

İnce Tabakalı Dar-Dual Bant Frekans Seçici Yüzey Tasarımı

Thin Layer Narrow-Dual Band Frequency Selective Surface Design

Sibel Ünal^{1,3}, Gonca Çakır², Sibel Çimen², Umut Engin Ayten³

¹Elektrik-Elektronik Mühendisliği
Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi
sibel.unaldi@bilecik.edu.tr

²Elektronik-Haberleşme Mühendisliği
Kocaeli Üniversitesi
gonca@kocaeli.edu.tr, sibelgunduz@kocaeli.edu.tr

³ Elektronik-Haberleşme Mühendisliği
Yıldız Teknik Üniversitesi
sibel.unaldi@bilecik.edu.tr, ayten@yildiz.edu.tr

Özet

Bu çalışmada; ince, tek katman, dar-dual band Frekans Seçici Yüzey (FSY) tasarımı sunulmuştur. Tek katman olan dielektrik levhanın her iki yüzeyine periyodik olarak yerleştirilen metalik iletkenlerden oluşan birim hücre dar-dual bant, bant durdurucu karakteristiğe sahiptir. Tasarıma ait benzetim sonuçları dar bant, bant durdurucu FSY' nin yüksek seçicilik özelliği avantajına sahip olduğunu göstermektedir. Tasarlanan FSY, 8.429 GHz çalışma frekansında % 0.007 alt bant genişliğine ve 11.485 GHz çalışma frekansında % 0.008 üst bant genişliğine sahiptir. Tasarımı yapılan tek katman FSY yapısı kalınlığı, λ_1 alt çalışma frekansındaki dalga boyu olmak üzere, $0.035 \lambda_1$ ' dir. Dolayısıyla, birim hücre tasarımında kullanılan dielektrik malzemenin inceliği göz önüne alındığında ileride yapılabilecek uygulamalar açısından avantaj sağlayacağı düşünülmüştür.

Abstract

In this study, an ultra thin, single layer, narrow-dual band Frequency Selective Surface (FSS) design is presented. The unit cell which consists of metallic conductors are placed on both two surfaces of a single layer dielectric substrate layer, has narrow-dual band and band stop characteristic. The simulation results of the FSS design demonstrate that the narrow band, band stop FSS has the advantage of high selectivity feature. The designed FSS has the low bandwidth of % 0.007 at operational frequency of 8.429 GHz and the high bandwidth of % 0.008 at operational frequency of 11.485GHz. The designed single layer FSS structure has $0.035 \lambda_1$ thick as the λ_1 is wavelength at low operational band. So it is thought to provide advantage for the advanced applications when the thinness of dielectric material used in the design of the unit cell is considered.

1. Giriş

Frekans Seçici Yüzeyler; mikrodalga ve optik filtrelerin radome tasarımı, ekranlama, uydu haberleşmesi ve kablosuz ağ güvenliği (wireless security) gibi birçok farklı uygulamalarda kullanılması sebebiyle uzun süredir yoğun olarak araştırılmıştır [1, 2]. FSY' ler dielektrik tabaka üzerine yerleştirilen periyodik iletken yapılarından ya da iletken üzerindeki periyodik açıklıklardan oluşmaktadır. Bu yapılar, üzerine gelen elektromanyetik dalganın geliş açısına göre değişen bir filtre gibi çalışmaktadırlar. Geometrik şekil ve ölçülerin FSY' nin rezonans frekansı ve bant genişliğine bağlı olduğu çeşitli tasarımlar periyodik yapılar kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Dalganın bazı frekanslarda iletilmediği bant durdurucu frekans cevabına sahip bir FSY yapısı pratik sistemlerde yaygındır [3]. Dürtü tespiti (impulse detection), dar bant haberleşme gibi bazı pratik uygulamalarda bant dışı iletimin engellenmesinde ya da uygun spektrumun kullanımını arttırmak için dar bant FSY' lere ihtiyaç duyulur [4]. Lima ve Parker [5], tek katmanlı, dar bant, bant geçiren FSY sunmuşlardır. [6]' da dual bant çalışma frekansları yakın bulunan FSY çalışması sunulurken, [7]' de dual bant, geniş bant ayrımı olan FSY çalışması sunulmuştur.

Bu çalışmada ise; ince, tek katmanlı, dar-dual bant, bant durdurucu frekans cevabına sahip FSY 'nin tasarımı ve bu tasarıma ait analizleri yer almaktadır. Birim hücrenin ince dielektrik tabakanın her iki yüzeyinde iki farklı metalik yapı bulunmaktadır. Tasarlanan FSY 8.429 GHz ve 11.485 GHz frekanslarında dar-dual bant, bant durdurucu filtre gibi çalışmaktadır. Yapının iletim katsayısı grafiğinde -3 dB de alt bant genişliği % 0.007, üst bant genişliği % 0.008 olarak görülmektedir. Sunulan tek katman FSY tasarımı λ_1 alt çalışma frekansında dalga boyu olmak üzere, kalınlığı $0.035 \lambda_1$ ' dir.

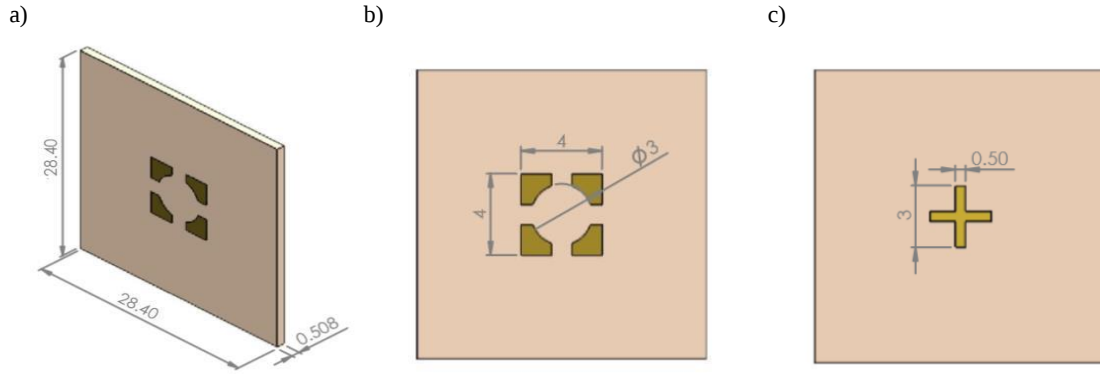
Bu çalışmanın ikinci bölümünde, önerilen birim hücre profili için tasarıma ait detaylar yer almaktadır. Üçüncü bölümde

birim hücre modelindeki metalik yapılar, geometrik şekil bakımından incelenmiştir. Son olarak dördüncü bölümde FSY yapısının benzetimi için sonuçlar verilmiş ve yorumlanmıştır.

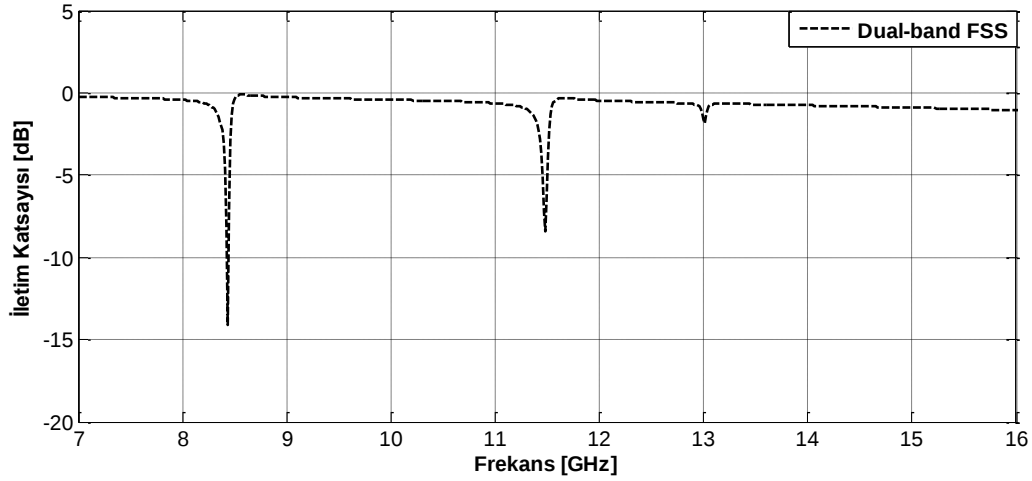
2. FSY Yapısı

Tasarlanan birim hücre $28.4 \text{ mm} \times 28.4 \text{ mm}$ ölçülerindedir. Şekil 1.'de ince dielektrik tabakalı, dar-dual bant durduran FSY tasarımının ön yüzündeki ve arka yüzündeki geometriler, bu geometriler için seçilen ölçüler gösterilmektedir. Şekil 1.a' da gösterilen dielektrik malzemenin kalınlığı 0.508 mm ve dielektrik katsayısı ise 6' dır. Birim hücrenin ön yüzündeki geometri kare metalik yama, daire açıklık ve artı (cross) açıklıktan oluşmaktadır. Birim

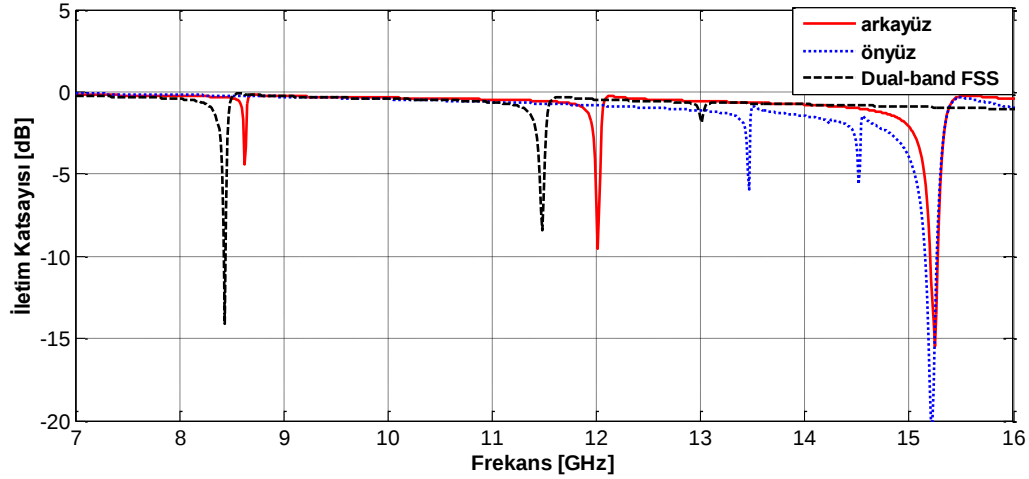
hücrenin arka yüzündeki geometri ise artı metalik yamadan oluşmaktadır. Metalik kare yama, Şekil 1.b' de gösterildiği gibi $4 \text{ mm} \times 4 \text{ mm}$ ölçülerine sahiptir. Daire açıklık, 3 mm çapındadır. Artı açıklık ise 4 mm boyunda ve 1 mm genişliğindedir. Arka yüzde yer alan artı yamaya ait ölçüler Şekil 1.c' de 3 mm boy ve 0.5 mm genişlik olarak verilmiştir. Birim hücrenin ön yüzündeki kare metalik yama ikinci bant (üst bant) için rezonans frekansını kontrol etmektedir. Ön yüzeyde yer alan daire açıklık ilk bant (alt bant) için rezonans frekansını kontrol etmektedir. Ön yüzeyde bulunan artı açıklık ise yapının dar bant olarak çalışmasını sağlamaktadır. Arka yüzeyde bulunan artı ise her iki bant için rezonans frekansını ve iki bant arasındaki genişliği ayarlama da kullanılmaktadır.



Şekil 1: a) Birim hücrenin 3 boyutlu görünüşü b) Birim hücrenin ön yüzünün görünüşü c) Birim hücrenin arka yüzünün görünüşü



Şekil 2: İnce katmanlı, dar-dual bant, bant durduran FSY tasarımına ait frekans cevabı.



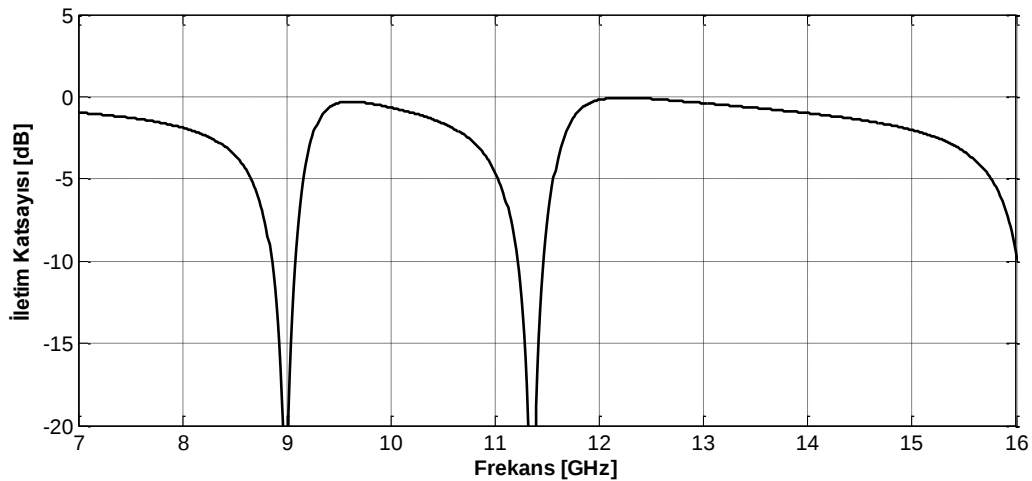
Şekil 3: Önerilen FSY yapısı için iletim karakteristiği, FSY yapısının sadece ön yüz ve sadece arka yüz için iletim karakteristikleri.

3. Parametrik Analizler

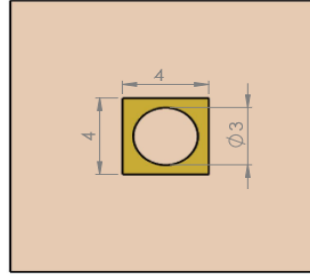
Şekil 2' de sunulan tek katmanlı yapıya ait iletim karakteristiğinde yapı 8.429 GHz ve 11.485 GHz frekanslarında dar-dual bant, bant durdurucu filtre gibi çalışmaktadır. -3 dB de alt bant genişliğinin % 0.007, üst bant genişliğinin % 0.008 olduğu görülmüştür. Şekil 3' de tasarlanan FSY yapısı için iletim karakteristiği, önerilen tek katmanlı yapının ön yüzüne ait iletim karakteristiği ve arka yüzüne ait iletim karakteristiği beraber verilmektedir. Önerilen yapının ön yüzü, önerilen yapının iletim karakteristiğini düzeltmeyi sağlamaktadır.

Şekil 4' te ise ön yüzdeki artı açıklık olmadan oluşturulan bir FSY yapısının iletim karakteristiği sunulmuştur. İletim karakteristiği ön yüzdeki artı açıklık yapının darbant

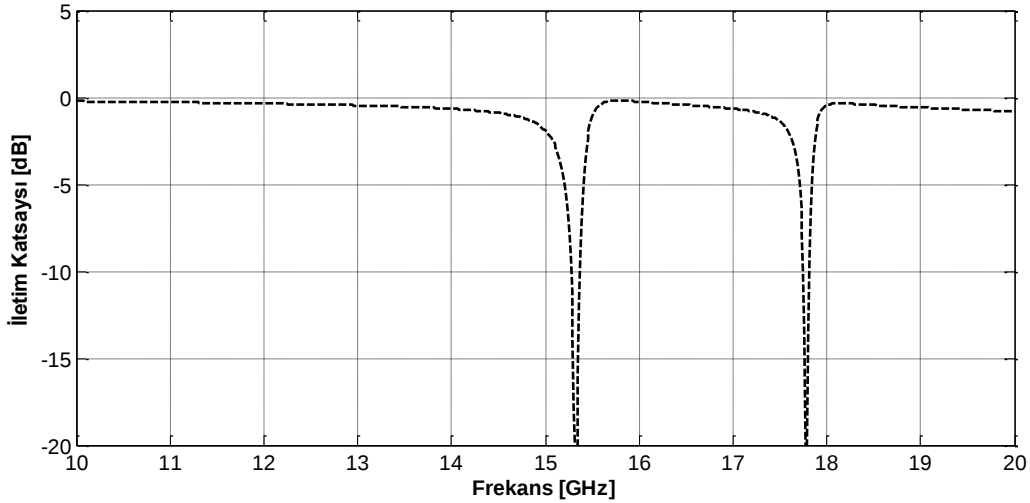
çalışmasını sağladığını göstermektedir. Şekil 5' te ön yüzdeki artı açıklık olmadan oluşturulmuş birim hücrenin ön yüzünün görünüşü sunulmuştur. Farklı uygulamalar için X bandında çalışan önerilen FSY Ku bant bölgesine kaydırılmıştır. Ku bant bölgesinde çalışan dual bant FSY yapısına ait iletim karakteristiği Şekil 6' da verilmiştir. Tasarlanan FSY geometrisinin kalınlığı, dielektrik katsayısı ve geometriye ait ölçülerin değiştirilmesiyle tasarlanan FSY yapısının çalıştığı frekans bandını değiştirmenin mümkün olduğu görülmüştür. Şekil 6' da iletim karakteristiği verilen FSY yapısının, önerilen FSY yapısından farklı olarak ön yüzde bulunan artı açıklığın kalınlığı 0.5mm, dielektrik malzeme kalınlığı 0.762 mm, dielektrik katsayısı ise 2.2 olup birim hücre 16.4 mm × 16.4 mm boyutlarındadır. -3 dB de alt bant genişliği % 2.12, üst bant genişliği ise % 1.526 olarak elde edilmiştir.



Şekil 4: Ön yüzde artı açıklık olmadan FSY yapısına ait iletim karakteristiği.



Şekil 5: Ön yüzde artı açıklık olmadan birim hücrenin ön yüzünün görünüşü.



Şekil 6: Farklı frekans bandında çalışan dual bant FSY yapısına ait iletim karakteristiği.

4. Sonuçlar

Ön yüzde metalik kare yama, daire açıklık, artı açıklık ve arka yüzde metalik artı yamadan oluşan ince, tek katman, dar-dual bant FSY önerilmiştir. Tasarlanan FSY, 8.429 GHz ve 11.485 GHz frekanslarında dar bant durduran filtre olarak çalışmıştır. Alt ve üst bant genişliklerinin sırasıyla, % 0.007, %0.008 değerinde olduğu görülmüştür. Filtrenin çalışma frekanslarında dar bant olması onun yüksek seçicilik özelliğinde olmasını sağlamıştır. Bu özelliği ile tasarlanan yapının dürtü tespiti, dar bant haberleşmesi gibi birçok pratik uygulamada geniş kullanım alanına sahip olacağı düşünülmektedir. Ayrıca, yapılan tek katmanlı dar-dual bant FSY tasarımının inceliği göz önünde tutulduğunda pratik uygulamalarda kaplama olarak rahatlıkla kullanılabilir olduğu görülmektedir.

Çalışmada FSY yapısının kalınlığı, dielektrik katsayısı ve geometriye ait ölçülerin değiştirilmesiyle oluşan yeni FSY farklı frekanslardaki uygulamalar için kullanılabilir.

5. Kaynaklar

- [1] Munk, B. A., *Frequency Selective Surfaces: Theory and Design*, Wiley, New York, 2000.
- [2] Kiermeier, W. ve Biebl, E., "New Dual-Band Frequency Selective Surfaces for GSM Frequency Shielding", *37th Eur. Microwave Conference*, 2007, 222–225.

- [3] Li, B. ve Shen, Z., "Three-Dimensional Band-Stop Frequency Selective Structures", *Microwave and Millimeter Wave Technology (ICMMT)*, 2012, 1-4.
- [4] Zhou, H., Qu, S., Pei, Z., Zhang, J., Lin, B., Wang, J., Ma, H. ve Gu, C., "Narrowband Frequency Selective Surface Based On Substrate Integrated Waveguide Technology", *Progress in Electromagnetics Research Letters*, 22, 19–28, 2011.
- [5] Lima, A. C. De C. ve Parker, E. A., "Narrow Bandpass Single Layer Frequency Selective Surfaces", *Electron. Lett.*, 29 (8), 710-711, 1993.
- [6] Çimen, S., "Novel Closely Spaced Planar Dual-Band Frequency Selective Surface", *IET Microwaves, Antennas & Propagation*, 7 (11), 894-899, 2013.
- [7] Hang, Z., Shao-Bo, Q., Wei-Dong, P., Bao-Qin, L., Jia-Fu, W., Hua, M., Jie-Qiu, Z., Peng, B., Xu-Hua, W., Zhuo, X., "Dual-Band Frequency Selective Surface with Large Band Separation and Stable Performance", *Chinese Physics B*, 21 (5), 054101, 2012.