

YAY ÖLÇÜM SİSTEMİNDE MALZEMELERİN FREKANSA BAĞLI DİELEKTRİK VE MANYETİK GEÇİRGENLİK DEĞERLERİNİN KESTİRİLMESİ

İlhami ÜNAL*

TÜBİTAK MAM
Malzeme Enstitüsü,
Milimetre Dalga ve Terahertz
Teknolojileri
Araştırma Lab. (MİLTAL).
ilhami.unal@tubitak.gov.tr

Aysun SAYINTI

TÜBİTAK MAM
Malzeme Enstitüsü,
Milimetre Dalga ve Terahertz
Teknolojileri
Araştırma Lab. (MİLTAL).
aysun.sayinti@tubitak.gov.tr

Bahattin TÜRETKEN

TÜBİTAK MAM
Malzeme Enstitüsü,
Milimetre Dalga ve Terahertz
Teknolojileri
Araştırma Lab. (MİLTAL),
TÜBİTAK-BİLGEM.
bahattin.turetken@tubitak.gov.tr

Geliş Tarihi: 30 Mayıs 2014, Kabul Tarihi: 30 Haziran 2014

ÖZET

Bu çalışmada, elektromanyetik yöntemle malzeme karakterizasyonu için kullanılan yay (arch) ölçüm sisteminin 8-12 GHz frekans bandındaki ölçüm kabiliyetleri sunulmaktadır. MİLTAL laboratuvarı bünyesinde kurulmuş olan yay sisteminde, elektromanyetik dalganın polarizasyonuna ve geliş açısına bağlı malzemenin yansıma ölçümleri yapılmıştır. Bu ölçümlerden elde edilen genlik ve faz değerleri ile birlikte geliştirilen özgün bir algoritma kullanılarak polietilenin dielektrik ve manyetik geçirgenlik katsayıları hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar, dalga kılavuzu ölçüm sistemindeki TRL metodu ölçüm sonuçları ile karşılaştırılacaktır. Ayrıca bu çalışma malzemelerin açılı yansıma ölçümlerine de bir örnek teşkil edecektir. Uçak, füze, helikopter gibi hava platformlarının kaplandığı geniş bir frekans bandı ve geliş açısı aralığında soğurma yapabilen radar absorblayıcı malzemelerin (RAM) elektromanyetik karakterizasyonu ölçümlerinin yapılabilirliği ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Malzeme Karakterizasyonu, Elektromanyetik, Dielektrik Geçirgenlik, Manyetik Geçirgenlik, Radar Absorblayıcı Malzeme.

DETERMINATION OF DIELECTRIC PERMITTIVITY AND MAGNETIC PERMEABILITY OF MATERIALS BY MEASURING REFLECTION COEFFICIENT WITH ARCH TECHNIQUE

ABSTRACT

In this study, measurement capabilities of the arch technique on electromagnetic material characterization are presented for 8-12 GHz frequency band. Measurements of reflection coefficient are achieved with respect to polarization and incidence angle of incoming electromagnetic wave by using arch measurement system, which is already installed at MİLTAL. Dielectric permittivity and magnetic permeability of polyethylene are determined by using developed extraction algorithm with the aid of measured amplitude and phase of reflection coefficients. Obtained results will be compared to those obtained by using TRL method in waveguide measurement system. This study will also be a good example for measurement of reflection coefficient with respect to incidence angle. It has been stated that it is feasible to make electromagnetic material characterization measurements of radar absorbing material (RAM), which is used by naval platforms such as aircrafts, missiles, helicopters, etc. and also absorbs electromagnetic waves in a wide frequency band and incidence angle.

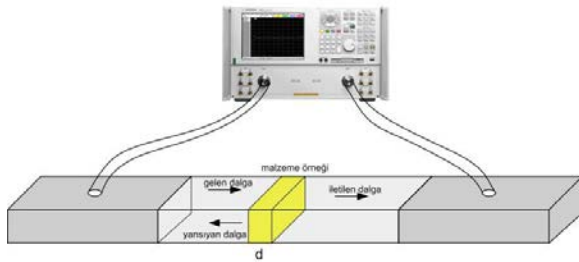
Keywords: Material Characterization, Electromagnetics, Dielectric Permittivity, Magnetic Permeability, Radar Absorbing Material.

* Sorumlu Yazar

1. GİRİŞ

Günümüzde, malzemelerin kompleks dielektrik ve manyetik geçirgenlik katsayılarının ölçülmesi için dalga kılavuzu [1] ve serbest alan ölçüm sistemleri [2,3] ile sadece kompleks dielektrik geçirgenliğin ölçüldüğü ucu açık koaksiyel prob kitler [4] kullanılmaktadır. Yay ölçüm sistemleri ile ise genel olarak malzemelerin yansıma katsayıları ölçülmekle birlikte, elektromanyetik malzeme karakterizasyonunda kullanımı için çalışmalar devam etmektedir [5,6].

Dalga kılavuzu yöntemi, dalga kılavuzu kesitinde boyutlandırılmış dikdörtgenler prizması şeklindeki malzemenin, kullanılan dalga kılavuzunun frekans aralığındaki dielektrik ve manyetik özelliklerinin tespit edilmesi için kullanışlı bir tekniktir [7]. Ölçüm düzeneğinde bir anten verici olarak çalışırken, diğer anten malzemenin karşısına iletilen elektromanyetik dalgayı algılamakta, birinci anten ile yansıyan dalga da algılanır (Şekil 1).

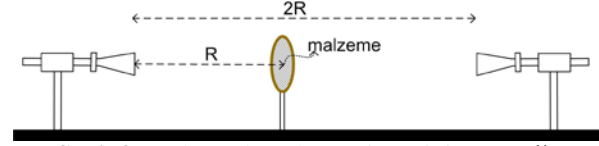


Şekil 1. Dalga kılavuzu ölçüm sisteminin şematik gösterimi.

Dalga kılavuzları içerisine yerleştirilecek olan malzemeler dikdörtgenler prizması şeklinde olmaktadır ve taranacak frekans bandına göre seçilen dalga kılavuzu standardının kesitine girecek şekilde boyutlandırılmaktadır. Ölçülen S_{11} ve/veya S_{21} verileri NRW, NIST, vb. algoritmalar aracılığı ile işlenerek dielektrik ve manyetik geçirgenlik değerleri kestirilmektedir.

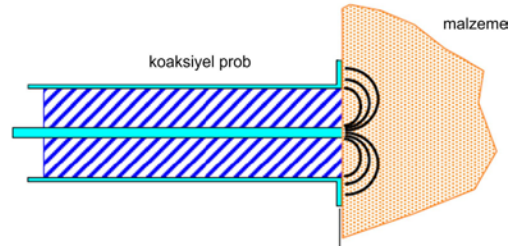
Serbest alan ölçüm metodunda ise, malzeme iki anten arasına yerleştirilmektedir (Şekil 2). Geniş düz katı malzemeler için en iyi şekilde çalışırken, toz malzemeler bir karışımında içinde ölçülebilmektedir. Aynı zamanda dokunmadan tahribatsız ölçüme imkan sağlamaktadır. Ölçüm düzeneğinde bir anten verici olarak çalışırken, diğer ikinci anten malzemenin karşısına iletilen elektromanyetik dalgayı algılamakta, birinci anten ile yansıyan dalga da algılanır. Test edilen malzeme örneği ise uzak alan bölgesinde bulunmaktadır. Antenler, yatay veya dikey polarizasyonda çalıştırılabilmektedir. Malzeme tutucunun ve malzemenin çapı çalışılacak frekans bandına göre değişmektedir. Ölçülen malzemelerin kalınlığı ise $\lambda/4$ 'den küçük olmalıdır. Ölçülen S_{11} ve/veya S_{21} verileri NRW, NIST, vb. algoritmalar

aracılığı ile işlenerek dielektrik ve manyetik geçirgenlik değerleri kestirilmektedir [7].



Şekil 2. Serbest alan ölçüm sisteminin şematik gösterimi.

Dielektrik prob kit ile sıvıların, tozların ve katıların kompleks dielektrik geçirgenlik katsayıları ölçülebilmektedir. Ucu açık koaksiyel prob, sıvı içerisine yerleştirilerek, toz veya katı malzemelerin ise yüzeyine temas ettirilerek; prob ucundaki saçaklanan elektromanyetik alanların değişimi network analizörü ile ölçülmektedir (Şekil 3). Ölçülen S_{11} verileri ile kompleks dielektrik geçirgenlik katsayıları kestirilmektedir.

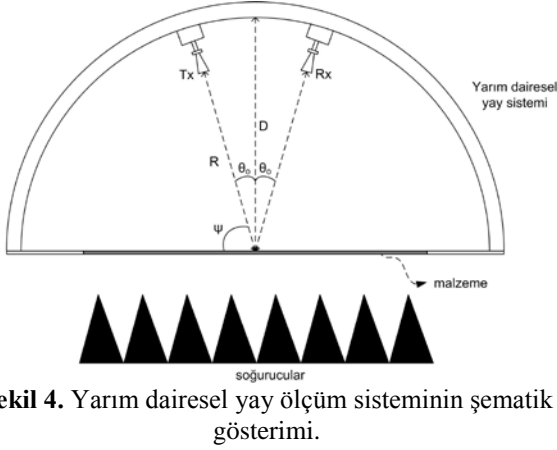


Şekil 3. Dielektrik prob kit ölçüm sisteminin şematik gösterimi [4].

Yay yöntemi, düz bir parça malzemenin hem açığa hem de polarizasyona bağlı yansıma karakteristiklerinin test edilmesi için oldukça kullanışlı bir tekniktir. Ölçüm düzeneğinde bir anten verici olarak çalışırken, diğer ikinci anten malzemenin yansıyan elektromanyetik dalgayı algılar. Test edilen malzeme örneği ise uzak alan bölgesinde bulunmaktadır. Antenler, yatay veya dikey polarizasyonda çalıştırılabilmektedir. İnce tabakalar ve/veya ince tekstil ürünleri test edilebilmektedir. Şekil 4'deki ölçüm düzeneğinde, öncelikle metal plakadan yansıma ölçülür, sonra malzemenin yansıma ölçülür ve yazılım aracılığı ile malzemenin yansımasının metalin yansımasına oranı yansıma katsayısını verir. Bu ölçüm sistemindeki en önemli parametreler, verici ve alıcı antenler arasındaki (yansımayla birlikte) mesafe, örnek malzeme boyutu, örnek malzemenin uygun bir şekilde aydınlatılmasıdır. Bunların dışında, malzemenin köşelerinden olası difraksiyon etkileri, antenler arası kuplaj etkileri, çevreden gelen yansımalar ve malzeme kalınlığından dolayı efektif yansıma yüzeyinin metal plakaya göre yukarıda kalması gibi etkiler ölçüm sonuçlarını olumsuz yönde etkileyebilmektedir [7].

Yukarıda bahsedilen elektromanyetik karakterizasyon ölçüm sistemleri TÜBİTAK MAM Malzeme Enstitüsü, Milimetre Dalga ve Terahertz Teknolojileri Araştırma Laboratuvarları (MİLTAL) bünyesinde ak-

Yay Ölçüm Sisteminde Malzemelerin Frekansa Bağlı Dielektrik ve Manyetik Geçirgenlik Değerlerinin Kestirilmesi



Şekil 4. Yarım dairesel yay ölçüm sisteminin şematik gösterimi.

tif olarak kullanılmakla birlikte, bu çalışmada sadece yansıma ölçümlerinde kullanılan yay ölçüm metodu kullanılarak, malzemelerin kompleks dielektrik ve manyetik geçirgenliklerinin tespit edilmesi için teorik yansıma bağıntıları ve Newton iterasyon yöntemleri kullanılmıştır. Örnek olarak polietilenin elektromanyetik özellikleri yay yöntemi ile ölçülmüştür ve sonuçlar dalga kılavuzu ölçüm sisteminde elde edilen ölçüm sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

2. YÖNTEM

Dielektrik geçirgenlik sabiti ϵ , elektromanyetik dalganın elektrik alan bileşeninin malzeme ile etkileşiminin bir ölçüsüdür. Bir başka deyişle, malzeme yapısındaki mikroskopik dipollerin gelen elektrik alan ile ne kadar iyi (veya kötü) aynı yönde polarize dizildiğinin bir göstergesidir. Manyetik geçirgenlik sabiti μ , elektromanyetik dalganın manyetik alan bileşeninin malzeme ile etkileşiminin bir ölçüsüdür [6]. Elektromanyetik dalganın yayıldığı ortamda kaynak ya da serbest yük dağılımı olmadığı ve ortam parametrelerinin (ϵ, μ, σ_s) en genelde frekansa göre dispersif olduğu kabul edilmiştir ve burada dielektrik geçirgenlik sabiti $\epsilon = \epsilon' - j\epsilon''$ ve manyetik geçirgenlik sabiti $\mu = \mu' - j\mu''$ olarak tanımlıdır [7-12]. Göreceli geçirgenlik (ϵ_r) ve μ_r aynı zamanda gerçek ve sanal olarak iki bileşen halinde sırasıyla, ($\epsilon_r = \epsilon'_r - j\epsilon''_r$) ve ($\mu_r = \mu'_r - j\mu''_r$) şeklinde yazılabilir. Bu çalışmada elektromanyetik özellikleri incelenecek olan polietilenin statik iletkenliği $\sigma_s = 0$ alınmıştır.

Yay ölçüm sistemi ile ölçülecek olan malzemenin polarizasyona, açığa ve frekansa bağlı yansıma değerleri kullanılarak kompleks ϵ_r ve μ_r değerlerinin kestirilmesi için öncelikli olarak [8,10] kaynaklarında yer alan yatay ve düşey polarizasyon durumlarında N -katmanlı, kayıplı, dispersif, düzlemsel tabakalardan geri yansıma bağıntıları kullanılacaktır (Şekil 5).

$$\Gamma_{yatay} = \frac{B_0}{A_0} \quad (1)$$

$$\Gamma_{düşey} = \frac{C_0}{D_0} \quad (2)$$

Buradaki A_0, B_0, C_0, D_0 aşağıdaki rekürsif denklemler aracılığı ile bulunmaktadır [8,10].

$$A_j = \frac{e^{\zeta_j}}{2} [A_{j+1}(1+Y_{j+1}) + B_{j+1}(1-Y_{j+1})] \quad (3)$$

$$B_j = \frac{e^{-\zeta_j}}{2} [A_{j+1}(1-Y_{j+1}) + B_{j+1}(1+Y_{j+1})] \quad (4)$$

$$C_j = \frac{e^{\zeta_j}}{2} [C_{j+1}(1+Z_{j+1}) + D_{j+1}(1-Z_{j+1})] \quad (5)$$

$$D_j = \frac{e^{-\zeta_j}}{2} [C_{j+1}(1-Z_{j+1}) + D_{j+1}(1+Z_{j+1})] \quad (6)$$

$$A_N = C_N = 1 \quad (7)$$

$$B_N = D_N = 0 \quad (8)$$

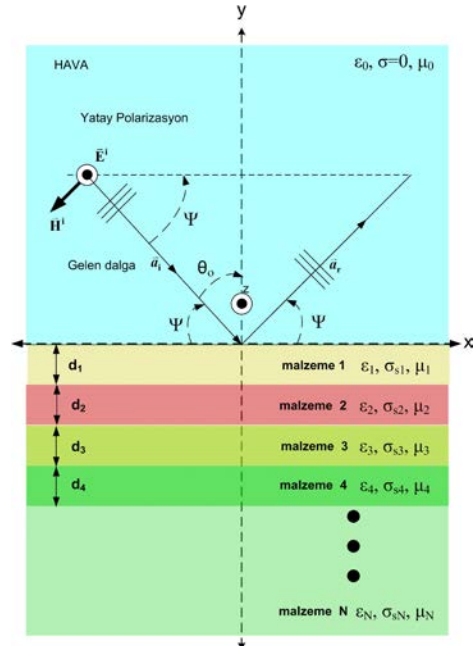
$$Y_{j+1} = \frac{\cos(\theta_{j+1})}{\cos(\theta_j)} \sqrt{\frac{\epsilon_{j+1} - j\frac{\sigma_{S_{j+1}}}{\omega}}{\epsilon_j - j\frac{\sigma_{S_j}}{\omega}}} \quad (9)$$

$$Z_{j+1} = \frac{\cos(\theta_{j+1})}{\cos(\theta_j)} \sqrt{\frac{\epsilon_j - j\frac{\sigma_{S_j}}{\omega}}{\epsilon_{j+1} - j\frac{\sigma_{S_{j+1}}}{\omega}}} \quad (10)$$

$$\zeta_j = d_j \gamma_j \cos(\theta_j) \quad (11)$$

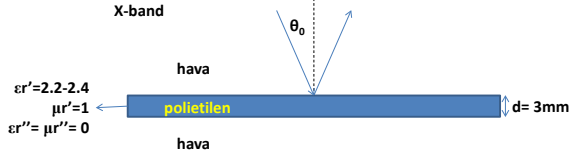
$$\gamma_j = \sqrt{j\omega\mu_j(\sigma_{S_j} + j\omega\epsilon_j)} \quad (12)$$

θ_j : j 'nci tabaka içerisindeki kırınım açısı.



Şekil 5. N -katmanlı, kayıplı ve dispersif düzlemsel katmanlardan yatay polarizasyon durumundaki şematik gösterimi.

Bu çalışmada gerçekleştirilen yay metodu ile ölçümler, kalınlığı (d_1) 3 mm olan tek katmanlı polietilen malzeme için yapılacağından dolayı $N=2$. inci ortam hava olacak şekilde (1-12) bağıntıları yeniden düzenlenmiştir (Şekil 6).



Şekil 6. Tek katmanlı polietilenden yansımanın şematik gösterimi.

Polietilen'in dielektrik ve manyetik geçirgenlik değerlerinin kestirilmesi için öncelikle, yatay ve dikey polarizasyon durumlarında açığa ($\theta_0= 5^\circ, 10^\circ, 15^\circ, 20^\circ, 25^\circ$) ve frekansa (8.2-12.4 GHz) bağlı yansıma katsayılarının genlik ve faz değerleri MİLTAL laboratuvarlarında ölçülmüştür ($\Gamma_{yatay}, \Gamma_{dikey}$). Ölçümlerde Agilent N5230A PNA-L vektör network analizörü (10 MHz-20 GHz) ve 8.2-12.4 GHz aralığında çalışan Qpar WG16 horn antenleri kullanılmıştır (Şekil 7).

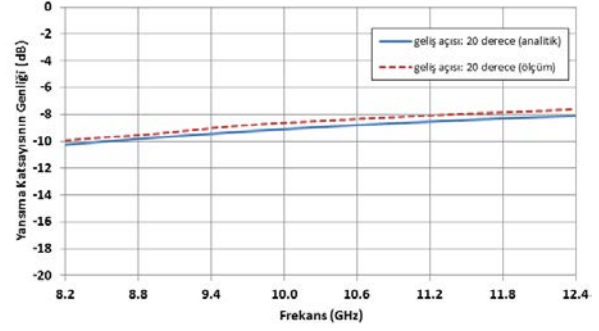


Şekil 7. TÜBİTAK MAM ME MİLTAL'daki yay metodu ile malzeme karakterizasyon ölçüm düzeneği.

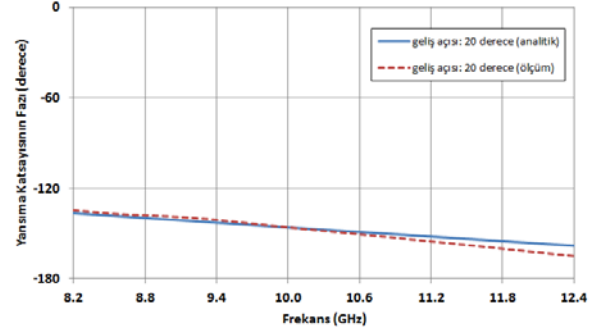
Ölçümlerde kullanılan kablolar için vektör network analizörü kalibre edilmiştir. Kullanılan polietilenin yüzey boyutu ise $65 \text{ cm} \times 100 \text{ cm}$ 'dir. Ölçümler için metal plaka için S_{21} verileri toplanmış, sonra metal yerine yerleştirilen test altındaki malzeme (polietilen) için de S_{21} verileri toplanarak yansıma katsayısı ölçümleri gerçekleştirilmiştir [13]. Ölçümlerdeki gürültünün bastırılması için ortalama alınmıştır. Örnek olarak, yatay ve dikey polarize durumunda ve 20° geliş açısındaki yansıma katsayısının genlik ve fazının frekansa göre ölçüm sonuçları, analitik sonuçlarla karşılaştırmalı olarak Şekil 8 ve Şekil 9'da verilmiştir.

ϵ_r ve μ_r değerlerinin kestirilmesi için en az iki denklem gereklidir. Aşağıda yazılan iki denklem (13-

14), elektromanyetik dalganın farklı iki geliş açısı (θ_0^1, θ_0^2) için yazılmıştır.

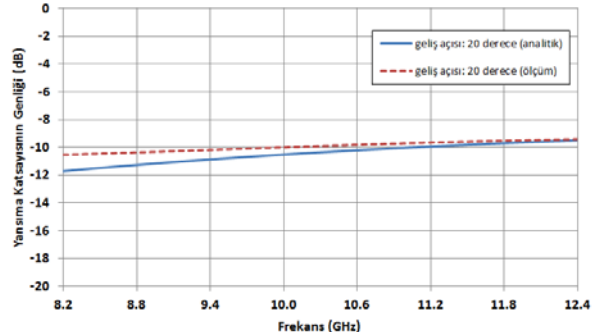


(a)

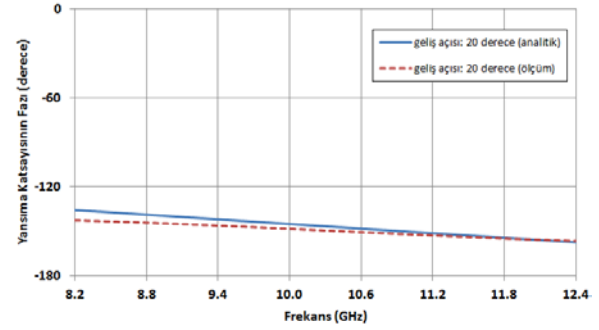


(b)

Şekil 8. Yatay polarize durumunda ve 20° geliş açısındaki yansıma katsayısının (a) genlik ve (b) fazının frekansa göre değişimi.



(a)



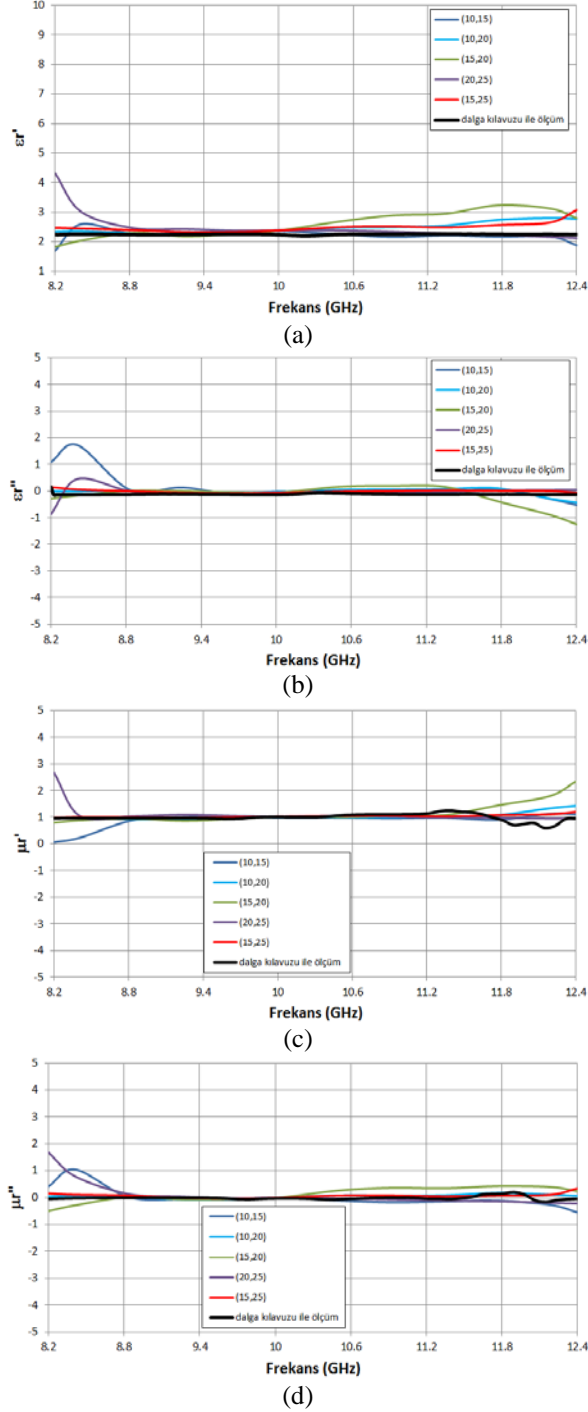
(b)

Şekil 9. Dikey polarize durumunda ve 20° geliş açısındaki yansıma katsayısının (a) genlik ve (b) fazının frekansa göre değişimi.

$$\Gamma_{yatay}(\theta_0^1, frekans) = \Gamma_{ölçüm-yatay} \quad (13)$$

$$\Gamma_{yatay}(\theta_0^2, frekans) = \Gamma_{ölçüm-yatay} \quad (14)$$

Her bir frekans adımı için MathCad yazılımı ile uygun nümerik yöntemler (Newton iterasyonu) kullanılarak bu denklemler çözdürülmüş, sonuçta göreceli dielektrik ve manyetik geçirgenlik değerleri (ϵ_r ve μ_r) bulunmuştur (Şekil 10).



Şekil 10. Polietilenin farklı ikili geliş açısı (θ_0^1, θ_0^2) çiftleri kullanılarak hesaplanan göreceli dielektrik ve manyetik geçirgenlik katsayılarının frekansa göre değişimi.

3. SONUÇLAR

Yay yöntemi ile elektromanyetik dalganın polarizasyonuna ve geliş açısına bağlı polietilen malzemenin yansıma ölçümlerinden elde edilen genlik ve faz değerleri kullanılarak, polietilenin 8.2-12.4 GHz frekans aralığındaki göreceli dielektrik ve manyetik geçirgenlik katsayıları başarılı bir şekilde hesaplanmıştır. Bu hesaplamalarda ölçülen malzemenin frekansa bağlı dispersif, lineer, homojen ve izotrop olduğu göz önüne alınmıştır. Dalga kılavuzu ölçüm yöntemi ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırıldığında yay yöntemi ile elde edilen sonuçların birbirine yakın olduğu gözlenmiştir. Özellikle dielektrik geçirgenliğin gerçel kısmının, X bandının en alt ve en üst frekans bölgelerinde 2.25-2.30 değerinden orta banda göre daha fazla sapma gösterdiği, bu durumun da ölçüm ile ilişkili hatalardan kaynaklandığı saptanmıştır. Elde edilen göreceli dielektrik ve manyetik geçirgenlik sonuçları incelendiğinde, ($\theta_0=10^\circ, 15^\circ$) ve ($\theta_0=20^\circ, 25^\circ$) çiftleri ile (13-14) denklemleri çözdürüldüğünde dalga kılavuzu ile ölçülen değerlere daha yakın sonuçlar elde edilmiştir.

Antenler arası kuplaj etkilerinin az olduğu ($\theta_0 < 50^\circ-60^\circ$) geliş açılarında ölçümler yapılmıştır [6]. Serbest alan ölçüm sisteminde olduğu gibi, yay yöntemi ile ölçülen yansıma katsayısının çok hassas ve doğru olarak ölçülmesi, (13-14) denklemlerinin nümerik çözümlerinin hızlı ve doğru bir şekilde yakınsamasına imkan tanımaktadır.

İleriki çalışmalarda yay metodu ile dispersif, homojen ve anizotrop malzemelerin açığa ve frekansa bağlı dielektrik ve manyetik geçirgenlik değerlerinin kestirilmesi için, her açı ve frekans değerinde yatay ve dikey polarizasyon durumunda ölçülen ikili yansıma katsayısı verilerinin nümerik yöntemlerle çözdürülmesiyle ilgili çalışmalar yapılacaktır.

MİLTAL laboratuvarlarında aktif olarak 1-18 GHz frekans aralığında kullanılan yay ölçüm yöntemi, özellikle uçak, füze, helikopter gibi hava platformlarının kaplandığı geniş bir frekans bandı ve geliş açısı aralığında soğurma yapabilen radar absorblayıcı malzemelerin (RAM) frekansa, açığa ve polarizasyona bağlı yansıma ölçümlerinin gerçekleştirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. İlk sonuçları umut verici olan bu çalışmamızla birlikte yay metodu ile yansıma ölçümlerinin yanında, elektromanyetik malzeme karakterizasyonunun da gerçekleştirilebileceği ortaya konulmuştur.

4. KAYNAKLAR

- [1] Paula, A.L. de, Rezende, M.C., Barroso, J.J., (2011) "Experimental Measurements and Numerical Simulation of Permittivity and Permeability of Teflon in X band" *J. Aerosp. Technol. Manag.*, 3-1, 59-64.

- [2] Zivkovic, I, Murk, A., (2012) "Free-Space Transmission Method for the Characterization of Dielectric and Magnetic Materials at Microwave Frequencies" *Microwave Materials Characterization*, pp. 1–18, Ch. 5, Eds. Costanzo, S., Intech Publications.
- [3] Ghodgaonkar, D. K., Varadan, V. V., Varadan, V. K., (1989) "A Free-Space Method for Measurement of Dielectric Constants and Loss Tangents at Microwave Frequencies", *IEEE Trans. Inst. and Meas.*, 37-3, 789-793.
- [4] Agilent Technologies, (2012) "Printed Version of Agilent 85070E Dielectric Probe Kit Software's Help File".
- [5] Agilent Technologies, (2012) "Printed Version of Agilent 85071E Materials Measurement Software's Help File".
- [6] Dvurechenskaya, N., Zielinski, R.J., (2011) "Advantages and disadvantages of the free-space arch method used for investigation of shielding materials at low gigahertz frequencies" *Proceedings of the 10th Int. Symposium on Electromagnetic Compatibility*, 790–795, York, UK.
- [7] Ünal, İ., Türetken, B., (2013) "Radar Soğurucu Malzeme Geliştirilmesinde Elektromanyetik Yöntemler", *Bilgi ve Kazanımın Sürekliliği (BIKAS) Projesi 2013 Yılı Proje Gelişim Raporu*, Milimetre Dalga ve Terahertz Teknolojileri Araştırma Laboratuvarları (MİLTAL), Malzeme Enstitüsü, TÜBİTAK MAM, Gebze-Kocaeli.
- [8] Paris, D.T, Hurd, F.K., (1969) "Basic Electromagnetic Theory" *Reflection and Refraction of Plane Waves*, pp. 346–397, McGraw Hill, New York.
- [9] Wait, J. R., (1996) "Electromagnetic Waves in Stratified Media" Oxford University Press, A.B.D.
- [10] Balanis, C.A., (1989) "Advanced Engineering Electromagnetics" *Reflection and Transmission*, pp. 220–243, John Wiley & Sons, Kanada.
- [11] Ünal, İ., Canbay, C., (2010) "N-katmanlı, kayıplı, dispersif düzlemsel tabakaların elektriksel özelliklerinin ve kalınlıklarının elektromanyetik yöntemle kestirilmesi" *V. URSI Türkiye 2010 Bilimsel Kongresi ve Ulusal Genel Kurul Toplantısı*, 1–4, 25-27 Ağustos 2010, ODTU Kuzey Kıbrıs Yerleşkesi.
- [12] Ünal, İ., (2013) "Meme Kanseri Tümörünün Tespit Edilmesi İçin Karşılıklı Kuplaj Etkilerinin Minimize Edildiği Çok Geniş Bandlı (ÇGB) Yeni Bir Mikrodalga Görüntüleme Sistemi" *Doktora Tezi*, Yeditepe Üniversitesi, İstanbul.
- [13] IEEE Recommended Practice for Radio-Frequency (RF) Absorber Evaluation in the Range of 30 MHz to 5 GHz, IEEE Std. 1128-1998.

ÖZGEÇMİŞLER

Dr. İlhami ÜNAL

Lisans, yüksek lisans ve doktora eğitimini Yeditepe Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü'nde sırasıyla 2002, 2005 ve 2013 yıllarında tamamladı. 2002-2013 yılları arasında Yeditepe Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak çalıştıktan sonra TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, Malzeme Enstitüsü Milimetre Dalga ve Terahertz Teknolojileri Araştırma Laboratuvarları (MİLTAL)'nda başuzman araştırmacı olarak çalışmaya başlamıştır. Kara, hava ve deniz platformlarının radar kesit alanı analizleri ve ölçümleri, THz toplu menzil RKA ölçüm sistemleri, radar soğurucu malzeme geliştirilmesi, anten tasarımı ve propagasyon, elektromanyetik alanların saçılması, mikrodalga görüntüleme, biyomedikal elektromanyetik ve elektromanyetik malzeme karakterizasyonu konuları güncel araştırma alanlarıdır. "Turkish Journal of Electrical & Computer Sciences" dergisinde yardımcı editördür.

Yük. Müh. Aysun SAYINTI

2004 yılında Kırıkkale Üniversitesi Fizik Bölümü'nden lisans, 2009 yılında Sakarya Üniversitesi'nden yüksek lisans diploması aldı. 2005 yılından beridir TÜBİTAK MAM Malzeme Enstitüsü, Milimetre Dalga ve Terahertz Teknolojileri Araştırma Laboratuvarları'nda (MİLTAL) araştırmacı olarak çalışmaktadır. Bu süre zarfında çok sayıda askeri projede görev almıştır. Elektromanyetik malzeme karakterizasyonu, radar soğurucu malzeme geliştirilmesi ve mikrodalga görüntüleme sistemlerinde kullanılmak üzere meme fantomu geliştirilmesi güncel araştırma konularıdır.

Doç. Dr. Bahattin TÜRETKEN

İTÜ Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği'nde 1998 ve 2002 yıllarında, sırasıyla yüksek lisans ve doktora eğitimini tamamlamıştır. 1999 yılında URSI'de "Young Scientist Award-Genç Bilim Adamı Ödülü"ne, 2002 yılında MMET'de "Best Paper" (en iyi makale) ve "Genç Bilim Adamı" ödülüne layık görüldü. Uzun yıllar TÜBİTAK UEKAE EMC&TEMPEST test merkezinde başuzman araştırmacı olarak çalıştıktan sonra, 2009-2012 yılları arasında Elektromanyetik Araştırma Grubu'nu (EMARG) ve Anten Test ve Araştırma Merkezi (ATAM) projesini yönetti. 2012 yılından beridir TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, Malzeme Enstitüsü Milimetre Dalga ve Terahertz Teknolojileri Araştırma Laboratuvarları (MİLTAL) yöneticisidir. 70' in üzerinde ulusal ve uluslararası bildiri, makale, kitapta bölüm sahibidir. Radar, anten tasarımı ve ölçümü, hesaplamalı elektromanyetik, elektromanyetikte saçılma ve difraksiyon, sivil ve askeri EMC/EMI problemleri, terahertz uygulamaları, radyometri, biyomedikal görüntüleme, implant teknolojileri ilgi alanlarıdır.