

Ofset Besleme Hatlı Eğik Açıklık Kuplajlı Yığın Mikroşerit Anten Tasarımı

Offset Feed Line Inclined Aperture Coupled Stacked Microstrip Antenna Design

Faruk Öztürk¹, Erdem Yazgan²

¹Elektrik-Elektronik Müh. Böl., Hacettepe Üniversitesi, Ankara
farukoz2@yahoo.com

²Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, TED Üniversitesi, Ankara
erdem.yazgan@tedu.edu.tr

Özet

Bu çalışmada yerel ağ gereksinimlerini karşılayan, çift frekans ve çift kutuplamalı bir mikroşerit anten tasarlanmıştır. Eğik açıklık kullanılarak tek besleme ile çift frekans ve çift kutuplama elde edilmiştir. Bant genişliğini artırmak için ışıyan açıklık, yığın parazitik yamalar ve ofset besleme hattı kullanılmıştır. Benzetim ve ölçüm sonuçlarına göre her iki frekans bandı için gereksinimlerin normalize değerlerde (alt frekanslar için: %3.3, üst frekanslar için : %19) üzerinde bant genişlikleri (alt frekans bandında: %11.5, üst frekans bandında: %27.6) elde edilmiştir [1].

Abstract

This paper presents the dual frequency and dual polarized microstrip antenna which comply with the requirements of the wireless local area network (WLAN). By using inclined aperture, single feed with dual frequency and dual polarization is achieved. Radiated aperture, parasitic stack patch and offset feed line is used to increase bandwidth. According to simulation and measurement results, the normalized bandwidth extensions (for lower frequencies: 11.5% and for upper frequencies: 27.6%) are obtained for both frequency bandwidths with respect to the necessary requirements (for lower frequencies: 3.3% and for upper frequencies: 19%) [1].

1. Giriş

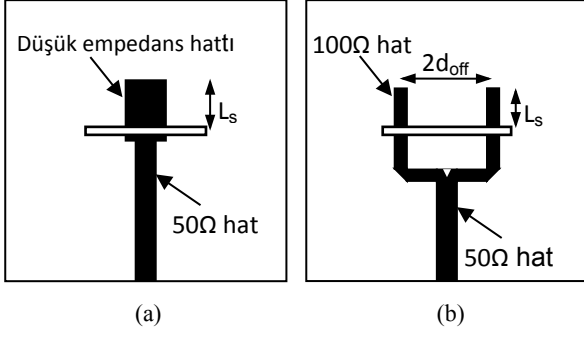
Son yıllarda özellikle cep telefonu, kablosuz haberleşme ve küresel konumlama sistemi (GPS) gibi kişisel ve mobil iletişim uygulamalarının hızlı bir şekilde artması ve hayatın her alanına girmesi daha küçük ve daha hafif mikroşerit antenlere olan ilgiyi artırmıştır. Bununla birlikte bu antenlerin önündeki en büyük engel sınırlı bant genişliğine sahip olmalarıdır. Bu yüzden mikroşerit antenler üzerinde özellikle çoklu frekans ve bant genişliğinin artırılması çalışmaları ağırlık kazanmıştır. Mikroşerit antenlerin çift veya çoklu frekans üretmeleri için farklı teknikler kullanılmıştır. Bu tekniklerden bazıları şu şekilde verilebilir:

- Bir veya daha fazla yamayı ana yamanın üzerine yığın şeklinde veya ana yama ile aynı düzleme parazitik olarak yerleştirmek yamaları ayrı ayrı veya aynı zamanda çalıştırmak için uygun besleme yöntemi kullanmak [2] [3] [4].
- Yamayı toprak düzlemine kısa devre etmek veya yama üzerinde yuva (slot) açmak [5] [6] [7] [8].
- Açıklık kuplajlı besleme yöntemi kullanmak [9].

Diğer besleme yöntemlerine göre pek çok avantaj sunan açıklık kuplajlı besleme yöntemi ilk olarak Pozar [10] tarafından tanıtılmıştır. Bu avantajlar, anteni sahte besleme ışımasından (spurious radiation) ekranlaması, besleme ve anten için farklı uygun alt tabakaların kullanılması ve anten bant genişliğini artırmak için kalın alt tabaka kullanılması olarak özetlenebilir.

Kablosuz yerel ağ gereksinimleri, alt frekans bandı için 2.4-2.48 GHz (%3.3) ve üst frekans bandı için 4.8-5.8 GHz (%19) verilmiştir. Row [11] tarafından önerilen eğik açıklık beslemeli mikroşerit anten ile kablosuz yerel ağ uygulaması için alt frekans bandında %5 ve üst frekans bandında %23 bant genişliği elde edilmiştir.

Açıklık kuplajlı mikroşerit antende, besleme hattına olan kuplaj miktarı genelde açıklığın boyutları değiştirilerek kontrol edilmektedir. Bununla birlikte açıklığın da ısıya yaptığı durumlarda açıklığın boyutları rahatlıkla değiştirilememektedir. Bu durumda kuplaj miktarı besleme hattı tarafından kontrol edilmelidir, bunun için Şekil 1’de gösterilen iki çözüm yöntemi sunulmuştur [2]. Çift-ofset besleme hattında 50Ω’luk empedansa sahip ana besleme hattı reaktif güç birleştirici ile 100Ω’luk empedansa sahip iki hatta ayrılır.



Şekil 1: Açıklık kuplajlı mikroşerit anten için empedans uyumlandırma teknikleri (a) Geniş-merkezli besleme hattı (b) Çift-ofset besleme hattı [2].

2. Anten Tasarımı

Tasarlanan antenin geometrisi Şekil 2’de, anten parametreleri ve boyutları da aşağıda verilmiştir.

Katman 4: $\epsilon_{r4}=3.38$, $h_4=0.81$, $\tan\delta_4=0.0024$

Katman 3: $\epsilon_{r3}=1.07$, $h_3=3$, $\tan\delta_3=0.0009$

Parazitik Yamalar : $L_p=41$, $W_p=13.8$

Katman 2: $\epsilon_{r2}=3.38$, $h_2=1.62$, $\tan\delta_2=0.0024$

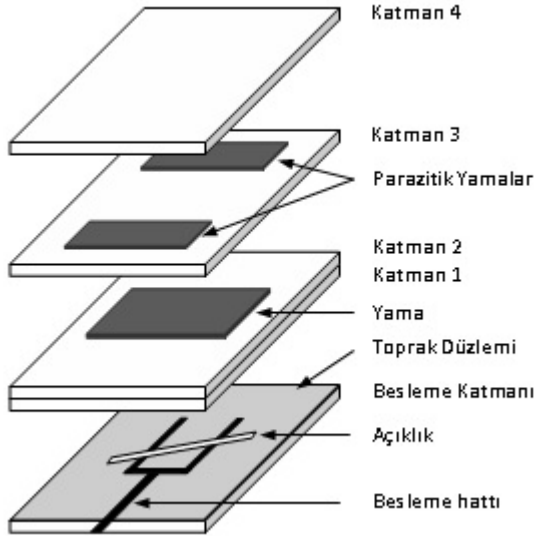
Katman 1: $\epsilon_{r1}=1.07$, $h_1=2$, $\tan\delta_1=0.0009$

Yama: $L=41.2$, $W=19$

Besleme Katmanı: $\epsilon_{r1}=4.3$, $h_1=0.81$, $\tan\delta_1=0.01$

Açıklık: $l_a=31.6$, $w_a=1.4$, $\alpha=10.4^\circ$

Besleme hattı: $w_f=1.56$, $d_{off}=6.2$, $L_s=6.5$



Şekil 2: Tasarlanan ofset besleme hatlı açıklık kuplajlı yığın mikroşerit antenin geometrisi.

Açıklık, ışıma yaptığı için empedans uyumlandırması, besleme hattında ofset şekilli besleme hattı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ofset besleme hattının ana kolu 50Ω, yan kolları ise 100Ω olacak şekilde besleme hattının genişlikleri ayarlanmıştır. Empedans uyumlandırması için ayrıca L_s uyumlandırma uzunluğu da her iki frekans bandını kapsayacak şekilde hassas olarak ayarlanmıştır. Besleme

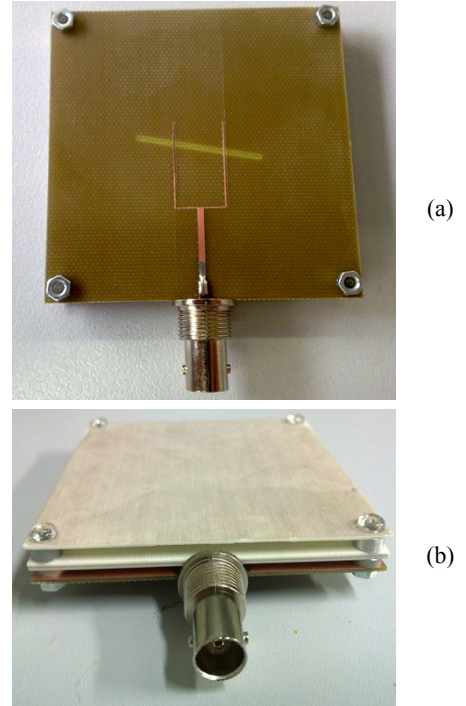
katında sahte ışıma miktarını düşürmek için daha yüksek dielektrik katsayısına sahip FR4 ($\epsilon_{r1}=4.3$) alt tabakası kullanılmıştır.

Anten alt tabakası olarak farklı boyutlarda 4 katman kullanılmıştır. Her bir katmanın farklı amacı vardır. Bant genişliğini artırmak için anten alt tabakasının toplam dielektrik katsayısının düşürülmesi ve yüksekliğinin artırılması gerekir. Bunu sağlamak için toprak düzlemi ile katman2 arasında 2mm kalınlığında hava boşluğu ve aynı şekilde ana yama ile parazitik yamalar arasında 3mm kalınlığında hava boşluğu kullanılmıştır. Ana yama, Rogers Corp. firmasına ait RO4003C ($\epsilon_r=3.38$) alt tabakasının üzerinde yer almaktadır. Parazitik yamalar da aynı tip RO4003C alt tabakasının alt yüzeyinde yer almaktadır. Parazitik yamaların üzerinde yer alan bu alt tabaka antenin ışıma kazancını artırmak için kullanılmıştır.

Ana yama, ışıyan açıklık ile kuple olurken parazitik yamalar ana yamaya yakınlık kuplajı ile kuple olur. Açıklıktan ana yamaya olan kuplaj miktarı açıklığın boyutlarına ve aralarındaki alt tabakaların yüksekliği ile dielektrik sabitine bağlıdır. Açıklığın boyutları arttıkça kuplaj miktarı da artar. Dielektrik alt tabakanın yüksekliği arttıkça kuplaj miktarı azalır. Geniş bantlı çift-frekans elde etmek için ana yama ile parazitik yamaların boyutları uygun seçilmelidir. Bunu sağlayabilmek için tasarlanan antende ana yama ve parazitik yamaların boyutları optimize edilmiştir.

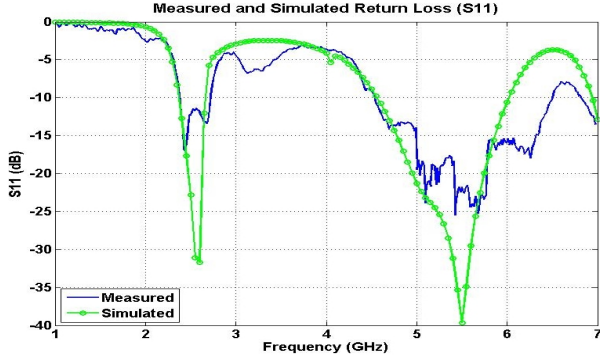
3. Benzetim ve Ölçüm Sonuçları

Tasarlanan ofset besleme hatlı açıklık kuplajlı yığın mikroşerit anten üretilmiş ve fotoğrafları Şekil 3’te verilmiştir.



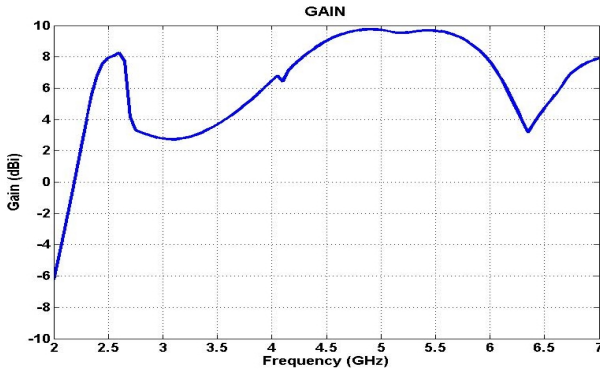
Şekil 3: Üretilen ofset besleme hatlı açıklık kuplajlı yığın mikroşerit antenin (a) alttan (b) yandan görünümü.

Bu anten için benzetim ve ölçüm sonucu elde edilen geri dönüş kaybı (S_{11}) grafikleri Şekil 4'te birlikte verilmiştir. Tasarlanan anten için benzetim sonucu alt frekans bandında 2.37-2.66 GHz (%11.5) ve üst frekans bandında 4.56-6 GHz (%27.6) bant genişlikleri elde edilmiştir. Bant genişliği, geri dönüş kaybının -10dB değerinde elde edilmiştir. Ölçüm sonuçlarına göre bu anten için alt frekans bandında 2.37-2.72 GHz (%13.5) ve üst frekans bandında 4.53-6.5 GHz (%35.6) bant genişlikleri elde edilmiştir.



Şekil 4: Tasarlanan ve üretilen ofset besleme hatlı açıklık kuplajlı yığın mikroşerit antenin IE3D programı kullanılarak elde edilen ve ölçülen geri dönüş kaybı (S_{11}).

Tasarlanan anten için benzetim sonucu elde edilen kazanç grafiği Şekil 5'te verilmiştir. 2.6 GHz'de ve 5.5 GHz'de IE3D programı kullanılarak elde edilen E-Düzlemi ve H-Düzlemlerindeki ışıma desenleri sırasıyla Şekil 6'da ve Şekil 7'de verilmiştir.

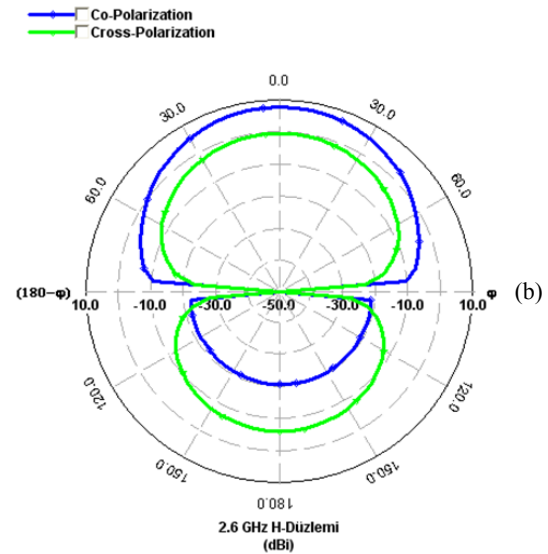
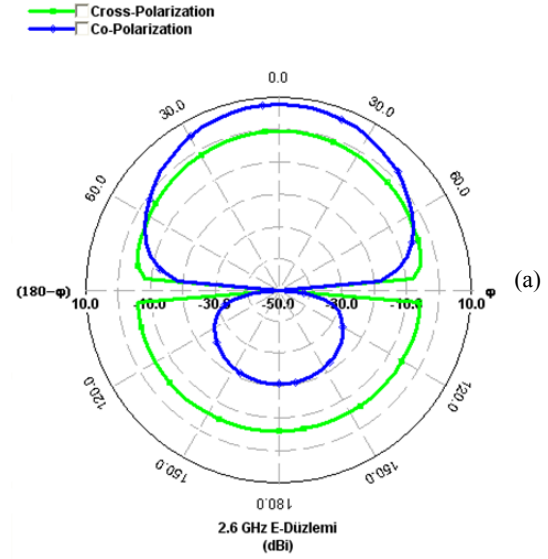


Şekil 5: Tasarlanan ofset besleme hatlı açıklık kuplajlı yığın mikroşerit antenin IE3D programı kullanılarak elde edilen kazanç benzetimi.

Şekil 5'te verilen kazanç benzetimi incelendiğinde düşük frekans bandı için en yüksek 8.26 dBi, yüksek frekans bandı için ise en yüksek 9.75 dBi kazanç elde edildiği görülmektedir.

Şekil 6'da verilen 2.6 GHz frekansı için benzetim sonucu elde edilen E ve H-Düzlemlerindeki ışıma desenleri incelendiğinde ortak kutuplama - çapraz kutuplama oranı 8.3 dBi ve ileri ışıma- geri ışıma oranı ise 28.8 dBi civarında

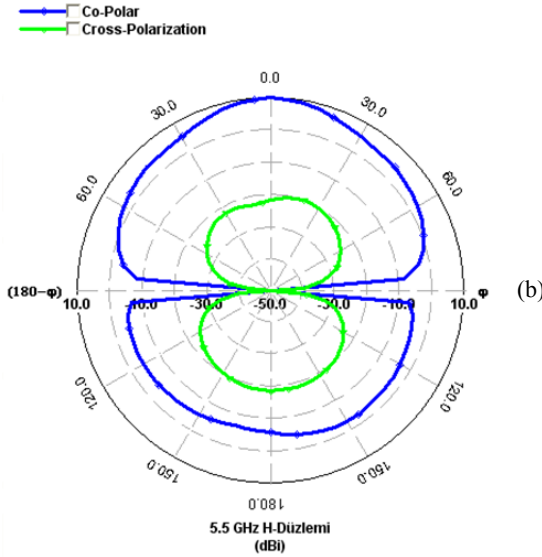
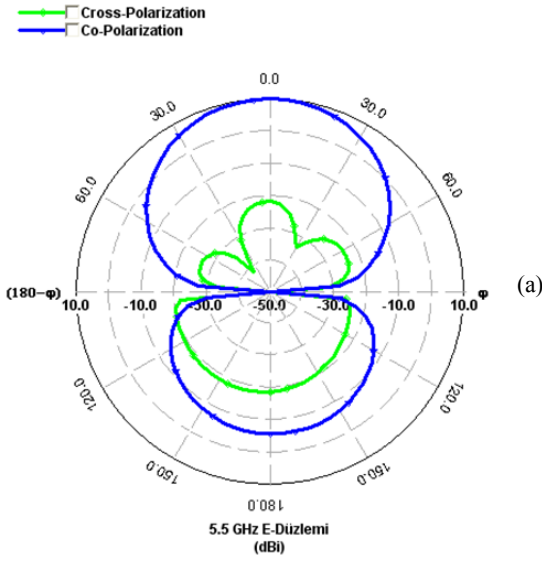
olduğu görülmektedir. Burada ileri - geri ışıma oranı tatmin edici seviyede olmakla birlikte çapraz kutuplama oranı yüksektir.



Şekil 6: Tasarlanan ofset besleme hatlı açıklık kuplajlı yığın mikroşerit antenin 2.6 GHz için (a) E-Düzlemi (b) H-Düzlemi ışıma deseni.

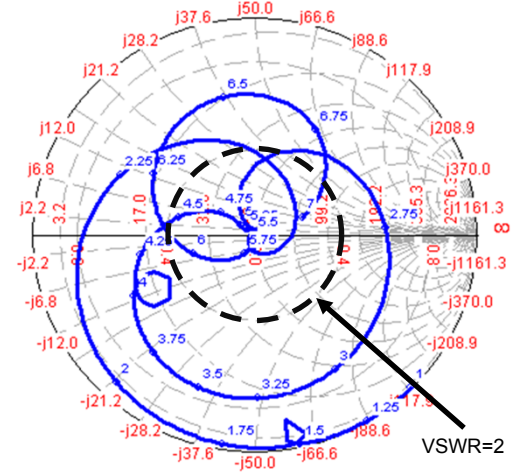
Şekil 7'de verilen 5.5 GHz frekansı için benzetim sonucu elde edilen E ve H-Düzlemlerindeki ışıma desenleri incelendiğinde ortak kutuplama - çapraz kutuplama oranı 32 dBi ve ileri ışıma- geri ışıma oranı ise 15.7 dBi civarında olduğu görülmektedir. Buradaki ileri ışıma - geri ışıma oranının bir miktar yüksek olmasının nedeni açıklığın ışıma yapmasıdır.

Tasarlanan antenin giriş empedansının frekansa bağlı değişimi Smith abağına çizdirilmiş ve Şekil 8'de verilmiştir.



Şekil 7: Tasarlanan ofset besleme hatlı açıklık kuplajlı yığın mikroşerit antenin 5.5 GHz için (a) E-Düzlemi (b) H-Düzlemi ışıma deseni.

Giriş empedans yörüngesinin merkezde alt ve üst frekans bantları için ayrı ayrı döngü oluşturduğu görülmektedir. Bu döngüler merkeze ne kadar yakınsa empedans uyumlandırması o kadar başarılıdır. Ayrıca döngüler ne kadar büyükse bant genişliği de o kadar fazladır. Şekilden de görüldüğü gibi her iki döngü de VSWR=2 çemberinin içerisinde yer almaktadır.



Şekil 8: Tasarlanan ofset besleme hatlı açıklık kuplajlı yığın mikroşerit antenin giriş empedansı.

4. Sonuç

Kablosuz yerel ağ uygulaması için ofset besleme hatlı eğik açıklık kuplajlı yığın mikroşerit anten tasarlanmış, üretilmiş ve ölçüm sonuçları alınmıştır. Tasarlanan anten için benzetim sonucu alt frekans bandında 2.37-2.66 GHz (%11.5) ve üst frekans bandında 4.56-6 GHz (%27.6) bant genişlikleri elde edilmiştir. Ölçüm sonucu ise alt frekans bandında 2.37-2.72 GHz (%13.5) ve üst frekans bandında 4.53-6.5 GHz (%35.7) bant genişlikleri elde edilmiştir. Bu anten için bant genişlikleri gereksinimlerin çok üzerindedir. Üst frekans bandında ışıma deseni simetrik değildir. Bunun nedeni açıklığın simetrik olmamasıdır. Bu anten için düşük frekans bandında en yüksek 8.26 dBi yüksek frekans bandında ise en yüksek 9.75 dBi kazanç elde edilmiştir. Bir mikroşerit anten için beklenen kazanç seviyesinin 5-7 dB olduğu düşünülürse bu anten için elde edilen kazanç seviyeleri oldukça iyidir.

5. Kaynaklar

- [1] Öztürk, F. (2010), "Çift Frekanslı Çift Kutuplamalı Dikdörtgen Mikroşerit Anten Tasarımı Ve Analizi", Yüksek Lisans Tezi (Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- [2] Targonski, S.D., Waterhouse, R.B., Pozar, D.M., "Design of Wide-Band Aperture-Stacked Patch Microstrip Antennas," IEEE Trans. Ant. And Prop., vol. 46, no. 9, 1998, pp. 1245-1251.
- [3] Pozar, D. M., Duffy S. M., "A Dual-Band Circularly Polarized Aperture-Coupled Stacked Microstrip Antenna for Global Positioning Satellite" IEEE Trans. Antenna and Propagation, Vol. AP-45, 1997, pp.1618-1624.
- [4] Croq, F., Pozar, D. M., "Multifrequency Operation of Microstrip Antennas Using Aperture-Coupled Parallel Resonators," IEEE Trans. Antennas and Prop., Vol. AP-40, 1992, pp. 1367-1374.
- [5] Schaubert, D. H., Farrar, F. G., Sindoris, A., and Hayes, S. T., "Microstrip Antennas with Frequency Agility and

Polarization Diversity". IEEE Trans., AP-29, 1981, pp. 118-123.

- [6] Zhao, W., Hu, M., Zhang, Q., "A Novel Dual-Mode and Dual-Frequency Microstrip-Antenna". Synthetic Aperture Radar, 1st Asian and Pacific Conference, 2007, Pages(s): 145-147.
- [7] Wang, B. F., Lo, Y. T., "Microstrip Antennas for Dual-Frequency Operation," IEEE Trans. Antennas and Propagation, Vol. AP-32, 1984, pp. 938-943.
- [8] Lu, J.H., "Single-Feed Dual-Frequency Rectangular Microstrip Antenna With Pair of Step-Slots." Electron. Lett., Vol. 35, 1999, pp. 354-355.
- [9] Yazidi, M. El., Himdi, M. and Daniel, J. P., "Aperture-Coupled Microstrip Antenna for Dual Frequency Operation," Electronics Letters, Vol. 29, No. 17, 1993, pp. 1506-1508.
- [10] Pozar, D. M.: "Microstrip Antenna Aperture Coupled to a Microstrip Line", Electron. Lett., 21, 1985, pp. 49-50.
- [11] Row, J-S., "A Dual-Frequency Dual Polarized Microstrip Antenna Fed by an Inclined Slot", Microwave Opt Technology, Lett 41, 2004, pp. 512-51.