

EŞDÜZLEMSEL DALGA KILAVUZUNDAN MİKROŞERİT HATTA GEÇİŞ ÜZERİNE ÇALIŞMALAR

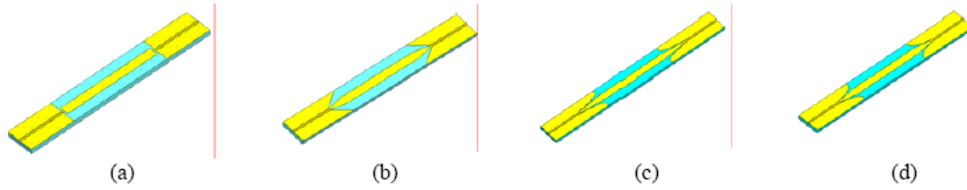
E. U. Temoçin, K. Topallı, M. Ünlü, İ. İstanbulluoğlu, H.İ. Atasoy, Ö. Bayraktar
Ş. Demir, Ö. Aydın Çivi, S. Koç, T. Akın

Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Ankara
Tel: (312) 210-4564, Faks: (312) 210-1261, E-posta: simsek@metu.edu.tr

Özet: Bu çalışmada eşdüzlemsel dalga kılavuzundan mikroşerit hatta geçişi en az yansıma ile gerçekleştirmeyi hedefleyen yapılar tasarlanmış ve üretilmiştir. Hat empedansları 50Ω olacak şekilde direk geçiş, doğrusal geçiş, merdiven tipi geçiş ve çok noktalı geçiş olmak üzere 4 farklı tip geçiş üzerinde çalışılmış, her biri üzerinde farklı parametrelerin değişiminin yansıma ve hat karakteristiklerine etkileri incelenmiştir. Direk ve doğrusal geçişlerde $1 - 5 \text{ GHz}$ arası -20 dB 'nin altında yansıma elde edilirken, merdiven tipi ve çok noktalı geçişlerde ise $1 - 20 \text{ GHz}$ bandının büyük bir bölümünde -20 dB 'nin altında yansıma elde edilmiştir.

1. Giriş

Eşdüzlemsel dalga kılavuzu (EDK) ile mikroşerit hatlar günümüz RF uygulamalarında en çok tercih edilen iletim hatları olarak kendilerine yer bulmuştur [1]-[2]. Yeni geliştirilen bazı anten ve benzeri devre elemanlarında her iki tip hattın aynı taban üzerinde kullanılması gerekmektedir. Bu tip yapılarda kayıpları en aza indirecek ve uygun giriş empedansını sağlayacak uygun EDK-mikroşerit geçişler kullanılmalıdır. Mikro-elektro-mekanik sistemlerde (MEMS) ise yapıların fabrikasyonu pul üzerinde olup, ölçümler uç istasyonu aracılığı ile ağ analizörü tarafından gerçekleştirilmektedir. Pul üstünde ölçümlerin gerçekleştirilebilmesi için RF MEMS yapılar EDK beslemeli olarak tasarlanmaktadır. Ancak dış dünyaya açılacak ürün hedeflendiğinde ise uygun bir paketleme ve sistem entegrasyonu tasarımı yapmak zorunlu hale gelmektedir. Bu gibi durumlarda artık pul üstü ölçüm almak yerine, eleman bazında ölçüm almak gerekmektedir. EDK üzerine tasarlanan her tür devre elemanı paketleme sonucunda mikroşerit giriş-çıkışa ve istenilen elektriksel özellikleri koruyabilmesi için uygun EDK-mikroşerit geçiş yapısına sahip olmalıdır.



Şekil 1: Arka arkaya bağlı EDK-mikroşerit-EDK geçişlerinin genel görüntüsü. (a) Direk geçiş. (b) Doğrusal geçiş. (c) Merdiven tipi geçiş. (d) Çok noktalı geçiş.

Tasarımlarda EDK ve mikroşerit hat uzunlukları $5000 \mu\text{m}$ olarak belirlenmiştir. Yapılar, cam taban (Pyrex 7740, $\epsilon_r=4.6$) üzerine altın şekillendirme biçiminde oluşturulmuştur. Hat empedanslarını 50Ω 'a sabitlemek için EDK boyutları $25-170-25 \mu\text{m}$ (toprak-sinyal-toprak) ve mikroşerit genişliği $936 \mu\text{m}$ olarak tasarlanmıştır. Mikroşerit modu elektrik alanının sağlanması amacı ile cam tabanın arkası da metal ile kaplanmıştır. Şekil 1'de yapıların genel görüntüsü verilmektedir.

Direk geçişli modelde EDK'dan mikroşerite geçiş, EDK sinyal hattının mikroşerit girişine direk bağlanmasıyla sağlanmıştır. Değişken ara geçişteki uzunluk olarak tanımlanmış ve $25, 100, 200, 300$ ve $500 \mu\text{m}$ geçiş uzunluğuna sahip yapılar tasarlanıp üretilmiştir. Doğrusal geçişli modelde ise EDK sinyal hattı mikroşerit

girişine doğrusal olarak açılarak bağlanmış, toprak hattı da mikroşerit hat girişine kadar doğrusal şekilde açılmıştır. Geçiş uzunluğu 250, 500, 750, 1000, 1250, 1500, 1750 μm olan yapılar tasarlanmış ve üretilmiştir. Merdiven tipi yapılarda ise EDK'dan mikroşeride geçiş, belirli sayıdaki aynı karakteristik empedansa sahip EDK adımlarıyla oluşturulmuştur ve her bir EDK adımının sinyal genişliği, artarak, son adımda mikroşerit genişliğine yaklaşmaktadır. Her bir EDK adım uzunluğu 500 μm olarak belirlenmiş ve yapıdaki toplam adım sayısı 4, 5, 7, 8, 9 olan beş ayrı yapı tasarlanmış ve üretilmiştir. Her bir adımdaki karakteristik empedansın 50 Ω olmasını sağlayacak toprak-sinyal-toprak boyutları Tablo 1'de verilmiştir. Çok noktalı yapılarda yine değişken geçiş uzunluğu olarak belirlenmiştir. Bu modelde sinyal hattı EDK'dan mikroşerit hatta doğrusal olarak açılmaktadır. Topraklar ise, geçiş aralığında eşit uzaklıklarda 50 Ω karakteristik empedans sağlayan EDK boyutlarına uygun olarak 30 ayrı nokta olarak belirlenmiştir. Daha sonra bu noktalar kendi aralarında doğrusal olarak birleştirilmiş ve geçişi sağlayacak optimum eğri elde edilmiştir. Bu modelde geçiş uzunluğu 1500 ve 3000 μm olan iki yapı üretilmiştir.

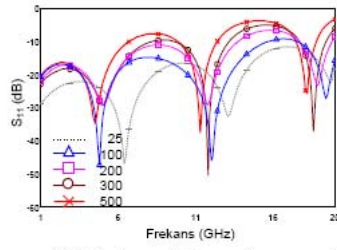
Tablo 1: Merdiven tipi geçişteki EDK boyutları

Adım Sayısı	Sinyal – Sinyal toprak mesafesi (μm)
4	320-50, 470-85, 620-150, 770-275
5	297-45, 424-81, 551-114, 678-180, 805-330
6	279-41, 388-64, 497-94, 606-140, 715-210, 824-360
7	265-39, 360-57, 445-80, 550-114, 645-160, 740-240, 835-388
8	255-37, 340-53, 425-72, 510-98, 595-132, 680-195, 765-262, 850-430
9	245-35, 320-50, 395-65, 470-85, 545-105, 620-150, 695-200, 770-275,

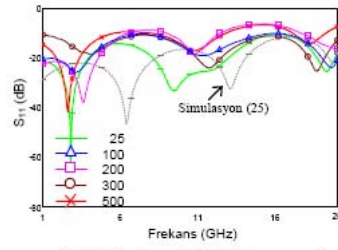
2. Benzetim ve Ölçüm Sonuçları

Yapılar öncelikle EDK-mikroşerit geçişi olarak tasarlanmış, daha sonra vektör ağ analizöründe uç istasyonuyla pul üstü ölçülebilmesi için EDK-mikroşerit-EDK geçişleri olarak üretilmiştir. Tasarımların parametrik benzetimleri Ansoft HFSS v9.2 ile yapılmış, üretimleri 4" cam taban (Pyrex 7740, $\epsilon_r=4.6$) üzerine çift taraflı litografi teknolojisi ile yaklaşık 1 μm altın kaplama ve şekillendirme adımlarıyla ODTÜ Mikroelektronik Tesisleri'nde (ODTÜMET) gerçekleştirilmiştir. Üretilen yapılar öncelikle SOLT kalibrasyon metodu yapılarak vektör ağ analizöründe uç istasyonu ile 1-20 GHz arasında pul üstünde ölçülmüş, daha sonra elde edilen karakteristiklerin iyileştirilmesi amacı ile pullar kesilmiş, EDK'nın toprak hatlarının mikroşerit yapının pul altındaki toprak hatlarına gümüş epoksi ile elektriksel bağlantısı yapılmış ve ölçümler tekrarlanmıştır. Bu yolla düşük frekanslardaki istenmeyen yansımalar engellenmiş ve benzetim ile üretim sonuçları arasındaki fark en aza indirilmiştir.

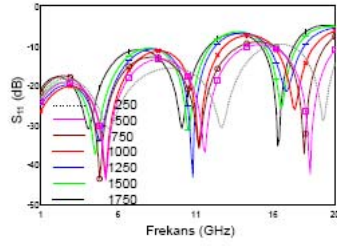
Farklı tipteki EDK-mikroşerit geçiş yapılarının benzetim ve ölçüm sonuçları detaylı olarak Şekil 2'de gösterilmektedir. Direk geçişli 25 ve 100 μm 'lik yapılarda S_{11} değerleri 15 GHz'e kadar -20 dB'nin altında ölçülmüştür. Simulasyon sonuçlarından da görüldüğü gibi frekans arttıkça yansımalar da artış görülmektedir. 200 μm geçişli yapıda ise 6 GHz'e kadar -20 dB'nin altına yansıma elde edilmiş ancak geçiş uzunluğu 300 ve 500 μm olan yapılarda ise artık düşük kayıplı geçiş özelliği görülmemektedir. Doğrusal geçişli yapıların hepsinde 5GHz'e kadar -15 dB'nin altında ve geri kalan diğer frekans aralığında -10 dB'nin altında yansıma ölçülmüştür. Merdiven tipi 4 adımlı yapıda 1 – 5 ve 15 – 20 GHz arasında -20 dB'nin altında, diğer frekanslarda ise -15 dB'nin altında yansıma elde edilmiştir. 5 adımlı yapıda ise 10 GHz'e kadar -20 dB'nin altında, 10 – 20 GHz arasında ise yansıma -17 dB'nin altında ölçülmüştür. En düşük yansıma, 1-20 GHz arasında en yüksek -20 dB olarak 7 adımlı yapıda elde edilmiştir. 8 adımlı yapıda 7 – 8 GHz ile 18 – 20 GHz frekans bantları dışında, 9 adımlı yapıda ise 3 – 5 GHz bandı dışında her frekansta -20 dB'nin altında yansıma elde edilmiştir. Geçiş uzunluğunun 1500 μm olduğu çok noktalı geçişte 3 – 6 GHz ve 15 – 20 GHz bantlarının dışındaki frekanslarda -20 dB'nin altında yansıma elde edilmiştir. Bu iki bantta simulasyonlarda elde edilen değerlerin yakalanamamasının sebebi olarak epoksi uygulamasındaki veya üretim esnasındaki koşullar gösterilebilir. Geçiş uzunluğu 3000 μm olan yapıda ise 18 GHz'e kadar olan frekanslarda -20 dB'nin altında, 18 – 20 GHz arasında ise -18 dB'nin altında yansıma ölçülmüştür. Her tip yapıda frekans arttıkça yansımaların arttığı görülmektedir. Bunun sebebi olarak yüksek frekanslarda kısa dalgaboyuna sahip elektromanyetik dalgaların hattaki empedans uyumsuzluktan daha çok etkilenmesi gösterilebilir.



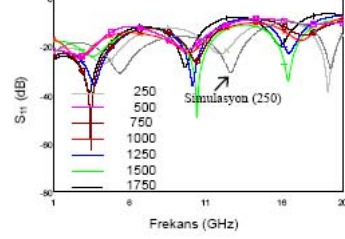
(a) Direk geçiş benzetim sonuçları



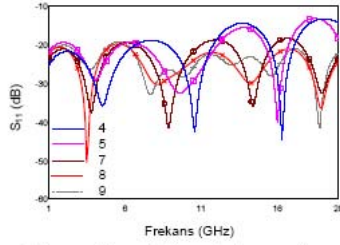
(b) Direk geçiş ölçüm sonuçları



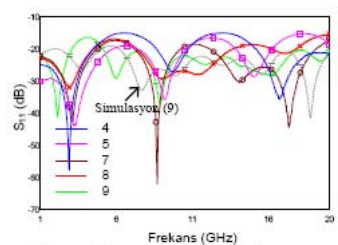
(c) Doğrusal geçiş benzetim sonuçları



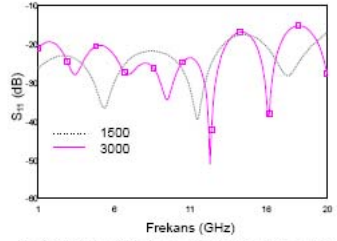
(d) Doğrusal geçiş ölçüm sonuçları



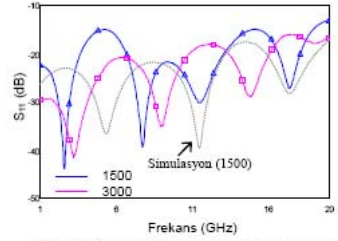
(e) Merdiven tipi geçiş benzetim sonuçları



(f) Merdiven tipi geçiş ölçüm sonuçları



(g) Çok noktalı geçiş benzetim sonuçları



(h) Çok noktalı geçiş ölçüm sonuçları

Şekil 2: EDK – mikroşerit benzetim ve ölçüm sonuçları

Referanslar

- [1] Guizhen Zheng, John Papapolymerou, Manos M. Tentzeris "Wideband Coplanar Waveguide RF Probe Pad to Microstrip Transitions Without Via Holes" IEEE Microwave and Wireless Components Letters, Vol. 13, No. 12, Kasım 2003
- [2] Amr M.E.Safwat, Kawthar A. Zaki, William Johnson, Chi H. Lee "Novel Transition between Different Configuration of Planar Transmission Lines" IEEE Microwave and Wireless Components Letters Vol. 12, No. 4, Nisan 2002