

# DİELEKTRİK ORTAM ÜZERİNE YERLEŞTİRİLMİŞ PERİYODİK KARE VE DAİRE YAPILI FREKANS SEÇİCİ YÜZEYLERİN 1800 MHZ. İÇİN KALKANLAMA ETKİNLİĞİ

Ahmet GÖKÇEN<sup>1</sup>

Emin ÜNAL<sup>2</sup>

Yakup KUTLU<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

<sup>1,2</sup>Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Mustafa Kemal Üniversitesi, Hatay

<sup>3</sup>Mühendislik Fakültesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir

<sup>1</sup>e-posta: agokcen@mku.edu.tr

<sup>2</sup>e-posta: eunal@mku.edu.tr

<sup>3</sup>e-posta: ykutlu@eee.deu.edu.tr

*Anahtar Kelimeler: Frekans seçici yüzeyler, kalkanlama etkinliği*

## Özet

In this paper, the shielding effectiveness of frequency selective surfaces with double square and ring patch elements reflecting at 1800 Mhz are analyzed using modal expansion techniques and compared to each other. Shielding effectiveness is obtained as the ratio of the total transmitted field component to the incident field component. It is shown that shielding effectiveness, bandwidth and resonant frequencies are dependent upon the value of dielectric constant, incident angle and polarization for TE and TM polarized incident plane wave in both structures.

It has been shown that the shielding effectiveness of the structure described in this work is greater than 60 dB. Good agreement between our results and measured results in the literature verifies that double square and ring FSS can be used to shield the sensitive devices from the noise caused by use of cellular phones at improper places and time.

## 1.GİRİŞ

Son zamanlarda, teknolojinin gelişmesiyle haberleşme sistemlerinde, kablosuz iletişim yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Bu iletişim sisteminin en yaygın kullanıldığı alan hücreli telefon sistemleridir. Hücreli telefonların kullanımı, istenmeyen yerlerde ve zamanda birçok hassas elektronik aygıt ve sistemin çalışmasını etkileyebilmektedir. Bu olumsuzlukların sebep olduğu etkileri en aza indirmek hatta tamamen yok etmek için bu alandaki çalışmalar artmıştır. Kalkan özellikler içeren yapılarla ilgili pek çok araştırma ve uygulamalar bulunmaktadır. Kalkan yapılara örnek olarak mikrodalga fırınların kapakları gösterilebilir. Periyodik metalik halka dizileri içeren bu yapı 2.4 GHz

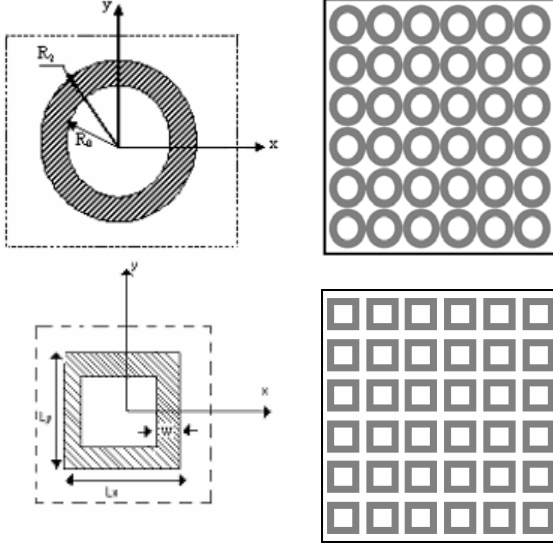
frekansındaki mikrodalga enerjisini yansıtmaktadır. Bunun yanında ışığı geçirmektedir [1].

Dielektrik ortam üzerine yerleştirilmiş periyodik metal yama veya açıklık dizileri, elektromagnetik dalgalara karşı Frekans Seçici Yüzey (FSY) özelliği gösterir. Bu yapılar, elektromanyetik dalgaların frekansına bağlı olarak bir filtre işlemi gerçekleştiren periyodik yapılardır. Yamalardan oluşan yapılar; kapasitif FSY, oyuklardan oluşan yapılar ise endüktif FSY olarak adlandırılırlar [2].

Hassas cihazların bulunduğu ortamları kalkanlamak yerine radyasyon kaynağını kalkanlamak daha ucuz olabilecektir ancak, bu pratik değildir. Çünkü, bütün kaynakların kalkanlanması gerekmektedir. Aksi takdirde hassas cihazlar yine etkilenecektir.

İzotropik ortam üzerine yerleştirilmiş yapılar elektromanyetik dalgalar üzerindeki etkilerinden dolayı radom, çok bantlı anten tasarımı [3,4,5], ve telekomünikasyon alanlarında [6,7] yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, dielektrik ortam üzerine yerleştirilmiş periyodik yapıların, 1800 MHz. rezonans frekansında, gelen dalganın açısal değişimlerine karşı gösterdikleri hassasiyet dikkate alınarak şekil 1.'de görülen kare ve dairesel halka tipi yama frekans seçici yapılar kullanılmıştır. Farklı dielektrik ortamlar ve geliş açısının farklı değişimleri için kalkanlama etkinliği incelenmiştir. İncelenen frekanslarda metal halkaların elektriksel kalınlığı çok ince varsayılmıştır.



Şekil 1. Kare ve dairesel halka yapıların birim hücreleri ve periyodik yapıları

## 2. TEORİ

Rasgele yönlendirilmiş, homojen dağılmış, kayıpsız bir ortamda  $\vec{D}$  ve  $\vec{H}$ ;

$$\vec{D} = \epsilon \vec{E} \quad (1)$$

$$\vec{H} = \frac{1}{\mu} \vec{B} \quad (2)$$

şeklinde yazılabilir. Burada  $\epsilon$  dielektrik sabitini,  $\mu$  manyetik geçirgenlik katsayısını ifade etmektedir.

Şekil 2'de dielektrik ortam üzerine yerleştirilmiş FSY yapının yandan görünüşü görülmektedir. Sınır şartları uygulandığında;

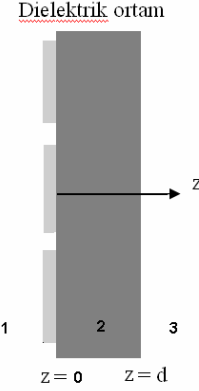
$z = 0$  sınırında, elektrik alan teğet bileşenleri sürekli olmalıdır.

$$\vec{E}_1 = \vec{E}_2^+ + \vec{E}_2^- \quad (3)$$

$z = 0$  için, manyetik alanın teğet bileşeni metal üzerinde oluşan ve saçılmaya sebep olan akım yoğunluğuna eşittir;

$$\vec{a}_z \times \left\{ \left( \vec{H}_2^+ + \vec{H}_2^- \right) - \vec{H}_1 \right\} = \vec{J} \quad (4)$$

$z = d$  sınırında ise hem elektrik hem de manyetik alanın teğet bileşenleri süreklidir.



Şekil 2. Dielektrik tabaka üzerine yerleştirilen FSY yan görünüşü

$$\vec{E}_3 = (\vec{E}_2^+ + \vec{E}_2^-) \quad (5)$$

$$\vec{H}_3 = (\vec{H}_2^+ + \vec{H}_2^-) \quad (6)$$

$z = 0$  yüzeyinde mükemmel iletken üzerinde ki toplam elektrik alanın teğet bileşenlerinin sürekliliğinden;

$$\vec{E}_{inc}(x, y, 0) + \vec{E}_{ref}(x, y, 0) + \vec{E}_s(x, y, 0) = 0 \quad (7)$$

$\vec{E}_{inc}$ ,  $\vec{E}_{ref}$ ,  $\vec{E}_s$  sırasıyla, gelen, yansıyan ve saçılan alanları ifade etmektedir.

Daha sonra, floquet modları cinsinden ifade edilen elektrik ve manyetik alan bileşenleri, gerekli sınır şartları kullanılarak elde edilen denklemlerle moment metodu kullanılarak çözülmüş ve bilinmeyen akım yoğunlukları bulunmuştur [8].

$$V_n = [E_0 + E_{r0}] \langle \vec{f}_n, \vec{\psi}^* \rangle \quad (8)$$

$$[V_n] = [Z_{kn}] [\alpha_n] \quad (9)$$

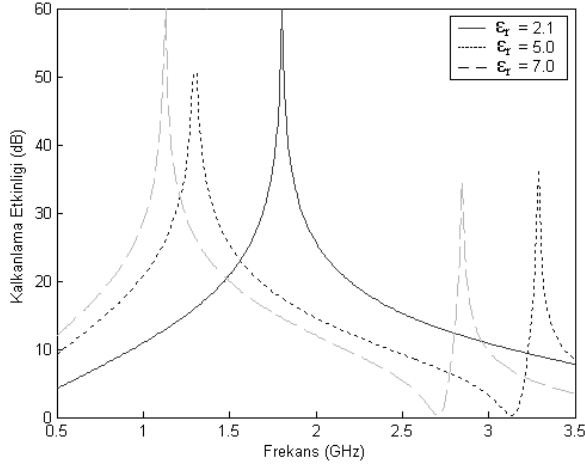
Burada  $V_n$  kaynak matrisini,  $Z_{kn}$  empedans matrisini ve  $\alpha_n$  bilinmeyen akım katsayısını ifade eder.

Toplam iletilen alan bileşenleri bulunduktan sonra kalkanlama etkinliği aşağıdaki şekilde, toplam iletilen alan bileşeniyle, gelen alan bileşeni oranlanarak hesaplanmıştır [9].

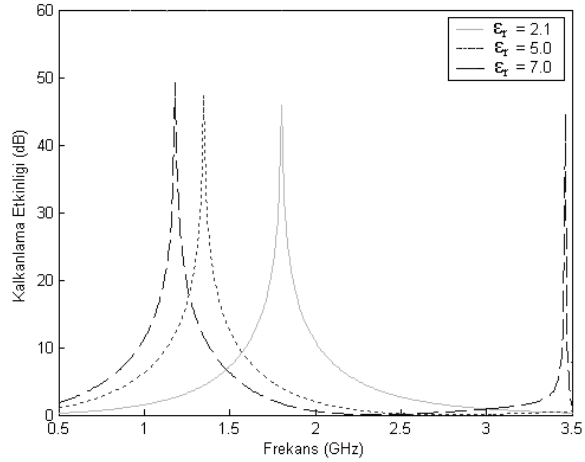
$$SE_{dB} = -20 \log \left| \frac{E_{trans}}{E_i} \right| \quad (10)$$

### 3.SONUÇLAR

Bu çalışmada kare ve dairesel halka olmak üzere iki geometrik yapının, bağıl dielektrik sabitinin ( $\epsilon_r$ ) ve geliş açısının ( $\theta$ ) farklı değerlerine karşı kalkanlama etkinliği incelenmiştir. Yapıların boyutları, 1800 MHz frekans aralığında, kare halka için,  $L_x=L_y=3.98\text{cm.}$ , ve dairesel halka için,  $R_i=2.130\text{cm.}$ ,  $R_o=2.155\text{cm.}$  alınmıştır. Şekil 3-4'te farklı bağıl dielektrik sabitine sahip ( $\epsilon_r = 2.1$ ,  $\epsilon_r = 5$ ,  $\epsilon_r = 7$ ) ortamlar için, geliş açısı  $\theta = 0^\circ$  alındığında; TE gelen dalga için dairesel halka ve kare halka FSY'nin kalkanlama etkinliği görülmektedir.



Şekil 3. TE gelen dalga için dairesel halka FSY'nin kalkanlama etkinliği,  $\theta = 0^\circ$



Şekil 4. TE gelen dalga için kare halka FSY'nin kalkanlama etkinliği,  $\theta = 0^\circ$

Dielektrik sabiti  $\epsilon_r$  değeri artırıldığında kare halka FSY yapının kalkanlama etkinliği artması ve rezonans frekansının düşmesi Şekil 4'de görülmektedir.

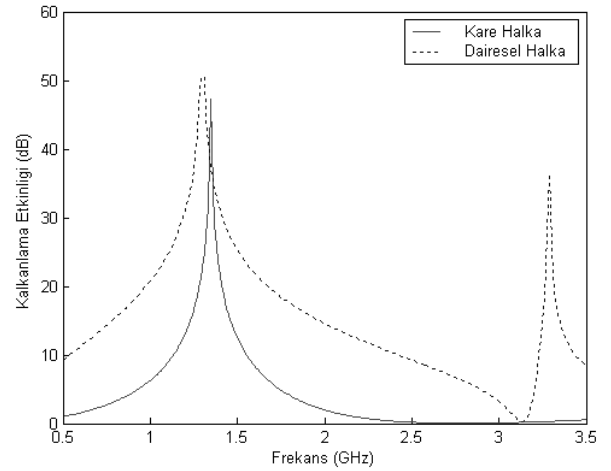
Dielektrik yükün etkisinden dolayı oluşan bu rezonans değerindeki azalma aşağıdaki formül ile uyumludur [2].

$$f_o' = \frac{f_o}{\sqrt{\frac{\epsilon_1 + \epsilon_2}{2}}} \quad (11)$$

Buradaki  $\epsilon_1$ ,  $\epsilon_2$  FSS yapının alt ve üstündeki ortamın dielektrik sabiti,  $f_o$ ,  $f_o'$  ise sırasıyla boşluktaki rezonans frekansı ve dielektrik yükten dolayı oluşan rezonans frekansdır.

Bu yapıların simetrik olmasından dolayı, geliş açısı  $\theta = 0^\circ$  alındığında TM gelen dalga için kalkanlama etkinliği TE gelene dalgayla aynı olur (Şekil 3-4).

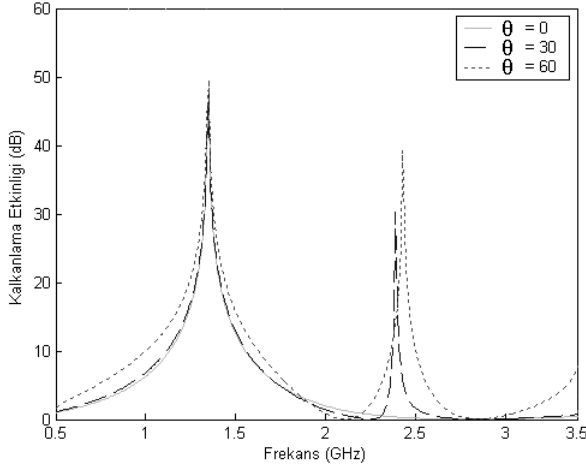
Şekil 5'te kare ve daire halka yapıların,  $\epsilon_r = 5$  ve  $\theta = 0^\circ$  değerleri için birbirleriyle karşılaştırılması görülmektedir.



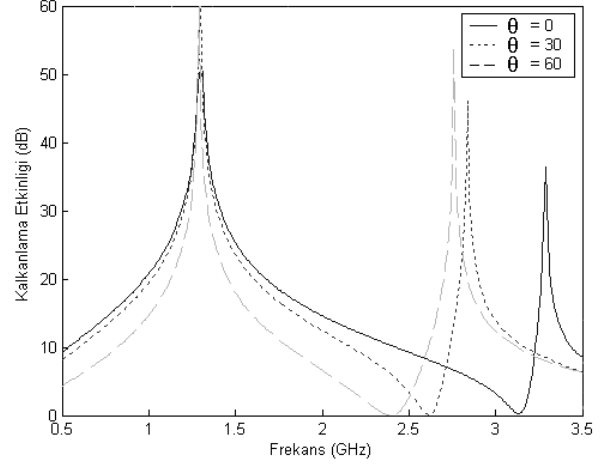
Şekil 5. TE gelen dalga için kare ve dairesel halka FSY'nin kalkanlama etkinliği,  $\epsilon_r = 5$ ,  $\theta = 0^\circ$

Dairesel halka ve kare halka yapı için, dielektrik sabiti artırıldığında dairesel halkanın rezonans frekansı kare halkaya göre daha fazla düşmektedir. Dairesel halkanın band genişliği kare halkaya göre daha büyüktür. Burada dielektrik yükün dairesel halkayı daha fazla etkilediği anlaşılmaktadır.

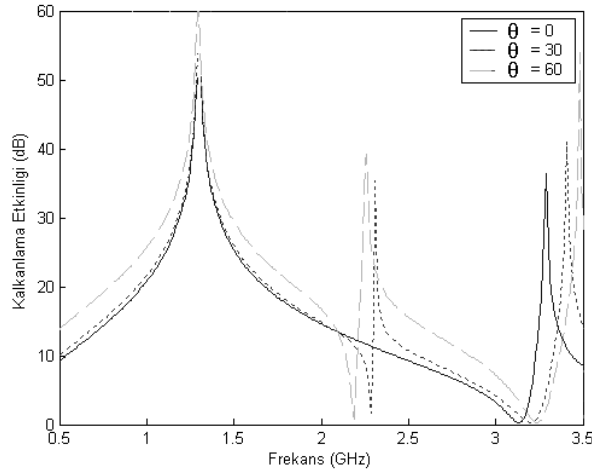
Şekil 6-9'da kare ve dairesel halka FSY yapıların,  $\epsilon_r = 5$  için, farklı geliş açılarda, TE ve TM gelen dalgada kalkanlama etkinlikleri ve geliş açısının değiştirilmesiyle kafesin elektriksel boyutu değiştiği ve bundan dolayı istenmeyen frekanslarda grating lob'ların oluştuğu görülmektedir.



Şekil 6. TE gelen dalga için kare halka FSY yapının farklı geliş açılarda kalkanlama etkinliği,  $\epsilon_r = 5$

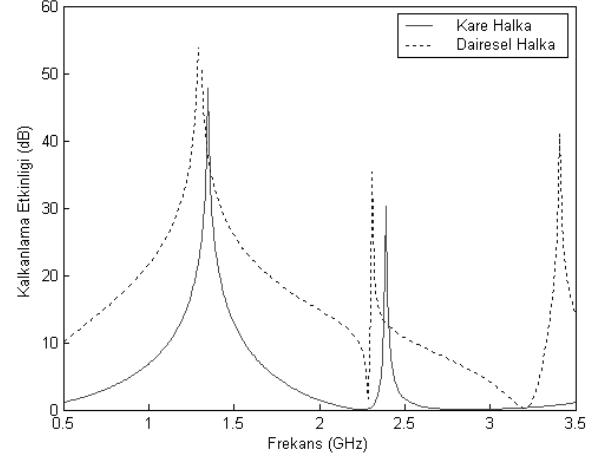


Şekil 9. TM gelen dalga için dairesel halka FSY yapının farklı geliş açılarda kalkanlama etkinliği,  $\epsilon_r = 5$

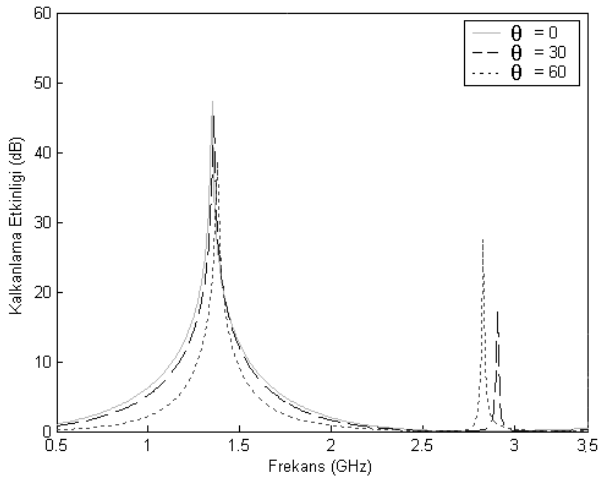


Şekil 7. TE gelen dalga için dairesel halka FSY yapının farklı geliş açılarda kalkanlama etkinliği,  $\epsilon_r = 5$

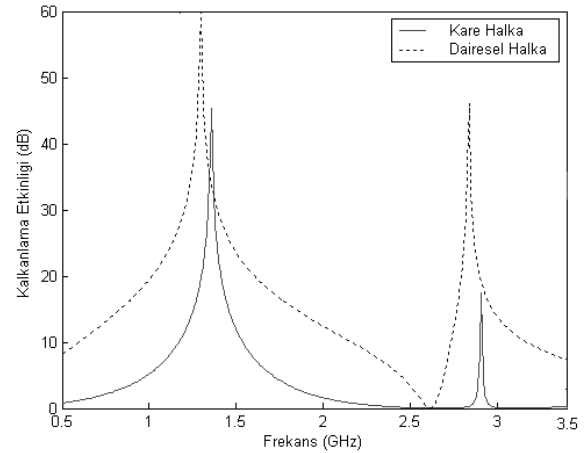
Şekil 10-11'te kare ve dairesel halkanın  $\epsilon_r = 5$ ,  $\theta = 30^\circ$  değerleri için, kalkanlama etkinliklerinin karşılaştırılması gösterilmektedir.



Şekil 10. TE gelen dalga için Kare ve dairesel halka FSY yapının kalkanlama etkinliği,  $\epsilon_r = 5$ ,  $\theta = 30^\circ$

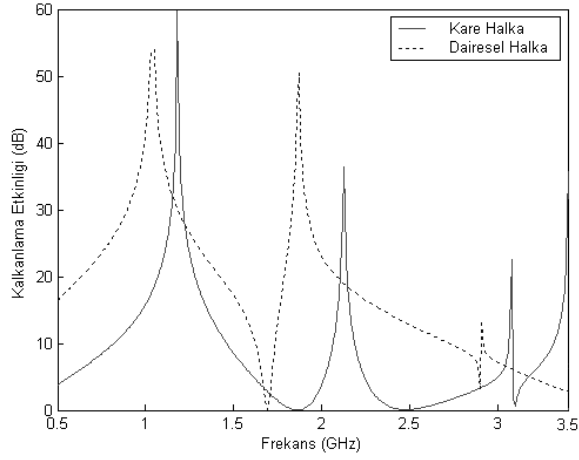


Şekil 8. TM gelen dalga için kare halka FSY yapının farklı geliş açılarda kalkanlama etkinliği,  $\epsilon_r = 5$

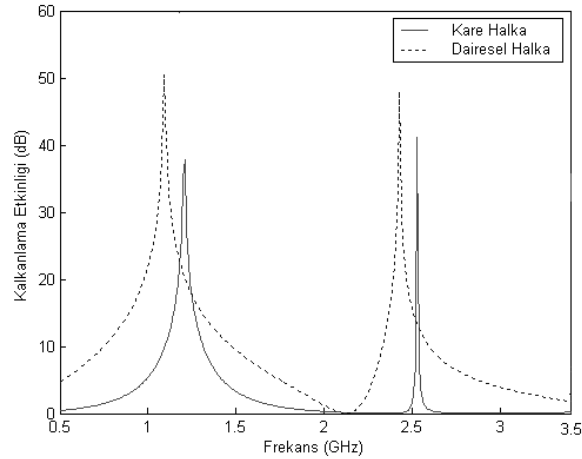


Şekil 11. TM gelen dalga için Kare ve dairesel halka FSY yapının kalkanlama etkinliği,  $\epsilon_r = 5$ ,  $\theta = 30^\circ$

Şekil 12-13' de  $\epsilon_r = 7$  ve  $\theta = 60^\circ$  değerleri için, kalkanlama etkinliklerinin karşılaştırılması gösterilmektedir.



Şekil 12. TE gelen dalganın için kare ve dairesel halka FSY yapının kalkanlama etkinliği,  $\epsilon_r = 7$ ,  $\theta = 60^\circ$



Şekil 13. TM gelen dalganın için kare ve dairesel halka FSY yapının kalkanlama etkinliği,  $\epsilon_r = 7$ ,  $\theta = 60^\circ$

Elde edilen grafiklerden de görüldüğü gibi, dielektrik sabiti arttırıldığında, rezonans frekansı düşmekte kalkanlama etkinliği artmaktadır. Bant genişliği ise daralmaktadır. Yüksek dielektrik sabitine sahip yapılar kullanıldığında daha etkili kalkanlama etkinliğine sahip FSY yapı oluştuğu görülmektedir.

Farklı  $\epsilon_r$  değerlerine göre, kare halka ve dairesel halka FSY yapılar için alınan sonuçlar incelendiğinde; dairesel halka, kare halkaya oranla daha geniş banda ve daha yüksek kalkanlama etkinliğine sahip olduğu görülmektedir. Ayrıca, dairesel halka FSY yapıdaki rezonans frekansı, kare halka FSY yapıya göre dielektrik

sabiti değişiminden daha fazla etkilendiği görülmektedir.

Geliş açısının arttırılmasıyla TE gelen dalga için kalkanlama etkinliği ilk rezonans frekansı bant genişliği artmakta, TM gelen dalga için rezonans frekansı bant genişliği azalmaktadır. Oluşan diğer rezonanslarda ise bant genişliği ve kalkanlama etkinliği açıyla artmaktadır. Ayrıca geliş açısının arttırılması, TE gelen dalga için, kare halkada, dairesel halkaya göre istenmeyen rezonanslar daha fazla oluşmaktadır.

Bu çalışmada anlaşılıyor ki, TE ve TM dalgalar için kalkanlama etkinliği ve bant genişliği geliş açısına karşı duyarlıdır. Yani, kalkanlama etkinliği ve bant genişliği geliş açısı ile değişmektedir. Ancak, geliş açısının TE ve TM dalgalar üzerindeki etkisi tamamen zıttır. TE ve TM bileşenlere sahip rasgele bir dalga veya dairesel polarize olmuş bir dalga için geliş açısının kalkanlama etkinliği üzerindeki etkisi TE ve TM dalgaya oranla daha az olacaktır.

Genel olarak, kalkanlama etkinliği zayıflatma düzeyleri bakımından sınıflandırıldığında: 0-10 dB arasında çok düşük, 10-30 dB arasında etkili bir kalkanlama için en düşük aralık, 30-60 dB arasında ortalama, 60-90 dB arasında iyi ve kalkanlama etkinliğinin 90 dB'nin üzerinde olanlar için çok iyi olarak adlandırılmaktadır [10]. Bu çalışmada incelenen kare halka ve dairesel halka FSY yapılar standartlara göre normal ve normalin üstünde bir etki vermektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] Qing, A., Lee, C. K., An Improved Model For Full Wave Analysis Of Multilayered Frequency Selective Surface With Gridded Square Element. PROGRESS IN ELECTROMAGNETICS RESEARCH, PIER 30, 285-303, 2001.
- [2] Wu, T.K., Frequency Selective Surface and Grid Array. ISBN 0-471-311-8, John Wiley & Sons Inc. 1995.
- [3] Wu, T.K., Four-Band Frequency Selective Surface With Double Square Loop Patch Elements. IEEE TRANSECTIONS ANTENNAS AND PROPAGATION, Vol.42, No.12, pp.1659-1662, 1994.
- [4] ZIMMERMAN, M.I., LEE, S.W. Ve FUJIKAWA, G., Analysis of Reflector Antenna System Including Frequency Selective Surfaces. IEEE TRANSECTIONS ANTENNAS AND PROPAGATION, vol.40, no.10, pp.1264-1266, 1992..
- [5] Rahmat-Samii, Y. Ve Tulintseff, A.N., Diffraction Analysis Of Frequency Selective Reflector Antennas. IEEE TRANSECTIONS ANTENNAS AND PROPAGATION, Vol.41, No.4, pp.476-487, 1993.

- [6] Hirai, J. ve Yokota, I., Electro-Magnetic Shielding Glass Of Frequency Selective Surfaces. PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY, 17-21, pp. 314-316, 1999.
- [7] Widenberg, B. ve Rodriguez, J.V.R., Design of Energy Saving Windows with High Transmission at 900 MHz and 1800 MHz, TECHNICAL REPORT LUTEDX/(TEAT-7110)/1-14, Lund Institute of Technology, Sweden, 2002.
- [8] Chan, C.H., Ve Mitra, R., On The Analysis of Frequency Surfaces Using Subdomain basis Function. IEEE TRANSACTIONS ANTENNAS AND PROPAGATION, vol.38,no.1,pp.40-50.,1990.
- [9] Sarto, F., Sarto, M.S., Larciprete, M.C., ve Sabilia, C., Transparent Films For Electromagnetic Shielding of plastics, Rev.Adv.Mater.Sci.,5,pp.329-336,2003.
- [10] Anonymous, How do you measure the shielding effectiveness?.<http://www.em-coatings.com/services/emi/basics.htm>., 1999.