

X Bant Uygulamaları İçin Yüksek Kazançlı Mikroşerit Anten Tasarımı

Fadime Candan, İrem Öcal, Göksenin Bozdağ, Alp Kuştepe
İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
Urla, İzmir

fadimecandan@std.iyte.edu.tr, iremocal@std.iyte.edu.tr, gokseninbozdag@iyte.edu.tr, alpkustepeli@iyte.edu.tr

Özet: Bu bildiride, X bant uygulamaları için açıklık kuplajlı besleme, parazitik yama ve kademeli besleme hattı kullanılarak yüksek kazançlı bir mikroşerit anten tasarımı yapılmıştır. Bu tasarımda alt katman olarak kalınlığı 1.5 mm, dielektrik katsayısı 4.4 ve tanjant kaybı ($\tan \delta$) 0.02 olan FR4 malzemesi seçilmiş olup, benzetim ve eniyileme çalışmaları HFSS programı ile gerçekleştirilmiştir. Önerilen anten, benzetim sonuçlarına göre, 8.46 GHz - 13.13 GHz frekans aralığında çalışmaktadır. Tüm çalışma bandında antenin sistem kazancı 5.5 dB'nin üzerinde olup, en yüksek değerine 6.64 dB ile 9.1 GHz'de ulaşmaktadır.

Abstract: In this paper, a microstrip antenna is designed by employing aperture coupled feeding, parasitic patch and graded feeding line for X-Band applications. In this design, FR4 whose thickness, dielectric constant and tangent loss are 1.5 mm, 4.5 and 0.02, respectively, is chosen as substrate and all simulations and optimizations are carried on by using HFSS. According to simulation results, the proposed antenna operates in 8.46 GHz - 13.13 GHz frequency range. Antenna system gain is higher than 5.5 dB in the whole operating band and it reaches its peak value at 9.1 GHz with 6.64 dB.

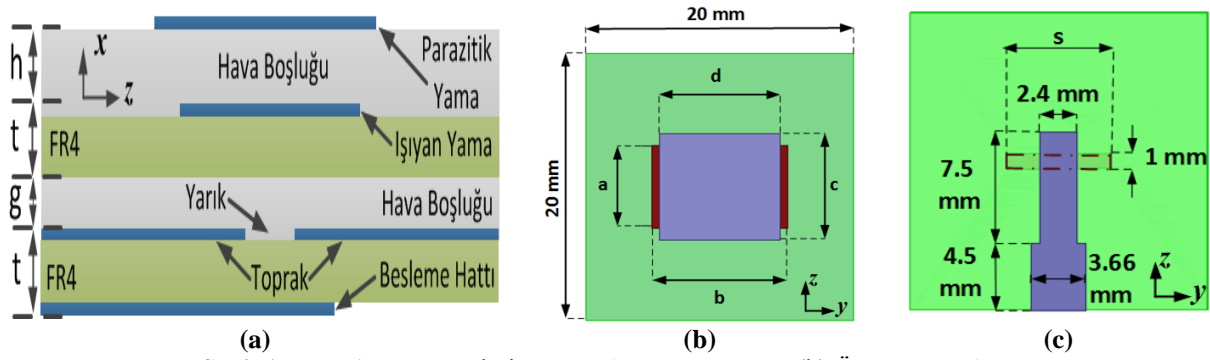
1. Giriş

Mikroşerit antenler, üç boyutlu metalik yapıli antenlere göre çok daha hafif, ucuz ve küçük boyutlu olmalarının yanı sıra bu tip antenlerin üretimleri ve entegre edilmeleri kolay olup, MMIC ve hibrit devrelerin üretim basamaklarına da rahatlıkla uyum gösterebilmektedirler. Bu nedenle mikroşerit antenler mobil ve uydu haberleşme sistemlerinden, çeşitli radar sistemlerine kadar pek çok alanda aktif olarak kullanılmaktadır. Buna karşın bant genişliklerinin dar olması, kazançlarının yüksek olmaması ve besleme hatlarındaki kayıplar mikroşerit antenlerin dezavantajlarındandır. Bu çalışmada, X bant (8 GHz-12 GHz) uygulamaları için açıklık kuplajlı besleme, parazitik yama (PY) ve kademeli besleme hattı kullanılarak yüksek kazançlı bir mikroşerit anten tasarlanması amaçlanmıştır. Çalışma süresince yapılan benzetimler ve eniyilemeler HFSS programı ile gerçekleştirilmiştir.

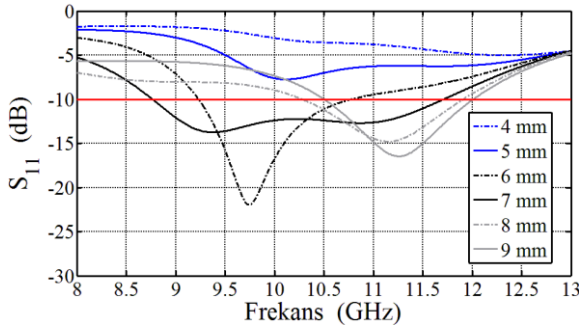
2. Anten Tasarımı

Öncelikle merkez frekansı 10 GHz olacak şekilde dikdörtgen bir ışılan yama (IY) tasarımı hedeflenmiş olup, alt katman olarak düşük maliyeti ve rahatlıkla bulunabilmesi sebebiyle 1.5 mm kalınlığında, dielektrik katsayısı 4.4 ve tanjant kaybı ($\tan \delta$) 0.02 olan FR4 seçilmiştir. Yamaların beslenmesi için literatürde mikroşerit hat ve koaksiyel kablo ile besleme gibi pek çok yöntem bulunmaktadır [1]. Bu çalışmada ele alınan açıklık kuplajlı besleme de bunlardan biridir. Bu besleme yapısı diğer besleme yapılarına göre empedans uydurmada, yarık ve besleme hatlarının yapıları, yerleri ve geometrileri gibi pek çok serbestlik derecesine sahip olması sebebiyle, tasarımlarda kolaylık sağlamaktadır ancak istenilen sonuçlara ulaşmak için bu parametrelerinin ayrı ayrı incelenip eniyilenmesi gerekmektedir. Ayrıca açıklık kuplajlı yapılar, besleme hattından kaynaklanan parazitik ışımaları yama ışımından izole etmeleri sebebiyle daha simetrik ışımaya örüntüleri elde edilmesine olanak sağlamaktadır [2, 3]. Şekil 1'de antenin yandan, üstten ve alttan görünüşleri verilmiştir. IY'nin başlangıç boyutları [1]'de önerilen formüller ile $a=6.49$ mm, $b=9.13$ mm olarak belirlenmiş ve ardından $a=6.2$ mm, $b=10.2$ mm olarak eniyilenmiştir. Yapılan ön benzetim çalışmalarında besleme hattının eni ve boyu sırasıyla 3.66 mm ve 12 mm olarak belirlenmiştir. Dikdörtgen geometride seçilen yarığın pozisyonu ışılan yamanın tam ortasına getirilmiş ve eni 1 mm olarak belirlenmiştir [4]. Şekil 2'de yarık boyunun bant genişliğine etkisi $S_{11}<-10$ dB olacak şekilde incelenmiş ve en iyi sonucun 7 mm'de geldiği görülmüştür. Tablo 1.'de gösterilen yarık geometrileri de bant genişliğini arttırmak için çalışılmış ve benzetim sonuçları Şekil 3'de sunulmuştur. Şekle göre, dikdörtgen yarık geometrisinin, istenilen frekans bandında en iyi sonucu verdiği anlaşılmaktadır. Boyutları

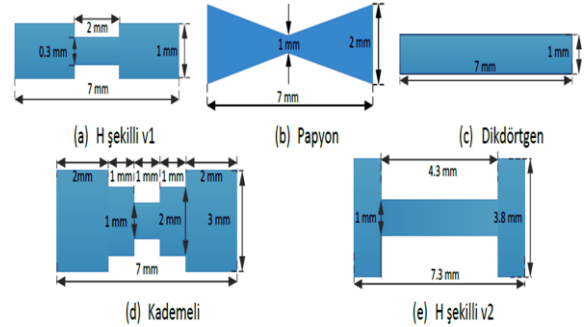
1 mm x 7 mm olarak eniyilenen dikdörtgen yarık ile IY arasındaki hava boşluğunun (g) etkisi incelenmiş ve benzetim sonuçları Şekil 4'de verilmiştir. Şekle göre en fazla bant genişliğine 0.5 mm'de ulaşılmıştır. En iyilenen bu tasarım parametreleri ile 8.78 GHz–11.71 GHz arasında 2.93 GHz'lik bir çalışma bandı ve 10 GHz'de 5.8 dB sistem kazancı sağlanmıştır. Elde edilen bant genişliğini ve sistem kazancını arttırmak için IY'nin üzerine fazladan bir PY eklenmiştir [4-7]. PY'nin etkisi, farklı yüksekliklerde, boyutlarda ve dielektrik geçirgenliğe sahip alt katmanlar kullanılarak araştırılmıştır. Yapılan benzetimler neticesinde herhangi bir alt katman olmadan PY kullanılması gerek daha geniş bir banda hitap etme gerekse de daha yüksek sistem kazancı elde etmede daha uygun olduğu görülmüştür. PY'nin boyutları (c ve d) 0.5 mm'lik adım aralıkları ile yapılan parametrik çalışmalarla belirlenmiştir. $h=5.5$ mm ve $c=9.58$ mm'de $6\text{ mm}<d<10$ mm için yapılan çalışmalar neticesinde bu parametrenin antenin çalışma bandına çok fazla etki etmediği görülmüştür. Şekil 5'de $h=5.5$ mm ve $d=9$ mm'de sabit tutulmuş ve c belirlenmeye çalışılmıştır. Elde edilen benzetim sonuçlarına göre PY'nin boyutları 8 mm x 9 mm olarak belirlenmiştir. Bu çalışmalara ek olarak, antenin besleme



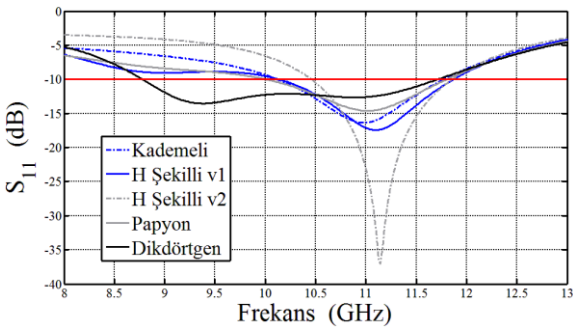
Şekil 1. Antenin görünüşleri (a) Yandan ($t = 1.5$ mm). (b) Üstten. (c) Alttan.



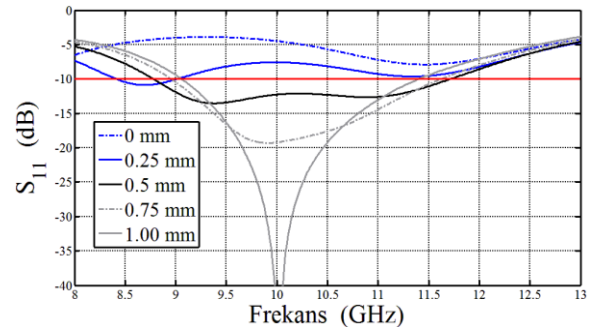
Şekil 2. Yarık için boy (s) incelemesi ($g = 0.5$ mm).



Tablo 1. İncelenen yarık geometrileri..



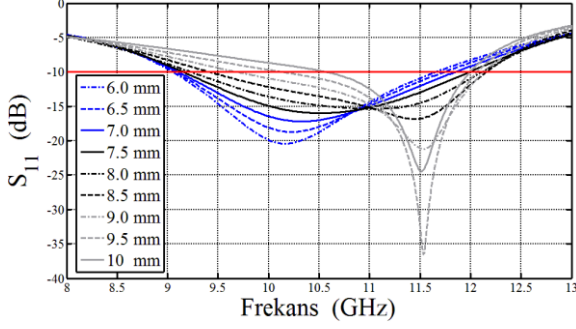
Şekil 3. Yarık için farklı geometrilerin incelenmesi.



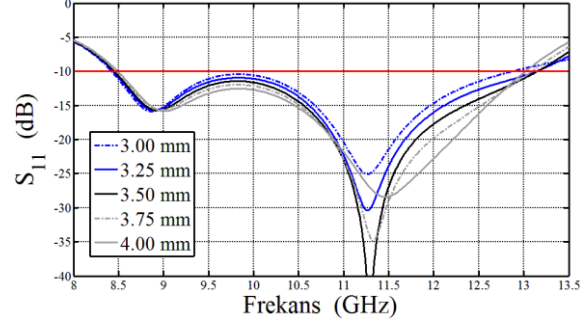
Şekil 4. Açıklık (g) incelemesi.

hattı da incelenmiş ve düz bir hat kullanmak yerine kademeli bir besleme hattı kullanmanın bant genişliği açısından daha iyi sonuç verdiği görülmüştür. Bu nedenle besleme hattı Şekil 1(c)'deki değerler için eniyilenmiştir. Ancak dikkat edilmelidir ki kademeli besleme hattı kullanımı PY'nin var olduğu durumlarda fayda sağlarken, PY'nin olmadığı durumlarda bantı bozmakta ve çok bantlı hale getirmektedir. IY ve PY arasında kalan hava boşluğunun (h) en iyilenmesi için yapılan benzetim sonuçları ise Şekil 6.'da sunulmuştur. Şekilden anlaşıldığı üzere en iyi sonuç $h=3.5$ mm için elde edilmiş olup, bu değer için antenin 8.46 GHz–13.13

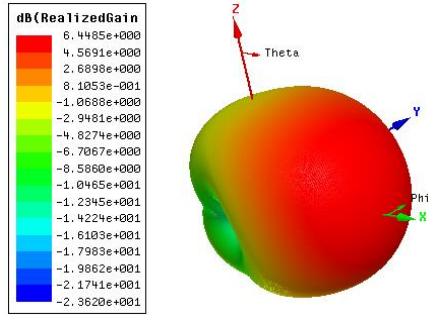
GHz bandında çalıştığı görülmektedir. Düz besleme hattı ile yapılan benzetimlerde ise en iyi sonucun $h=3.75$ mm ile 8.38 GHz–12.64 GHz frekans aralığında olduğu görülmüştür. Anten tasarım parametreleri $a=6.2$ mm, $b=10.2$ mm, $c=8$ mm, $d=9$ mm, $s=7$ mm, $g=0.5$ mm ve $h=3.5$ mm olarak eniyilenmiştir. Dolayısı ile önerilen antenin boyutları 20 mm x 20 mm x 7 mm olarak belirlenmiştir. Şekil 7'de eniyilenmiş antenin 10 GHz'deki ışınma örüntüsü gösterilmiştir. Şekil 8'de ise benzetilmiş sistem kazançları sunulmuştur. Şekilden PY'nin, tüm bantta sistem kazancını arttırdığı açıkça görülmekle beraber kademeli beslemenin 11 GHz'den sonra sistem kazancına katkı sağladığı anlaşılmaktadır. [6, 7]'deki antenler, bu çalışmada sunulan antene göre daha yüksek kazançlara sahip olmakla birlikte dar bantlı, fiziksel olarak daha büyük ve daha karmaşık yapıda antenlerdir.



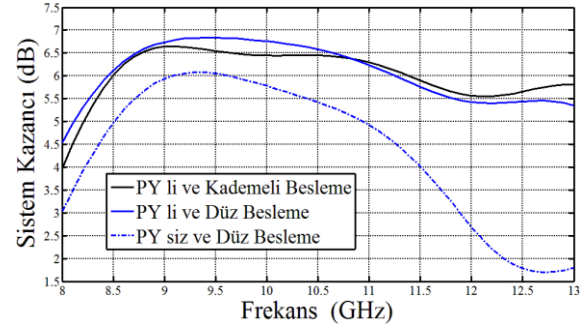
Şekil 5. PY'nin boyunun (c) incelemesi ($d = 9$ mm).



Şekil 6. Hava boşluğu (h) incelemesi ($c = 8$, $d = 9$ mm).



Şekil 7. 10 GHz'de ışınım örüntüsü benzetimi.



Şekil 8. Sistem kazancı benzetim sonuçları.

3. Sonuç

Bu bildiri açıklık kuplajlı beslemeli, parazitik yamalı ve kademeli besleme hatlı bir mikroşerit anten tasarımı önerilmiştir. Bu anten benzetim sonuçlarına göre, 8.46 GHz-13.13 GHz arasında bir çalışma bandına sahiptir. Tüm çalışma bandı içerisinde antenin sistem kazancı 5.5 dB'nin üzerinde olup, 6.64 dB ile en yüksek sistem kazancına 9.1 GHz'de ulaşmıştır. Antenin boyutları 20 mm x 20 mm x 7 mm olarak elde edilmiştir. Numerik çalışmalar neticesinde elde edilen bu özellikleri sayesinde, antenin X bant uygulamaları için iyi bir aday olduğu anlaşılmaktadır. Önerilen antenin üretim ve ölçüm çalışmaları devam etmektedir.

Kaynaklar

- [1]. C. A. Balanis, Antenna Theory: Analysis and Design, ABD: John Wiley & Sons, 2012.
- [2]. F. Klemenz ve A. Dreher, "Aperture-Coupled Stacked Microstrip Antenna with Dual Polarization and Low Back-Radiation for X-Band SAR Applications," IEEE Radio Wireless Conf, Denver, CO, s.179-182 Eylül 2000.
- [3]. R. Hestand ve C. Christodoulou, "Optimizing a Coplanar Waveguide-Fed Aperture-Coupled Patch Antenna for Ease of Manufacturing and Elimination of Back-Radiation Problems", Microw. Opt. Tech. Lett., cilt.19, no.6, s.391-396, 1998.
- [4]. D. M. Pozar, "A Review of Aperture Coupled Microstrip Antennas: History, Operation, Development and Applications", University of Massachusetts at Amherst, May 1996.
- [5]. S. D. Targonski, R. B. Waterhouse ve D. M. Pozar, "Design of Wide-Band Aperture Stacked Patch Microstrip Antennas", IEEE Trans. Antennas Propag., cilt.46, no. 9, s.1245-1251, 1998.
- [6]. F. Cirik ve B. H. Yıldırım, "Analysis and Design of a 3.5 GHz Patch Antenna for WiMAX Applications", Int. J. Microw. Wireless Tech., cilt.8, no.1, s.63-70, 2016.
- [7]. M. M. Honari, R. Mirzavand, H. Saghlatoon ve P. Mousavi, "A Dual-Band Low-Profile Aperture Antenna with Substrate-Integrated Waveguide Grooves", IEEE Trans. Antennas Propag., cilt.64, no.4, s.1561-1566, 2016.