

RF MEMS Anahtar Kontrollü Çoklu-Frekans Mikroşerit Anten

Sinan ONAT, Lale ALATAN, Şimşek DEMİR

Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü
İnönü Bulvarı, Ankara 06531, TÜRKİYE.
sinanonat@hotmail.com, lalatan@metu.edu.tr, simsek@metu.edu.tr

Özet: Bu çalışmada, RF MEMS anahtarlar aracılığı ile tekrar ayarlanabilir, üç frekans bandında çalışan mikroşerit anten yapısı, tasarımı, üretimi, ölçüm ve simülasyon sonuçları sunulmaktadır.

1.Giriş:

Tekrar ayarlanabilirlik, temel olarak, birden fazla aygıt özelliğini tek bir aygıtta toplamaktır. Bu sayede, hem kullanılan yapıların kapladıkları alanlar küçültülebilir, hem de alana bağlı maliyet azaltılabilir. Antenlere tekrar ayarlanabilirlik özelliği sıklıkla çok-frekanslılık, -polarizasyonluluk ve -ışınım örüntüsü kazandırarak, veya bunlar arasında geçiş yaptırarak uygulanır. Mikroşerit anten yapılarına ise bu özellikleri kazandırma yollarının başlıcaları, anten yüzeyinde uygun yerlerde toprağa bağlantı(lar) yapmak ve uygun uzunlukta yarıklar açmaktır.

Mobil iletişimin yaygınlaşması ve günlük hayattaki yerinin artması, kullanılan araçların birden fazla işlev içermesini de beraberinde getirmiştir. Tek bir antenin farklı işlevlerde kullanılabilmesi, dolayısıyla tekrar ayarlanabilirlik özelliğine sahip olması önem kazanmıştır. Kablosuz iletişim uygulamalarına örnek olarak GSM (1.8 GHz, 1.9 GHz) ve Bluetooth (2.4 GHz) verilebilir.

Bu çalışmada tekrar ayarlanabilirlik özelliğine sahip olarak 1.8 GHz, 1.9 GHz ve 2.4 GHz’te çalışabilen mikroşerit anten yapısı anlatılmaktadır. Anten yapısındaki ayarlanabilirlik kontrolünün RF MEMS anahtarlarla elektronik olarak sağlanacağı öngörüldü.

2.Anten Yapısı:

Üzerinde çalışılan anten mikroşerit yama anten yapısındadır. Anten tasarımında RO 4003 ($\epsilon_r = 3.38$, Loss Tangent = 0.0027, $d=1.52$ mm) kullanıldı. 2 GHz’de rezonans veren bir mikroşerit antenin (40.8 mm x 40.8 mm) üzerine yarıklar açılarak 1.8 GHz ve 2.4 GHz’de iki rezonans elde edildi. Anten, 50 Ω ’luk ($w=3.52$ mm) mikroşerit hatla beslenmektedir ve besleme hattının iki yanına açılan girintilerin uzunlukları ayarlanarak empedans uyumu sağlanmaktadır. Ancak tek bir girinti uzunluğu ile her iki frekanstaki giriş yansıma kaybını istenen seviyelere (~ -20 dB) düşürmek mümkün olmadığı için girinti uzunluğunun RF MEMS anahtarlarla elektronik olarak değiştirilmesi düşünüldü. Bu şekilde her iki rezonans frekansında amaçlanan empedans uyumuna ulaşıldı.

RF MEMS anahtar modelleri girinti boşluğuna sıra sıra, birbirine eşit aralıklarla, yerleştirildi. Bu sayede, anahtarların kapalı ve açık hallerine bağlı olarak değişebilen girinti uzunluğu elde edildi. Rezonans frekans sayısını artırmak ve üç-frekanslı anten geliştirmek için benzer bir yöntem yarıklar üzerinde uygulandı. Yarığın üst ve alt uçlarına birer set anahtar koyularak, yarığın etkin uzunluğu kısaltıldı. Bu şekilde 1.9 GHz’te rezonans elde edildi. Yine, uygun giriş yansıma kaybını elde etmek için yeni frekansa yönelik girinti uzunluğu hesaplandı ve bu etkin uzunluk anahtarlarla elektronik olarak sağlandı. Simülasyonların ilk aşamasında RF MEMS anahtarlar yerine açık/kapalı şeklinde ideal anahtar modelleri kullanılmıştır. Daha sonra ideal modelde açık durumunu simüle etmek amacı ile bırakılan boşluklar, ODTÜ Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü’nde üretilen anahtarların ölçülmüş s-parametreleri ile doldurularak antenin girinti uzunluğu ile yarıkların konumu ve uzunluğu her üç frekansta en iyi sonuçları verecek şekilde optimize edilmiştir [1].

Mikroşerit antendeki RF MEMS anahtarların elektronik kontrolünün gerçekleştirilmesi için gerekli besleme (DC) hatları Şekil 1’de gösterildiği şekilde anten yapısına ve simülasyonlara dahil edildi. DC hatların, antenin çalışma bandını daraltmaması için dikdörtgen ve geniş bantlı radyal hattan oluşan bütünleşik yapılar öngörüldü. Radyal hatlar uç noktalarından antenin yer düzlemine kısa devre ile bağlandı. Dikdörtgen ve radyal hatların uzunlukları, anahtarların kapandığı noktada, kısa devrenin RF sinyal için açık devre görüneceği şekilde tasarlandı. Böylelikle RF sinyalin DC hatlardan etkilenmesinin en aza indirgenmesi sağlanmış oldu.

3.Simülasyon ve Üretim Sonuçları:

Girinti boşluğunda her rezonans frekansına yönelik en iyi empedans uyumu üç farklı kontrol durumu ile sağlanabilmektedir.. Ancak eldeki üretim kapasitesi dahilinde, arzulanan kontrol durumları için gereken iki DC hattın girinti boşluğuna yerleştirilmesinin mümkün olmayacağı düşünüldüğünden 1.8 GHz ve 1.9 GHz için ortak girinti uzunluğu kullanılması öngörülmüştür. Bu ortak girinti uzunluğu, optimizasyon sırasında her iki rezonans frekansında en düşük giriş yansıma kaybı veren girinti uzunluğu değerlerinin aritmetik ortalaması, 18.5 mm'dir. Yeni anten yapısında, girintideki elektronik kontrolün iki durumu olacaktır: 1.8 GHz ve 1.9 GHz için anahtarlar kapalı, 2.4 GHz'de açık. Girintideki DC hatlar 17.5 mm x 0.2 mm'lik dikdörtgen ve ilk genişliği 0.2 mm olan 2.65 mm yarıçaplı 40°'lik radyal hattan oluşmaktadır. Bu hat radyal kısmının ucundan topraklanmış, anahtar grubunun merkezine 2.4 GHz'de $\lambda/4$ 'lük – RF açık devre etkisi yapmıştır.

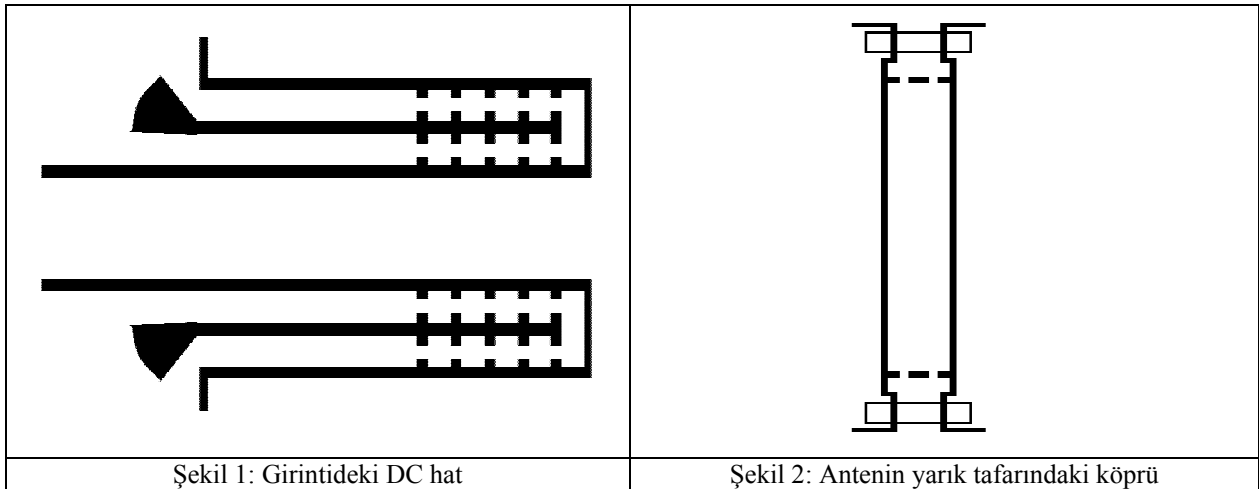
Yarıktaki elektronik kontrolü sağlayan anahtarlar için de 1.9 GHz'te RF sinyaline aynı etkiyi yaratacak, 5 mm x 0.2 mm'lik dikdörtgen ve ilk genişliği 0.2 mm olan 9.5 mm yarıçaplı 40°'lik radyal hattan oluşan DC hatlar tasarlanmıştır. Ancak girintideki anahtarlara yönelik DC hatlar için girintideki boşluğun kullanılmasına rağmen, yarıktaki anahtarları için bu yöntem izlenememiştir. Çünkü yarık boşluğunda oluşturulan DC hat, 1.8 GHz ve 2.4 GHz için istenen rezonansı vermesine karşılık 1.9 GHz'teki rezonansı kaybetmiştir. Bu sebeple, yarıkla mikroşerit antenin ışınlamayan kenarları arasındaki metal yüzey kesilmiştir. Bu boşluğa önce yarıktaki anahtarların kontrolü için gerekli DC hattı çizilmiş, sonra da antenin gereken ışımayı yapması için, bu hattın üzerinden geçen ve mikroşerit antenin iki metal kısmını bağlayan bir iletken köprü eklenmiştir (Şekil 2). Köprü ile DC hat arasındaki yalıtım simülasyonlarda ince bir hava katmanı ile, üretimde ise bantla sağlanmıştır.

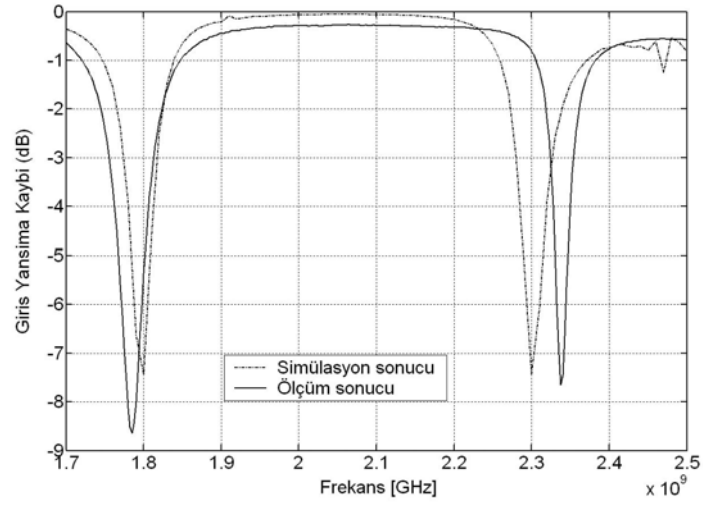
Öngörülen DC hatlarının ve eklenen köprünün performansını incelemek amacı ile çok-frekanslı mikroşerit anten üretilmiş ve ölçümler yapılmıştır. Ancak, çalışılan hibrid yapıdaki mikroşerit antende bulunan RF MEMS anahtarların antene tel bağlantısının yapılabilmesi için metal kısımların altınla kaplanması gerekmektedir. Bu gereklilik eldeki üretim kapasitesi dahilinde olmadığı için, simülasyonlarda anahtarların ideal yapısı uygulanmış ve ölçüm sırasında da anahtarların kapalı halleri lehimle sağlanmıştır.

Üretilen antende tüm anahtarların açık olduğu duruma ilişkin (1.8 GHz) simülasyon ve ölçüm sonuçları Şekil 3(a)'da sunulmaktadır. Sadece yarık içindeki anahtarların kapalı olduğu (1.9 GHz) ve sadece girintideki anahtarların kapalı olduğu (2.4 GHz) durumlara ilişkin sonuçlar ise sırasıyla Şekil 3(b) ve 3(c)'de sunulmaktadır. Simülasyon ve ölçüm sonuçları arasında rezonans frekanslarında en fazla 15 MHz'lik kayma ve birbirine çok yakın giriş yansıma kayıp değerleri gözlenmiştir. Bu sonuçlar, mevcut simülasyon araçlarımızın (Ensemble, ANSOFT) son derece etkin olduğunu göstermektedir. Bu konudaki çalışmalara eldeki üretim yeteneklerimizin de iyileştirilmesi yönünde devam edilecektir.

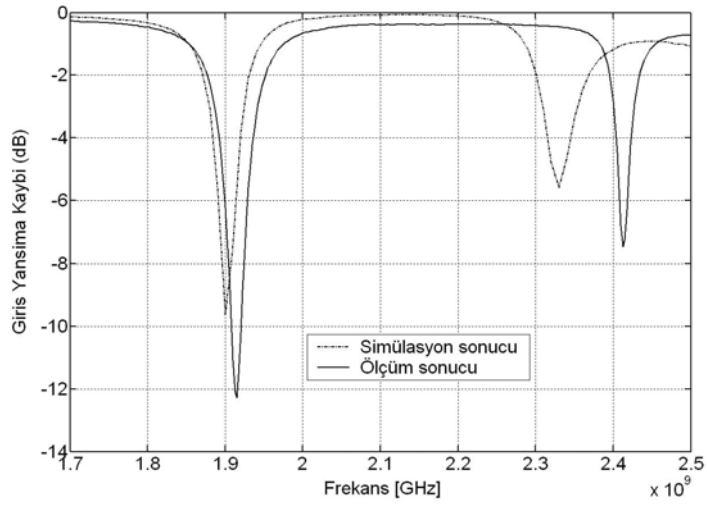
Kaynaklar:

[1] Sinan ONAT, Lale ALATAN, Şimşek DEMİR, "Design of Triple-Band Reconfigurable Microstrip Antenna Employing RF MEMS Switches," 2004 IEEE AP-S International Symposium and USNC / URSI National Radio Science Meeting, Monterey, CA, 20 – 26 Haziran 2004.

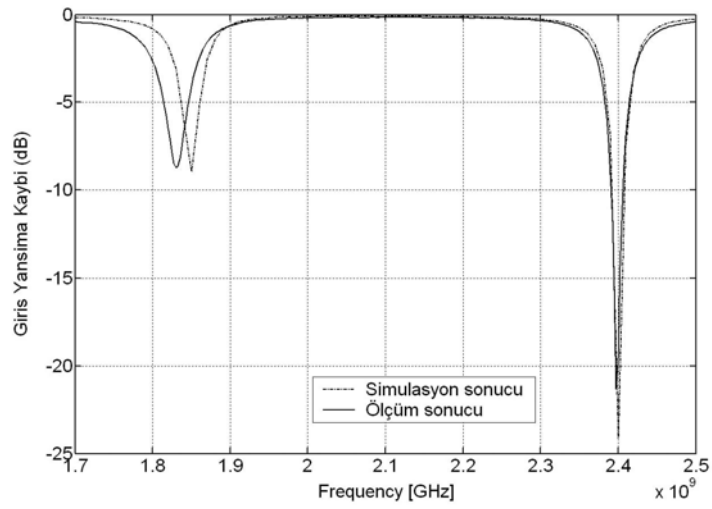




(a) 1.8 GHz'deki konfigürasyon



(b) 1.9 GHz'deki konfigürasyon



(c) 2.4 GHz'deki konfigürasyon

Şekil 3: Mikroşerit antenin simülasyon ve ölçüm sonuçları