

Dielektrik Resonatör Mikrostrip Bağlaşımalarında Sıcaklık Katsayısı Ölçümleri

Emine Yeşim Yüksel
Dokuz Eylül Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü
Tınaztepe İzmir
E-mail: yesim.yuksel@deu.edu.tr

Özet

Dielektrik resonatörler günümüzde mikrodalga osilatörlerinde, frekans ayırtaçlarında işaret kaynağı olarak geniş kullanım alanı bulmaktadırlar. Dielektrik resonatör kullanarak kısa dönem kararlılığı yüksek işaret kaynakları elde edilebilir. Diğer yandan sistemlerin uzun dönemli kararlılıkları materyal yaşlanması, sıcaklık ve nem gibi diğer bazı faktörlere bağlıdır. Dielektrik resonatörler osilatör frekanslarının kararlılığının artırılmasında önemli rol oynamaktadırlar ve dielektrik resonatör devrelerinin duyarlılığının artırılması osilatör devrelerinin de kararlılıklarını artırmaktadır. Dielektrik resonatörler mikrodalga entegre devrelerinde mikrostrip hatlarla bağlaşıklık olarak kullanıldığında, maliyet ve devrenin fiziksel boyutları açısından önemli ölçülerde azalma sağlamaktadır. Bu nedenlerle de her geçen gün daha fazla kullanım alanı bulmaktadırlar. Bu çalışma dielektrik resonatör mikrostrip bağlaşımlarının sıcaklık kararlılık katsayılarının ölçümlerinin deneysel sonuçlarını ve analitik metodlarla yapılan karşılaştırmalarını içermektedir.

Anahtar Kelimeler

Dielektrik resonatör, Sıcaklık katsayısı

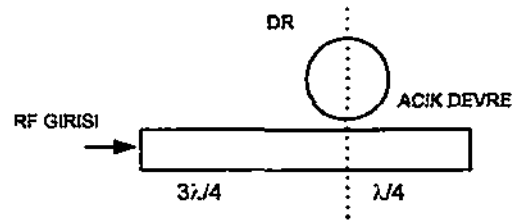
Giriş

Dielektrik resonatörler üzerine yapılan ilk çalışmalar 1930 yılının sonlarında başlamakla beraber pratik alandaki uygulamaları 1960'lı yılları bulmuştur. Son günlerde özellikle mikrodalga filtre ve osilatör devrelerinde dielektrik resonatörler sık kullanılan elementler durumuna gelmiştir. Dielektrik resonatör ve mikrostrip kombinasyonu teknolojisi özellikle osilatör ve frekans ayırtaç devrelerinin kararlılığının artırılmasında geniş uygulama alanları bulmaktadır. Seramik malzemelerin üretimindeki gelişmeler sayesinde günümüzde mikrodalga frekanslarında çalışan rezonans frekans sıcaklık katsayısı kontrol edilebilen, düşük dielektrik kayıplı dielektrik resonatörler bulmak mümkün olmaktadır. Kullanım alanına göre dielektrik resonatörlerin malzeme özelliklerinin özellikle de rezonans

frekansının sıcaklıkla değişiminin bilinmesi gereklidir. Dielektrik resonatörlerin dielektrik sabiti, fiziksel boyutları ve dolaylı olarak rezonans frekansları sıcaklık değişimi ile artış veya azalış gösterir. Dielektrik resonatör üreticileri genellikle dielektrik malzemenin genleşme katsayısı α ve rezonans frekansı sıcaklık katsayısının (τ_f) değerini izole edilmiş dielektrik resonatörler için verirler. Bununla beraber dielektrik resonatörler pratik uygulamalarda genelde mikrostrip hatlarla bağlaşıklık şeklinde kullanılırlar. Bu sebeple rezonans frekansı sıcaklık katsayısının kullanıcı tarafından ölçülmesi gereklidir.

Deney Düzenegi

Rezonans frekansı sıcaklık katsayısı ölçümleri için Şekil 1'de gösterilen dielektrik resonatör, mikrostrip bağlaşıklık kullanıldı. Mikrostrip hat altyapı malzemesi olarak Duroid RT5880 ve dielektrik resonatör olarak da Trans-Tech firması tarafından üretilen silindirik tipte Tablo 1'de gösterilen üç farklı dielektrik resonatör kullanıldı. Bu dielektrik resonatörlerin herbirinin rezonans



Şekil 1. Test devresi

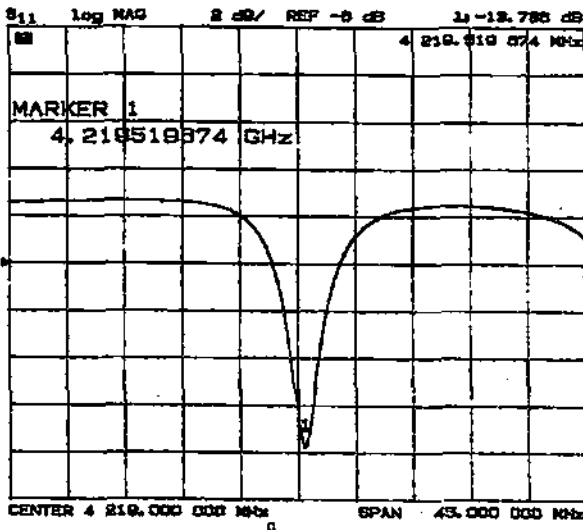
frekansları 4 GHz civarında olup, buna karşın farklı rezonans frekansı sıcaklık katsayılarına sahiptirler. Dielektrik resonatörlerin bu şekilde seçilmelerinin nedeni kurulan test devresinde dielektrik resonatörün bütün rezonans sistemi frekans kararlılığına olan etkilerini gözlemlemektir. Kullanılan resonatörlerin genleşme katsayıları üretici firma tarafından verilmiştir ve bu katsayı ilk iki resonatör için 6.5 ppm/°C ve üçüncü tip dielektrik resonatör için 10 ppm/°C olarak verilmiştir.

Tablo 1.

Ölçümlerde kullanılan dielectric resonatörler

DR Tipi	Üreticinin tanımladığı τ_{fres} (ppm/°C)	Dielektrik sabiti	Çap (mm)	Kalınlık (mm)
DR1	+9.30	36.93	12.82	7.03
DR2	-4.10	36.26	13.84	6.22
DR3	-0.50	36.03	13.84	6.22

Hazırlanan devre 0-60°C arasında test edildi. Oda sıcaklığı 60°C arası ölçümler için devre bir fırına yerleştirildi. Oda sıcaklığı altındaki ölçümler için de katıhal diot dizilerinden oluşan bir termoelektrik bir soğutucu kullanıldı. Resonans frekansı yansıma katsayısı ($|S_{11}|$) büyüklüğü gözlemlenerek ölçüldü. $|S_{11}|$ deki sıcaklık değişimini takip eden frekans kaymaları kayıt edildi. Şekil 2 HP Network Analyzer kullanılarak, oda sıcaklığındaki yansıma katsayısı ölçümünü göstermektedir.



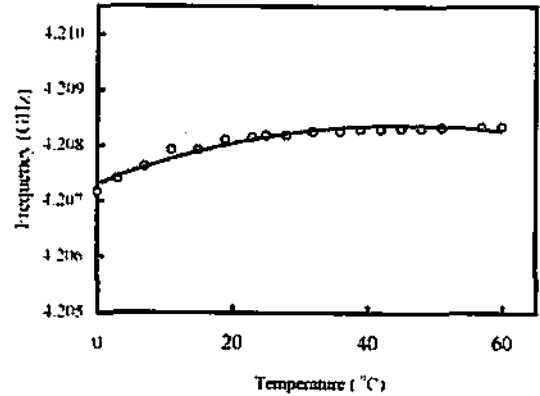
Şekil 2. DR1 için $|S_{11}|$ ölçümü

Test edilen devrelerde ilk olarak oda sıcaklığında sistemin resonans frekansı (f_0) daha sonra her 4°C sıcaklık aralıkları ile 0-60°C arasında resonans frekansı sapmaları gözlemlendi. Elde edilen sonuçlar eşitlik (1) kullanılarak resonans frekansı sıcaklık katsayısı (τ_f) ppm/°C (part per million per centigrade degree) hesaplandı.

$$\tau_f = \frac{\Delta f(\text{MHz})}{f_0(\text{MHz}) \Delta T} \quad (1)$$

Bulunan sonuçlar Tablo 2'nin ilk kolonunda gösterilmiştir. Herbir dielektrik resonatör için aynı

ölçümler tekrar edildi. Şekil 3'de DR1 için deneysel olarak elde edilen sonuçların grafik gösterimi sunulmuştur.



Şekil 3 DR1. Mikrostrip bağlaşımda resonans frekansının sıcaklıkla değişimi

Karşılaştırmalar

Dielektrik mikrostrip bağlaşımlarından oluşan resonant sistemlerinde resonans frekansının sıcaklıkla yaptığı salınımlar bu sistemi oluşturan dielektrik resonatör, alt yapı malzemesi gibi değişik kısımların fiziksel ve materyal parametrelerinin sıcaklıkla değişiminin toplam bir sonucu olarak düşünülebilir. Ölçüm sonuçlarının teorik verilerle uyumluluğunu karşılaştırmak için Higashi ve Makino [7] tarafından geliştirilen eşitlik 2'de gösterilen analitik formül kullanıldı. Bu eşitlik dielektrik resonatör, bir dielektrik alt yapı malzemesi üzerine konduğu zaman resonans frekansı sıcaklık katsayısının ölçümüne yarar.

$$\tau_f = C_D \alpha_D + C_L \alpha_L + C_{h1} \alpha_{h1} + C_{h2} \alpha_{h2} + C_{\epsilon_1} \tau_{\epsilon_1} + C_{\epsilon_2} \tau_{\epsilon_2} + C_{\epsilon_r} \tau_{\epsilon_r} \quad (2)$$

Eşitlikteki τ_{ϵ_r} resonatörün dielektrik sabitinin sıcaklık katsayısıdır. Dielektrik resonatörün genişleme katsayısı α_D ve α_L olarak gösterilmiştir. α_{h1} , τ_{ϵ_2} alt yapı malzemesinin sırasıyla genişleme ve dielektrik sabiti sıcaklık katsayısıdır. Alt indeksleri 1 olan parametreler de dielektrik resonatörle metal kutu arasında kalan hava dolu bölgeye ait katsayılarıdır. C harfi ile gösterilen katsayılar resonans sistemini fiziksel ve materyal özellikleri kullanılarak test ettiğimiz üç düzenek için ayrı ayrı hesaplanmış ve üretici firmaların göndermiş olduğu katalog değerler kullanılarak resonans frekansının sıcaklık katsayıları analitik olarak da hesaplanmıştır. Deneysel ölçüm sonuçları ve

analitik sonuçlar Tablo 2'de gösterilmiştir. Bu tablodan da görülebileceği gibi veriler arasındaki fark %2.2'den az olup, sonuçlar uyumludur.

Tablo 2.
Deneyisel ve Analitik Sonuç Karşılaştırmaları

DR Tipi	Deneyisel τ_{SYS} (ppm/°C)	Analitik τ_{SYS} sonuçları (ppm/°C)
D8517	+0.00079	-0.188
D8516	-11.55	-12.449
D8371	-10.72	-9.14

Sonuç ve Öneriler

Deneyisel ölçüm sonuçları ve analitik hesaplamalardan görülen şudur ki; dielektrik rezonatör, mikrostrip bağlaşımlarından oluşan rezonans sistemlerinde rezonans frekansı kararlılığı büyük ölçüde dielektrik rezonatör rezonans frekansı kararlılığına bağlıdır. Bununla beraber altyapı malzemesinin materyal ve fiziksel özellikleri de kararlılığı etkileyen parametrelerdir. Dielektrik rezonatör, mikrostrip bağlaşımı mikrodalga devrelerinde kararlılığı artırıcı elemanlar olarak kullanılırken bu ayrıntılar gözönünde bulundurulmalıdır. Pratik uygulamalarda dielektrik rezonatör seçilirken üreticinin sağlamış olduğu katalog değerinin izole edilmiş dielektrik rezonatör için geçerli olduğu gözönünde bulundurulmalıdır. Aynı rezonatörün mikrostrip bağlaşımlarında rezonans frekansı kararlılığının değişeceği bilinerek amaca uygun rezonatör seçimi yapılmalıdır.

Kaynaklar

- [1] R.V. Pound, "Electronic frequency stabilization of microwave oscillators", *The Review of Scientific Instruments*, Vol. 17, No. 11, pp. 491-505, November 1946.
- [2] W.W. Hansen, "Ultra high frequency discriminator and apparatus," *U.S. Patent* 2,402,456, April 4, 1950.
- [3] B. Glance and W. W. Snell, "A discriminator stabilized microstrip oscillator," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.* pp. 648-650, October 1976.
- [4] M. J. Bianchini, J. B. Cole, R. DiBiase, Z. Galani, R. W. Laton, and R. C. Waterman, "A single resonator GaAs FET oscillator with noise degeneration," *IEEE MTT-S Digest*, pp. 270-273, June 1984.

- [5] C. Tsironis, and V. Pauker, "Temperature stabilization of GaAs MESFET oscillators using dielectric resonators," *IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques*, Vol. MTT-31, No. 3, pp. 312-314, March 1983.
- [6] T. Otake, Y. Komatsu, and Y. Murakami, "A low-drift oscillator stabilized by a highly sensitive discriminator," *Sony Research Center, Hodogaya-ku, Yokohama, Japan*, pp. 319-324, 1983.
- [7] T. Higashi, and T. Makino, "Resonant frequency stability of the dielectric resonator on a dielectric substrate," *IEEE Trans. Microwave Theory and Techniques*, Vol. MTT-29, pp. 1048-1052, October 1981.
- [8] E. Yuksel, "Temperature compensation for frequency discriminators based on dielectric resonators," Ph.D. Dissertation, Illinois Institute of Technology, December 1999.
- [9] A. P. Mourachkine, and A. R. Barel, "Temperature dependence of the principal properties of dielectric resonators," *Microwave Journal*, pp. 220-223, April 1995.