

C bandı Uydu İletişimi/WLAN/WiFi 6E Uygulamaları için Çok Bantlı Dairesel Substrate Tümlleşik Dalga Kılavuzu Kavite Kaplı Anten

Göksel Turan
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
Eskişehir
goksel_turan@outlook.com

Özet: Bu çalışmada saplama tipi yarıklar ile çok bantlı bir dairesel Substrate Tümlleşik Dalga Kılavuzu (STDK) anten sunulmuştur. Çok bant karakteristiği, dairesel STDK kavite yapısı üzerine aynalanmış simetrik çeşitli saplama yarıklar eklenerek elde edilmiştir. Antenin 3.915, 4.787, 5.35, 6.346 ve 6.807 GHz rezonans frekanslarında ($S_{11} < -10$ dB) sırasıyla kazançları; 5.33, 5.45, 5.95, 4.46, 4.55 dBi; verimlilikleri %67, %63, %64, %77, %53'dür. Anten 52×52 mm boyutları, düzlemsel yapısı ve enine yayılım özellikleriyle C bandı uydu iletişimi, WLAN ve WiFi 6E uygulamaları için önemli bir adaydır.

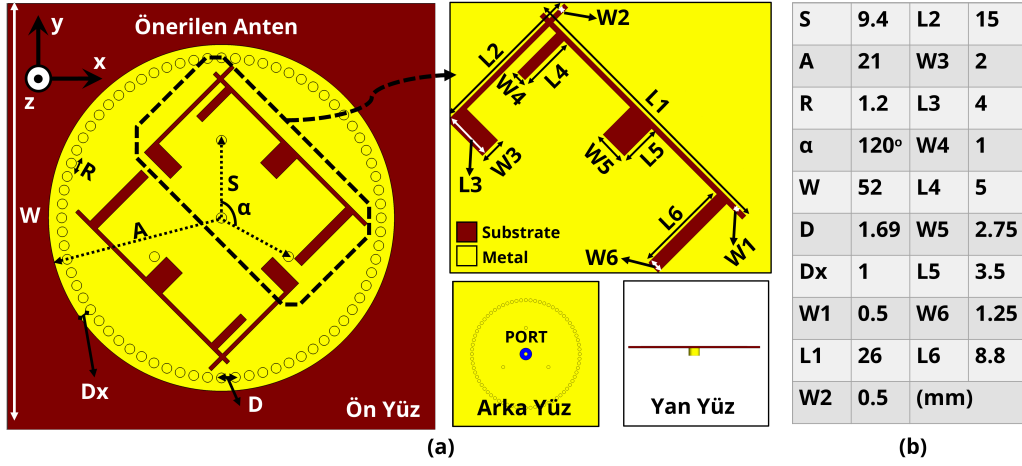
Abstract: In this study, a multiband circular Substrate Integrated Waveguide (SIW) antenna with stub type slots is presented. The multiband characteristic is obtained by adding various mirrored symmetrical stub slots on the circular SIW cavity structure. At 3.915, 4.787, 5.35, 6.346 and 6.807 GHz resonance frequencies ($S_{11} < -10$ dB), the gains of the antenna are 5.33, 5.45, 5.95, 4.46, 4.55 dBi respectively; their efficiencies are 67%, 63%, 64%, 77%, 53%. Antenna with its dimensions of 52×52 mm, planar structure and broad-side radiation characteristics, it is an important candidate for C band satellite communication, WLAN and WiFi 6E applications.

1. Giriş

Her geçen gün geleceğin şekillenmesindeki rolü artan kablosuz haberleşmeye sahip insansız hava aracı, akıllı elektronik aygıtlar, giyilebilir cihazlar gibi yeni nesil teknolojilerin alt sistemleri arasındaki rekabet gün geçtikçe artmaktadır. Bu alt sistemlerden dış dünyaya bağlantının anahtarı olan antenlerinin rekabete katkı sunabilmesi için çok fonksiyona sahip olması kaçınılmaz hale gelmiştir. Çok bantlı antenler belirli bantlarda iletimi sağlayıp, diğer bantlarda bozucu etkiyi durdurma, farklı frekanslarda çeşitli haberleşme görevlerini gerçekleştirebilmesi, çok bantın yarattığı doğal düşük fiyat gibi özellikleri ile geleceğin teknolojileri için her zaman talep görecektir fakat çalışma bantlarının kontrolü ve çok kullanılan bantlara uygun tasarım oldukça zordur [1]. Günümüzdeki popüler 2.4 GHz 3.5 GHz, 5.2 GHz, 5.8 GHz bantları vb. için quasi-Yagi[2], yarık[3], tek kutuplu[4] vb. klasik anten tipleriyle çeşitli birçok çalışma mevcuttur. Bu antenlere göre yeni kabul edilecek yarıklar ile elde edilen kavite kaplı çok bantlı STDK antenleri son yıllarda ilgi çekmektedir[6, 7, 8, 9, 10, 11]. Literatürde daha çok kare veya dikdörtgen kavite kaplı STDK üzerine yarıklar kullanılmasına yoğunlaşmıştır[6, 7, 8] ancak, bu çalışmalarda da 3 bant üzerine pek çıkılamamakla birlikte önerilen çalışma frekansları günümüz teknolojilerinde daha az tercih edilmektedir[6, 7]. Dairesel yapıli kavite kaplı STDK anten üzerine olan çalışmaların çoğu da geniş bantlıdır[9, 10, 11]. Bu çalışmada dairesel bir STDK kavite [9] üzerine aynalanmış saplama yarıklar açılarak FCC standartlarına[5] göre C bandı yukarı-bağlantı(5.925-6.425 GHz) aşağı-bağlantı (3.7-4.2 GHz) uydu iletişimi, WLAN(5.15-5.35 GHz) ve yeni nesil Wi-Fi 6E(6-7 GHz) kablosuz iletişim uygulamaları için kompakt, düzlemsel, enine yayılım yapan 5 bantlı anten önerilmiştir. Eklenen yarıkların etkisi evrim aşamaları ve akım dağılımlarıyla desteklenmiştir. Antenin sahip olduğu bu özelliklerle kablosuz iletişimin geleceği için yapılacak yeni çok bantlı anten çalışmalarına ilham olacağı düşünülmektedir.

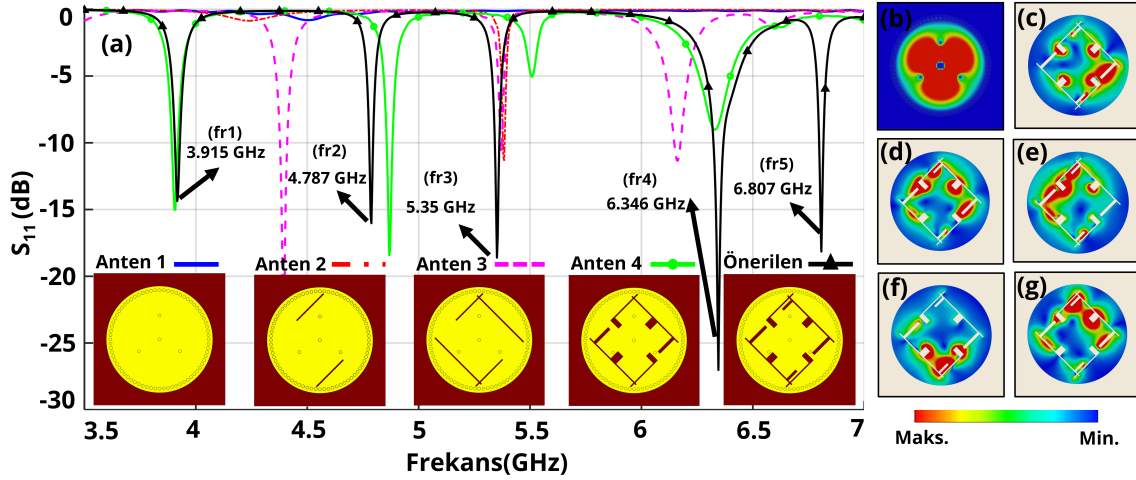
2. Anten Tasarımı

Şeki 1(a) antenin geometrik yapısını, Şekil 1(b) ise tasarım parametrelerini mm cinsinden değerleriyle birlikte göstermektedir. Anten 0.787 mm kalınlıklı, 3.5 dielektrik sabitli ve 0.0011 kayıp tanjanlı Taconic RF-35TC substrate üzerine inşa edilmiştir. 50 ohmluk SMA hattın besleme portu olarak kullanıldığı antenin toplam boyutu 52×52 mm'dir. Anten tasarımında referans bir dairesel STDK kavite'den[9] yola çıkılmıştır. Şekil 2(a) antenin evrim aşamalarını ve karşılık gelen benzetim S_{11} değerlerini göstermektedir. Antenin içindeki elektromanyetik alan dağılımı 120° 'lik açılarla yerleştirilmiş[12] 3 adet via ile yönlendirildikten sonra (Anten 1) üst düzlem aynalanmış çeşitli yarıklarla modifiye edilerek elektromanyetik enerjinin yayılması sağlanmıştır. Dış kenarlara doğru açılmış ince yarıklarla ilk rezonanslar oluşturulmuş (Anten 2 ve Anten 3), sonrasında içe doğru farklı boyutlarda saplama tipi yarıklarla yeni rezonanslar ve tüm bantlarda yüksek empedans uyumları elde edilmiştir (Anten 4 ve



Şekil 1. (a) Antenin şematik gösterimi, (b) tasarım parametreleri ve mm cinsinden değerleri.

Önerilen anten). Şekil 2(b) bahsedilen via etkisini 3.915 GHz örnek frekansında göstermektedir. Şekil 2(c-g) Sırasıyla $fr1=3.915$, $fr2=4.787$, $fr3=5.35$ ve $fr4=6.346$ ve $fr5=6.807$ GHz frekanslarında yüzey akım dağılımlarını göstermektedir. Akımların toplandığı bölgeler incelendiğinde her yarığın rezonans frekanslarının kontrolü üzerinde büyük etkisinin olduğu açıkça görülmektedir. Antenin besleme dışındaki tamamıyla metal kaplı alt düzleminde herhangi bir değişim yapılmamıştır. Tasarımda en etkili parametreler elektromanyetik alan dağılımını en başta etkilediğinden iç viaların konumu ve onların bölgesine göre eklenen yarıkların boyutlarıdır. Tüm tasarım ve parametre optimizasyon işlemleri CST Microwave Studio yazılımıyla gerçekleştirilmiştir.

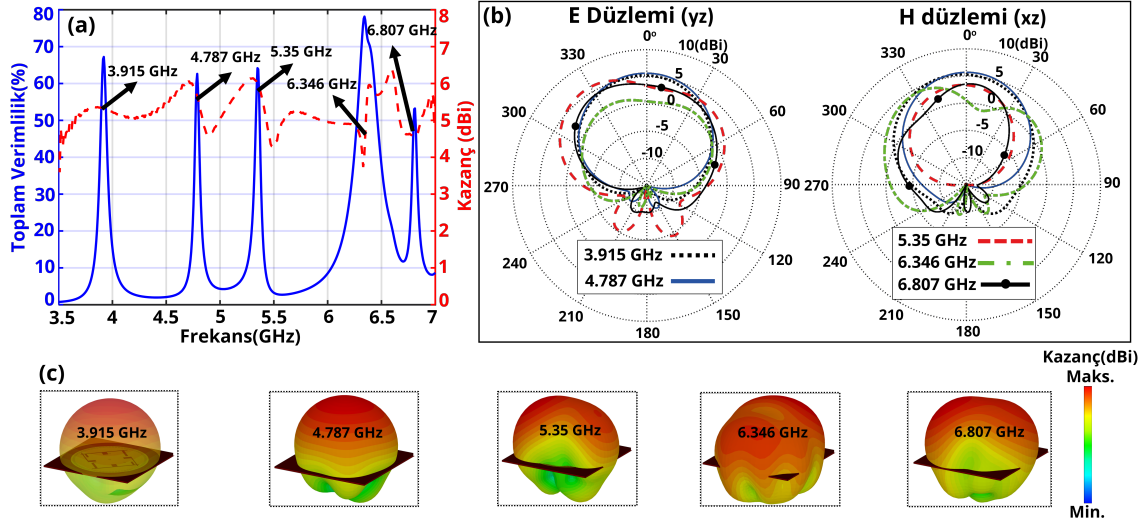


Şekil 2. (a) Antenin evrim aşamaları ve karşılık gelen benzetim S_{11} değerleri. (b) Anten 1'in içindeki örnek bir elektrik alan dağılımı(V/m), (c-g) sırasıyla 3.915, 4.787, 5.35, 6.346 ve 6.807 GHz rezonans frekanslarında önerilen antenin yüzey akım dağılımları(A/m).

3. Tartışma ve Sonuçlar

Şekil 2(a)'da önerilen antenin benzetim S_{11} sonuçları gösterilmektedir. Anten, $S_{11} < -10$ dB olan sırasıyla 3.905-3.925, 4.778-4.795, 5.34-5.36, 6.323-6.369 ve 6.796-6.818 GHz bantlarında çalışma göstermektedir. Anten dar bantlı($< \%1$) bir karakteristiğe sahiptir. Şekil 3(a)'da antenin benzetim kazanç ve toplam verimlilik sonuçları sunulmuştur. Anten çalışma rezonans frekansları olan $fr1$ 'den $fr5$ 'e sırasıyla 5.33, 5.45, 5.95, 4.46 ve 4.55 dBi kazanca; $\%67, \%63, \%64, \%77$ ve $\%53$ değerlerinde toplam verimliliğe sahiptir. Şekil 3(b)'de E (yz) ve H (xz) düzlemi yayılım desenleri karşılaştırılması gösterilmektedir. Anten görüldüğü üzere tüm çalışma bantlarında çoğunlukla z ekseninde enine yayılım yapmaktadır ve çok bantlı karakteristikli olmasının yaratabileceği dezavan-

tajların aksine ideal kabul edilebilecek yayılıma ve 2 dBi altı kazanç varyasyonuna sahiptir. Bu sonuçları daha anlaşılır kılmak için Şekil 3(c)'de antenin 3 boyutlu yayılım deseni ayrıca sunulmuştur. Anten sahip olduğu 5 çalışma bandı, kazanç, yayılım deseni, düzlemsellik, kompaktlık vb. özellikleri ve çok bandın doğal getirisi olan bir çok antenin yapacağı görevi tek başına yapabilmesiyle C bandı aşağı-yukarı bağlantı uydur iletişimi, WLAN ve WiFi 6E gibi geleceğin kablosuz iletişim teknolojilerinde de hep var olacak uygulamalarda kullanılmaya uygundur.



Şekil 3. Antenin benzetim (a) kazanç ve toplam verimlilik değerleri, (b) E ve H düzlemi kazanç açısından yayılım deseni karşılaştırmaları, (c) 3 boyutlu yayılım desenleri.

Kaynaklar

- [1] Matin, M. A. (Ed.), “Wideband, multiband, and smart antenna systems”, Springer, 2021.
- [2] Turan, G. ve Odabasi H., “A multiband quasi-Yagi antenna using stepped driver and slotted ground for 2.4/3.5/5.2 GHz bands applications”, Microwave and Optical Technology Letters, cilt.65 no.7, s.2031-2038, 2023.
- [3] Abed, A. T. ve Jawad, A. M., “Compact size MIMO amer fractal slot antenna for 3G, LTE (4G), WLAN, WiMAX, ISM and 5G communications”, IEEE Access, cilt.7, s.125542-125551, 2019.
- [4] Liu, T., Sun, Y., Li, J., Yu, J. ve Wang, K., “CPW-fed compact multiband monopole antenna for WLAN/WiMAX/X-band application”, Progress In Electromagnetics Research Letters, cilt.87, s.105-113, 2019.
- [5] “Federal Communications Commission”, erişim: 05 Mayıs 2023, <https://www.fcc.gov/>.
- [6] Luo, G. Q., Hu, Z. F., Liang, Y., Yu, L. Y. ve Sun, L. L., “Development of low profile cavity backed crossed slot antennas for planar integration”, IEEE transactions on Antennas and Propagation, cilt.57 no.10, s.2972-2979, 2009.
- [7] Kumar, A. ve Raghavan, S., “Broadband SIW cavity-backed triangular-ring-slotted antenna for Ku-band applications”, AEU-International Journal of Electronics and Communications, cilt.87, s.60-64, 2018.
- [8] Samson Daniel, R., “Planar SIW cavity-backed antenna loaded with slots for multiband operations”, Applied Physics A, cilt.127 no.6, s.454, 2021.
- [9] Kumar, A., “Wideband circular cavity-backed slot antenna with conical radiation patterns”, Microwave and Optical Technology Letters, cilt.62 no.6, s.2390-2397, 2020.
- [10] Aghabeyki, P., Moradi, G. ve Sarraf Shirazi, R., “Low-profile ring slot SIW antenna based on higher-order cylindrical cavity modes”, IET Microwaves, Antennas & Propagation, cilt.14 no.14, s.1779-1785, 2020.
- [11] Banerjee, S. ve Parui, S. K., “Bandwidth improvement of substrate integrated waveguide cavity-backed slot antenna with dielectric resonators”, Microsystem Technologies, cilt.26, s.1359-1368, 2020.
- [12] Althwayb, A. A., Chaturvedi, D., ve Kumar, A., “Substrate integrated waveguide (SIW) cavity-backed slot antenna with monopole-like radiation for vehicular communications”, Applied Physics A, cilt.128 no.3, s.202.