dB'lere çekilmiştir. Birim hücre geometrisi boyutlarıyla beraber Şekil 2'de gösterilmiştir.  $\pm y$  düzlemleri mükemmel elektrik iletken (PEC),  $\pm z$  düzlemleri mükemmel manyetik iletken olarak seçilmiş ve yapı  $-x$  doğrultusunda gönderilen elektromanyetik dalgayla uyarılmıştır. Ön yüzdeki iki ayrıık halka rezonatör birbirine yaklaştırıldıkça, arka yüzdeki metal şeritteki kesik aralığı azaltıldıkça rezonans frekansın azaldığı tespit edilmiştir. Yapının geometrik parametreleri 2,44 GHz'de en yüksek geri dönüş kaybını verecek şekilde ayarlanmıştır. 2,44 GHz frekansında geri dönüş kaybı  $-52,4$  dB'dir (Şekil 3(a)). Metamalzemenin etkin elektrik ve manyetik geçirgenliği S-parametrelerinden Kramers-Kronig ilişkisini temel alan algoritmanın etkin ortam teorisini esas alan iyileştirilmiş bir versiyonu kullanılarak hesaplanmıştır [5]. Şekil 3(b)'den görüldüğü üzere  $S_{11}$ 'in rezonans olduğu frekans aralığında elektrik ve manyetik geçirgenlik negatif olarak bulunmuştur.



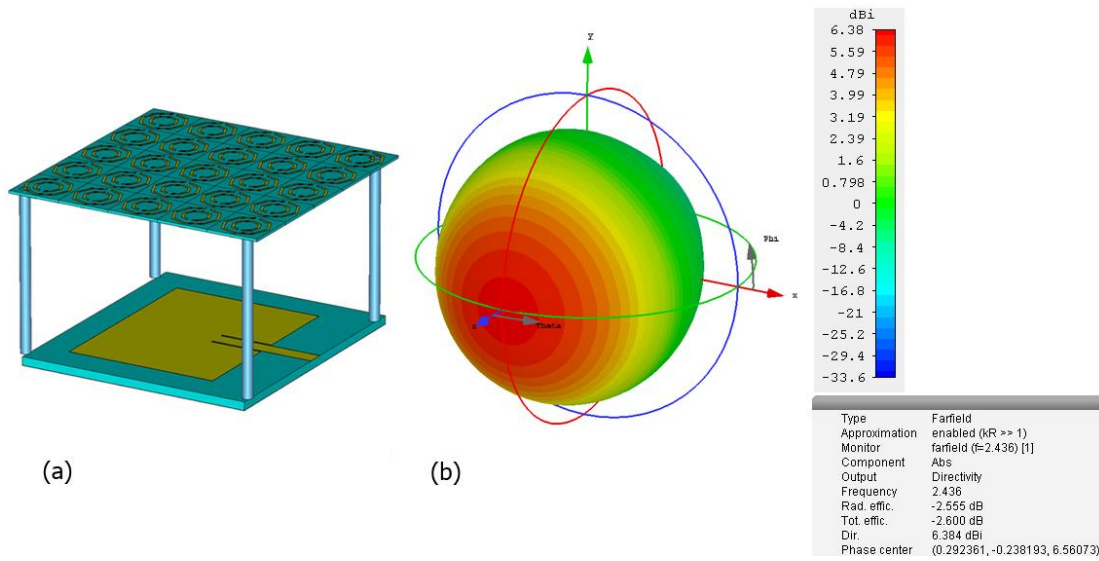
Şekil 2. Metamalzeme birim hücre yapısının (a) ön ve (b) arka yüzü



Şekil 3. Metamalzeme birim hücre yapısının (a) yansıma ve iletim spektrumları, (b) frekansa karşın etkin elektrik ve manyetik geçirgenlik değerleri (gerçel kısımları)

#### 4. Metamalzemeli Mikroşerit Yama Anten Tasarımı

Belirlenen birim hücre metamalzeme yapısı Şekil 4(a)'da görüldüğü gibi tek tabaka üzerinde  $5 \times 5$  dizi halinde mikroşerit yama antene köpükten ayaklar üzerinden üsttaş olarak yerleştirilmiştir. Benzer şekilde ayaklarla tutturulmuş bir metamalzeme üsttaşlı farklı bir anten (Fabry-Perot kavite anteni) prototipi [6] no'lu çalışmanın Şekil 7'sinde gösterilmektedir. Üsttaşın antene olan mesafesi yaklaşık  $\lambda_0/3$  olduğunda (3 cm) mikroşerit yama antenin çalışma frekansındaki geri dönüş kaybı değeri korunurken anten bant genişliği, verimliliği, yönlülüğü ve kazancında artış olmuştur. Şekil 1(b) ile Şekil 4(b)'nin karşılaştırılmasından da görülebileceği üzere ışımaya ve toplam verimlilik yaklaşık %2 artmıştır. İççe sekizgen şeklinde AHR'lü metamalzeme yapısını üsttaş olarak kullanarak tasarladığımız antenin ışımaya ve toplam verimliliğinin, farklı C şeklinde desenli AHR'ler kullanılarak 2 GHz'e yönelik tasarlanan mikroşerit yama antenin [7] ışımaya ve toplam verimliliğine kıyasla daha iyi olduğu göze çarpmaktadır.  $-10$  dB bant genişliği %2,1'den %2,9'a, anten yönlülüğü 5,903 dBi'den 6.384 dBi'ye, anten kazancı ise 3,171 dB'den 3,829 dB'ye artırılmıştır. Önerilen metamalzemeli mikroşerit yama anten 2,45 GHz kablosuz yerel alan ağ uygulamalarında, 'bluetooth' teknolojisiyle kablosuz veri aktarımında kullanılabilir.



Şekil 4. Metamalzemenin üsttaş olarak yerleştirildiği mikroşerit yama antenin (a) yapısı, (b) üç boyutlu ışımaya örüntüsü

Bu çalışma 16B0443005 numaralı Ankara Üniversitesi BAP projesi kapsamında desteklenmiştir.

#### Kaynaklar

- [1]. Balanis C. A., Antenna Theory: Analysis and Design, John Wiley & Sons Inc., 2016.
- [2]. Jiangpeng L., Yongzhi C., Nie Y. ve Gong R., "Metamaterial extends microstrip antenna," Microw RF, cilt. 52, no. 12, s.69-73, 2013.
- [3]. Majid H. A., Rahim M. K. A. ve Masri T., "Microstrip antenna gain enhancement using left-handed metamaterial structure," PIER M, cilt.8, s.235-247, 2009.
- [4]. Xu H.-X., Wang G. M., Tao Z. ve Cui T. J., "High-directivity emissions with flexible beam numbers and beam directions using gradient-refractive-index fractal metamaterial," Sci Rep, cilt.4, s.5744-5754, 2014.
- [5]. Szabó Z., Park G.-H., Hedge R., Li E.-P., "A unique extraction of metamaterial parameters based on Kramers-Kronig relationship," IEEE Trans. Microw. Theory Techn. cilt 58, no 10, s. 2646-2653, 2010.
- [6]. Razi Z. M., Rezaei P., Valizade A., "A novel design of Fabry-Perot antenna using metamaterial superstrate for gain and bandwidth enhancement," Int. J. Electron. Commun., cilt 69, s.1525-1532, 2015.
- [7]. Singhal P. K., Garg B., Agrawal N., "A high gain rectangular microstrip patch antenna using different C patterns," Advanced Computational Techniques in Electromagnetics, cilt 2012, s. 1-5, 2012.