

# RF MEMS TEKNOLOJİSİ İLE YANSITICI DİZİ ANTENİ TASARIMI

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

Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Ankara  
Tel: (312) 210 4526, Faks: (312) 210 2304, E-posta: [e124401@metu.edu.tr](mailto:e124401@metu.edu.tr), [ozlem@metu.edu.tr](mailto:ozlem@metu.edu.tr)

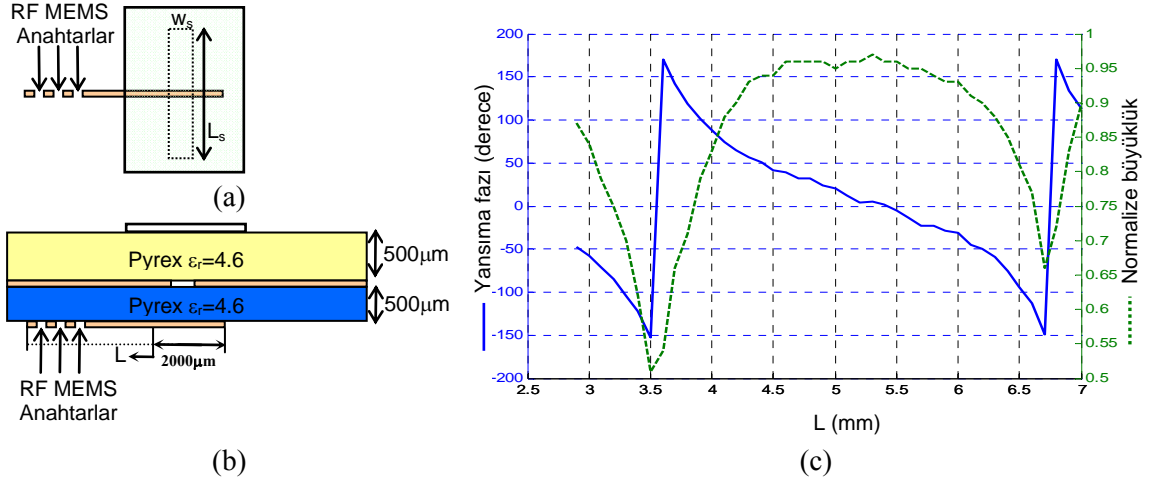
**Özet:** Bu bildiri RF MEMS teknolojisi kullanılarak tasarlanmış, hüzme yönü ayarlanabilir bir yansıtıcı dizi anten tasarımı sunulmaktadır. İki katmandan oluşan yansıtıcı dizi antenin üstteki birinci katmanı yama antenleri taşımakta, aşağı bakan ikinci katmanı ise hüzme yönünü ayarlamakta kullanılan mikroşerit hatlar ve MEMS anahtarları taşımaktadır. Bu iki katman, aralarında bulunan yarık ile birbirine bağlanmıştır. Tasarımda yüzeye dik olarak gelen elektromanyetik dalganın yansıma açısı, anten dizisindeki her bir elemanın yansıma fazlarının ayarlanması ile değiştirilmektedir. Yansıma fazlarının ayarlanması, alt katmanda bulunan mikroşerit hattın uzunluğunun RF MEMS anahtarlar ile değiştirilmesi suretiyle gerçekleştirilmiştir. Yapının benzetimlerinde Ansoft HFSS programı kullanılmış ve 26GHz de yapılan 4 x 1 dizide ana hüzmelerin 15 derece dönmesi sağlanmıştır. Yapı ODTÜ Mikroelektronik Tesislerinde üretilecektir.

## 1. Giriş

Yansıtıcı dizi antenleri gelen dalgayı istenilen yöne yansıtmak amacı ile tasarlanır. Mikroşerit hatlar ile beslenen faz dizili antenlerin aksine yansıtıcı dizi antenlerde, dizinin yüzeyi kaynak anten ile aydınlatılır. Böylece mikroşerit besleme ağında oluşan kayıplar önlenmiş olur. Yansıtıcı dizi anteninin diğer bir avantajı geometrik olarak basit ve iki boyutlu bir yapı olmasıdır. Bilindiği gibi odaklama işleminde kullanılan metal yansıtıcının küre şeklinde olması gerekir ve odaklama mesafesi kürenin merkezine göre sabittir. Yansıtıcı dizi anteni ise herhangi bir iki boyutlu yüzeye kolaylıkla uydurulabilir ve odaklama noktası yapılan tasarıma göre ayarlanabilir. Yansıtıcı dizi anteninde anten ana hüzmelerinin yönü antenin geometrisinde yapılan değişiklik sonucunda değiştirilebilir. Eğer geometrisi değiştirilebilir bir yansıtıcı dizi anteni yapılırsa, ana hüzmelerin yönü istenilen şekilde değiştirilebilir. Bu da birçok avantajı beraberinde getirir. Örneğin, odaklama amacı ile kullanılan bir yansıtıcı dizi anteninde, birden fazla noktaya farklı zamanlarda odaklama yapılabilir. Geometrisi ayarlanabilir bir yansıtıcı dizi anteninin yapımı amaçlanan bu çalışmada yarık bağlaşımlı mikroşerit yama antenlerden oluşan yansıtıcı dizi (reflectarray) anteninin mikroşerit hatlarının uzunluklarında, RF MEMS anahtarlarla değişiklikler yapılarak, anten ana hüzmelerinin istenilen açıya döndürülebileceği gösterilmektedir.

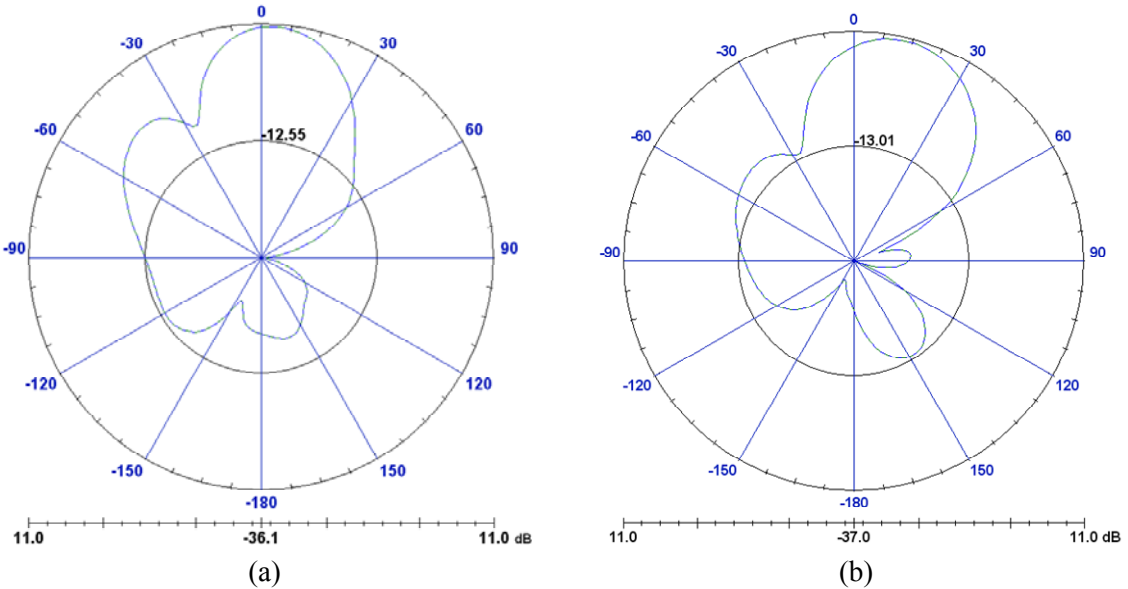
## 2. Yansıtıcı Dizi Anteni

Yansıtıcı dizi anteninin elemanları, kaynak antenden gelen elektromanyetik dalgayı alır ve ana hüzmelerin istenilen açıya dönmelerini sağlayacak şekilde fazı değiştirerek geri yansıtır. Şekil 1'de tasarlanan yansıtıcı dizi antenin bir elemanının (a) üst ve (b) kesit görünüşü gösterilmektedir. Bu yapıda üstteki cam katmanın (Pyrex  $\epsilon_r=4.6$ ) üzerinde bulunan yama antene gelen elektromanyetik dalga, iki cam katman arasındaki toprak düzlemine açılmış olan yarık sayesinde alttaki cam katmanın alt yüzeyindeki mikroşerit hatta bağlanır. Mikroşerit hattın ucunun açık devre olması sebebi ile hattaki alan tamamıyla geri yansıtmakta ve yarıktan tekrar antene bağlanmaktadır. Ana hüzmelerin yönü, dizi antenindeki her bir elemanın yansıma katsayısının fazının ayarlanması ile belirlenir. Yansıtıcı dizi anteninin birim elemanının yansıma katsayısının fazındaki değişim, geometrik yapıdaki değişim ile gerçekleştirilir. Şekil 1-a ve b'de gösterilen yarık bağlaşımlı mikroşerit antendeki faz değişimi, mikroşerit hattın uzunluğunun değiştirilmesi ile sağlanmıştır. Tasarımda öncelikle faz tasarım grafiği elde edilir. Bu amaçla birim eleman HFSS programında uygun sınır koşulları verilerek elemanlar arasında yarım dalgaboyu mesafe olacak şekilde sonsuz dizi haline getirilmiştir. Bu şekilde yapılan benzetim sonucunda, yarık bağlaşımlı yansıtıcı dizi anteni için HFSS'de elde edilen faz tasarım grafiği Şekil 1-c'de gösterilmiştir. Faz tasarım grafiği birim elemandan yansıyan dalganın fazının ve büyüklüğünün geometrik uzunluk ile olan değişimini gösterir. Hüzmelerin yönünü geniş açı geçişlerine döndürebilmek için faz tasarım grafiğinin salınımının yeterince büyük olması gerekmektedir. Şekil 1-c'de görüldüğü gibi yaklaşık 300° salınım elde edilmiştir. Ayrıca faz tasarım grafiğinin üretimden kaynaklanan geometrik hatalara karşı duyarlılığı düşük olmalıdır. Bu da faz tasarım grafiğinin eğiminin çok fazla olmamasını gerektirir.



Şekil 1. Yansıtıcı dizi antenin (a) üstten ve (b) kesit görünümü. (c) Faz tasarım grafiği.

Yansıtıcı diziyi oluşturan elemanlar arasında, dizinin hüzmesini döndürmek için gerekli faz farklarının yaratılması amacıyla mikroşerit hatların uzunlukları uygun şekilde seçilmelidir. Ardından hüzmenin dönmesini istediğimiz açı değeri için, ardışık elemanlar arasında olması gereken faz farkı belirlenir. Bu çalışmada  $4 \times 1$ 'lik bir dizi tasarlanmıştır. Dizi elemanları arasında yarım dalgaboyu mesafe olduğunda, yansıtıcı dizi antene dik gelen dalgayı  $20^\circ$  döndürmek için, ardışık elemanlar arasında 61 derece faz farkı olmalıdır. Daha sonra her bir elemanın mikroşerit hattının sahip olması gereken uzunluk Şekil 1-c'deki grafik yardımıyla belirlenmektedir. Tasarımda elemanlar arasında 61 derece faz farkı elde etmek amacıyla, birinci dizi elemanı için  $L=4100 \mu\text{m}$ , ikinci eleman için  $L=5000 \mu\text{m}$ , üçüncü eleman için  $L=6100 \mu\text{m}$ , dördüncü eleman için  $L=6500 \mu\text{m}$  olarak seçilmiştir. Uzunlukların hepsi birinci elemanın uzunluğu ile aynı seçildiğinde ana hüzmenin dönmemesi beklenmektedir. HFSS de yapılan benzetimde yapının karmaşıklığını azaltıp, yapıyı benzetimi yapılabilir hale getirmek amacıyla, mikroşerit hatlardaki RF MEMS anahtarlar yerine 50  $\mu\text{m}$  uzunluğunda boşluklar bırakılmıştır. RF MEMS anahtarların açık konumu bu boşluklar ile modellenmiştir. Anahtarların kapalı konumu ise bu boşlukların doldurulması ile modellenmiştir. Şekil 2-a'da da görüldüğü gibi mikroşerit hatların uzunlukları 4100  $\mu\text{m}$  seçildiğinde ana hüzme dönmemiştir. Şekil 2-b'de ise mikroşerit hatların uzunlukları ana hüzmenin  $20^\circ$  dönmesi için ayarlandığında  $15^\circ$ 'lik dönme elde edilmiştir. Aradaki farkın sebebi Şekil 1-c'de görüldüğü gibi faz ile birlikte aynı zamanda büyüklüğün de değişmesidir. Bununla beraber RF MEMS anahtarlar yerine koyulan 50  $\mu\text{m}$  uzunluğundaki boşluklarda oluşan geri yansımalar istenilen açıya döndürülememesinin başka bir nedenidir. Tasarlanan yansıtıcı dizi anten, ODTÜ-MEMS grubu tarafından geliştirilen mikroşerit teknolojisiyle üretilecek ve ölçümleri yapılacaktır.



Şekil 2. Anahtarların açık (a) ve kapalı (b) konumları için ana hüzme grafiği.

### **3. Sonuç**

Bu çalışmada RF MEMS teknolojisi kullanılarak, yarık bağışlı mikroşerit yama antenlerden oluşan yansıtıcı dizi tasarlanmıştır. HFSS kullanılarak yapılan benzetimler sonucunda, yansıyan ana hüzmenin yönünün RF MEMS anahtarlar yardımı ile dizinin geometrisi ayarlanarak değiştirilebileceği gösterilmiştir.

### **4. Bilgilendirme**

Bu araştırma TÜBİTAK (EEEAG-104E041), DPT ve Avrupa Birlięi 6. Çerçeve Programı kapsamında AMICOM (Advanced MEMS For RF and Milimeter Wave Communications) Mükemmeliyet Açı tarafından desteklenmektedir.

### **5. Kaynaklar**

- [1] M. Himdi, J. P. Daniel ve C. Terret, "Transmission line analysis of aperture-coupled microstrip antenna," IEEE Electronic Letters, vol.25, no. 18, s. 1299-1230, Aęustos 1989.
- [2] J. R. James ve P. S. Hall, "Handbook of Microstrip Antennas," Peter Peregrinus, 1989.
- [3] G. M. Rebeiz, "RF MEMS theory, design, and technology," John Wiley & Sons, 2003.