

Grafen Benzeri Malzeme ile Kanser Tedavisinde Kullanılan Mikrodalga Antenlerde oluşan Yüzey Akımlarının Azaltılması

Burak Uzman, Adem Yılmaz, Hulusi Açıkgöz

KTO Karatay Üniversitesi
Elektrik ve Elektronik Mühendisliği
Konya

burak.uzman@ogrenci.karatay.edu.tr, adem.yilmaz@karatay.edu.tr, hulusi.acikgoz@karatay.edu.tr

Özet: Bu çalışmada, kanser tedavisindeki önemi hızla artan mikrodalga yönteminde karşılaşılan geriye doğru ısınma problemi incelenmiştir. Daha önce yaptığımız grafen tabanlı malzeme kullanarak yüzey akımının en aza indirilmesi çalışmalarının devamı niteliğinde olan bu çalışmada grafenli ve grafensiz eş eksenli yarık antenlerin dış iletkeninde oluşan yüzey akımı gözlemlenmiştir. Doku içindeki SAR dağılımı ve buna bağlı olarak oluşan sıcaklık dağılımı incelenmiş ve grafen kaplanmış antenin yüzey akımını azaltmakta başarılı olduğu görülmüştür.

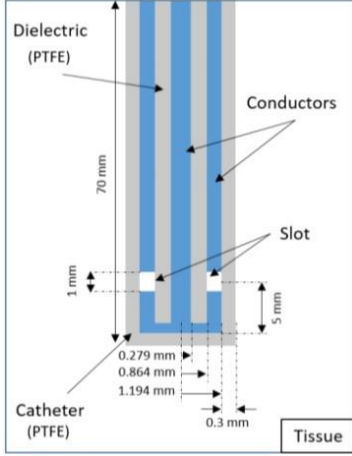
Abstract: In this work, backward heating problem in microwave ablation method is investigated numerically. It is known that the origin of this problem is due to surface current, which is occurred at the outer conductor of coaxial antenna. A Graphene based design is proposed as a solution to this problem. In order to test the performance of proposed structure, a coaxial dipole antenna is designed with/without graphene based material and numerical studies are carried out. The results of SAR and temperature distributions indicate that the graphene based coaxial dipole antenna is successful in reducing the surface current.

1. Giriş

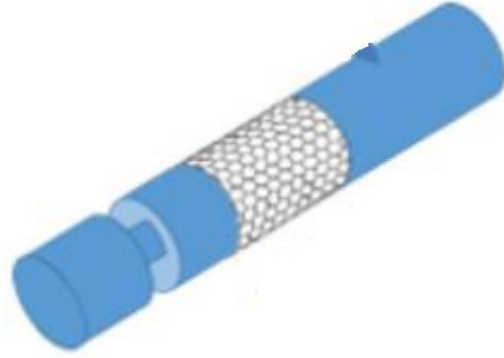
Kanser tedavisinde kullanılan en yaygın metotlar kemoterapi ve radyoterapidir. Bunların yanında, hastaların %25'i açık ameliyat yöntemini tercih etmekte ve radyoterapi de hedef bölgenin sadece 1-2 cm'sini tedavi edebilmektedir. Kemoterapi ise fiziksel olan yada olmayan birçok yan etkiye sahip olup bu yan etkiler hastaların hayatını olumsuz etkileyebilmektedir. Çok kısa sürede daha büyük kanserli bölgelere uygulanabilmesinden dolayı mikrodalga ablasyon tekniğine olan ilgi son yıllarda hızla artmaktadır. Mikrodalga ablasyon tedavisi dokular arası küçük anten kullanılarak uygulanmaktadır. Antenin ucuna konumlandırılmış yarık vasıtasıyla elektromanyetik enerji doku içine yayılmakta ve kanserli hücre böylece yok edilmektedir. Bu tedavi yönteminde en yaygın kullanılan antenler eş eksenli monopol, dipol ve yarık antenlerdir [1]. Bu antenlerin, kısa sürede yarık etrafında elektromanyetik enerjiyi odaklayabilmesi gibi birçok önemli avantajları vardır. Bununla birlikte, anten boyunca enerji yoğunlaşmasından dolayı meydana gelen sıcaklık artışı dolayısıyla sağlıklı dokunun da zarar görmesi, mikrodalga yönteminin radyofrekans tekniğine göre daha az tercih edilmesine sebep olmaktadır [2]. Mikrodalga yönteminde elektromanyetik güç sadece yarık çevresinde birikmemekte, yarıktan besleme noktasına doğru antenin çevresinde enerji yoğunlaşması da ortaya çıkmaktadır. Bunun nedeni, eş eksenli yarık antenin dış iletkeninde ilerleyen ve sağlıklı dokuların fazla ısınmasına neden olan yüzey akımları ile açıklanmaktadır. Literatürde, geriye doğru ısı artışının azaltılıp anten performansını artırmak amacı ile "cap-choke" ve "sleeve" gibi yüzey akımlarını önleyici tasarımlar mevcuttur [3-4]. Fakat bu çalışmalarda, yüzey akımları tamamıyla bastırılmamış olmakla birlikte antenin boyutu artmış ve böylece antenin vücut içerisinde kullanımını engelleyici faktörler ortaya çıkmıştır. Bu çalışmada, anten boyutlarını minimum düzeyde değiştirecek olan 1-atom kalınlığındaki grafen ile kaplanmış eş eksenli anten tasarlanmıştır. Böylece, yüzey akımlarının azaltılması ve kanser dokusuna uygulanan SAR değerinin arttırılması öngörülmekte olup doku içerisindeki sıcaklık dağılımı incelemesinin yapılması hedeflenmektedir. Yazarların bilgisine göre, terahertz frekanslarında birçok uygulamaya sahip olan grafenin mikrodalga frekanslarında kullanımı daha önce hiç çalışılmamış olup bu çalışmanın yenilikçi yönünü oluşturmaktadır [5].

2. Tasarım ve Benzetim Sonuçları

Tasarım parametreleri Şekil 1'de verilen 70 mm uzunluğunda 1mm yarık genişliğindeki eş eksenli anten 2.45 GHz'de çalışabilecek şekilde tasarlanmıştır. Geriye doğru ısınma probleminin sebebi olan yüzey akımlarını bastırabilmek için antenin yarığından birkaç milimetre uzaklıkta 1-atom kalınlığına grafen kaplaması yapılmıştır. Anten üzerindeki grafen bölgesi (Şekil 2) yüksek empedans oluşturmaktadır. Bu empedans değerinin hesaplanması ise aşağıda verilen denklem 1 ve 2 ile elde edilir.



Şekil 1: Eş eksenli yarık anten



Şekil 2: Grafen kaplı eş eksenli yarık anten

$$\sigma(\omega) = \frac{2e^2 k_B T}{\pi \hbar} \ln \left[2 \cosh \left[\frac{\mu_c}{2k_B T} \right] \right] \frac{j}{\omega + j\tau^{-1}}$$

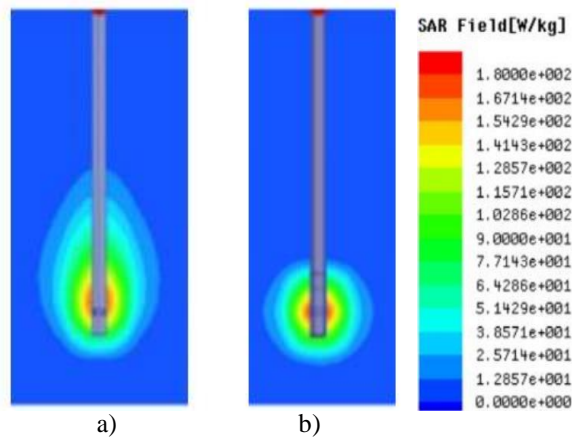
(1)

$$Z(\omega) = \frac{1}{\sigma(\omega)}$$

(2)

Denklem 1'de verilen grafen iletkenliği frekansa (f), kimyasal potansiyele (μ_c), Boltzmann sabitine (k_B), Planck sabitine (\hbar), Kelvin cinsinden oda sıcaklığına, elektron yüküne (e) ve zamana (τ) göre değişiklik gösterir [6]. Grafen empedansı ise iletkenlik ile ters orantılı olarak değişmektedir (Denklem 2).

Tasarlanan grafen kaplı eş eksenli anten performansını test edebilmek için benzetim çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmalarda önce grafen kaplanmamış anten doku içerisine yerleştirilmiş ve SAR (specific absorption rate) değeri incelenmiş ardından grafen kaplı durumda oluşan farklılıklar irdelenmiştir. Sağlıklı dokulara zarar veren, antenin dış iletkeninde oluşan yüzey akımı yaraktan besleme noktasına doğru olduğu Şekil 3-(a)'da görülebilmektedir. Şekil 3-(b)'de ise grafen kaplı antenin dış iletken boyunca yüksek empedansa sahip olmasından dolayı besleme noktasına doğru oluşan yüzey akımının azaldığı anlaşılmaktadır. Ayrıca, grafen kaplı anten durumunda doku içerisindeki SAR dağılımı yarık etrafında yoğunlaştığı benzetim sonuçlarından elde edilmiştir. Doku içerisindeki sıcaklık dağılımı çalışma sonuçları ise konferans sunumunda paylaşılacaktır.



Şekil 3: Doku içindeki SAR dağılımı: a) eş eksenli yarık anten, b) grafen kaplanmış eş eksenli yarık anten

3. Sonuçlar

Bu çalışmada kanser tedavisinde kullanılmaya başlanan mikrodalga metodu ele alınmıştır. Bu antenlerdeki en önemli problem olan geriye doğru ısınma olayı için grafen kaplı anten önerilmiştir. Anten parametrelerini hemen hemen hiç değiştirmeden eklenen grafen'in yüzey akımlarını azalttığı ve böylece ısınma problemini çözebileceği benzetim metodları yoluyla görülmüştür. Bu çalışmanın devamını, grafen kaplı antenin üretimi ve bunun test edilmesi oluşturacaktır. Eş eksenli antene kaplanacak olan grafenin her zaman istenilen kalınlıkta olamayacağı bilindiğinden, oluşabilecek hata payları önce nümerik yöntemlerle analiz edilecek ve bu hata payları da anten tasarımına dahil edilerek istenilen sonuçlar için anten optimizasyonu yapılacaktır.

4. Kaynaklar

- [1] J. M. Bertram, D. Yang, M. C. Converse, J. G. Webster, D. M. Mahvi, "A review of coaxial-based interstitial antennas for hepatic microwave ablation", *Critical Reviews in Biomedical Engineering*, cilt. 34, no 3, s. 187–213, 2006.
- [2] C.L. Brace, "Radiofrequency and Microwave Ablation of the Liver, Lung, Kidney and Bone: What Are the Differences: 'Organ-Specific Thermal Ablation.'" *Current problems in diagnostic radiology* cilt. 38, no.3, s. 135–143, 2009.
- [3] J.C. Lin, Y.J. Wang, "The cap-choke catheter antenna for microwave ablation treatment", *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, cilt. 43, No. 6, s. 657-660, 1996.
- [4] K. Ito, M. Hyodo, M. Shimura, H. Kasai, "Thin applicator having coaxial ring slots for interstitial microwave hyperthermia," *Antennas and Propagation Society International Symposium*, 1990. AP-S. Merging Technologies for the 90's, cilt. 3, s. 1233-1236, 7-11 Mayıs 1990
- [5] H. Açıkgöz, R. Mittra "Suppression of Surface Currents at Microwave Frequency Using Graphene Application to Microwave Cancer Treatment", "The Applied Computational Electromagnetics Society", basım aşamasında, 2016.
- [6] I. Llatser, C. Kremers, A. Cabellos-Aparicio, J.M. Jornet, E. Alarco'n, D. N. Chigrin, "Graphene-based nano patch antenna for terahertz radiation", *Photonics and Nanostructures – Fundamentals and Applications*, cilt. 10, no. 4, 2012.