

Bakışsız Levhaya Periyodik Konulan Şerit ve L-Şeklindeki Metal İletkenlerin Frekans Seçici Yüzey Olarak Kullanımı

Kemal Delihacıoğlu, Savaş Uçkun, Tuncay Ege
Gaziantep Üniversitesi
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
Gaziantep

kemal@gantep.edu.tr, savas@gantep.edu.tr, t_ege@gantep.edu.tr

Özet: Bu çalışmada, bakışsız levha üzerine periyodik yerleştirilen Şerit ve L-şeklindeki metal iletkenlerin yansıma ve iletim katsayılarının nümerik analizi yapılmıştır. Metal yüzeylerde gelen dalganın indüklediği bilinmeyen akım katsayıları parçalı sinüslerin toplamı şeklinde yazılmış ve Moment metodu kullanılarak hesaplanmıştır. Yansıma ve iletim katsayılarının gelen dalganın frekansına göre grafikleri çizilmiştir. Frekans Seçici Yüzeyler bakışsız levha ile desteklendiğinde gelen dalganın polarizasyonunu döndürdüğü ve farklı frekans bantlarında birden çok rezonansın olduğu gözlenmiştir. Şerit FSY'ler için elde edilen sonuçlar literatürdeki nümerik sonuçlarla uyumludur.

1. Giriş

Elektromanyetik bakışsızlık (chirality), anten, mikrodalga ve optik gibi birçok uygulama alanlarında kullanılmaktadır [1]. Bakışsız nesne ile aynadaki görüntüsü arasında bir simetri yoktur [2]. Bakışsız levha üzerine gelen doğrusal polarizasyonlu dalga bakışsız levha içinde farklı faz hızlarında sağ ve sol el dairesel polarizasyonlu iki dalgaya ayrılır. Bakışsız levhanın arkasında bu iki dalga birleşerek, polarizasyon düzlemi gelen dalganın polarizasyon düzlemine göre dönmüş doğrusal polarizasyonlu bir dalga oluşturur. Dalganın dönme miktarı bakışsız ortamda ne kadar hareket ettiğine ve dalga sayıları arasındaki farka bağlıdır. Bu optik etkinliğin sadece bakışsız levhanın yüzeyinde değil, ortam boyunca olduğunu belirtir [3], [4].

Frekans Seçici Yüzeyler (FSY); çok bantlı mikrodalga antenlerde, hibrid radomlarda, yansıtıcı antenlerde, bant durdurucu yada bant geçiren filtre tasarımlarında vb. olmak üzere anten ve mikrodalga alanlarında çok sayıda uygulamaları bulunmaktadır. FSY'lerde yansıma ve iletim katsayıları frekansa göre değişmekte olup bir mikrodalga frekansında tamamen yansıtıcı özellik gösterirken, başka bir frekansta tamamen geçirgen özellik gösterebilir [5], [6]. Dielektrik levha üzerine yerleştirilmiş L-şeklindeki metal iletkenler için yansıma ve iletim katsayıları, ilk defa [7] de incelenmiştir. Bu çalışmada ise, d kalınlığındaki bakışsız levha üzerine periyodik olarak yerleştirilen şerit (strip) ve L-şeklindeki metal iletkenlerin yansıma ve iletim katsayıları incelenmiştir.

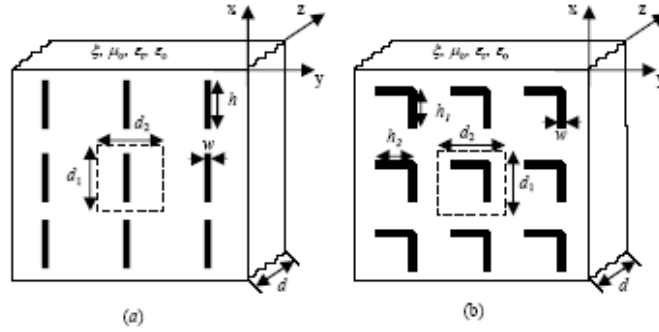
2. Teori

Yön bağımsız, homojen, kayıpsız ve bakışsız ortamda genel yapı denklemleri [1],

$$D = \epsilon E - j\xi B \quad (1)$$

$$H = \frac{1}{\mu_0} B - j\xi E \quad (2)$$

şeklinde dir. Bu denklemlerde ϵ , μ_0 ve ξ sırasıyla bakışsız ortamın elektriksel geçirgenliğini, manyetik geçirgenliği ve bakışsızlık admitansını göstermektedir. Bakışsız levha üzerine şerit ve L-şeklindeki metal iletkenler Şekil 1a ve 1b'de görüldüğu gibi periyodik olarak yerleştirilmiştir. Şekil 1a ve 1b'de FSY'lerin uzunlukları, emi, elemanlar arası uzaklıklar ve levha kalınlığı görülmektedir. Şekli (Modal) analiz metodu kullanılarak TE (Transverse Electric) düzlemsel dalgaların yansıma ve iletim katsayıları incelenmiştir. TE düzlemsel dalga bakışsız levhaya hava ortamından normal açıyla gelmektedir. Gelen, yansıyan ve dielektrik levhadan geçen elektrik ve manyetik alanlar Floquet teorem [8] kullanılarak sonsuz düzlemsel dalgaların toplamı şeklinde yazılır [9]. Sınır şartları kullanılarak ve birim hücredeki kare helezonlar üzerinde gelen, yansıyan ve saçılan elektrik alanların teğetsel bileşenleri sıfıra eşitlenerek Elektrik Alan İntegral Denklemi (EAİD) elde edilir. EAİD'de Moment metodu [10] kullanılarak akım yoğunluğu bilinmeyen akım katsayıları ve bilinen temel fonksiyonlar cinsinden yazılır. Temel fonksiyonlar, bu çalışmadaki geometriler için iletken yüzeylerde üst üste çakışan parçalı sinüsler olarak seçilmiştir [7]. EAİD aynı temel fonksiyonlarla test edildiğinde NxN matris denklemi elde edilir. Bilinmeyen akım katsayıları matrisin tersinin alınmasıyla hesaplanır. Yansıma ve iletim katsayıları, akım katsayıları bulunduğundan sonra kolaylıkla hesaplanabilir.



Şekil 1 Frekans Secici Yüzeylerin Bakışsız levha üzerindeki görünümü (a) Şerit , (b) L-Şekli

3. Sayısal Sonuçlar

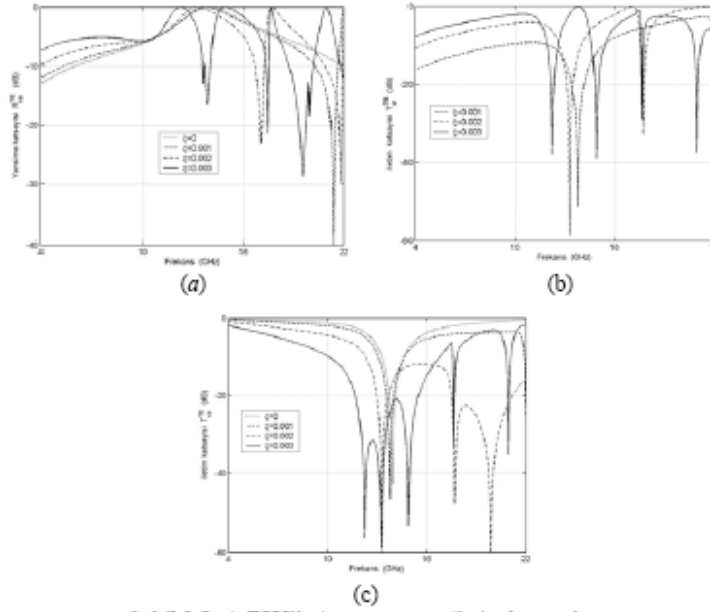
Bu bölümde Şekil 1a ve 1b’de verilen Şerit ve L-şeklindeki FSY’lerin yansımaya ve iletim katsayılarının frekansa göre grafikleri çizilmiştir. Bakışsız ortama gelen düzlemsel dalga için, iki ortak kutupsal (R_{co}^{TE} , T_{co}^{TE}) ve iki çapraz kutupsal (R_{cr}^{TM} , T_{cr}^{TM}) yansımaya ve iletim katsayıları olmak üzere toplam dört katsayı hesaplanmıştır. Her iki FSY için seçilen dielektrik levha kalınlığı ve dielektrik sabiti sırasıyla $d=0.5$ cm ve $\epsilon_r=1.6$ ’dır. Floquet modları sonuçlarda çok az fark elde edilinceye kadar artırılmıştır. Her iki FSY için de yayının yapan mod 0’ıncı moddur. Kullanılan temel fonksiyonların sayısı şerit FSY için 9 ve L-şeklindeki FSY için 19’dur. Gelme açısı küresel koordinatlarda $\theta=\phi=0^\circ$ olarak alınmıştır. Şerit FSY’in uzunluğu $h=0.9$ cm ve eni $w=0.09$ cm’dir. Birim hücre uzunluğu $d_1=d_2=1$ cm’dir. L-şeklindeki FSY’lerin birim hücre uzunluğu $h_1=h_2=0.9$ cm ve eni $w=0.09$ cm olarak seçilmiştir. L-şeklindeki FSY’lerin birim hücre uzunluğu $d_1=d_2=0.93$ cm’dir. Program Şerit FSY’ler için kaynak [9] ile karşılaştırılmış ve aynı sonuçlar elde edilmiştir. Yine program L-şeklindeki FSY’lere normal açıda gelen TE ve TM düzlemsel dalgalar ile karşılaştırıldığında aynı sonuçların olduğu görülmüştür [7]. Şekil 2’de şerit FSY’lerin yansımaya ve iletim katsayılarının frekansa göre grafikleri bakışsızlık admitansının (ξ) farklı değerleri için görülmektedir. Şekil 2a’da ξ arttıkça rezonansların da arttığı görülmektedir. Şekil 2b’de çapraz kutupsal iletim katsayısının T_{cr}^{TM} bazı ξ değerlerinde büyüklüğü 1 olmaktadır. T_{cr}^{TM} büyüklüğünün 1 olduğu frekanslarda (anti-rezonans), gelen dalganın polarizasyonu değişerek TE’den TM’e dönmüştür. Şekil 2c’de ξ arttıkça T_{co}^{TE} in büyüklüğü 12 GHz’e kadar azalmaktadır. Şerit FSY için ortak kutupsal yansımaya katsayısı (R_{co}^{TE}) sıfır olduğundan dolayı grafiği çizilmemiştir. Şekil 3’de L-şeklindeki FSY için yansımaya ve iletim katsayısının ξ ’nin farklı değerleri için frekansa göre grafikleri çizilmiştir. Şekil 3a’da ξ ’nin küçük değerindeki yansımaya katsayısı (R_{co}^{TE}) dielektrik ($\xi=0$) teki değerine yakındır. ξ arttıkça yine rezonansların sayısı da artmaktadır. Şekil 3b’de bakışsız ortamın gelen dalganın polarizasyonunu döndürdüğü görülmektedir. Şekil 3c’de T_{co}^{TE} büyüklüğü 13 GHz’e kadar ξ arttıkça azalmaktadır. Şekil 3d’de R_{cr}^{TM} in büyüklüğünün normal açıyla gelen dalga -20 dB’in altında ve çok küçük olduğu görülmüştür.

4. Sonuç

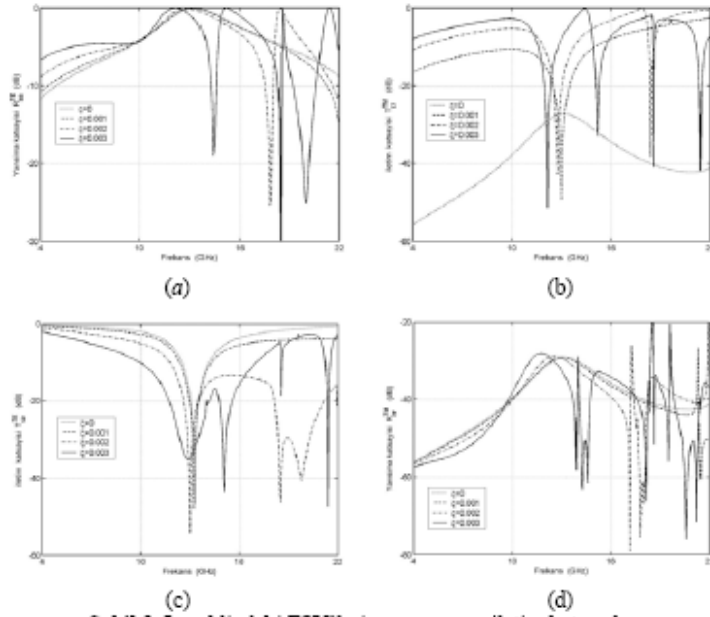
İki farklı FSY’in bakışsız ortamda yansımaya ve iletim katsayıları incelenmiştir. Bakışsızlık admitansı arttıkça farklı frekans bantlarında birden çok rezonans meydana gelmektedir. Bakışsız ortamın gelen dalganın polarizasyonunu döndürdüğü ve bant durdurucu filtre gibi davrandığı gözlemlenmiştir.

Kaynaklar

- [1] Lindell I. V., Sihvola A. H., Tretyakov S. A. ve Viitanen A. J., Electromagnetic Waves in Chiral and Bi-isotropic Media, Boston-London, Artech House, 1994.
- [2] Jaggard D. L., Mickelson A. R. ve Papas C. H., "On electromagnetic waves in chiral media," Applied Physics, 18, 1979.
- [3] Bassiri S., Papas C. ve H. Engheta N., "Electromagnetic wave propagation through a dielectric-chiral interface and through a chiral slab," J. Opt. Soc. AM. A, 5, 9, 1988.
- [4] Engheta N. ve Jaggard D. L., "Electromagnetic chirality and its applications," IEEE AP-S Newslett., 30, 5, 1988.



Şekil 2 Şerit FSY'lerin yansuma ve iletim katsayıları



Şekil 3 L-şeklindeki FSY'lerin yansuma ve iletim katsayıları

- [5] Munk B.A., *Frequency Selective Surfaces: Theory and Design*, Wiley, New York, 2000.
- [6] Vardaxoglou J.C., *Frequency Selective Surfaces: Analysis and Design*, Wiley, New York, 1997.
- [7] ____, Scattering characteristics of FSS comprised of L-shaped and one-turn helix shaped conductors for TE and TM excitation. *Electrical Engineering* (yayınlanacak)
- [8] Amitay N., Galindo V. ve Wu C.P., *Theory and analysis of phased array antennas*, Wiley-Interscience New York, 1972.
- [9] Koca, A.O., *Analysis of Frequency Selective Surfaces on Chiral Slab* Doktora tezi, Gaziantep Üni., 1997.
- [10] Harrington R. F., *Field computation by moment methods*, MacMillan, New York, 1968.