

İZOTROPİK OLMAYAN DAİRESEL HALKA MİKROŞERİT YAPILARIN İNCELENMESİ İÇİN BİRLEŞTİRİLMİŞ MODEL YAKLAŞIMI

Çiğdem Seçkin Gürel ve Erdem Yazgan
Hacettepe Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
Beytepe-Ankara
cigdem@hacettepe.edu.tr yazgan@hacettepe.edu.tr

Özet: Katman permittivitesi yöne bağımlı dairesel halka mikroşerit yapı tam dalga analizi ile incelenerek eşdeğer bir başka yapı ile modellenmiştir. Eşdeğer modelin yönden bağımsız permittivite değeri tam dalga analizinin verileriyle kavite modeli birleştirilerek hesaplanmıştır. Eşdeğer modelde yön bağımlılık ve modal etkilerin içerilmiş olması kavite modelinin basit formülleriyle incelemenin sürdürülmesine imkan sağlamaktadır.

1. Giriş

Mikroşerit yapılarda katman olarak kullanılan dielektrikler genellikle elektriksel olarak izotropik olup permittiviteyi yönden bağımsız bir skalerdir. Ancak bazılarının özellikleri yöne bağımlıdır ve permittiviteyi yönel değişimlerini gösteren bir matrisle ifade edilir. Bozulmuş izotropi üretim sırasında yapay olarak sağlanabileceği gibi dielektrik malzemenin doğal kristal yapısıyla da ilgili olabilmektedir. Tasarımlarda izotropik olmayan malzeme izotropik varsayıldığında beklenenden hatalı sonuçlar ortaya çıkar. Bununla birlikte bazı yüksek frekanslı entegre devre ve anten uygulamalarında bu tip malzemelerin kullanılmasıyla yapıların çalışma özelliklerinin iyileştirilmesi sözkonusu olabilmektedir [1].

İzotropik olmayan mikroşerit yapıların analizi daha ziyade kavite ve tam dalga analizleriyle gerçekleştirilmektedir. Bunlardan kavite modeli basit ve kapalı formda formülleriyle yaklaşık bir çözüm sağlarken tam dalga analizi en az yaklaşımla sonuca ulaşan ancak fazla işlem ve işlem zamanı gerektiren bir yöntemdir [1]-[3]. Bu çalışmada altkatman dielektriği izotropik olmayan, dairesel halka parça şekilli mikroşerit yapı (Şekil-1) ele alınmış ve modellenmesi için kavite ve tam dalga analizlerinin birleştirilmesi önerilmiştir. Buna göre yapının incelenmesi ve ana çalışma özelliklerinin yöne bağlı permittivite durumunda basitleştirilerek elde edilebilmesi için tam dalga analizi ile elde edilen sonuçlarla yapı yönden bağımsız özellikte bir başka yapıyla modellenmiştir. Önerilen birleştirilmiş model yaklaşımıyla tam dalga analizinin güvenilirliği ile elde edilen veriler kavite modeline başlangıç oluşturmakta, böylece, elde edilen eşdeğer izotropik yapıya çok daha basit bir yöntem olan kavite metodu uygulanabilmekte ve orijinal yapının davranışı yorumlanabilmektedir.

2. Formülasyon

Şekil 1'de verilen mikroşerit yapının yöne bağımlı permittivite matrisi aşağıdaki gibi seçilmiştir:

$$[\varepsilon] = \begin{bmatrix} \varepsilon_x & 0 & 0 \\ 0 & \varepsilon_y & 0 \\ 0 & 0 & \varepsilon_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \varepsilon_1 & 0 & 0 \\ 0 & \varepsilon_1 & 0 \\ 0 & 0 & \varepsilon_2 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Orijinal yapının spektral uzayda tam dalga analizinin gerçekleştirilmesi ile iletken parça üzerindeki akım dağılımı ile parça yüzeyindeki teğet elektrik alan bileşenlerinin Hankel dönüşümleri arasındaki ilişki matris formunda elde edilebilir:

$$\begin{bmatrix} \tilde{I}_{(+)}(\alpha) \\ \tilde{I}_{(-)}(\alpha) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{(++)}(\alpha, \omega) & Y_{(+-)}(\alpha, \omega) \\ Y_{(+)}(\alpha, \omega) & Y_{(--)}(\alpha, \omega) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \tilde{E}_{(+)}(\alpha) \\ \tilde{E}_{(-)}(\alpha) \end{bmatrix} \quad (2)$$

burada $\tilde{I}_{(\pm)}(\alpha)$ ve $\tilde{E}_{(\pm)}(\alpha)$, $I_{\pm}(r) = I_r(r) \pm jI_{\phi}(r)$ ve $E_{\pm}(r) = E_r(r) \pm jE_{\phi}(r)$ formunda düzenlenmiş olan ve iletken parça üzerindeki akım dağılımı ile parça yüzeyindeki teğet elektrik alan bileşenlerinin Hankel dönüşümlerini ifade etmektedir [1], [2]. Y matrisi ise yapının admittans formunda Green işlevlerini göstermektedir. Matris elemanlarının hesabı için Hertz vektörlerine dayanan formülasyon yapılabilir. Bu amaçla yönbağımlı yapının TE ve TM modları için ayrıştırılmış Hertz vektörleri

$$\bar{\Pi}_e = \Pi_e \hat{a}_z \quad (3)$$

$$\bar{\Pi}_h = \Pi_h \hat{a}_z \quad (4)$$

olarak alındığında bu vektörlerin sağlayacakları dalga denklemleri

$$\nabla^2 \Pi_h + \omega^2 \mu_o \epsilon_o \epsilon_2 \Pi_h = 0 \quad (5)$$

$$\nabla^2 \Pi_e + \omega^2 \mu_o \epsilon_o \epsilon_1 \Pi_e + \frac{(\epsilon_1 - \epsilon_2)}{\epsilon_2} \frac{\partial^2 \Pi_e}{\partial z^2} = 0 \quad (6)$$

Eş.(3-6) kullanılarak yapıda oluşan alan ifadeleri yazılabilir. Bu ifadelere sınır şartlarının uygulanmasıyla Green işlevleri elde edilebilir

$$Y_{++}(\alpha) = Y_{--}(\alpha) = -\frac{\gamma_{ho}}{2\omega\mu_o} - \frac{\omega\epsilon_o}{2\gamma_{eo}} + \frac{j\gamma_{hl}}{2\omega\mu_o} \cot \gamma_{hl} d_1 + \frac{j\omega\epsilon_o\epsilon_{r2}}{2\gamma_{el}} \cot \gamma_{el} d_1 \quad (7)$$

$$Y_{+-}(\alpha) = Y_{-+}(\alpha) = -\frac{\gamma_{ho}}{2\omega\mu_o} + \frac{\omega\epsilon_o}{2\gamma_{eo}} + \frac{j\gamma_{hl}}{2\omega\mu_o} \cot \gamma_{hl} d_1 - \frac{j\omega\epsilon_o\epsilon_{r2}}{2\gamma_{el}} \cot \gamma_{el} d_1 \quad (8)$$

Eş. (7) ve (8)'de γ_{ho} , γ_{hl} ve γ_{eo} , γ_{el} sırasıyla, TE ve TM modlarına ait olan ve hava ve dielektrik katman bölgeleri için elde edilen yayılma sabitleridir.

Moment metodu kullanılarak oluşturulan matris eşitliğinin özdeğerini temsil eden kompleks frekans değeri ω elde edilebilir [2]

$$\omega = 2\pi(f_r + jf_i) \quad (9)$$

Burada reel f_r değeri yapının rezonans frekansını, sanal f_i değeri ise yayılım kayıplarını temsil etmektedir. Analiz sonunda elde edilen rezonans frekansı değeri kalınlık, permittivitede yöne bağımlılık ve modal etkilerin tamamını doğrudan içermiş olmaktadır. Bu değerın kavite modeliyle sağlanan rezonans frekansı ifadesinde başlangıç değeri seçilmesiyle eşdeğer permittivite değeri hesaplanabilir

$$\epsilon_e = \left(\frac{K_{nm}c}{2\pi a f_{r,nm}} \right)^2 \quad (10)$$

burada K_{nm} dairesel halka mikroşerit yapıya ait mod katsayısını, c ışık hızını ve a parçanın iç yarıçapını göstermektedir. Böylece eşdeğer permittivite değeri de rezonans frekansında olduğu gibi yapısal ve modal etkileri içerecek şekilde elde edilmiş olmaktadır.

3. Sonuçlar

Dairesel halka parça şekilli ve katman permittivitesi yöne bağimli mikroserit yapının eşdeğer yönden bağımsız permittivite değerini elde edebilmek üzere farklı kalınlık ve yönbağımlılık değerleri için inceleme yapılmıŐtır. Bu amaçla yapıdaki ynbağımlılığın bir ls olmak üzere bir yönbağımlılık oranı (YO) tanımlanmıŐtır

$$YO = \sqrt{\epsilon_1 / \epsilon_2} \quad (11)$$

Burada ϵ_1 , yatay eksenlerdeki permittivite değerini ϵ_2 ise düŐey (optik) eksenlerdeki permittivite değerini ifade etmektedir. Ynbağımlılık oranının birden büyük olması durumu pozitif, küçük olması durumu ise negatif yönbağımlılık olarak adlandırılmaktadır. Şekil 2'de düŐey eksen relatif permittivitesi $\epsilon_{r2}=4.6$ alındığında, eşdeğer permittivitenin katman malzemesindeki ynbağımlılıkla değişimi verilmiŐtir. Bu durumda yönbağımlılık oranı yatay eksen permittivitesi deėiŐtirilerek ayarlanmıŐtır. Yapının çalıŐtırıldıėı mod olarak ise TM_{11} modu seçilmiştir. Őekilden eşdeğer permittivitenin artan pozitif yönbağımlılık durumunda yönden bağımsız duruma göre ($YO=1$) daha büyük bir değere sahip olduğu, negatif yönbağımlılık durumunda ise daha küçük değerde olduğu gözlenmektedir. Bu durum yönbağımlılık oranının ayarlanması için sırasıyla, artırılan ve azaltılan yatay eksen permittivitesinin eşdeğer permittiviteye yansımaları ile açıklanabilir.

Şekil 3'te ise yapının kalınlığı artırılarak benzer bir inceleme yapılmıŐtır. Bu durumda artan kalınlık nedeniyle ayarlama kullanılan permittivite değerinin etkisinin belirginleŐmesi sonucu pozitif yönbağımlılık durumunda daha büyük, negatif yönbağımlılık durumunda ise daha küçük eşdeğer permittivite değerleri hesaplanmıştır. İnceleme sonucunda elde edilen permittivite eğrilerinde yönbağımlılık, yapısal parametreler ve mod indekslerinden kaynaklanan etkilerin doğrudan içerilmiş olması ile orijinal yapının davranışı üzerinde yorum yapılabilmesi ve çalışma özelliklerinin elde edilmesi mümkün olmaktadır.

4. Yorumlar

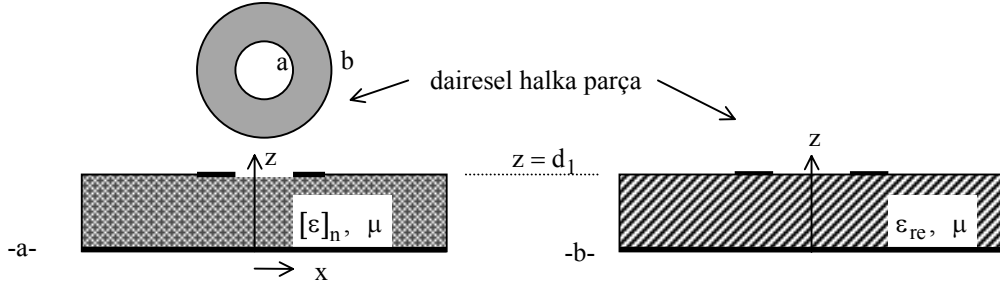
Bu çalışmada basit kavite modeli tam dalga analizinin sonuçları ile birleştirilerek katman permittivitesi yönbağımlı bir yapı yönden bağımsız olarak modellenmiştir. Elde edilen model orijinal yapının yönbağımlılık nedeniyle ortaya çıkacak farklı çalışma özelliklerinin kestirilmesinde kolaylık getirmektedir. EŞdeğer model için hesaplanan yönden bağımsız permittivite değerinin kalınlık, parça ebadı, yönbağımlılık ve modlardan kaynaklanan etkileri içermiş olmasıyla analiz kavite modeliyle sürdürülmesi hesaplamaları azaltmakta ve güvenilirliğini artırmaktadır. İzlenen yaklaŐım, literatürde yapay sinir ağlarının kullanılması ile sağlanan çözümlere alternatif olarak verilebilir.

TeŐekkür

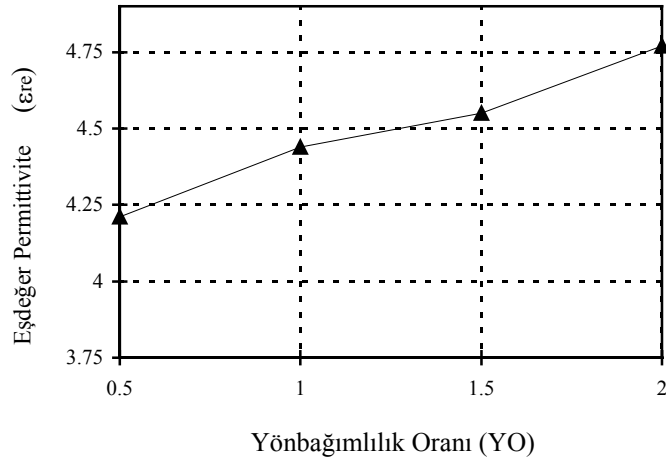
Bu alıŐma DPT tarafından 98K 121710 nolu proje altında desteklenmiŐtir.

Kaynaklar

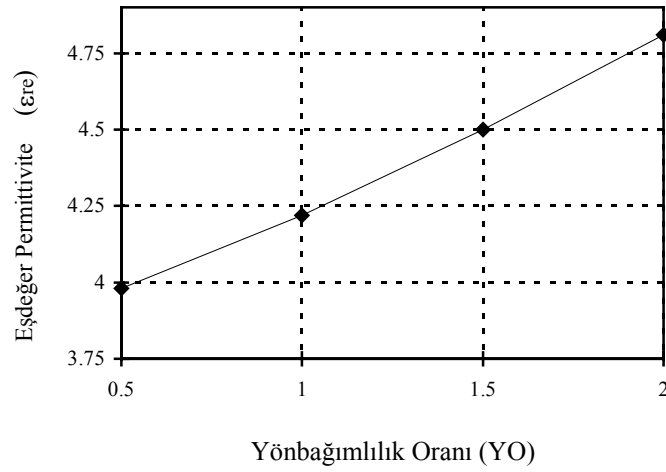
- [1] V. Losada, R. R. Boix, ve M. Horno, "Full wave analysis of circular microstrip resonators in multilayered media containing uniaxial anisotropic dielectrics, magnetized ferrites, and chiral materials," IEEE Trans. Microwave Theory Tech., MTT-48, ss. 1057-1064, June 2000.
- [2] Z. Fan ve K. F. Lee, "Hankel transform domain analysis of dual frequency stacked circular disk and annular ring microstrip antennas," IEEE Trans. Antennas Propagat., AP-39, ss. 867-870, June 1991.
- [3] J. G. Tagle ve C. G. Christodoulou, "Extended cavity model analysis of stacked microstrip ring antennas," IEEE Trans. Antennas Propagat., v-45, ss. 1626-1635, November 1997.



Şekil 1 a-) Dairesel halka parça şeklinli, katman permittivitesi yöne bağımlı mikroşerit yapı
b-) Orijinal yapının yönden bağımsız eşdeğer modeli.



Şekil 2. Eşdeğer permittivitenin yönbağımlılık oranı ile değişimi, $\epsilon_{r2} = 4.6$, $d_1 / a = 0.16$.



Şekil 3. Eşdeğer permittivitenin yönbağımlılık oranı ile değişimi, $\epsilon_{r2} = 4.6$, $d_1 / a = 0.24$.