

## 5G Mobil Haberleşme Uygulamaları için CSRR-DGS Tabanlı Minyatür Dairesel Yama Anten Tasarımı

Aslı Kazdağ, Mustafa H. B. Uçar\*, Gonca Çakır  
Kocaeli Üniversitesi  
Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği  
Kocaeli  
aslikazdag@gmail.com, gonca@kocaeli.edu.tr

\*Kocaeli Üniversitesi  
Bilişim Sistemleri Mühendisliği  
Kocaeli  
mhbucar@kocaeli.edu.tr

**Özet:** Bildiride, 3.5 GHz yeni nesil 5G mobil terminaller için, tamamlayıcı yarık halka rezonatör (Complementary Split Ring Resonator, CSRR) elemanını temel alan deforme toprak yapı (Defected Ground Structure, DGS) destekli yeni bir minyatür mikroşerit anten tasarımı sunulmaktadır. Minyatür anten tasarımı ( $0.18\lambda_0 \times 0.18\lambda_0$ ,  $f_r @ 3.5\text{GHz}$ ), toprak düzleminde oluşturulan CSRR şeklindeki DGS yapısı ile elde edilmiştir. Geliştirilen anten tasarımı, CSRR-DGS destekli dielektrik tabaka ( $\epsilon_r = 2.2$ ) üzerine yerleştirilmiş basamaklı mikroşerit hat beslemeli dairesel yamadan (DY) oluşmaktadır. Bildiride, önerilen CSRR-DGS tabanlı minyatür dairesel yama anten tasarımına ait sayısal analiz sonuçlarına yer verilmektedir.

**Abstract:** In the paper, a new miniature microstrip antenna design with defected ground structure (DGS) based on the complementary split ring resonator (CSRR) element for 3.5 GHz new generation 5G mobile terminals. The miniature antenna design ( $0.18\lambda_0 \times 0.18\lambda_0$ ,  $f_r @ 3.5\text{GHz}$ ) was obtained with the CSRR-shaped DGS structure placed on the ground plane. The proposed antenna design consists of a stepped microstrip line fed circular patch (CP) placed on a CSRR-DGS backed dielectric substrate ( $\epsilon_r = 2.2$ ). In the paper, the numerical analysis results of the proposed CSRR-DGS backed miniature circular patch antenna design are included.

### 1. Giriş

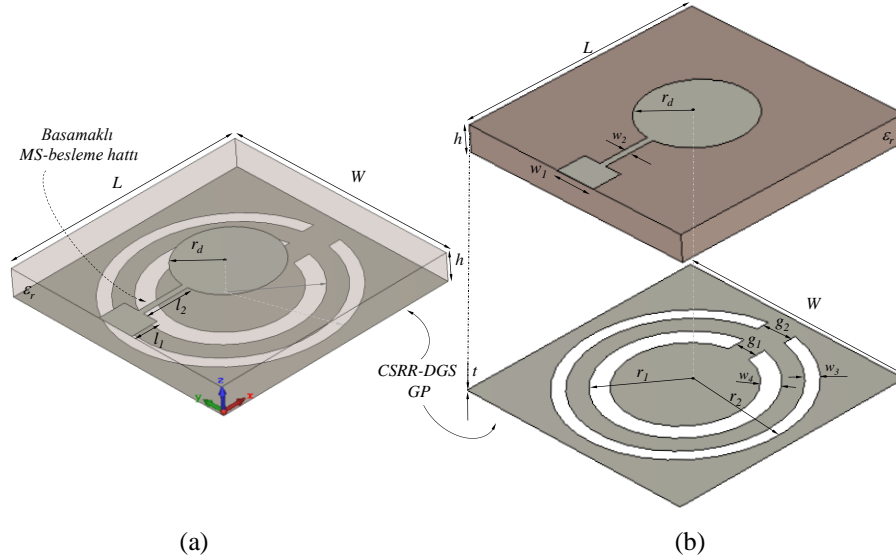
Teknolojideki hızlı gelişmeler, haberleşme sistemlerinin çeşitliliğine yol açmaktadır. Özellikle yeni nesil haberleşme sistemlerinde kablosuz teknolojiler giderek yaygınlaşmakta ve insan yaşamının bir parçası haline gelmektedir. Artan ihtiyaçlara cevaben günümüzde 5G (3.3 – 3.8 GHz) [1] mobil telekomünikasyon standartları ön plana çıkmaktadır. Bu gelişmelere paralel olarak yeni nesil iletişim sistemleriyle uyumlu, yüksek hareketliliğe (mobility) sahip kompakt taşınabilir cihazlara olan gereksinim de oldukça önem arz etmektedir. Bu tür taşınabilir cihazların en kritik tasarım öğelerinden biri olarak anten elemanı, sistemin radyo frekans (RF) gereksinimlerini karşılarken cihazın fiziksel büyüklüğünü doğrudan etkileyen, araştırmacıların üstesinden gelmesi gereken en kritik tasarım öğesi olarak değerlendirilmektedir.

Geleneksel antenlerle kıyaslandığında; yüzey uyumluluk, düşük güç tüketimi, kolay üretim ve en önemlisi düşük boyut gibi özellikleriyle mikroşerit antenler (MA) kablosuz iletişim sistemlerinde tercih edilmektedir. MA yapıları bu benzersiz özelliklerine rağmen, fiziksel boyut sınırlamalarının olduğu mobil sistemlerde çoğu zaman ihtiyaçları karşılayamamakta ve bu yapıların minyatürleştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Geleneksel minyatürleştirme çalışmaları literatürde, yüksek geçirgenliğe sahip dielektrik malzeme kullanmak, anten ve/veya besleme yapısına stratejik olarak konumlandırılmış yama veya açıklık elemanlarının dahil edilmesi ve anten yapısında rezistif veya reaktif yükleme uygulaması şeklinde yer almaktadır. Bu çalışmalara ek olarak son yıllarda, deforme toprak yapı (Defected Ground Structure, DGS), elektromanyetik bant boşluk (electromagnetic band gap, EBG) ve fotonik bant boşluk (photonic band gap, PBG) yapılarının kullanılması ile de anten boyutunda minyatürleştirmenin sağlandığı gösterilmektedir [2-3]. Düzlemsel mikrodalga devrelerinin toprak düzleminde oluşturulan açıklıklar DGS yapıları olarak isimlendirilmektedir. Dikdörtgen, kare, dairesel, spiral, dairesel halka ya da fraktal gibi farklı geometrilere DGS yapıları kullanılarak anten boyutunda iyileştirme yapmak mümkündür. Ayrık halka rezonatör yapılı DGS ile yapının metalmalzemeye özelliği sergilemesinden faydalanılarak yapılmış çalışmalar ile yüksek oranda minyatürleşme sağlandığı gösterilmiştir [4-5]. CSRR (Complementary-Split Ring Resonator) yapısının toprak tabakasında kullanılarak, antenin ışınım performansının ve bant genişliğinin iyileştirildiği çalışmalar literatürde ayrıca mevcuttur [6]. Bu çalışmada, 3.5 GHz yeni nesil

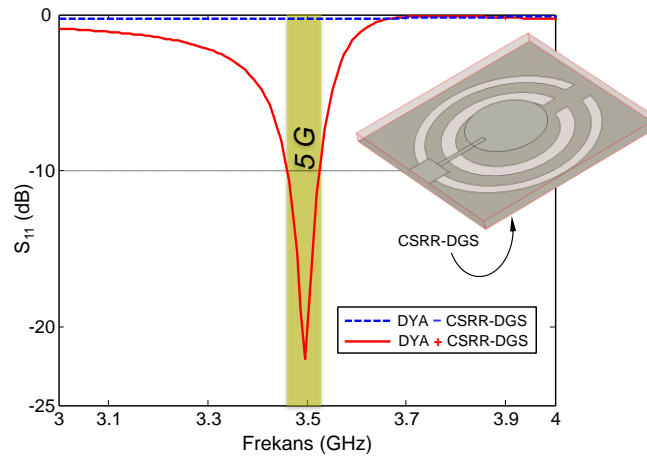
5G mobil terminaller için, CSRR elemanından oluşan DGS yapısındaki toprak düzleminin üzerine yerleştirilmiş mikroşerit hat beslemeli minyatür dairesel yama (DY) anten tasarımı önerilmektedir. Bildiride, CST Microwave Studio benzetim programı kullanılarak mikroşerit-hat beslemeli CSRR-DGS tabanlı DYA tasarımına ait, ilgili frekans bandındaki geri dönüş kaybı ( $S_{11}$ ), ışınma örüntüsü ve yönlülük ( $D$ ) benzetim sonuçlarına yer verilmektedir.

## 2. CSRR-DGS Tabanlı Minyatür DYA Tasarımı

Şekil 1’de, katmanlı yapıdaki dairesel yama anten (DYA) tasarımından [7] yola çıkılarak geliştirilen, CSRR-DGS tabanlı minyatür DYA tasarımına ait (a) perspektif, (b) ayrıntılı görünüşler ve tasarım parametreleri yer almaktadır. Görüldüğü üzere CSRR-DGS tabanlı minyatür DYA tasarımı, Arlon DiClad 880 ( $\epsilon_r=2.2$  ve  $h=0.76$  mm) alt-taşının her bir yüzeyine yerleştirilmiş mikroşerit hat beslemeli DY elemanı ve CSRR elemanını temel alan DGS yapısından oluşmaktadır. Öte yandan, daha hızlı sonuç alabilmek için benzetimlerde metalik elemanlar kayıpsız ve sıfır kalınlıktaki ( $t$ ) PEC (Perfect Electric Conductor) yapıları kullanılmıştır. Görüldüğü üzere önerilen CSRR-DGS tabanlı DYA tasarımı, çalışma frekansında ( $f_r$ , @3.5GHz) kompakt ( $0.18\lambda_0 \times 0.18\lambda_0$ ) elektriksel boyutlara sahiptir. Gerçekleştirilen benzetim çalışmalarında, aynı boyutlardaki minyatür DYA tasarımında, CSRR-DGS yapısı yerine tamamen toprak düzlemi kullanıldığında çalışma frekansının  $f_r=17.3$  GHz frekansına kaydığı gözlenmiştir. Dairesel yamanın yarıçapı ( $r_d \approx 1.844c_0/f_r 2\pi\sqrt{\epsilon_r}$ ) çalışma frekansında ( $f_r$ , @3.5GHz) CSRR-DGS yapısı kullanılmamış bir antene göre 5.2 kat nispetinde küçüldüğü tespit edilmiştir. DYA elemanının toprak düzlemine yerleştirilen CSRR-DGS yapısı ile anten boyutları sabit tutularak çalışma frekansının düşük frekanslara kaydırıldığı ve elektriksel olarak minyatürleşmenin sağlandığı gözlenmiştir.



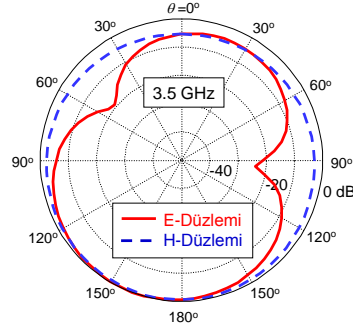
Şekil. 1. Önerilen CSRR-DGS tabanlı minyatür DYA tasarımına ait (a) perspektif ve (b) ayrıntılı görünüşleri ve tasarım parametreleri:  $h=0.76$ ,  $W=L=16$ ,  $r_d=3.1$ ,  $r_1=5$ ,  $r_2=7$ ,  $l_1=1.8$ ,  $l_2=3.1$ ,  $w_1=2.5$ ,  $w_2=0.4$ ,  $w_3=0.8$ ,  $w_4=1.1$ ,  $g_1=1.5$ ,  $g_2=2$ , (hepsi mm),  $\epsilon_r=2.2$ .



Şekil. 2. Önerilen CSRR-DGS tabanlı minyatür DYA tasarımına ait geri-dönüş kaybı ( $S_{11}$ ) performansı

Şekil 2.'de önerilen CSRR-DGS tabanlı minyatür DY A tasarımına ait geri-dönüş kaybı ( $S_{11}$ ) performansı benzetim sonuçları yer almaktadır. Görüldüğü üzere CSRR-DGS yapısı yokken, ilgili aralıkta herhangi bir rezonans gözlenmemekte, çalışma frekansı üst frekanslarda ( $f_r=17.3$  GHz) oluşmaktadır. CSRR elemanının toprak düzlemine eklenmesi ile DY A tasarımı 3.5 GHz merkezli, 3.46–3.53 GHz çalışma bandında  $S_{11}<-10$  dB performansı sergilemektedir. Geri dönüş kaybı karakteristiklerinden de anlaşılacağı üzere, CSRR-DGS yapısı DY A elemanını elektriksel olarak minyatürleştirmekte, çalışma frekansını daha düşük frekanslara ( $f_{r-DGS} = 17.3$  GHz  $\rightarrow$   $f_{r+DGS} = 3.5$  GHz) kaydırmaktadır.

Şekil 3.'de önerilen CSRR-DGS tabanlı minyatür DY A tasarımına ait 3.5 GHz çalışma bandındaki E- ( $xz$  düzlemi) ve H- ( $yz$  düzlemi) düzlemi ışına diyagramı benzetim sonuçları yer almaktadır. Görüldüğü üzere, tasarım H- düzleminde simetrik, E- düzlemindeki asimetric ışına performansına sahiptir. Bu durum, önerilen anten tasarımının toprak yapısının (CSRR-DGS) asimetric geometrisinden kaynaklanmaktadır. Diğer taraftan ilgili bantta önerilen anten tasarımı enine ışına performansına sahipken, yönlülüğü 3.67 dBi'dir.



Şekil 3. Önerilen CSRR-DGS tabanlı minyatür DY A tasarımına ait 3.5 GHz frekansındaki uzak-alan ışına örüntüsü benzetim sonucu

### 3. Sonuçlar ve Öneriler

Bildiride, 5G haberleşme uygulamaları için, 3.5 GHz yeni nesil 5G mobil terminaller için, minyatür dairesel yama elemanını temel alan yeni bir mikroşerit anten tasarımı tanıtıldı. Minyatür anten yapısı ( $0.18\lambda_0 \times 0.18\lambda_0$ ,  $f_r @ 3.5$ GHz), toprak düzleminde oluşturulan CSRR şeklindeki DGS ile elde edildi. Geliştirilen anten tasarımında ışına elemanı, CSRR-DGS destekli dielektrik ( $\epsilon_r = 2.2$ ) tabaka üzerine yerleştirilmiş basamaklı mikroşerit-hat beslemeli dairesel yama (DY) ile oluşturuldu. Bildiride, önerilen CSRR-DGS tabanlı minyatür DY anten tasarımına ait sayısal analiz sonuçlarına yer verildi. Önerilen CSRR-DGS tabanlı minyatür DY A tasarımı 3.5 GHz merkezli, 3.46–3.53 GHz çalışma bandında  $S_{11}<-10$  dB performansı sergilemektedir. Önerilen minyatür CSRR-DGS tabanlı mikroşerit DY A tasarımı 3.5 GHz 5 G uygulamalarında kullanılacak anten yapılarına alternatif olabileceği değerlendirilmektedir. Öte yandan, FCC ve ITU standartlarıyla uyumlu 3.3–3.8 GHz aralığını kapsayacak şekilde bant-genişliğinin artırılması hedeflenmektedir.

### Kaynaklar

- [1]. Marsch, Patrick, et al., eds. 5G system design: architectural and functional considerations and long term research. John Wiley & Sons, 2018.
- [2]. Liska Ammai, Radial Anwar and Dwi Andi Nurmantris, "Analysis on Multi Rings Defected Ground Structure For Microstrip Antenna Miniaturization," Proc. of the International Conference on Engineering Technologies and Technopreneurship (ICE2T 2017) 18-20 September, 2017
- [3]. Ibrahim S. Mohamed and Mahmoud A. Abdalla, Abdel-Azez A. Mitkees, "Extreme Suppression for Mutual Coupling by Means of Miniaturized Uniplanar Electromagnetic Bandgap," IEEE Antennas and Propagation Mag., pp. 167-168, 2018
- [4]. Surendrakumar Painam and Chandramohan Bhuma, "Miniaturizing a Microstrip Antenna Using Metamaterials and Metasurfaces," IEEE Antennas & Propagation Magazine, pp. 91-95, February 2019
- [5]. N. Ripin, W. M. A. W. Saidy, A. A. Sulaiman, N. E. A. Rashid, M. F. Hussin "Miniaturization of Microstrip Patch Antenna Through Metamaterial Approach," IEEE Student Conference on Research and Development (SCOREd), 16 -17 December 2013
- [6]. Mustafa H. B. Uçar, "Complementary SRR-Based Reflector to Enhance Microstrip Antenna Performance", Applied Computational Electromagnetics Society Journal., vol. 36 no. 6, 779-787, June 2021.
- [7]. Ouedraogo, R. O., Rothwell, E. J., Diaz, A. R., Fuchi, K. and Temme, A., (2012), "Miniaturization of Patch Antennas Using a Metamaterial-Inspired Technique", IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol.60, no.5. May 2012.