

X-Bandında Oyuklu Dalgakılavuzu Rezonatörünün Uyarımı

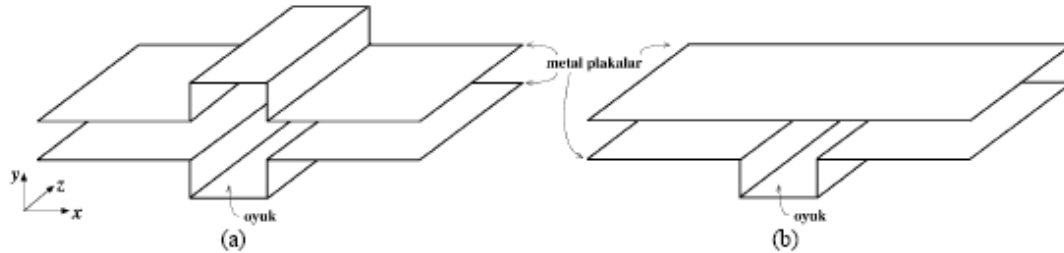
Sevinç Aydınlık Bechteler, Thomas F. Bechteler
İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
Urla, İzmir

sevincaydinlik@iyte.edu.tr, thomasbechteler@iyte.edu.tr

Özet: X-bandında (8-12 GHz) bir oyuklu dalgakılavuzu rezonatörü tasarlanarak gerçekleştirilmiştir. Dairesel (loop) ve çizgisel (stub) olarak adlandırılan iki farklı uyarım ile uyarılan rezonatörün rezonans frekansları hem ölçüm yolu ile ve hem de nümerik simülasyon metodu ile bulunmuştur. Nümerik simülasyonlarda Zamanda Sonlu Farklar Metodu (FDTD) kullanılmıştır. Uyarımlar sonucunda rezonatör içerisinde hangi modların yayılabilir olduğu gözlenmiştir. Rezonatör ve uyarma çubukları laboratuvar ortamında gerçekleştirildikten sonra Network Analizator ile uyarımların yapıldığı kapıdan giriş yansıması S_{11} ölçümleri yapılmıştır. Ölçüm sonuçlarında dairesele ve çizgisel uyarımlar için bulunan rezonans frekansları, elde edilen nümerik simülasyon sonuçları ile oldukça iyi uyumaktadır.

1. Giriş

Dikdörtgen dalgakılavuzu gibi klasik dalgakılavuzlarına bir alternatif olarak 1960'lı yıllardan beri milimetrik dalga boylarında oyuklu dalgakılavuzu kullanılmaktadır [1]. Bu kılavuzun düşük kayıp ve yüksek güç taşıma kapasitesi gibi avantajları olup, bunlar kılavuzun yan duvarlarının açık olması ve bu duvarlarda oluşan kayıpların azalmasından kaynaklanmaktadır. Kılavuzdaki yarıklar alanları orada tutarak, kılavuzun açık kenarlarından dışarıya doğru sızıntısını önler. Oyuklu dalgakılavuzunun kesiti Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. a) Simetrik ve b) yarı-simetrik oyuklu dalgakılavuzunun kesiti

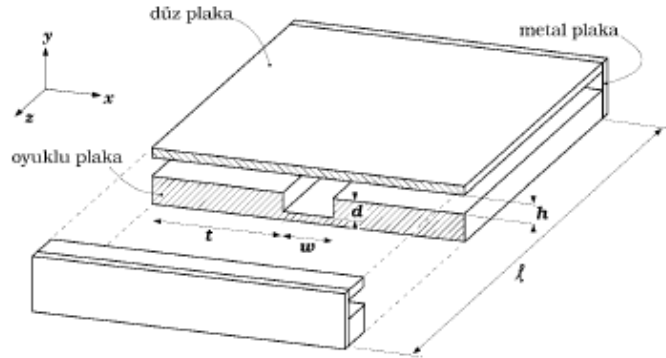
Oyuklu dalgakılavuzu yapısı analitik olarak birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir [2],[3]. Bilgisayar teknolojisindeki hızlı ilerleme bu konudaki nümerik simülasyonları da arttırmıştır [4],[5]. Bu çalışmada, X-bandında bir oyuklu dalgakılavuzu rezonatörünün uyarımı konu alınmıştır. Dairesel ve çizgisel olmak üzere iki değişik uyarım için nümerik hesaplamalar FDTD metodu ile yapılmıştır. X-bandındaki oyuklu rezonatör laboratuvar ortamında gerçekleştirilerek, aynı uyarımlar için yapı incelenmiştir.

2. X-Bandında Oyuklu Dalgakılavuzu ve Uyarımları

Simetrik oyuklu dalgakılavuzu yapısına bir alternatif olarak, yarı-simetrik oyuklu dalgakılavuzu yapısı üretim ve uyarım kolaylığı nedeniyle daha önceki çalışmalarda 20-40 GHz frekans bandında dairesele rezonatör konusu ile incelenmiştir [4]. Bu çalışmada oyuklu rezonatör yapısına iki değişik uyarım yapılarak TE ve TM modlarının yayılımı düşünülmüştür. Şekil 2'de X-bandındaki yarı-simetrik oyuklu dalgakılavuzu rezonatörü gösterilmiştir. Tablo 1'de ise bu rezonatörün boyutları listelenmiştir. Şekil 3a)'da oyukla yandan uygulanan çizgisel uyarım ve bu uyarım sonucunda elde edilmesi düşünülen TM modunun elektrik ve manyetik alan çizgileri gösterilmiştir. Şekil 3(b)'de ise oyukla alt yüzeyden uygulanan dairesele uyarım ve bu uyarım sonucunda elde edilmesi beklenen TE

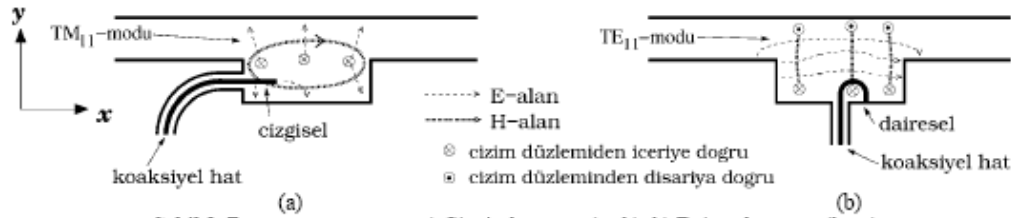
Tablo 1. Oyuklu dalgakılavuzu rezonatörünün boyutları

Boyut Tanımı	Gösterim	Değer (mm)
Oyuk genişliği	w	30
Oyuk derinliği	d	10
Plakalar arası mesafe	h	10
Oyuk dışı kenar genişliği	t	35
Rezonatörün uzunluğu	ℓ	100



Şekil 2. Oyuklu dalgakılavuzu rezonatörünün 3-Boyutlu çizimi

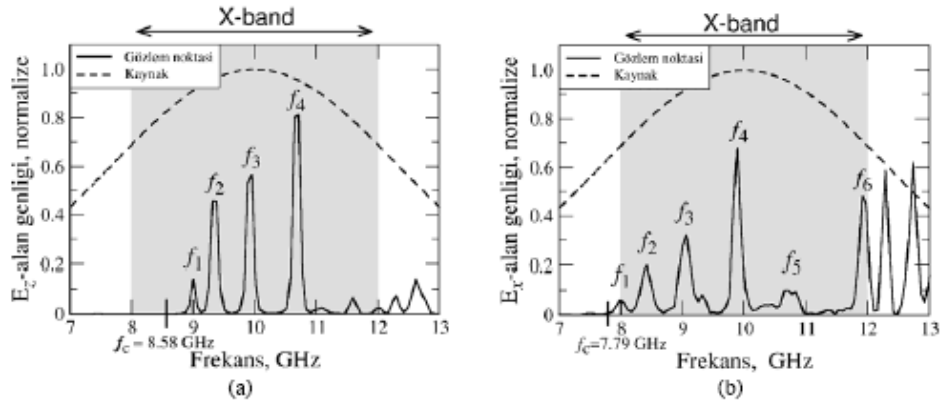
moduna ait elektrik ve manyetik alan çizgileri gösterilmiştir. Dairesel ve çizgisel uyarımlar için kullanılan uyarma çubuklarının boyutları sırasıyla $5 \times 5 \text{ mm}^2$ ve 5 mm 'dir.



Şekil 3. Rezonatörün uyarımı a) Çizgisel uyarım (stub); b) Dairesel uyarım (loop)

3. Nümerik Simülasyonlar

Nümerik simülasyonlarda Zamanda Sonlu Farklar Metodu (FDTD) kullanılmıştır. Oyuklu dalgakılavuzu rezonatörü için zaman ve uzayda kullanılan ayrıklaştırılmış boyutlar sırasıyla $\Delta t = 0.485 \text{ ps}$ ve $\Delta x = \Delta y = \Delta z = 0.25 \text{ mm}$ 'dir. Tablo 1'de verilen rezonatör boyutları dikkate alındığında yapının toplam hücre sayısı $620 \times 422 \times 126 = 32966640$ 'dır. Bu sayıya yutucu hücreler de dahildir. Toplam gözlem zamanı $T = 2^{15} \cdot 0.485 \text{ ps} = 15.9 \text{ ns}$ olup, bu süre frekans domeninde 63 MHz 'lık çözünürlüğe karşı gelir. FDTD metodunda zaman domeninde elde edilen verilere ayrık Fast Fourier dönüşümü (FFT) uygulanarak sonuçlar frekans domenine aktarılmıştır. Oyuklu dalgakılavuzu rezonatörünün çizgisel ve dairesele uyarımları ile elde edilen rezonans spektrumları sırasıyla Şekil 4a) ve Şekil 4b)'de gösterilmiştir.



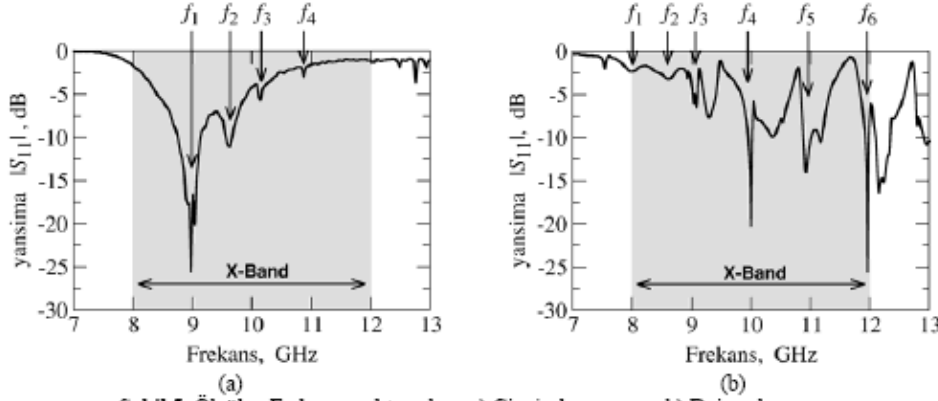
Şekil 4. Frekans spektrumları: a) Çizgisel uyarım ve b) Dairesel uyarım

Şekil 4(a)'daki frekans spektrumu E_z alanına aittir. E_x alanı E_z alanı ile karşılaştırıldığında önemsenmeyecek kadar küçüktür. Dalga ilerleme doğrultusunda E_z alanı olup, H_z alanı yok sayılabilir. Bu da TM moduna denk gelir.

Şekil 4(b)'daki frekans spektrumu E_x alanına aittir. E_x alanı E_x alanı ile karşılaştırıldığında önemsenmeyecek kadar küçük olduğundan dalga ilerleme doğrultusundaki alan bileşeni yok sayılabilir. Bu da TE moduna denk gelir.

4. Ölçümler

Oyuklu dalgakılavuzu rezonatörünün rezonans frekanslarının belirlenmesi için S_{11} giriş yansıma ölçümleri Network Analizör ile yapılmıştır. Buna göre rezonatörün herhangi bir frekansta rezonansı varsa giriş yansıması S_{11} genlik değeri olarak bir minimum gösterir. Şekil 5a)'da Network Analizörden elde edilen çizgisel uyarımın giriş yansıması $|S_{11}|$, frekansa bağlı olarak çizdirilmiştir. X-bandındaki rezonans frekanslarının belirlenmesi için, oyuklu rezonatör plakaları arasındaki mesafe çok hassas derecede azaltılmıştır. Plakalar arasındaki mesafenin çok az miktarda azaltılması rezonansları daha yüksek frekanslara doğru kaydırmıştır. Bu işlem, spektrumda gözlenen minimumların gerçekte hangilerinin yapıya ait rezonans olduğunu göstermiştir. Şekil 5b)'de dairesel uyarımın giriş yansıması $|S_{11}|$, frekansa bağlı olarak çizdirilmiştir. $|S_{11}|$ giriş yansıma spektrumuna bakıldığında X-bandında altı tane TE₁₁ moduna ait rezonans ölçülmüştür. Çizgisel ve dairesel uyarım sonucu TM₁₁ ve TE₁₁ moduna ait rezonans frekanslarının ölçüm değerleri Tablo 2'de verilmiştir.



Şekil 5. Ölçülen Frekans spektrumları: a) Çizgisel uyarım ve b) Dairesel uyarım

5. Tartışma ve Sonuçlar

Tablo 2'de nümerik simülasyon sonuçları ve ölçüm sonuçları listelenmiştir. Simülasyonlardaki frekans çözünürlüğü 60 MHz'dir. Bundan başka, oyuklu dalgakılavuzu rezonatörünün gerçekleştirilmesinde %0.5'lik bir hata olduğu da belirlenmiştir. Bu hatalar ve simülasyonlardaki frekans çözünürlüğü dikkate alındığında ölçüm sonuçları ile simülasyon sonuçları birbirleri ile oldukça iyi uyumaktadır.

Tablo 2. Her iki uyarım için simülasyon ve ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması

p	Dairesel (Loop): TE _{11p} modu			Çizgisel (Stub): TM _{11p} modu		
	simülasyon	ölçüm	fark	simülasyon	ölçüm	fark
1	7.99 GHz	7.99 GHz	%0.0	9.00 GHz	8.98 GHz	-%0.2
2	8.43 GHz	8.62 GHz	+%2.2	9.32 GHz	9.62 GHz	+%3.2
3	9.06 GHz	9.04 GHz	-%0.2	9.95 GHz	10.12 GHz	+%1.7
4	9.89 GHz	10.00 GHz	+%1.1	10.71 GHz	10.87 GHz	+%1.5
5	10.84 GHz	10.93 GHz	+%0.8	-	-	-
6	11.92 GHz	11.96 GHz	-%0.3	-	-	-

Kaynaklar

- [1]. Tischer, F.J., "The Groove Guide, a Low-Loss Waveguide for Millimeter Waves", IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques, 11(9), s.291-296, 1963.
- [2]. Olmer, A.A., Lampariello, P., "The Dominant Mode Properties of Open Groove Guide: An Improved Solution", IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques, 33(9), s.755-764, 1985.
- [3]. Fennyhough, M., Evans, D.V., "Full Multimodal Analysis of an Open Rectangular Groove Waveguide", IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques, 46(1), s.97-107, 1998.
- [4]. Aydınlik Bechteler, S., Sevgi, L., "Millimeter Waveband SemiSymmetrical Groove Guide Resonators", IEEE Microwave Magazine, No:9, s.51-60, 2004.
- [5]. Bechteler, Th.F., "Analysis of Excitations for a Groove Guide Resonator at 10 GHz by Means of FDTD Method", International Journal of Infrared and Millimeter Waves, 26(9), s.819-830, 2005.