

K Bant Dizi Anten Tasarımında Mantar Şekilli EBG Yapısı ile Karşılıklı Bağlaşım Etkilerinin Azaltılması

Kamil Yavuz Kapusuz¹, Sultan Can², Yakup Şen³, A. Egemen Yılmaz²

¹RST Teknoloji
Anten ve RF Tasarım Bölümü
kkapusuz@rstteknoloji.com.tr

²Ankara Üniversitesi
Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü
sultancan@ankara.edu.tr, aeiyilmaz@eng.ankara.edu.tr

³Filkon Elektronik
senyakup@yahoo.com

Özet: Bu çalışmada, seri beslemeli 10 elemanlı alt-dizilerden oluşan K bantta düzlemsel dizi anten tasarımı gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan dizi antende alt-diziler arası izolasyon değerini artırmak amacıyla alt-diziler arasına mantar şekilli EBG yapıları eklenmiştir. Yerleştirilen 3 sıra EBG yapısı ile alt-diziler arası izolasyon değeri yaklaşık olarak 7 dB artırılmıştır. Tasarımı gerçekleştirilen EBG eklenmiş dizi antenlerin tank içerisindeki sıvı seviyesini ölçen sistemlerde, hareket detektörlerinde, sokak aydınlatma projelerinde, hırsız alarmlarında ve polis radarlarında kullanılması öngörülmektedir.

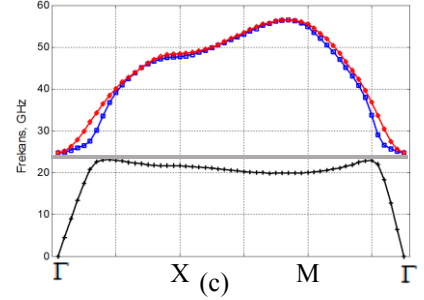
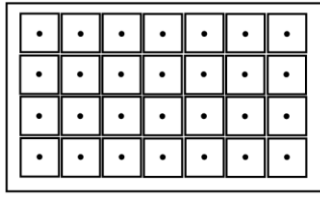
Abstract: In this study, a K-band planar antenna array design, having 10 element series fed subarrays, have been realized. In order to increase the isolation between the subarrays, mushroom shaped EBG structure have been added to the array design. Approximately 7 dB isolation increment have been realized with the addition of 3 row EBG structure. The proposed antenna array design may be a good candidate for liquid level measuring in tank, motion detectors, projects for street lightening, burglars alarms, and police speed radar systems.

1. Giriş

Günümüzde; düşük profilli, düşük maliyetli ve yüksek kazançlı antenler, birçok radar ve haberleşme sisteminde kullanılmaktadır. Bu sistemlerde, antenlerin çalışma frekans bantlarında boyutlarını düşürebilmek için kullanılacak yöntemlerden biri taban malzemesi olarak yüksek elektrik geçirgenlik değerine sahip materyal kullanımıdır. Ancak, tasarımlarda bu materyallerin kullanımı özellikle yüksek frekanslarda yüzey dalgaları (surface wave) yayılım modlarını uyararak karşılıklı bağlaşımı (mutual coupling) artırmaktadır. Dizi anten tasarımında mesafenin artması antenler arası karşılıklı bağlaşımı azaltırken, görünür uzayda büyük yan kulakların (grating lobes) oluşumunu da tetiklemektedir. Bu nedenle, dizi anten tasarımında yüksek yönlülük elde etmek ve görünür uzayda büyük yan kulakların oluşumunu engellemek amacıyla antenler arası mesafe mümkün olduğunca düşük tutulmalıdır [1].

Geçmişten günümüze anten elemanları arası karşılıklı etkileşimi azaltmak amacıyla bir çok çalışma gerçekleştirilmiştir. En yaygın karşılıklı bağlaşım azaltma teknikleri; anten altına boşluk ekleme (cavity structure) yöntemi [2], tekdüze olmayan besleme dağılımı [1][3] yapıları ve deforme edilmiş toprak düzlemi (DGP) [4]'dir. Bu çalışmalara ek olarak 2003 yılında, Dr. Yang ve Dr. Rahmat-Samii'nin çalışmalarında elektromanyetik bant boşluğu (EBG) yapılarının antenler arası etkileşimi azalttığını göstermesi ile EBG yapılar da sözü geçen problemlerin üstesinden gelmek için sıklıkla kullanılmaktadır [5].

Bu çalışmada, 24 – 24.25 GHz ISM frekans bandında tasarlanan 10x8 dizi anten tasarımı gerçekleştirilmiştir. Tasarımda antenin hafif, düşük maliyetli ve az yer kaplaması için mikroşerit yama dizi tercih edilmiştir. Sunulan çalışmada, anten elemanları arasındaki karşılıklı bağlaşımı azaltmak amacıyla anten çalışma bandında EBG yapısı tasarlanmış ve anten alt-dizileri arasına yerleştirilmiştir. Tasarımı gerçekleştirilen dizi antenler tank içerisindeki sıvı seviyesini ölçmede, hareket detektörlerinde, sokak aydınlatma projelerinde, hırsız alarmlarında ve polis radarlarında kullanılabilir.



(a) (b)

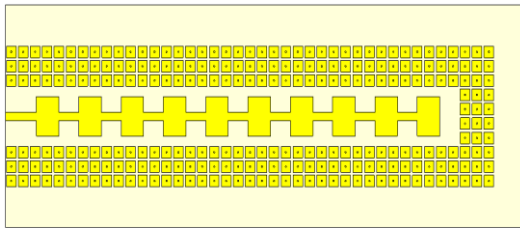
Şekil 1. Mantar şekilli EBG. (a) Üstten görünümü. (b) Dizi kesit görünümü. (c) Dispersiyon diyagramı.

2. Mantar Şekli EBG Tasarımı

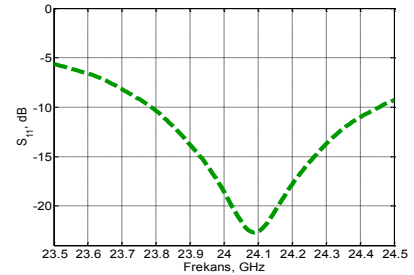
Mantar şekilli EBG yapısı, yüksek empedans yüzeyler (High Impedance Surface (HIS)) tasarımı olarak ilk defa Dr. Sievenpiper tarafından 1999 senesinde önerilmiştir [6]. Şekil 1 (a) ve (b)'de benzeri sunulan yapı; toprak düzlemi, dielektrik taban malzemesi, metal yama ve toprak düzlemi ile metal yamayı birleştiren pinden oluşmaktadır. Bu çalışmada, mantar şekilli EBG tasarımı için taban malzeme olarak 0.508 mm kalınlığında Rogers RO4003 ($\epsilon_r = 3.55$, $\tan\delta = 0.0027 @ 10 \text{ GHz}$) malzemesi kullanılmıştır. EBG'nin yama kenar uzunluğu 1.41 mm, yamalar arası uzaklık ise 0.34 mm'dir. Bu EBG yapısı yüzey dalgaları için bant söndüren süzgeç (*stopband*) karakteristiğindedir. Şekil 1 (c)'de yapıya ait Brillouin bölgesi için elde edilen dispersiyon diyagramı sunulmuştur. Bu yapı oluşturulurken, elektrik alan eigenvalue denklemleri tarafından tanımlanmış ve numerik olarak çözdürülmüştür. Şekil 1 (c)'de mod çözümlerinin sınır koşullarını sağladığı gösterilmiştir. Şekilde alttaki siyah çizgi TM_1 modunu, üstteki mavi ve kırmızı iki çizgi TE_1 ve TE_2 modlarını simgelemektedir. Bu çizgilerin geçmediği gri işaretli frekans bandında (23.07 – 24.79 GHz) EBG yüzeyi, yüzey dalgaların yayılımını engellemektedir.

3. Düzlemsel Dizi Tasarımı

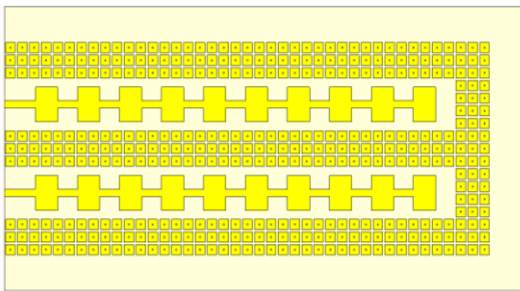
Merkez frekansı 24.1 GHz olan düzlemsel alt-dizi anten yapısı ve 2 sıra alt dizi yapısı Şekil 2'de sunulmuştur. Tasarlanan alt dizi anten yapısı $0.5 \lambda_0$ aralıkla yerleştirilmiş 10 antenden oluşmaktadır. Tasarımı gerçekleştirilen dizi anten ile EBG yapısı aynı yüzey üzerine tasarlanacakları için anten taban malzemesi olarak EBG tasarımı için kullanılan 0.508 mm kalınlığındaki Rogers RO4003 malzemesi kullanılmıştır. Tasarımları gerçekleştirilen alt dizi yapısı ve alt diziyeye ait geri dönüş yitimi (return loss (S_{11})) değerleri Şekil 2 (b)'de verilmiştir. Alt dizide antenden elde edilen anten kazancı 13 dBi'dir. 2 sıra alt dizi arasındaki izolasyon değerleri Şekil 2 (d)'de verilmiştir.



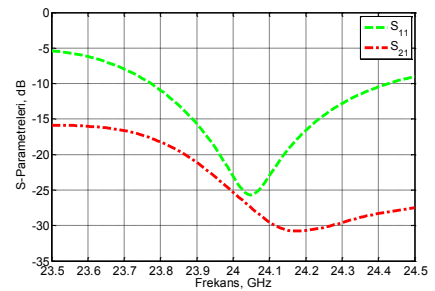
(a)



(b)

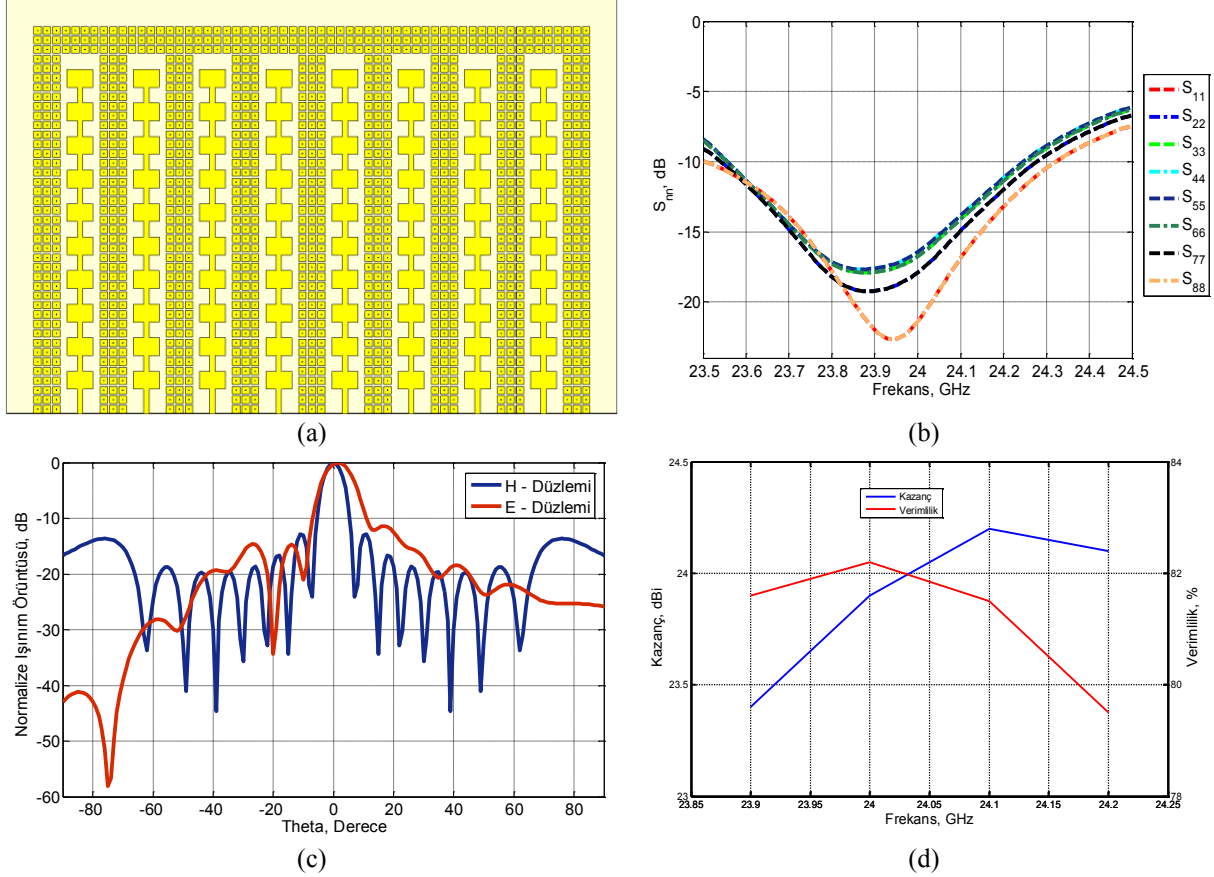


(c)



(d)

Şekil 2. (a) Tek sıra seri beslemeli anten dizisi. (b) S_{11} değeri. (c) İki sıra seri beslemeli anten dizisi. (d) S-Parametreleri.



Şekil 3. (a) EBG yüklenmiş anten dizisi. (b) S_{nn} benzetim sonuçları. (c) 24.1 GHz Işınm örüntüsü. (d) Kazanç ve verimlilik değerleri.

Şekil 3'te alt dizilerden oluşturulan dizi anten yapısı sunulmuştur. Tasarlanan dizi yapısı 8 adet alt-dizi antenden oluşmaktadır. Dizide anten elemanlarının X-eksenindeki aralıkları gerekli izolasyon değerini sağlayabilmek ve 3 sıra EBG yapısını sığdırabilmek için $\sim 0.9 \lambda_0$ olarak seçilmiştir. EBG yüklenmiş düzlemsel dizi anten yapısının 24.1 GHz'deki kazanç değeri 24.2 dBi'dir. Düzlemsel dizi anten yapısına ait sonuçlar Şekil 3'te sunulmuştur.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada, K bantta düzlemsel dizi anten tasarımı gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan dizi antende anten elemanları arası izolasyon değerini artırmak amacıyla mantar şekilli EBG yüklenmiştir. Yerleştirilen 3 sıra EBG yapısı ile alt-diziler arası izolasyon değeri 7 dB iyileştirilmiştir. Çalışmaya ait diğer detaylar konferansta sunulacaktır.

Kaynaklar

- [1] Balanis C. A., Antenna Theory, Analysis and Design, Wiley, 3. Basım, 1997.
- [2] Mailloux R. J., "On the use of metallized cavities in printed slot arrays with dielectric substrates," IEEE Transactions on Antennas and Propagation, cilt. AP-35, no. 5, s. 477-487, 1987.
- [3] Kumar B. P., "Design of unequally spaced arrays for performance improvement," IEEE Transactions on Antennas and Propagation, cilt. 47, no. 3, s. 511-523, 1999.
- [4] Salehi M., Motevasselian A., Tavakoli A. ve Heidari T., "Mutual coupling reduction of microstrip antennas using defected ground structure," 10th IEEE Singapore International Conference on Communications Systems, Singapore, s. 1-5, Kasım 2006.
- [5] Yang F. ve Rahmat-Samii Y., "Microstrip antennas integrated with electromagnetic band-gap (EBG) structure: a low mutual coupling design for array applications," IEEE Transactions on Antennas and Propagation, cilt. 51, no. 10, s. 2936 - 2946, 2003.
- [6] Sievenpiper D., Zhang L., Jimenez Broas R. F., Alexopolous N. G. ve Yablonovitch E., "High-impedance electromagnetic surfaces with a forbidden frequency band," IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, cilt. 47, no. 11, s. 2059-2074, 1999.