

2.45 GHz Fabry-Pérot FSY Anten

Efecan Bozulu, Prof. Dr. Özlem Aydın Çivi
Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü
Ankara

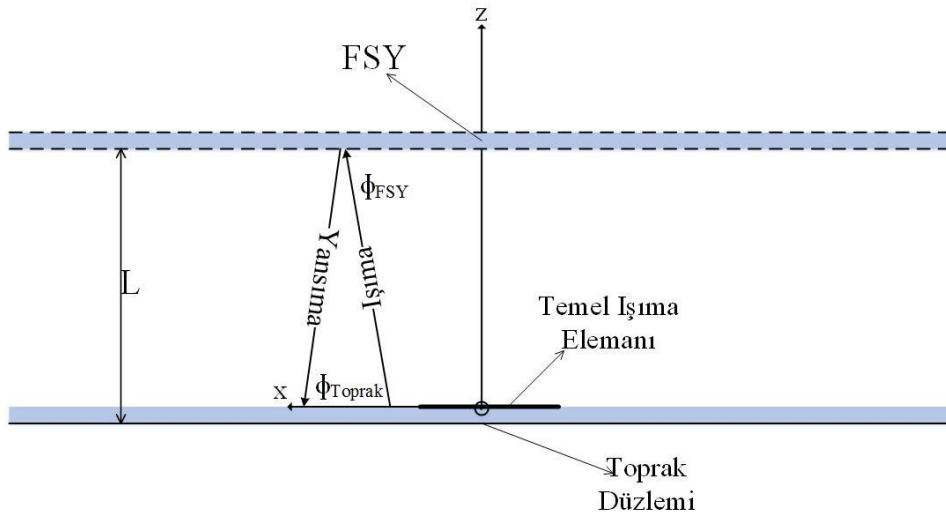
efecan.bozulu@metu.edu.tr, ozlem@metu.edu.tr

Özet: Bu çalışmada 2.45 GHz frekansında çalışan bir Fabry-Pérot anten FSY (Frekans Seçici Yüzey) kullanılarak tasarlanmıştır. FSY'lerin antenler için X-bant uygulamaları literatürde çokça çalışılmıştır. Bu çalışmada FSY fikri 2.45 GHz ISM bandında işlenmiştir. Oluşturulan yapı bir yama anten, toprak yüzeyi ve bir FSY'den oluşmaktadır. Benzetim sonuçları ile üretilen anten in ölçüm sonuçları arasında iyi bir uyum gözlenmiştir. Tasarlanan anten FSY ile birlikte 4.5 dB'lik daha kazanç sağlayarak yama antenin kazancını 10.5 dB'ye çıkartmıştır. Tasarlanan bu anten bir kablosuz uzaktan enerji iletim çalışmasında kullanılmıştır.

Abstract: In this work a 2.45 GHz Fabry-Perot resonator antenna is designed and manufactured. The designed antenna employs a Frequency Selective Structure (FSS) as a reflecting screen. Such structures are commonly studied in X-Band applications. In scope of this work, however, an FSS is utilized in a 2.45 GHz ISM band antenna. The designed structure consists of a patch antenna, a ground plane and an FSS. Measurement results of fabricated antenna agree well with simulations. This structure achieves a 10.5 dB gain with the use of an FSS, boosting the gain of the patch by 4.5 dB. The fabricated antenna is used in a wireless power transmission application as receiving antenna of a rectenna.

1. Giriş

Fabry-Pérot rezonatör antenler basit tasarımları, karmaşık olmayan beslemeleri ve yüksek kazançları sebebi ile çeşitli uygulamalarda büyük oranda tercih sebebidirler. Şekil 1'de Fabry-Pérot antenin basit bir şeması gösterilmiştir. Temel bir ışın kaynağı, yansıtıcı bir metal yüzey ve FSY Fabry-Pérot bir antenin yapısını oluşturan elemanlardır. Pratik ve tasarımsal sebepler ile yansıtıcı yüzeyler genel olarak temel ışın kaynağının toprak yüzeyi olarak seçilmektedir. Böyle bir seçim tasarımı kolaylaştırmakta ve temel ışın kaynağı olarak düzlemsel bir anten seçilebilmesine olanak sağlamaktadır. Bu şekilde tasarlanmış X-Bant antenler kaynaklarda sıkça bulunabilmektedir [1 - 3].



Şekil 1. Fabry-Pérot antenin basit şeması.

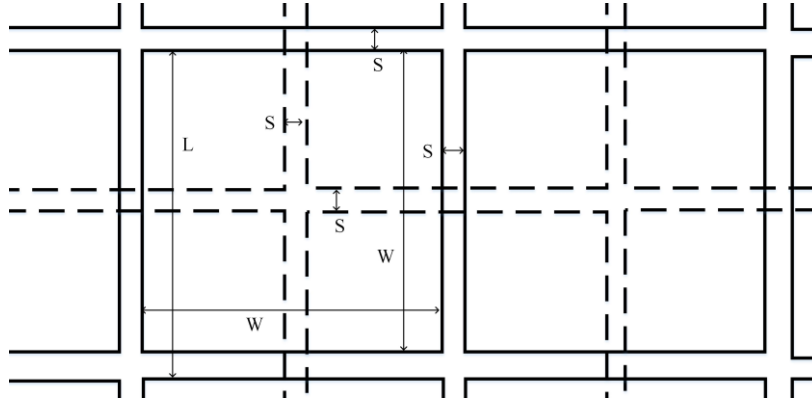
Fabry-Pérot antenler, temel ışın kaynağını sağlayan elemanlarının üzerine FSY'lerin yerleştirilmesi aracılığı ile yüksek kazançlar elde edilmesini sağlamaktadırlar. Bu etki FSY'nin istenilen frekans aralığında iyi bir yansıma vermesi

ile elde edilir. Temel ışınma kaynağı tarafından yayınlanan elektromanyetik dalgalar FSY ve tamamen yansıtıcı toprak yüzeyi arasında birden fazla kere yansyarak FSY'nin üzerinde birbirini yapıcı, düzgün ve geniş bir akım dağılımı oluşmasını sağlamaktadır. Fabry-Pérot antenin yüksek kazancının sebebi bu düzgün şekilde oluşturulmuş akımlardır.

Bu çalışmada Fabry-Pérot anten fikri 2.45 GHz frekansına kaynaklardaki örneklerine göre oldukça küçük sayılabilecek bir FSY ile aktarılmıştır. Genel olarak Fabry-Pérot antenlerin FSY'leri 5-10 dalga boyu arasında alınmakta olup, bu çalışmada kullanılan FSY elektriksel boyut olarak $1\lambda_0 \times 1\lambda_0$ 'dır. Ayrıca bu çalışma içerisinde antenin toprak yüzeyi FSY'nin ötesinde genişletilmiş olup etkisi incelenmiştir.

2. Frekans Seçici Yüzey

Fabry-Pérot antenler ile yüksek kazançların elde edilebilmesi FSY'lerinin tasarımına bağlıdır. Çalışma frekansında daha yüksek yansımaya katsayıları daha yüksek kazanç anlamına gelmektedir. FSY üretiminde iki tarafı bakır kaplı ROGERS5880® malzeme kullanılmıştır. Şekil 2'de tasarlanmış olan FSY'nin düzenlemesi Şekil 2'de verilmiştir. Tasarlanan FSY Şekil 2'den de görülebileceği üzere iki taraflıdır ve iki tarafına yerleştirilmiş 9.9 mm x 9.9mm'lik yama parçalarından oluşmaktadır. 2.45 GHz ışınma frekansında FSY'nin yansımaya katsayısı 0.9432, geçirgenlik katsayısı ise 0.3315'dür.



Şekil 2. Tasarlanan FSY'nin yerleşim düzeni.

3. Temel Işınma Elemanı

Temel ışınma elemanı tasarım için 2.45 GHz frekansında ışınma yapan bir yama anten olarak tasarlanmıştır. Buradaki anten seçiminde dikkat edilmesi gereken nokta FSY'nin temel ışınma elemanının çok yakınında olması sebebi ile ışınma elemanı tarafında görülen empedansı etkilemesidir. Temel ışınma elemanı tasarlanırken bu etki göz önünde bulundurulmalı ve bu etkilere göre tasarlanmalıdır.

4. Anten Boyutları ve Toprak Düzlemi

Bu bildiri de sunulan FSY tasarlanan bütün yapının üzerine yerleştirilmektedir. Ancak FSY'nin toprak düzlemine olan uzaklığı bütün antenin karakteristiğini ortaya koymaktaki en önemli etkidir. FSY'nin yerleştirilmesi gereken uzaklığın hesaplanması için denklem (1) kullanılmıştır.

$$\phi(\theta) - \pi - \frac{4\pi L}{\lambda_0} = 2N\pi \quad (1)$$

Denklem 1'de $\Phi(\theta)$ olarak verilen ifade FSY'den yansıyan dalgaların θ açısındaki yansımalarının fazıdır. L olarak verilen değer FSY'nin toprak düzlemine olan uzaklığını ifade etmektedir. λ_0 ifadesi ise yayın frekansındaki dalga boyudur. Denklem 1'in sağ tarafında bulunan ifadeden de anlaşılacağı üzere istenilen durum FSY'den yansıya ışınların yansımaya fazlarının ve L uzunluğu içerisindeki faz değişimleri toplamının 2π 'nin tam katı olmasıdır. Bu durum yansıyan ışınların birbirlerini yapıcı olarak etkilemeleri ve bunun sonucunda istenilen aynı fazlı, eşdeğer akımları FSY yüzeyinde oluşturup yüksek bir kazanç sağlamalarıdır.

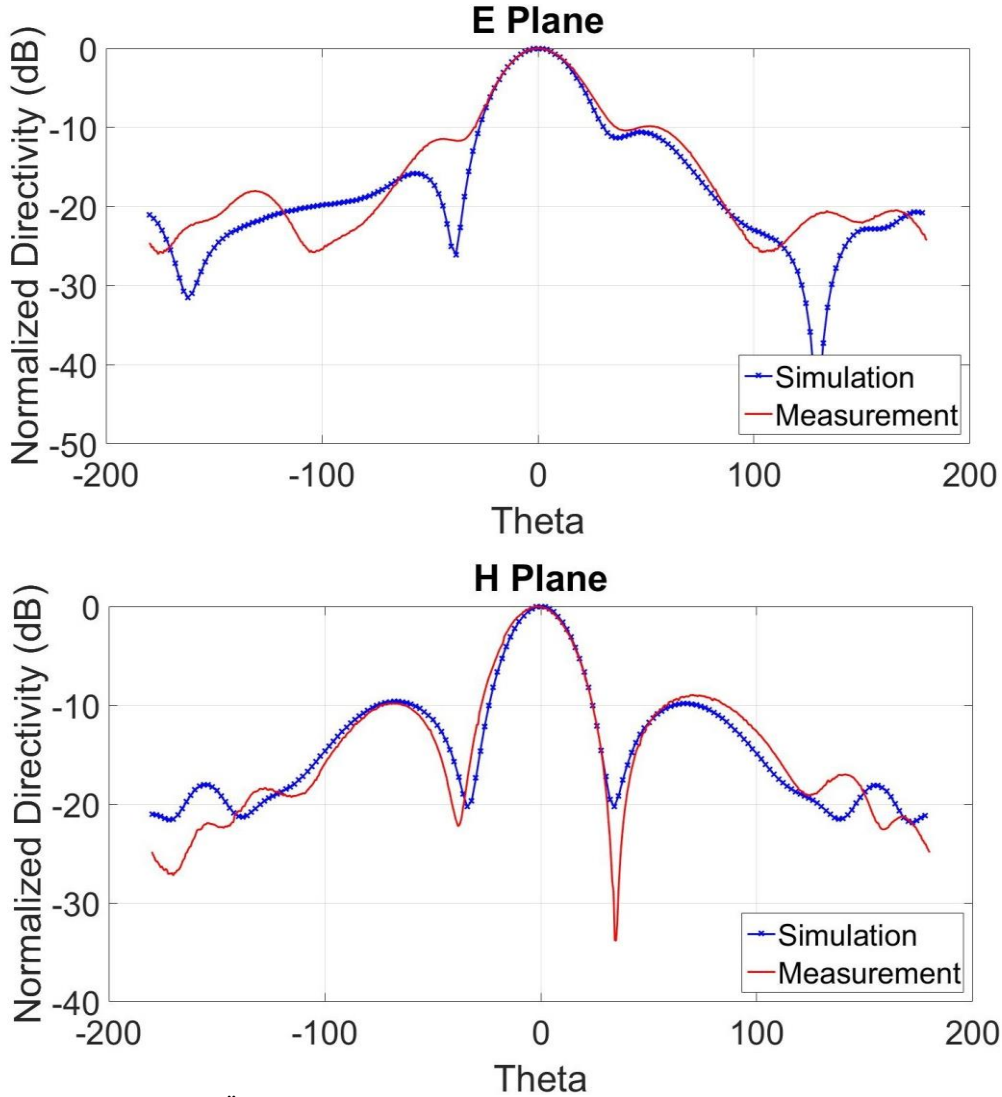
Denklem 1'de çözülen ifadenin sonucunda tasarlanan anten için L uzunluğu 61.5 mm olarak bulunmuştur. Ancak benzetim sonuçları incelendiğinde en yüksek kazancın 67.754 mm'de sağlandığı görülmektedir. Denklem 1'in ortaya çıkarılmasında sonsuz uzunlukta bir FSY ve toprak düzlemi varsayılmıştır. Ancak bu durum bu

çalışmada tasarlanan anten için daha önce de bahsedildiği gibi geçerli değildir. Benzetim sonucu ve teorik analiz sonuçlarının uyuşmamasının temelinde bu durum bulunmaktadır.

5. Ölçüm Sonuçları ve Değerlendirme

Şekil 3'de üretilen antenin bir görüntüsü verilmiştir. Şekil 4'de ise antenin E ve H düzlemleri için ışınma örüntüsü benzetim sonuçları ve ölçüm sonuçları ile birlikte verilmiştir. Şekil 4'den de gözlemlenebileceği gibi ölçüm sonuçları ve benzetim sonuçları iyi bir uyum içerisindedir. Üretilen antenin kazancı 10.5 dBi olarak ölçülmüştür. Benzetim sonuçlarından elde edilen sonuç 12.5 dBi'dir. Benzetim ile üretilen anten arasındaki 2 dB'lik kazanç farkı temel ışınma elemanının frekansında oluşan fark ve FSY'nin yerleştirilmesi sırasında oluşan farklılıklardan doğmaktadır.

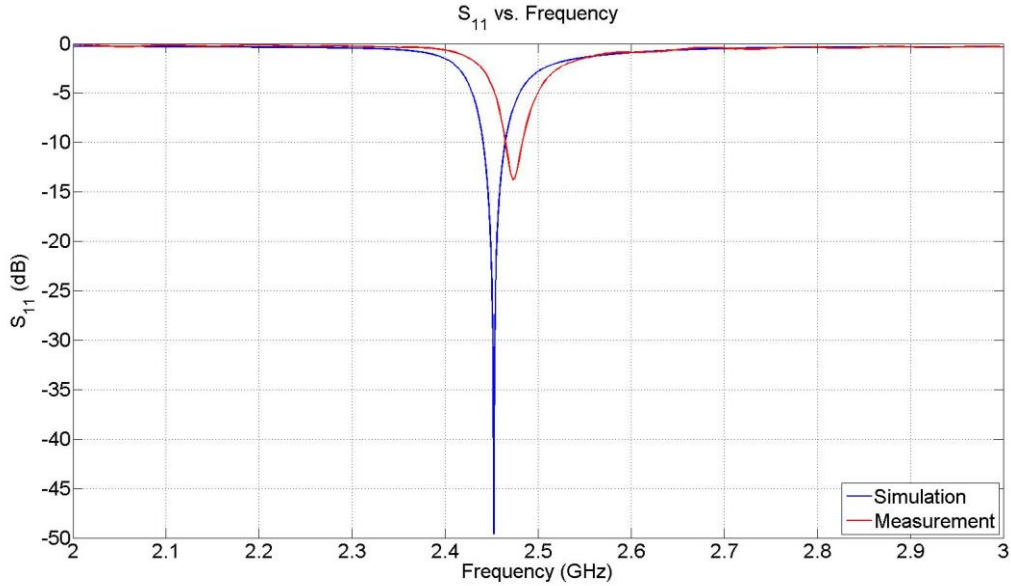
Şekil 5'de üretilen anten ile benzetim sonuçlarının yansıma katsayıları verilmiştir. Tasarlanan Fabry-Pérot antenin bant genişliği 50 MHz'dir. Bu durum yama antenin sınırlı bant genişliğinden kaynaklanmaktadır. Tasarlanan antenin kazanç frekans aralığı ise ışınma frekansı ile sınırlıdır. Bu durumun sebebi ise tasarlanan yapının hali hazırda FSY'nin yüksekliğinde frekans bağımlılığına sahip olmasıdır. Üretilen yapı bir kablosuz uzaktan enerji iletim çalışmasında alıcı anten olarak kullanılmıştır.



Şekil 4. Üretilen antenin ve benzetim sonuçlarının ışınma örüntüsü karşılaştırması.



Şekil 3. Üretilen antenin resmi.



Şekil 5. Üretilen antenin ve benzetim sonuçlarının yansıma katsayısı karşılaştırması.

Kaynaklar

- [1]. A.P. Feresidis and J.C. Vardaxoglou, "High gain planar antenna using optimised partially reflective surfaces", IEE Proc-Microwave. Antennas and Propag., Cilt 148, Sayı 6, Aralık 2001.
- [2]. Alireza Foroozesh and Lotfollah Shafai, "Investigation Into the Effects of the Patch-Type FSS Superstrate on the High-Gain Cavity Resonance Antenna Design", IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Cilt 58, Sayı 2, Şubat 2010.
- [3]. Shih-Chia Chiu and Shih-Yuan Chen, "Circularly Polarized Resonant Cavity Antenna Using Single-Layer Double-Sided FSS Superstrate", Antennas and Propagation Society International Symposium (APSURSI), 2012 IEEE
- [4]. Efecan Bozulu, "Development of a Rectenna with a SIW Cavity Backed Slot Antenna and a Fabry-Perot Antenna", Yüksek Lisans Tezi, 2015 Temmuz ODTÜ