

WiFi Frekansına Yönelik Pyrex-Cam Tabanlı Metayüzey Tasarımı

Sultan Can¹, Emrullah Karakaya², Cenk Mülazımoğlu², Fulya Bağcı², A. Egemen Yılmaz¹, Barış Akaoglu²

¹Ankara Üniversitesi
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
Ankara
sultancan@ankara.edu.tr, acyilmaz@eng.ankara.edu.tr,

²Ankara Üniversitesi
Fizik Mühendisliği Bölümü
Ankara
{emrullah.fizik, cenkmulazimoglu}@gmail.com, {fbagci, akaoglu}@eng.ankara.edu.tr

Özet: Bu çalışmada elektromanyetik kirliliğe neden olan ve sıklıkla kullanılan WiFi uygulamalarına yönelik, görünür bölgede şeffaf davranırken 2.45GHz WiFi frekanslarında filtreleme sağlayan Pyrex cam tabanlı ayırık halka rezonatörü önerilmiş, CST Microwave Studio benzetim programı kullanılarak tasarlanmış ve analiz edilmiştir. Etkin elektrik geçirgenlik katsayılarının çıkarımı, Kramers-Kronig ilişkilerini kullanan bir algoritma ile gerçekleştirilmiştir.

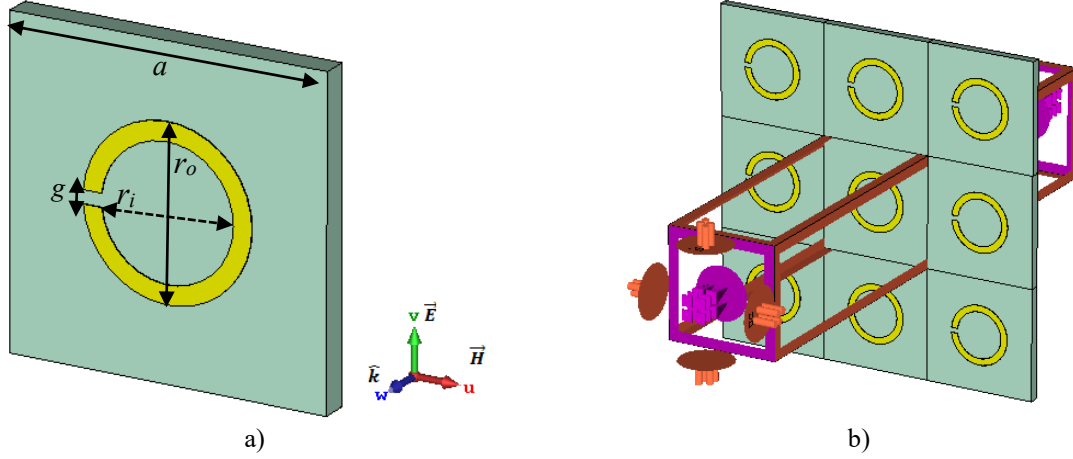
Abstract: In this study, a Pyrex glass based split ring resonator is proposed for filtering the WIFI frequency, which causes electromagnetic pollution, but transmitting the visible spectrum. Simulations and analyses are conducted via CST Microwave Studio. Parameter retrieval for the effective permittivity is performed using an algorithm developed by using Kramers-Kronig relationship.

1. Giriş

Frekans seçici yüzey (FSY) tasarımı elektromanyetik kirliliğin üstesinden gelmek isteyen araştırmacıların son yıllarda önem verdiği çalışmalarındandır [1]. Her ne kadar FSY tasarımları Elektromanyetik Girişim (EMI-Electromagnetic Interference) ve Elektromanyetik Uyumluluk (EMC-Electromagnetic Compatibility) problemleri için akla gelen ilk uygulama alanı olsa da, gelişen teknoloji ile artan kablosuz iletişim cihazları ve limitli bant kullanımının sebep olduğu ihtiyaç sonunda FSYler kendilerine farklı kullanım alanları da bulmuştur. Bu alanlar Özgül Soğurma Oranını (SAR-Specific Absorption Rate) düşürmekten, Radar Kesim Alanını (RCS-Radar Cross Section) düşürmeye kadar birçok alanda kullanılabilir [1]. Özellikle Özgül Soğurma Oranı düşürme konusu, kablosuz iletişim sistem kullanıcıların, kullandıkları bu cihazların sağlıklarını nasıl etkilediğini merak etmesi üzerine daha da çok gündeme gelen bir konu olmuştur. Son yıllarda metamalzemeler frekans seçici yüzey olmalarının yanı sıra doğada bulunan malzemelerin gösteremediği elektromanyetik özellikleri göstermesi ile araştırmacıların ilgi odağı olmaktadır. Bu özellikler özetle Ters Doppler etkisi, ters yönde faz ilerlemesi, ters yöne kırılım ve ters Vavilov Cherenkov yayılımı olarak sıralanabilir. Sağladıkları bu özellikler ile Latince kökene sahip olan, “ötesinde” anlamına gelen, “meta” ön ekinin metamalzemeler için kullanıyor olması tesadüf değildir. Teorik temelleri 1968 yılında Rus fizikçi Veselago tarafından atılan metamalzemeler aynı frekans aralığında hem negatif elektriksel geçirgenlik (ϵ), hem de negatif manyetik geçirgenlik (μ) katsayılarına sahip olabildikleri gibi bunlardan herhangi birini de sağlıyor olabilirler [2]. Bu malzemeler (sadece elektriksel geçirgenliğin veya sadece manyetik geçirgenliğin negatif olduğu malzemeler) literatürde tek negatif metamalzemeler (Single Negative Materials (SNM)) olarak adlandırılırken, her iki değeri de negatif olan malzemeler çift negatif malzemeler (Double Negative Materials (DNM)) veya sol eli metamalzemeler (Left Handed Metamaterials (LHM)) olarak bilinir. Ayırık halka rezonatörlerinin (SRR-Split Ring Resonator) elektrik uyarımı veya ince tel dizileri ϵ -negatif bölge elde etmede kullanılırken, yine ayırık halka rezonatörlerin manyetik uyarımı ile μ -negatif bölge realize edilebilir[3][4][referans]. Her iki yapıyı birlikte kullanarak tasarlanan çift negatif malzemeler ise, ilk kez Shelby tarafından 2001 yılında deneysel olarak gerçekleştirilmiştir [3], [4]. Bu çalışmada elektromanyetik kirliliğe neden olan ve sıklıkla kullanılan WiFi uygulamalarına yönelik, görünür bölgede şeffaf davranırken 2.45GHz WiFi frekanslarında filtreleme sağlayan Pyrex cam tabanlı ayırık halka rezonatörü önerilmiş, CST Microwave Studio benzetim programı kullanılarak tasarlanmış ve analiz edilmiştir.

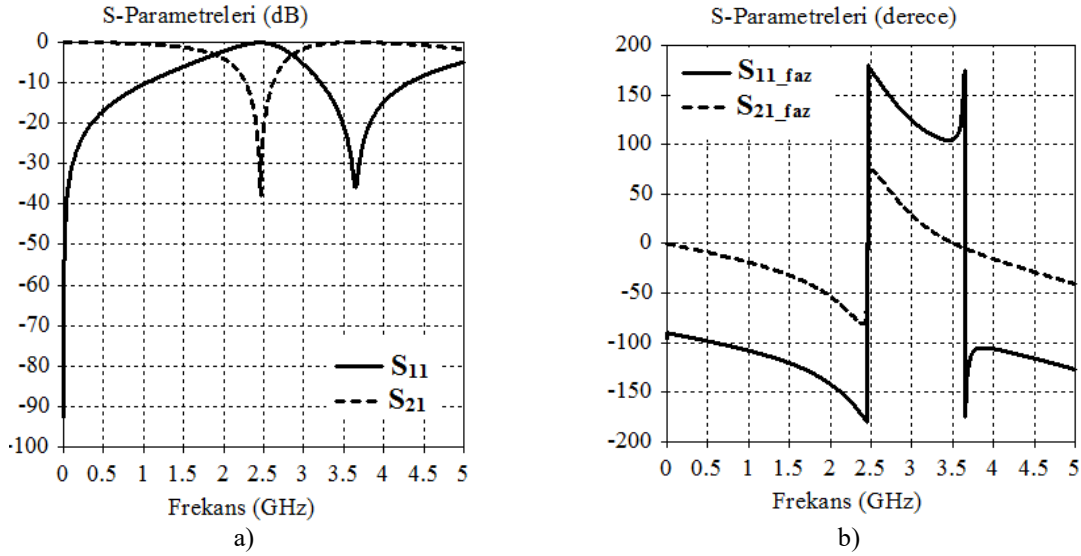
2. Cam Tabanlı Metamalzeme Yapısının Birim Hücre Önerisi

Görünür bölgede şeffaflığı sağlayarak WiFi sinyallerinin filtrelenmesini amaçlayan birim hücre elektrik geçirgenliği $\epsilon_r=4.82$, kalınlığı ise $h_s=1\text{mm}$ olan Pyrex cam üzerine $h_c=0.035\text{mm}$ kalınlıkta bakır iletken dairesel ayırık halka rezonatörü olarak tasarlanmıştır. Birim hücre alt taşı kare şeklinde olup kenar uzunluğu $a=12\text{mm}$ iken, halkanın dış yarıçapı $r_o=5.9\text{mm}$ ve iç yarıçapı $r_i=5.8\text{mm}$ 'dir. Oluşturulan açıklığa ait boyut ise $g=0.1\text{mm}$ olarak tanımlanmıştır. İlgili geometri Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Birim Hücre a) geometrisi, uyarım şekli b) sınır koşulları

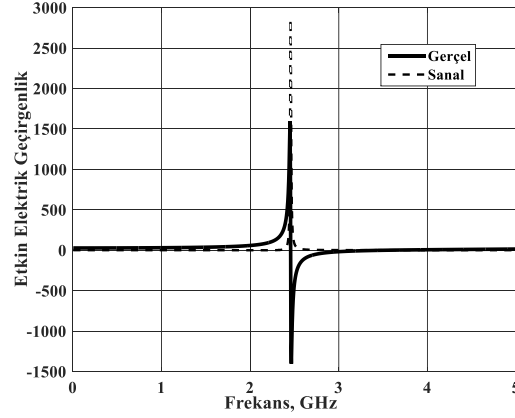
Elektrik alan, manyetik alan ve dalga yayılım yönü Şekil 1'den de görüldüğü gibi birim hücre elektriksel olarak uyarılmış ve ϵ -negatif bölge elde etme amaçlanmıştır. Birim hücre yan yana aralarında boşluk kalmayacak şekilde dizilere, periyodik sınır koşulları uygulanarak tasarlanmış ve bu yapıya ait yansıma ve iletme ait genlik ve faz karakteristikleri sırasıyla Şekil 2a ve Şekil 2b'de sunulmuştur.



Şekil 2. Birim hücre yansıma ve iletim parametrelerine ait a) genlik ve b) faz değerleri

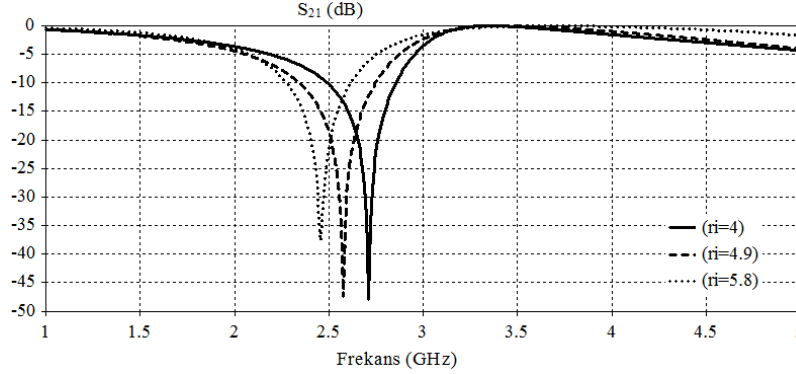
3. Parametrik Çıkarım

Cam tabanlı tek negatif metayüzey, birim hücre sınır koşulları altında, CST Microwave Studio benzetim programı kullanılarak tasarlanmış ve analiz edilmiştir. Rezonatör dizilerine ait etkin elektrik geçirgenlik katsayılarının çıkarımı, Kramers-Kronig ilişkilerini de göz önüne alarak geliştirilmiş bir versiyonu kullanılarak gerçekleştirilmiş, sonuçların geçerliliği fiziksel beklentiler düşünülerek yorumlanmıştır [5]. Elde edilen etkin elektrik geçirgenlik grafiği Şekil 3'de sunulmuş ve S_{21} rezonansının olduğu bölgede 2.45GHz bandında negatif elektrik geçirgenlik gözlenmiştir.



Şekil 3. Etkin elektrik geçirgenlik

Bilindiği gibi ayrık halka rezonatörleri boyutlarında yapılan değişiklikler ile farklı frekanslara ölçeklendirilebilmekte ve farklı uygulama alanları için farklı frekanslarda benzer filtreleme ve soğurma özellikleri gösterebilmektedirler. Bu kavramın ispatı açısından yapılan parametrik analizler de bunu doğrulamıştır. Şekil 4'de verilen iç yarıçap- S_{21} frekans ilişkisini gösteren grafik bu yapının istenilen uygulamalara yönelik tasarlanabileceğini, istenilirse farklı frekans ve bant genişliklerini de sağlayabileceğini göstermek amacı ile sunulmuştur.



Şekil 4. İç yarıçapa bağlı olarak S_{21} parametresinin değişimi

4. Sonuç

Beklendiği gibi, iletken halkaların elektrik uyarımından kaynaklanan ϵ -negatif bölge gözlenmektedir. Ancak, parametrik çıkarımın yapıldığı yöntemin dayandığı modelle ilgili bilinen problemler nedeniyle, parametre çıkarım sonuçlarına genel olarak, özellikle periyodu küçük dizilerde, ihtiyatla yaklaşılmalıdır. Dielektrik katmanın cam olması sebebi ile görünür bölgede filtreleme olmadığı halde WiFi frekanslarında filtreleme sağlanmaktadır.

Bu çalışma 115E667 numaralı TÜBİTAK projesi ile 15H0443004 ve 16B0443005 numaralı Ankara Üniversitesi BAP projesi kapsamında desteklenmiştir. Yazarlar, söz konusu destekten ötürü Ankara Üniversitesine teşekkürü bir borç bilir.

Kaynaklar

- [1] Munk Ben A., Frequency Selective Surfaces: Theory and Design, John Wiley & Sons, Inc., 2000, ISBN 0-471-37047-9.
- [2] Veselago V. G., "The Electrodynamics of Substances With Simultaneously Negative Values of ϵ and μ ", Soviet Physics Uspekhi, cilt. 10(4), s.509-514, 1968.
- [3] Pendry J. B., Holden A. J., Robbins D. J., Stewart W. J., "Magnetism from conductors and enhanced nonlinear phenomena", IEEE Trans. Microw. Theory Techn., cit. 47(11), s. 2075-2084, 1999.
- [4] Shelby R., Smith D. R., Schultz S., "Experimental Verification of a Negative Index of Refraction", Science, cilt. 292(5514), s.77-79, 2001.
- [5] Varadan V. V. ve Ro R, "Unique retrieval of complex permittivity and permeability of dispersive materials from reflection and transmitted fields by enforcing causality," IEEE Trans. Microw. Theory Tech. cilt. 55, s.2224-30, 2007.