

X-BANT UYGULAMALAR İÇİN TEK KATMANLI GENİŞ BANT YANSITICI DİZİ ANTEN TASARIMI

Hande Bodur, Sibel Ünalı*, Sibel Çimen, Gonca Çakır
Kocaeli Üniversitesi
Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü
Kocaeli

hande.bodur@kocaeli.edu.tr, sibelgunduz@kocaeli.edu.tr, gonca@kocaeli.edu.tr

*Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi
Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü
Bilecik
sibel.unaldi@bilecik.edu.tr

Özet: Bu çalışma X bant uygulamaları için tek katmanlı, geniş bantlı yansıtıcı dizi anten (YDA) tasarımı ve analizlerinden oluşmaktadır. İç içe halka yapısı kullanılarak 400 derece yansıma faz değişimi aralığı değerine ulaşılmıştır. 9 x 9 birim hücreli yansıtıcı dizi 153 x 153 mm² lik alan kaplamaktadır. Uygulanan merkez besleme düzeninde piramidal horn anten kullanılmıştır. Sunulan yansıtıcı dizinin tasarım parametreleri değiştirilerek kazanç bant genişliği iyileştirilmiştir. Benzetim sonuçlarına göre yansıtıcı dizi antenin maksimum kazancı 22.55 dB' dir. Tasarlanan yapı üretilerek ölçülmüş, benzetim sonuçları ve ölçüm sonuçlarının uyumlu olduğu görülmüştür.

Abstract: This study consists of design and analysis of single-layer broadband reflectarray antenna for X band applications. 400 degrees of reflection phase range is reached by using variable double ring structure. A reflectarray composed of 9 x 9 unit cells covers 153 x 153 mm² area. In the applied center-feed configuration a pyramidal horn antenna is used. The design parameters of presented reflectarray are modified to improve the gain bandwidth. The simulation result show that the maximum gain of the reflectarray antenna is 22.5 dB. Designed structure is fabricated and measured. Good agreement between simulation and measurement results is obtained.

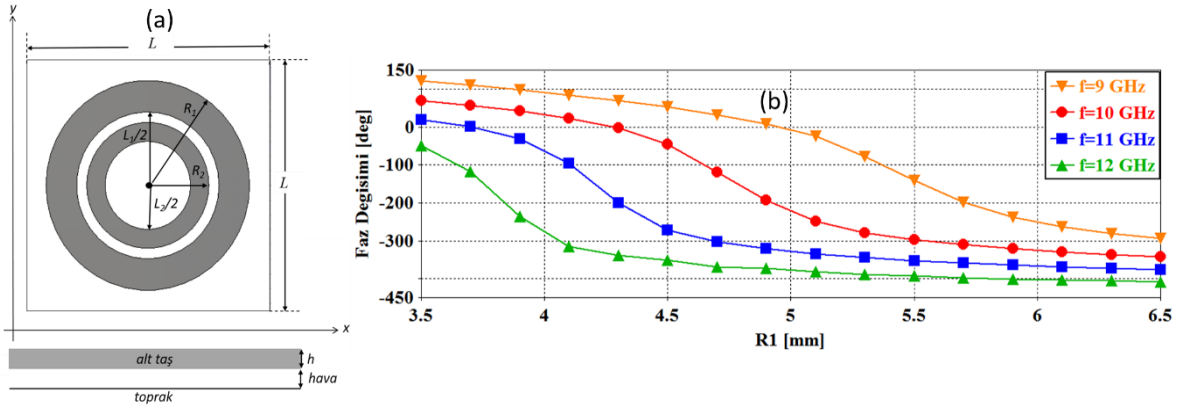
1. Giriş

Yüksek kazançlı antenler uzak mesafe haberleşme sistemlerinde ve radar uygulamalarında sıklıkla kullanılırlar. Bu tip uygulamalarda parabolik yansıtıcılar kullanılmaktadır. Ancak parabolik yansıtıcıların imalatı özellikle yüksek mikrodalga frekanslarına çıktığında zorlaşmaktadır. Bu nedenle son yıllarda yansıtıcı dizi anten tasarımları, parabolik yansıtıcı antenlere göre iyi bir alternatif olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu tip antenler hafif yansıtma profili, düşük maliyet, az hacim, elektronik hüzme yönlendirme, kolay üretim gibi avantajlara sahiptirler. Yansıtıcı dizi antenler en büyük dezavantajı dar bantlı olmalarıdır (Yaklaşık 3-6%). Bu problemi aşmak için literatürde çeşitli yöntemler kullanılmıştır. Çok katmanlı [1]-[2] ve tek katman üzerine basılı çoklu rezonansa sahip yapılar [3] literatürde kullanılan yöntemlerden bazılarıdır. İç içe iki halka yapısı ve bunun farklı kombinasyonları literatürdeki YDA tasarımlarında kullanılmıştır [4]-[6].

Bu çalışmada, 1dB kazanç band genişliğini arttırmak için geniş faz değişimi olan birim hücre ile çalışılmıştır. Tasarlanan yapı tek-katmanlı olup, X-bant (8-12 GHz) frekansında çalışmaktadır. Birim hücre iç içe iki halkadan meydana gelmiştir. Yapının toplam faz değişimi 400 derecedir. Boyutu 17 mm x 17 mm olan birim hücreler kullanılarak oluşturulan 81 elemanlı 9 x 9 dizi, 153 mm² alana sahip dielektrik tabaka üzerine basılmıştır. Besleme olarak piramidal horn anten kullanılmıştır. Elde edilen yapının 1dB kazanç band genişliği %20'dir.

2. Birim Hücre Tasarımı

Yansıtıcı dizi antenin birim hücresi iç içe iki halkadan, dielektrik malzemeden ve toprak tabakasından oluşmaktadır. Birim hücrenin şekli ve tasarım parametreleri Şekil 1'de gösterilmektedir. Bu parametreler; R1=değişken olmak üzere R2=b*R1, L1=a*R1, L2=a*R2, a=1.4, b=0.6 dir. Birim hücre boyutu 17 mm X 17 mm 'dir. Tasarlanan birim hücrede arka toprak tabakası 5.5 mm hava boşluğundan sonradır. Tabaka olarak dielektrik katsayısı $\epsilon_r = 6.15$ ve kalınlığı h=0.508 mm olan Arlon marka malzeme kullanılmıştır.



Şekil 1. (a) Birim hücre geometrisi ve boyutları, (b) $f=9-12$ GHz için $R1$ parametresine bağlı faz değişimi.

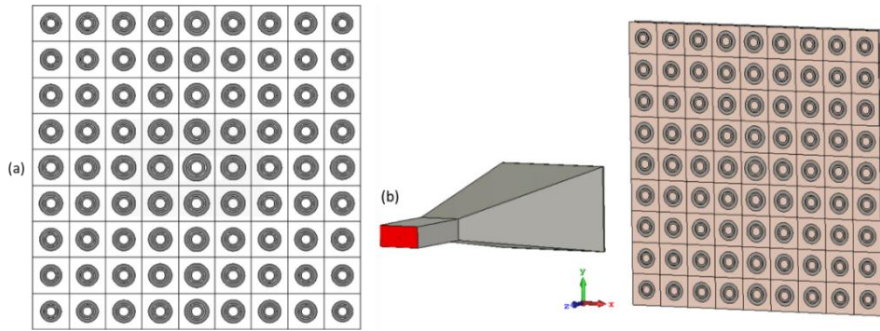
3. Yansıtıcı Dizi Anten Tasarımı

Kaynak anten olarak piramidal horn anten ile beslenmiş yansıtıcı dizi antende birim hücre elemanları, üzerlerine gelen EM-dalgayı tekrar geri yayarlar. Eğer bütün elemanlar aynı boyutta olur ise tekrar geri yayılan enerji eş olmayan faz düzlemindedir. Bunun sebebi ise kaynaktan gelen EM-dalganın her bir birim elemana farklı yol mesafesi kat ederek gelmesidir. Geri yansıyan dalgayı belirli bir yöne doğru yönlendirebilmek adına birim hücre elemanları ile bu faz gecikmeleri telafi edilmelidir. Bu amaçla denklem (1) ve (2) kullanılarak her bir elemanın faz kayması değeri hesap edilmiştir.

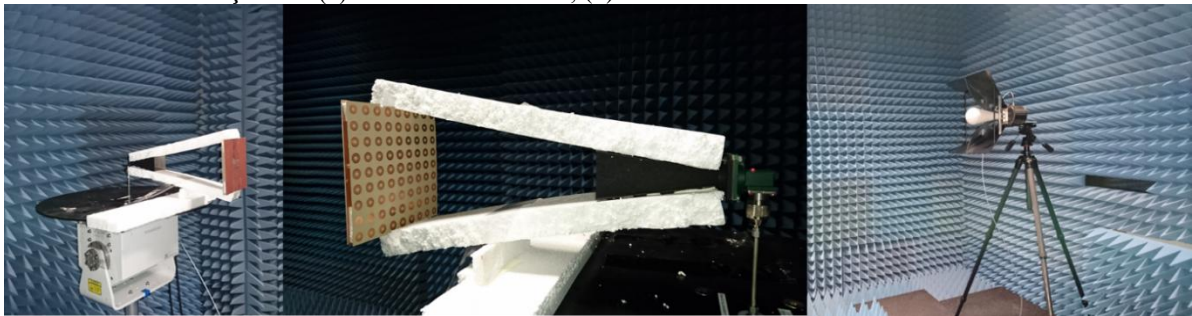
$$\varphi_R(x_i, y_i) = k_0(d_i - (\cos\varphi_b x_i + \sin\varphi_b y_i) \sin\theta_b) \quad (1)$$

$$d_i = \sqrt{(x_i - x_f)^2 + (y_i - y_f)^2 + (z_i - z_f)^2} \quad (2)$$

Denklem (1) ve (2) kullanılarak her bir elemanın faz kayması değeri hesap edilebilir. Bu denklemde yer alan k_0 , sebest uzay yayılma sabiti, x_i, y_i ise i numaralı elemanın koordinatını, $\varphi_R(x_i, y_i)$ i numaralı elemanın faz kaymasını, d_i ise kaynağın (x_i, y_i) numaralı elemana olan mesafesini [7], x_f, y_f ve z_f kaynak antenin koordinatlarını belirtmektedir. Şekil 1'de yer alan faz değeri ve denklem 1 ve 2'den elde edilen eleman boyutu-faz değeri ilişkisi kullanılarak YDA üzerindeki elemanların boyutları elde edilmiştir. YDA beslemek için piramidal horn anten kullanılmıştır. X-bantta çalışan bu anten, şekil 2'de görüldüğü üzere YDA'dan 264 mm odak uzaklığına (F) yerleştirilmiştir. Tasarlanan yapının pratik gerçekleştirilmesi yapıp, şekil 3'de gösterilen yansıtıcı odada ışınma örüntüleri elde edilmiştir.

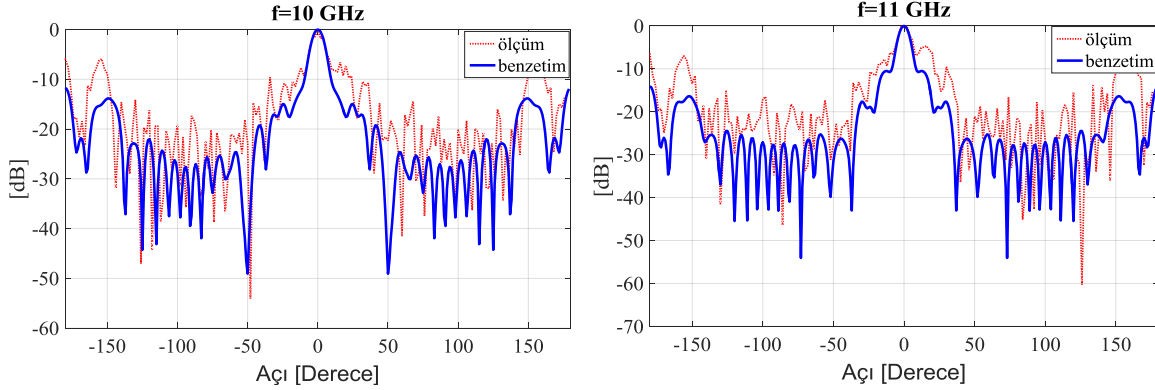


Şekil 2. (a) 9 x 9 elemanlı YDA, (b) Horn anten ile beslenen YDA.

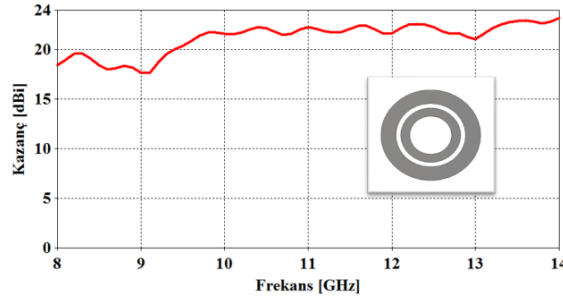


Şekil 3. Ölçüm düzeneği.

Oluşan yapının $f=10$ GHz ve $f=11$ GHz' deki ışınma örüntülerinin benzetim ve ölçüm sonuçları Şekil 4'de bulunmaktadır. Bu YDA tasarımının, 9.72-12 GHz frekans bandında 1 dB kazanç bant genişliği Şekil 5'den de gözlemlendiği üzere %20'dir.



Şekil 4. $f=10$ ve $f=11$ GHz' de E-düzlemi ($\phi=90^\circ$) ışınma örüntüleri benzetim ve ölçüm grafikleri.



Şekil 5. Frekansa göre kazanç grafiği.

4. Sonuç

9 x 9 elemandan oluşan X bant uygulamaları için tek katmanlı mikroşerit yansıtıcı dizi anten tasarlanmıştır. Önerilen yansıtıcı dizi iç içe iki halkadan, dielektrik malzemeden ve toprak tabakasından oluşmaktadır. Değişken eleman boyutları kullanılarak birim hücre için 400 derece faz aralığı elde edilmiştir. Tasarlanan yansıtıcı dizinin kazanç bant genişliği tasarım parametrelerinin ayarlanmasıyla iyileştirilmiştir. Ek olarak benzetim için yansıtıcı dizi anten piramidal horn anten ile beslenmiştir. Benzetim sonuçlarına göre yansıtıcı dizi antenin maksimum kazancı 22.55 dB olarak elde edilmiştir. 1 dB kazanç bant genişliği ise % 20'dir (9.72-12 GHz). Ayrıca tasarlanan 9 x 9 birim hücreden oluşan dizi üretilerek ışınma örüntüsü ölçümleri yapılmıştır. Yapılan ölçümler ile benzetim sonuçları ve ölçüm sonuçlarının uyum içinde olduğu gözlemlenmiştir.

5. Teşekkür

Bu çalışma 114E500 proje numarası ile TÜBİTAK tarafından desteklenmektedir.

Kaynaklar

- [1]. J.A. Encinar, "Design of two-layer printed reflectarrays for bandwidth enhancement," Antennas and Propagation Society International Symposium, IEEE, cilt.2, s.1164-1167, 1999.
- [2]. J.A. Encinar ve J.A. Zornoza, "Broadband design of three-layer printed reflectarrays," IEEE Transactions on Antennas and Propagation, cilt.51, no. 7, s.1662-1664, 2003.
- [3]. H. Salti, R. Gillard, R. Loison, ve L. Le Coq, "A Reflectarray Antenna Based on Multiscale Phase-Shifting Cell Concept," IEEE Antennas And Wireless Propagation Letters, cilt. 8, s.363-366, 2009.
- [4]. Y. Li, M. E. Bialkowski, K. H. Sayidmarie ve N.V. Shuley, "81-Element Single-Layer Reflectarray with Double-Ring Phasing Elements for Wideband Applications" 2010 IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium, Toronto, ON s.1-4, 11-17 Temmuz 2010.
- [5]. L. Guo, P. K. Tan, ve T. H. Chio, "Investigations on Beam-Scanning Improvement of Reflectarrays Using Single-Layered Sub-Wavelength Elements", PIERS C, cilt. 51, s.139-147, 2014.
- [6]. X. J. Zhong, L. Chen Y. Shi, X. W. Shi, "Single-Layer Broadband Circularly Polarized Reflectarray with Subwavelength Double-Ring Elements", Electromagnetics, cilt.35, no.4, s.217-226, 2015.
- [7]. J. Huang, "Microstrip reflectarray," Antennas and Propagation Society International Symposium, AP-S. Digest, 1991, cilt.2, s.612-615, 1991.