

# ÇİFT DAİRE ŞEKLİNDE DİZİLMİŞ FREKANS SEÇİCİ YÜZEYLERİN 900 VE 1800 MHz FREKANSLARDA KALKANLAMA ETKİNLİĞİ

Ahmet GÖKÇEN<sup>1</sup>

Emin ÜNAL<sup>2</sup>

Yakup KUTLU<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü,  
Mühendislik Mimarlık Fakültesi  
Mustafa Kemal Üniversitesi, 31034, Hatay

<sup>3</sup>Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü,  
Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir

<sup>1</sup>e-mail: [agokcen@mku.edu.tr](mailto:agokcen@mku.edu.tr)

<sup>2</sup>e-mail: [eunal@mku.edu.tr](mailto:eunal@mku.edu.tr)

<sup>3</sup>e-mail: [kutlu@eee.du.edu.tr](mailto:kutlu@eee.du.edu.tr)

*Anahtar Kelimeler: Frekans Seçici Yüzeyler, Kalkanlama Etkinliği*

## ÖZET

*Bu bildiri, Çift daire şeklinde periyodik olarak yerleştirilmiş frekans seçici yüzeylerin 900 ve 1800 MHz frekanslarda kalkanlama etkinliği elde edilmiştir. Kalkanlama etkinliği toplam geçirilen alan bileşeninin gelen alan bileşenine oranı olarak modal teknikler kullanılarak hesaplanmıştır. TE ve TM polarize gelen düzlem dalga için kalkanlama etkinliği, bant genişliği ve rezonans frekansı, dielektrik sabiti ve geliş açısındaki değişiminin TE ve TM polarize dalgalar üzerindeki etkisi birbirinin tersidir ve birbirini azalttığı görülmüştür. Sonuçlar literatürde bulunan deneysel sonuçlarla uyum içerisindedir. Böylece, hassas elektronik cihazların cep telefonu sinyallerinden etkilenmemesi amacı ile kalkanlanabilmelerinin sağlanması amaçlanmaktadır.*

## 1. GİRİŞ

Son yıllarda hücreli telefonlar dünya çapında yaygın olarak kullanılan iletişim araçları haline gelmiştir. Hücreli telefonların kullanımı, istenmeyen yerlerde ve zamanda birçok hassas elektronik aygıt ve sistemin çalışmasını etkileyebilmektedir.

Günümüzde büyük bir çevre problemi haline gelen elektromagnetik kirliliğe bilimsel çevreler önemli ölçüde ilgi duymaktadır. Bu çalışmalarda, mikrodalga frekanslarda elektrik ve magnetik alanları kalkanlamak için çeşitli teknikler geliştirilmiştir.

Elektromagnetik enerjinin yansıtılabilme özelliği kalkanlama etkinliği olarak tanımlanabilir ve

elektromagnetik dalganın frekansına ve kalkanlamada kullanılan maddenin elektromagnetik özelliğine bağlıdır.

Hassas elektronik aygıtlar günlük hayatımızın hemen hemen tüm kademelerine girmiştir. Kalkanlama bu tip aygıtlar için gereklidir. Çünkü, GSM kaynaklarından saçılan radyasyon bu aygıtlar için istenmemektedir. Hücreli telefonlar ve radyo kaynaklarından saçılan alanlar bu tip aygıtların çalışmasını bozmakta, hatalı ölçümlere ve sonuçlara sebep olabilmektedir. Hassas ortamlarda çalışması gereken kontrol sistemleri, veri işleme üniteleri, iletişim ağları, kalp pilleri, elektrikli tekerlekli sandalyeler ve crib monitörler bu tür radyasyondan korunması gereken cihazlardan bazılarıdır.

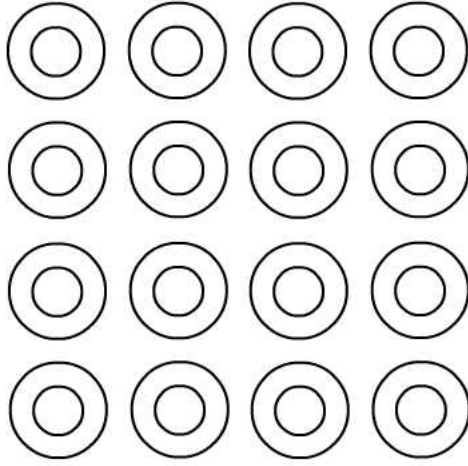
Hassas cihazların bulunduğu ortamları kalkanlamak yerine radyasyon kaynağını kalkanlamak daha ucuz olabilecektir ancak, bu pratik değildir. Çünkü, bütün kaynakların kalkanlanması gerekmektedir. Aksi takdirde hassas cihazlar yine etkilenecektir.

## 2. ÇİFT KATLI DAİRESEL FSY

Dielektrik ortam üzerine yerleştirilmiş periyodik metal yama veya açıklık dizileri, elektromagnetik dalgalara karşı Frekans Seçici Yüzey (FSY) özelliği gösterir. Metalik yama şeklinde dizilmiş periyodik yapılar alçak geçiren filtreler gibi davranırlar ve rezonans frekansında tam yansımaya sebep olurlar. Literatürde, bu tip yapılar üzerinde oldukça fazla çalışma mevcuttur. Farklı geometrilerdeki bu yapıların analizi için çok çeşitli sayısal ve analitik yöntemler kullanılmıştır[1-8].

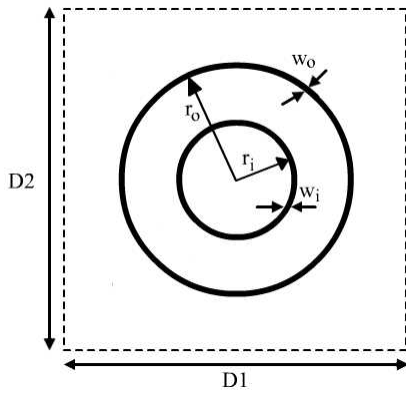
WU[5]' ya göre, FSY analizinde kullanılan en yaygın metot "Modal Expansion" tekniğidir. Bu metot ayrıca yapının periyodikliğinin dalga boyuna göre küçük olduğu düşük frekanslarda da kullanılabilir. Bu çalışmada 900 ve 1800 MHz. frekanslarda yansıtma yapan çift daire periyodik FSY' lerin sayısal analizi yapılmıştır. Şekil 1' de görülen, düzlemsel, ince ve iyi iletken frekans seçici yüzeyler için benzer çalışmalar Chen [2], Montgomery [3], Dawes [4] tarafından önceden yapılmıştır.

Yansıyan ve geçirilen alanlar, bilinmeyen katsayılı Floquet serisi cinsinden ifade edilmiştir. Elde edilen integral denklemleri, sınır şartları yardımıyla ve Moment Metodu kullanılarak matris eşitliğine dönüştürülmüştür.



Şekil 1. Çift dairesel metalik yamadan oluşan periyodik yapı

Şekil 2' de periyodik yapı içerisindeki çift dairesel birim hücre görülmektedir.



Şekil 2. Çift daire birim hücre FSY yapının davranışı yapının şekline, boyutuna, elemanlar arası boşluğa ve metalik yüzeyin kalınlığına

bağlıdır. 900 ve 1800 MHz. frekanslarında metalik yamalar, iyi iletken ve sonsuz ince kabul edilmiştir çünkü dalga boyu, metalik yamanın kalınlığından çok büyüktür. Bu çalışmada, gelen dalganın düzlem dalga olduğu varsayılmış, geliş açısı ve dalga polarizasyonu sınırlandırılmamıştır.

### 3. FORMÜLASYON

Çözüm metodu olarak, bu çalışmada, daha önceden bahsedildiği gibi, modal açılım tekniği kullanılmıştır. Şekil 1 de görülen yapının düzlemsel, çok ince ve iyi iletken olduğu varsayılmıştır.

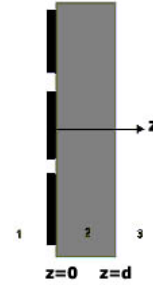
Şekil 3' de Dielektrik katman üzerine yerleştirilmiş periyodik yapının yandan görünüşü görülmektedir. Buna göre; birinci ve üçüncü bölgeler boşluk, ikinci bölge dielektrik ortamdır.

Şekil 3' de görülmekte olan yapıya göre sınır koşulları;

- 1)  $z=0$ ' da elektrik alanının teğet bileşenlerinin sürekliliğinden;

$$\vec{E}_1 = \vec{E}_2^+ + \vec{E}_2^- \quad (1)$$

Metal yüzeyler üzerinde elektrik ve magnetik alan teğet bileşenlerinin sürekliliğinden;



Şekil 3. Dielektrik katman üzerine yerleştirilmiş periyodik yapının yandan görünüşü

$$\vec{E}_{gel}(x, y, 0) + \vec{E}_{yan}(x, y, 0) + \vec{E}_{sac}(x, y, 0) = 0 \quad (2)$$

$$\vec{a}_z \times \{(\vec{H}_2^+ + \vec{H}_2^-) - \vec{H}_1\} = \vec{J} \quad (3)$$

burada,  $E_{gel}$ ,  $E_{yan}$ , and  $E_s$  sırasıyla gelen, yansıyan ve saçılan elektrik alanlarını göstermektedir.

- 2)  $Z=d$  yüzeyinde; elektrik ve magnetik alanın teğet bileşenlerinin sürekliliğinden;

$$\vec{E}_3 = (\vec{E}_2^+ + \vec{E}_2^-) \quad (4)$$

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

Floquet theoremı kullanıldığında, herhangi bir hücredeki alan, referans hücre alanı cinsinden bir exponansiyel fonksiyon olarak ifade edilir. Bu alan açılımı daha sonra integral denkleminde yerine konular ve moment metodu yardımıyla aşağıda görülen matris denklemleri şeklinde düzenlenebilir.

$$V_n = [E_0 + E_{r0}] \langle \vec{f}_n, \vec{\psi}^* \rangle \quad (6)$$

$$[V_n] = [Z_{kn}] [\alpha_n] \quad (7)$$

burada  $V_n$  ve  $Z_{kn}$  kaynak ve empedans matrislerini,  $\alpha_n$  ise bulunacak olan bilinmeyen akım yoğunluklarını göstermektedir.

Matris denklemleri FORTRAN programı kullanılarak geçirilen ve yansıyan alan bileşenlerini elde etmek için çözülmüş ve kalkanlama etkinliği geçirilen alan bileşeninin gelen alan bileşenine oranı alınarak aşağıdaki denklem kullanılarak bulunmuştur. [10].

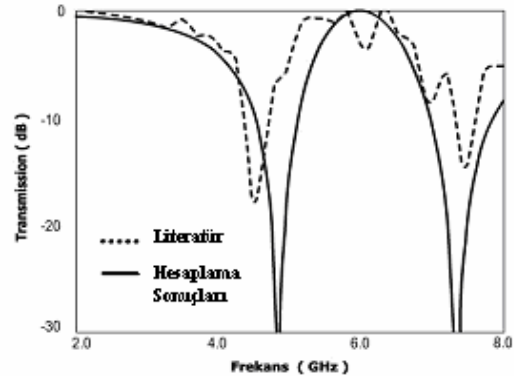
$$SE_{dB} = -20 \log \left| \frac{E_{trans}}{E_i} \right| \quad (8)$$

#### 4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Şekil 1 de görülen periyodik yapı ve Şekil 2 de görülen birim hücre için sayısal sonuçlar, FORTRAN programı kullanılarak, sınır şartları yardımı ile elde edilmiştir. Kalkanlama etkinliği üzerindeki etkilerinin incelenmesi amacıyla dielektrik sabiti, geliş açısı ve dalga polarizasyonunun çeşitli değerleri kullanılmıştır. Ayrıca, 900 ve 1800 MHz.' de en iyi kalkanlama etkinliğinin elde edilebilmesi için en uygun halka boyutları seçilmiştir.

Bu çalışmada, daha önce bahsedildiği gibi, geliş açısı ve dalga polarizasyonu sınırlanmamıştır. Ayrıca gelen dalganın düzlem dalga olduğu varsayılmıştır. Dalga polarizasyonu, TE (Elektrik alan geliş düzlemine dik) ve TM (Mağnetik alan geliş düzlemine dik) şeklindedir.

Şekil 4' te literatürdeki deneysel sonuçlarla bu çalışmada elde edilen sonuçların karşılaştırılması görülmektedir[9]. Şekilden açıkça görüldüğü gibi elde edilen sonuçların deneysel sonuçlarla uyum içerisinde olduğu görülmektedir.



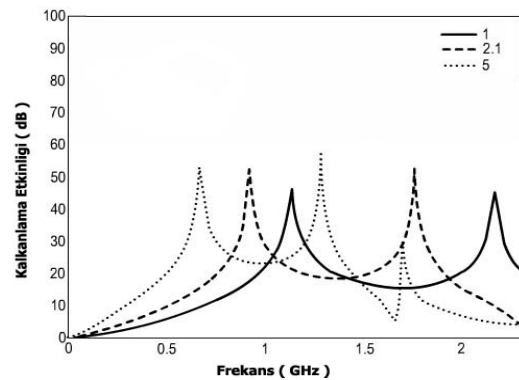
Şekil 4. Bu çalışmada elde edilen sonuçlarla deneysel sonuçların karşılaştırılması

900 ve 1800 MHz. frekanslarda elektromağnetik dalgaların yansıtılabilmesi için Şekil 2 de görülen birim hücrenin boyutları :  $r_0=4.25$  cm,  $w_0=0.060$  cm,  $r_1=2.03$  cm,  $w_1=0.05$  cm ve  $D_1=D_2=4.35$  cm. alınmıştır.

Şekil 5' te TE gelen dalga için kalkanlama etkinliği görülmektedir. Geliş açısı  $\theta=0^\circ$  ve  $\epsilon_r = 1, 2.1$  ve  $5$  alınmıştır. Dielektrik sabitinin kalkanlama etkinliği üzerindeki etkisinin anlaşılması amacıyla  $\epsilon_r$  değeri değiştirilmiştir.

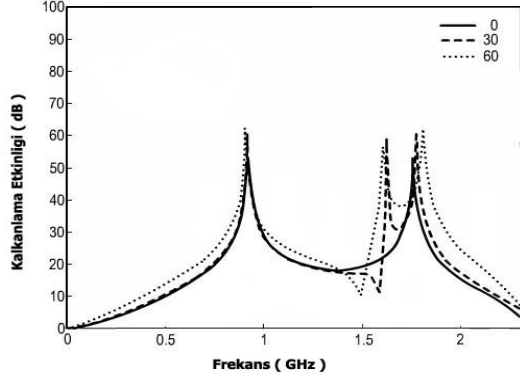
Şekil 5 de görüldüğü gibi,  $\epsilon_r$  değerinin artması kalkanlama etkinliğini arttırmaktadır. Diğer taraftan  $\epsilon_r$ 'nin artması rezonans frekansını azaltmaktadır. Bunun sebebi, dielektriğin yüklemeye etkisidir. Bu etki aşağıdaki denklemle ifade edilebilir[5].

$$f_o' = \frac{f_o}{\sqrt{\frac{\epsilon_1 + \epsilon_2}{2}}} \quad (9)$$



Şekil 5.  $\epsilon_r$  'nin değişik değerleri için kalkanlama etkinliği (TE gelen dalga,  $\theta=0^\circ$ ,  $\epsilon_r = 1, 2.1$  ve  $5$ )

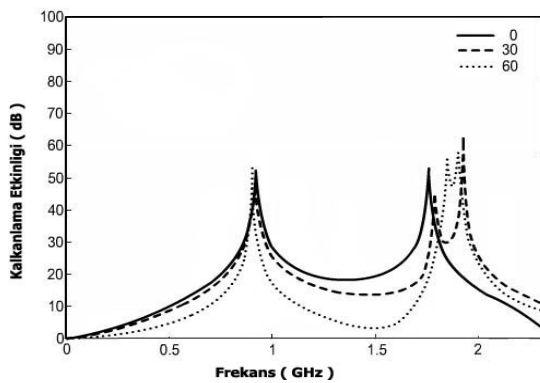
Simetriden dolayı gelme açısı  $\theta=0^\circ$  olduğunda, TE polarize dalga için elde edilen kalkanlama etkinliği TM polarize dalganın kalkanlama etkinliği ile aynıdır. TE polarize dalga için,  $\epsilon_r = 2.1$  alındığı zaman, geliş açısındaki değişimin kalkanlama etkinliği üzerindeki etkisi Şekil 6' da görülmektedir.



**Şekil 6.** Geliş açısının değişik değerleri için kalkanlama etkinliği (TE gelen dalga,  $\epsilon_r = 2.1$  ve geliş açısı  $\theta = 0^\circ, 30^\circ, 60^\circ$ ).

Şekil 6' da görüldüğü gibi geliş açısının artması "Grating Lobe" adı verilen yeni rezonansların oluşmasına sebep olmaktadır. Bu loblar birim hücrenin elektriksel boyutu yarım dalga boyundan büyük olduğunda ortaya çıkmaktadır[5].

Şekil 7 de görüldüğü gibi, geliş açısındaki değişim TM polarize dalga üzerindeki etkisi rezonans karakteristiklerini (rezonans frekansı, band genişliği ve kalkanlama etkinliği) TE polarize dalgada olduğu gibi etkilemektedir. Fakat geliş açısının rezonans karakteristikleri üzerindeki etkisi TE ve TM polarize dalgalar için birbirine zıttır.



**Şekil 7.** Geliş açısının değişik değerleri için kalkanlama etkinliği (TM gelen dalga,  $\epsilon_r = 2.1$  ve geliş açısı  $\theta = 0^\circ, 30^\circ, 60^\circ$ ).

Şekil 6 ve 7 birlikte incelendiğinde; TE polarize dalga için geliş açısının artması ilk rezonans frekansı, kalkanlama etkinliği ve band genişliğinin artmasına

sebeptir. Diğer taraftan, TM polarize dalga için geliş açısındaki artış ilk rezonans frekansı, kalkanlama etkinliği ve band genişliğini azaltmaktadır.

Rasgele polarize olmuş bir dalga TE ve TM polarize dalgaların birleşimi veya dairesel polarize olmuş dalga olarak düşünülebilir. Geliş açısındaki değişiminin TE ve TM polarize dalgalar üzerindeki etkisi birbirinin tersidir ve birbirini azaltır. Bu nedenle, rasgele polarize bir dalga için açısız bağımlılık çok önemli olmayacaktır [9].

Bu çalışmada elde edilen kalkanlama etkinlikleri 900 MHz için 60 dB. ve 1800 MHz için 40 dB.'den fazladır. Bu değerler iyi kalkanlama olarak nitelendirilebilir. Yapılan bu çalışma oldukça basit, pratik ve ek bir elemana ihtiyaç duymayan GSM frekanslı dalgaların kalkanlanabileceği bir yöntemi göstermektedir. Sonuçların, literatürdeki deneysel sonuçlarla uyum içerisinde olması çift dairesel FSY'nin hassas ortamların kalkanlanması amacı ile kullanılabilirliğini göstermektedir.

#### KAYNAKLAR

- [1] Chen CC. Transmission Through a Conducting Screen Perforated Periodically with Apertures. IEEE Trans. Microwave Theory Tech., MTT-18, 1970; 627-632.
- [2] Chen CC. Scattering by a Two-Dimensional Periodic Array of a Conducting Plates. IEEE Trans. Antenna Propagat., AP-18, 1970; 660-665.
- [3] Montgomery JP. Scattering by an infinite Periodic Array of a Thin Conductors on a Dielectric Sheet. IEEE Trans. Antenna Prop., AP-23, 1975; 70-75.
- [4] M Dawes DH, McPhedran RC, and Whitbourn LB. Thin Capacitive Meshes on a Dielectric Boundary: Theory and Experiment. , Applied Optics, 28, 1989; 3498-3510.
- [5] Wu TK. Frequency Selective Surface and Grid Array. New York: John Wiley & Sons;1995.
- [6] Wu TK, Lee SW. Multiband Frequency Selective Surface with Multiring Patch Elements. IEEE Trans. Antenna Propagat., AP-42 (11), 1994; 1484-1490 .
- [7] E.A. Parker and J.C. Vardaxoglou. Plane-Wave Illumination of concentric-ring frequency-selective surfaces. IEEE Proc., Part H: Microwaves, Antennas propag. 132, 176, 1994. .
- [8] J.Huang, Wu TK, Lee SW. Tri-band FSS with multi-ring patch elements. IEEE Trans. Antenna Propagat., AP-42 (2), 1994; 166-175 .
- [9] Wang ZL, Hashimoto K, Shinohara N, and Matsumoto H. Frequency-Selective Surface for Microwave Power Transmission. IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol 47, 1999; 2039-2042.
- [10] Sarto F, Sarto MS, Larciprete MC, Sibilia C. Transparent Films For Electromagnetic Shielding of Plastics. Rev. Adv.Mater Sci, 5, 2003,329-336.