



# Medikal Plazma Tabanlı Mikrocerrahi Cihazında Donanımsal Özellikler ve Yapılandırılma Configuration of Hardware for Medical Plasma Based Surgical Device and Features

Deniz REÇBER, Batuhan KAYSERİLİOĞLU, İsmail  
Cengiz KOÇUM  
Biyomedikal Mühendisliği  
Başkent Üniversitesi  
Ankara, TÜRKİYE  
reerberdeniz@gmail.com, kayserilioglubatuhan@gmail.com

Dilek ÇÖKELİLER SERDAROĞLU  
Biyomedikal Mühendisliği  
Başkent Üniversitesi  
Ankara, TÜRKİYE  
cokeliler@baskent.edu.tr

**Özetçe**—Çalışma, mikrocerrahi ameliyatlarında kullanılmak üzere, plazma tabanlı (gaz plazma, plazma jet) cerrahi prototip cihazın donanımsal bölümlerinin üretimi aşamalarını kapsamaktadır. Çıplak gözle zor görülebilen çok küçük yapıların özel ameliyat mikroskopunun büyütücü etkisinden faydalanarak ve çok ince aletler kullanarak ameliyat edilmesine mikrocerrahi denilmektedir. Vurgulamak gerekir ki plazma tekniğinin direkt canlı yüzey üzerine uygulanarak tedavi amaçlı kullanımlarına dair çalışmalar dünyada oldukça yenidir. Taşınabilir ticari cihaz niteliğindeki dünyadaki örnekleri ise oldukça yakın geçmişte artmaya başlamakla birlikte hala az sayıdadır. Çalışmada, genel olarak üç ana tasarım söz konusudur. Öncelikle yüksek voltaj güç kaynağı, plazma probu düzeneği, plazma gaz kaynağı kontrol ünitesi birimlerinden oluşan prototip tasarımları yapılmıştır. Yüksek voltaj güç kaynağı, push-pull bağlantılı mosfet devresi ve transformatör ile oluşturulmuştur. Plazma probu düzeneği, iki tungsten çubuğun tahta zemin üstüne monte edilmesi ile oluşturulmuş ve bağlantı için ise yüksek voltaja dayanıklı teflon teller kullanılmıştır. Plazma gaz kaynağı kontrol ünitesi için mikroişlemci kontrollü ve transistör yükselteçli selenoid valf devresi oluşturulmuştur. Bu sayede ayarlanabilir frekans aralıklarında selenoid valfin tetiklenmesi ve gaz akışının sağlanması amaçlanmıştır. Yapılan ilk testlerde yüksek voltaj devresinin ışıma oluşturması gözlemlenmiştir. Daha sonrasında oluşturulan tungsten prob düzeneği ile entegrasyonu tamamlanıp açılı ve mesafe ile ışıma ilişkisi test edilmeye çalışılmıştır. Bunun dışında selenoid valf ve mikroişlemci ile birlikte tasarlanan gaz kaynağı kontrol ünitesinin tamamlanan kısımlarının testleri yapılmıştır. Sonuç olarak, yüksek voltaj devre testleri ile ışıma oluşmasının mesafe parametresi belirlenmiştir. Işıma-açılı testleri yapılarak daha sonrasında cihazın dış tasarımıyla prototip bir örnek haline getirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler** — Mikrocerrahi, Plazma Cerrahi, Medikal Plazma.

**Abstract**—This research, covers the evaluation of the performance of hardware of plasma-based (gas plasma, plasma jet) surgical prototype device which will be used in microsurgery,

identification of active device operating conditions with the appropriate engineering models. Microsurgery is by taking advantage of the magnifying effect of the special operation microscope, very small structures that can hardly be seen with the naked eye and surgery using very thin instrument. It is necessary to emphasize, the plasma technique using on directly liver cell for the treatment is the novel study. The examples of portable commercial devices in the world have started to increase in the recent past, but they are still few. The project has three main design in general; primarily high voltage power supply, bipolar plasma probe, gas supply control unit made it. High voltage power supply made with transformer and mosfets connecting with push-pull. Bipolar plasma probe, made 2 tungsten rod which mounted on the board mechanism and used teflon wire for connection with high voltage power supply. For the gas supply control unit, used microprocessor controlled and transistor amplifier selenoid valve. Thus, it is aimed to trigger the solenoid valve and adjust the gas flow in the adjustable frequency range. In the first tests made, the formation of radiation of the high voltage circuit was observed. The integration with the tungsten probe system was completed and tried to test the relation between angle and distance and radiation. In addition, the completed parts of the gas supply control unit designed together with the solenoid valve and the microprocessor have been tested. etc.] in its style sheet. As a result, the distance parameter of radiation formation is determined by high voltage circuit tests. Radiation-angle tests were performed and later turned into a prototype with the outer design of the device.

**Keywords** — Microsurgery, plasma surgery, medical plasma

## I. GİRİŞ

Plazma, etkilerinden dolayı günümüzde yaygın olarak medikal alanda kullanılmakta olup gerek cihaz veya malzeme üzerinde; gerekse direkt olarak canlı üzerinde uygulamaları gün geçtikçe artmaktadır. Plazmanın direkt olarak canlı üzerinde uygulanması ile birlikte “medikal plazma” kavramı ortaya çıkmıştır. Günümüzde kullanılan plazma tabanlı cerrahi



cihazlar monopolar özellikte olmakta fakat bu çalışmadaki prototip bipolar özellikte tasarlanmıştır.

## II. PLAZMA TANIMI KULLANIM ALANLARI VE MEDİKAL PLAZMA KAVRAMI

Maddenin üç farklı hali; katı, sıvı ve gazdır, ancak maddenin dördüncü bir halinin de var olduğu 1879'da bir İngiliz fizikçisi olan William Crookes tarafından ortaya atılmış ve 1929 yılında Amerikalı bilim adamı Dr. Irving Langmuir tarafından bu hal plazma olarak adlandırılmıştır. Plazma terimi, iyonlaşmış gaz halini ifade etmektedir. Maddenin plazma hali çok yüksek sıcaklıklarda veya güçlü elektrik ve/veya manyetik alanlarla oluşturulabilmektedir [1]. Plazma bilgisayar çipleri ve entegre devrelerinin, elektronik aksamalarını, tıbbi implant ve protezlerin, otomobil motor aksamının kaplanmasıyla kullanılmakla birlikte gözlük camlarının ve diğer optik malzemelerin çizilmesini engelleyici kaplamalar da plazma polimerizasyonu ile kaplanmalarına örnektir. Medikal plazma kavramı; 1990'lı yıllarda plazmanın medikal cihazlara uygulanması ve daha sonrasında 2006 yılından itibaren direkt olarak canlı dokuya uygulanması ile birlikte ortaya çıkmıştır. Medikal plazmanın canlı dokuya uygulamalarına örnek vermek gerekirse; bitki gelişmesi, diş beyazlatma, yara iyileşmesi, hücre büyümesi gibi canlı üzerinde direkt kullanımda çeşitli tıropatik etkiler göstermektedir.

## III. PLAZMA TABANLI CİHAZLARA ÖRNEKLER

Günümüzde medikal plazma kavramını yerine getirerek plazmanın tıropatik etkilerinden faydalanan birçok cihaz vardır. Bu cihazları iki grupta inceleyebiliriz. Aşağıdaki ilk uygulamalarda, genel olarak biyofilm ve deri-yara iyileştirme amaçlı olduğu için plazma işması geniş bir yüzeyde uygulanabilir olması önemlidir. Ayrıca atmosferik koşulda kullanılabilir ve taşınabilir bir tasarımın gereklilikleri dikkate çarpmaktadır.

1) *PlasmaDerm*: Drexel Üniversitesi, Philadelphia, ABD, sabit olmayan elektrot dielektrik bariyer deşarj tabanlı (FE-DBD) plazma cihazının araştırmalarına başlamış ve akabinde Cinogy GmbH firması PlasmaDerm cihazını piyasaya sürmüştür. Bu cihazda, yüksek gerilim elektrodu, bir dielektrik olarak seramik ile kaplanmıştır. Çalışma gazı havadır. Giriş gücü tipik değerleri 0.5-1.0 W/cm<sup>2</sup> arasında bir yüzey güç yoğunluğu ile sonuçlanan 3-5 W bulunmaktadır. 13 kV, 100 kHz civarında yüksek voltaj darbeleri plazma oluşturmak için kullanılır. Buna ek olarak, bu tetikleme palslarının frekansı 200-300 Hz aralığında değiştirilebilmektedir. Deşarj gaz sıcaklığı yaklaşık 33°C'dir. Biyokimyasal süreçler, yani kan pıhtılaşma kaskadı ile atmosfer basıncı plazma sonucunda seçici olmayan ısı etkileşimleri üzerine ilk araştırmalar bu plazma kaynağı kullanılarak gösterilmiştir. Plazma-hücre etkileşimini anlamak için farklı hücre tiplerini kullanarak birçok diğer in vitro çalışmalar da, bu cihazla yapılmıştır [2].

2) *ADTECH MikroPlaster*: Bu cihazda plazma üretimi için mikrodalga enerjisi kullanılmaktadır ve bir metal silindirin içinde, altı paslanmaz çelik elektrotlardan

oluşmaktadır. Plazma bölgelerini oluşturmak ve şekillendirmek için 2.45 GHz ile 85 W mikrodalga güç elektrot uçları ile metal silindirin iç yüzeyi arasında uygulanmakla birlikte plazma torch sistemi ile ilave bir hava yardımıyla sıcaklığın 320 °K üstüne çıkmaması için soğutulmaktadır. ADTECH sistemi ile, biyofilm kalınlığına bağlı olarak bakteri inaktivasyonu mümkün olmaktadır. Bu cihazla işlem sonrası kronik yaraların daha hızlı kapanması eğiliminde olduğunu da ifade etmektedir [3].

Cerrahi amaçlı üretilen cihazlarda ise, çeşitlilik sınırlı olmakla birlikte, yük boşalımı tiplerinde farklılıklar dikkat çekmektedir. Türkiye'de bu tür direkt canlı içi ya da deri üstü kullanımın olduğu yerli ticari bir cihazla henüz karşılaşmamıştır.

3) *PlasmaJet ve J-Plazma*: PlasmaJET (Plasma Surgical, Rosswel, GA, USA) sisteminde, düşük hacimdeki argon gazına prob içindeki bipolar elektrotlar ile düşük DC elektrik akımı uygulanarak plazma elde edilmektedir 0,4(A / dakika). Sonuçta elektriksel olarak nötr olan ve iyonize argon atomlarından ve elektronlardan oluşan bu karışım prob ucundan ince ve düzgün bir jet akımı halinde çıkmaktadır (Bovie Medical Corporation, Clearwater, FL, USA). J-Plazma teknolojisinin plazma jetten farkı, plazma üretmek için helyum gazı kullanımınıdır. Ayrıca, bu tür sistemlerde vücudun etrafında net elektrik akışı olmadan, bir geri dönüş elektroduna gerek duymamaktadır. Plazma aktive edilerek, cihaz kesi diseksiyonu veya koagülasyon için kullanılabilir. PlasmaJet'in kullanım alanları; plastik cerrahi, genel cerrahi, ortopedi, göğüs cerrahisi, jinekolojik cerrahi ve hepatobiliyer cerrahide kullanılmaktadır.

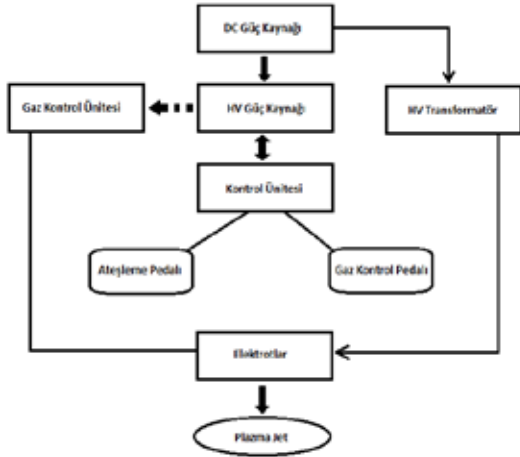
4) *PlasmaWand*: Bu cihaz coblation teknolojisini kullanmaktadır. Coblation terimi "ablasyon kontrollü" anlamına gelir. Smith & Nephew firması tarafından üretilen Coblation PlasmaWand (firma: Smith & Nephew, teknik: Coblation teknolojisi, Texas, Austin, USA), sadece tonsillektomi (bademcik) işlemleri sırasında çevre dokuya termal hasarı minimize ederek operasyon amaçlı kullanılmaktadır. Doku ablasyonu ve diseksiyonunu 40-65 °C sıcaklık aralığında gerçekleştiren bir klinik yöntemdir. Coblation tonsillektomi wandlarının tanıtılmasından bu yana kanıtlanmış patentli Coblation teknolojileri kulak, burun ve boğaz (KBB) alanında kullanılmaktadır [4].

## IV. YÖNTEM VE METOD

### A. Güç Kaynağı(Yüksek voltaj) Üretimi

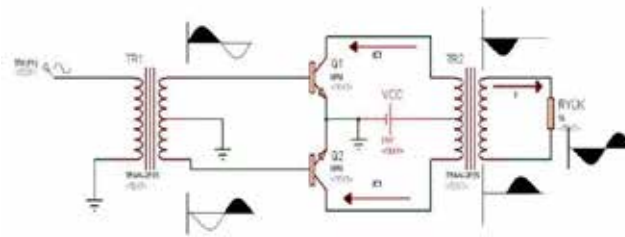
Bu çalışmada yapılandırılan prototipin blok diyagramı şekil 1'de sunulmuştur. Araştırmada hedeflenen mikrocerrahi ameliyatlarında kullanılmak üzere, plazma ile belirgin bir doku kesisi yapılabilmektedir. Cihazın elektronik bileşen olarak tanımlanan, yüksek voltaj güç kaynağında (HV) kritik bir nokta, çarpılma hissi uyandırmadan uygulama yapabilmek için 10 KHz'in üstündeki frekanslarda çalışma gerekliliğidir.

Çünkü insan sinir sisteminin algılayabildiği ve tepki verebildiği en yüksek frekans değeri yaklaşık 1000Hz'dir



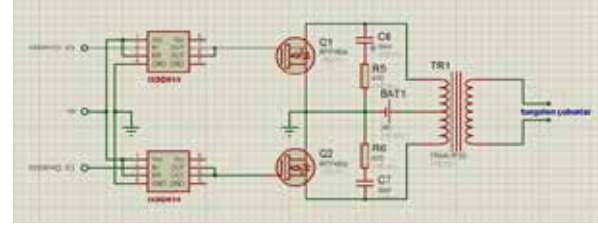
Şekil 1. Prototip cihazın blok diyagramı

Son yıllarda yapılan çalışmalarda farklı frekanslarda üretilen yüksek gerilim ve plazmanın, farklı teröpatik etkileri olduğu şeklindedir. Bu sebeple geniş frekans, gerilim ve güç aralığında çalışabilme kabiliyeti olan bir HV güç kaynağı üretimi planlanmıştır. Tam köprü (H bridge), yarım köprü (half bridge), buck boost, flyback, push-pull gibi çeşitli gerilim üreteç teknikleri olduğu halde, push-pull yöntemi kullanılarak bir tasarım yapılmıştır. Push-pull topolojisinin, gerilim kazancı ve çift izolasyona uygun olması nedeniyle bu karara varılmıştır. Push-pull bir yükselteçte iki transistör/mosfet bulunur ve giriş sinyalinin bir periyodunun iki ayrı alternansında sırayla iletime geçerler. Transistörlerden biri iletimde iken diğeri yalıtımdadır. Şekil 2'de push-pull yükselteç devresi örneği görülmektedir. Transistörlerin çıkışındaki sinyal transformatörün sekonderinde birleşir. Ancak birleşme noktalarında bazen pozitif alternanstan negatif alternansa, bazen de negatif alternanstan pozitif alternansa geçişte bozulmalar görülür. Bu durum, çıkışta distorsiyon (sinyal bozulması) oluşturur. Geçiş sırasında transistörü iletime sokacak base polarması gerilim bölücü dirençler yardımıyla sağlanmış olur. Bu tür devreler, AB sınıfı push-pull yükselteç olarak çalışır [5].



Şekil 2. Push-pull yükselteç devresi örneği

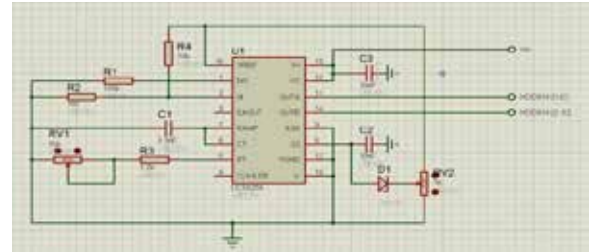
Mosfetler, transistörlere göre daha hızlı bir biçimde anahtarlama yapabildiklerinden ve anahtarlama yaptıklarında 1-10 ohm gibi çok küçük dirence sahip olduklarından tasarlanan devrede mosfet tercih edilmiş olup piyasada yaygın olarak bulunan IRFP serisi güç mosfetlerinden IRFP450 modeli seçilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Mosfet-mosfet sürücü ve transformator devresi

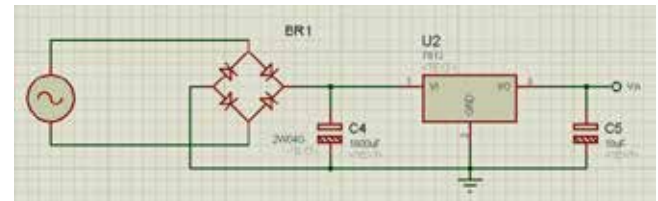
Mosfet ve igtb gibi anahtarlama elemanlarının yüksek frekansla çalıştırdığımız zaman, anahtarlama işlemlerini, açılıp kapanma işlemlerini olabildiğince hızlı yapabilmek zorundadır. Bir mosfeti iletime sokmak demek Gate-Source arasında görünen kapasitesini eşik voltajı değerinin üstüne kadar şarj etmek demektir. Aynı şekilde mosfeti yalıtıma geçirmek demek bu kapasitede depolanmış voltajı eşik voltajının altına kadar boşaltmak demektir. Mosfetlerin hızlıca iletime ve kesime geçirilmesi için bu kapasitelerin hızlıca şarj ve deşarj edilmesi gerekir. Bu da yüksek akım demektir. Bu sebeple mosfetleri sürebilmek için bir çok yol olsa da, kolaylık sağlama açısından mosfet sürücü entegre kullanılması tercih edilmiştir [6,7,8]. Bu sebeple IXDD614 ultra hızlı sürücü entegre kullanılmıştır.

HV güç kaynağında puls genişliği kontrolü ve geniş bir frekans aralığı hedeflendiği için göreceli olarak yeni nesil PWM kontrol çiplerinden olan UC3825 entegresi kullanılmıştır. UC3825 entegresi ile tasarlanan devre şekil 4'da görülmektedir.



Şekil 4. UC3825 entegresi ve frekans ayar devresi

Tasarlanan devrelerdeki kullanılan entegrelerin çalışma voltaj aralıkları datasheetlerinden bakılarak, LM7812 pozitif gerilim regülatörü ile tasarlanan devre sayesinde entegrelerin beslenme voltajları sağlanmıştır. Bu devre şekil 5'de görülmektedir.



Şekil 5. Tam dalga doğrultucu ve regülatör devresi

Tasarımdaki kritik noktalar: kolay olması, çift izolasyona uygun olması, gerilim kazancı nedeniyle düşük gerilimde çalışma için uygun olmasıdır. Bu noktada, transformator tasarımı, en kritik noktalardan bir tanesidir. Primer tarafındaki

çift sargının olabildiğince özdeş olması transformatörün doyuma gitmesini engellemek açısından önemlidir. Araştırmalar sonucunda oluşturulmaya başlanan ilk prototip devre Şekil 5'de görülmektedir.



Şekil 5. İlk oluşturulan prototip devre

### B. Gaz Kaynağı Kontrol Ünitesi

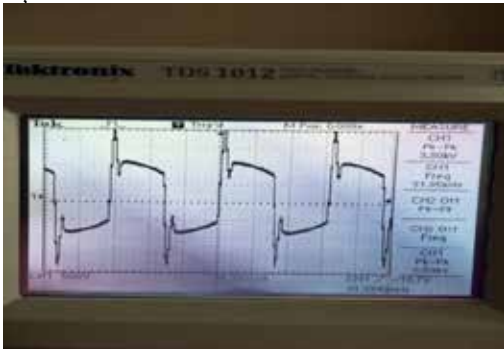
Sistem argon gazı ile beslendiğinden dolayı bu gaz akışının kontrolünü ve ark oluşumunu kontrollü bir biçimde sağlamak için gaz kaynağı kontrol ünitesi oluşturulmuştur. Bu devrede yeni nesil mikrodenetleyicilerden biri olan PIC18F4550 kullanılmıştır. Bu devre genel olarak frekans ayarını ve pedal-tetik kontrolünü yapmamızı sağlayan iki kısımdan oluşmaktadır (Şekil 6). Bununla birlikte gaz akışının kontrolü için ise solenoid valf sürücü devresi gerekmektedir.



Şekil 6. Pedal-tetik devresi ve solenoid valf sürücü devre

### V. SONUÇ

UC3825 entegresinin giriş çıkışları ölçülerek düzgün çalışıp çalışmadığı kontrol edilmiş, 11. ve 14. çıkış pinlerindeki sinyaller osiloskop üzerinden gözlemlenerek mosfet sürücü entegrelerin tetiklenip tetiklenmediğinin kontrolü yapılmıştır ve devredeki trimpot ile frekans çıkış aralığı kontrol edilmiştir (min. Frekans 5.25khz – max. Frekans 171.49khz). Yüksek voltaj devresinin çıkış gerilimi, yaklaşık 32 kHz ayarında şekil 7'de görüldüğü gibi 3.8kV peak to peak(Vpp) olarak ölçülmüştür.



Şekil 7. Yüksek voltaj çıkış gerilimi

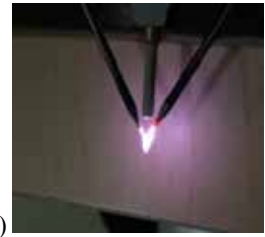
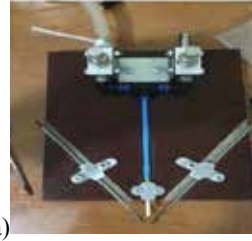
Oluşturulan prototip devre ile stabil testler yapabilmek için 2 adet tungsten çubuktan oluşan basit bir düzenek hazırlanmıştır. Şekil 8a'de görülen bu düzenekte tungsten çubuklar dışında, plazma oluşumunda kullanılacak olan

gazın(Argon) iki iletken çubuk arasına püskürtülmesini sağlayan iğne vana ve bu vanaya gelen gaz akışını ayarlamamızı sağlayan vanalar bulunmaktadır. Oluşturulan tungsten prob düzeneği ile, tungsten problemler arasındaki mesafeler ayarlanarak plazma oluşumları gözlemlenmiştir. Tungsten problemler üzerinde yapılan deneylerde mesafe parametresi 4 mm'den başlatılarak azalan mesafe aralıklarında plazma oluşumuna bakılmıştır. Bu mesafe ışımaya oluşumu tablo I' de gösterilmiştir. Bunun ile birlikte test aşamasında elde ettiğimiz ışımaya görüntüsü ise şekil 8b'deki gibidir.

TABLO I. MESAFE PARAMETRELERİ

Mesafe(mm)	Işıma Gözlenmesi
4	Işıma gözlenmedi
3	Işıma gözlenmedi
2	Işıma oluşması zor/ya da gözlenmiyor
1	Işıma gözlendi.

Atmosferik ortamda olabildiği kadar küçük bir alanda etkinlik beklenmektedir. Bu sebeple, plazma prob tasarımı oldukça önemlidir. Şekil 8b, araştırma kapsamında tasarlanan ve yapılandırılan donanımın, çalıştığını göstermektedir. Bundan sonraki aşama, gözlemlenen ışımada elektrot arası açının etkisinin değerlendirilmesidir.



Şekil 8. a) Enine tungsten yuvası genişletilmiş ve kanal açılmış prob düzeneği  
b) Mesafe testi sırasında oluşan ışımaya

Tungsten çubukların gömülü olduğu tahta düzeneği görüldüğü gibi çubukların hareket etmesini sağlamak amaçlı enine genişletilmiştir. Kanallar açılarak, değişik açılarda konumlandırılma yapılması sağlanmıştır. Yapılan testlerde göreceli olarak genişletilen elektrot yuvalarında 65-70° arasında testler yapılarak plazma ışımada farkların olup olmayacağı incelenmiştir. Burada bütün derecelerde Argon gazı basıncının eşit olarak beslenmiştir (=1,5 Bar). Bu denemelerde gözle görülebilir herhangi bir fark tespit edilmemiştir.

Sonuç olarak, bu araştırma mikrocerrahide kullanılabilir nitelikte oldukça küçük boyutta ve atmosferik koşullarda plazma ışımalarının oluşturulabildiği sistemin, donanımsal niteliklerini ortaya koymuştur. Bu çalışma, 2016-2017 güz ve bahar dönemi, Başkent Üniversitesi Biyomedikal Mühendisliği bölümü bitirme projesi olarak tamamlanan ilk prototipin içeriğini kapsamaktadır. Bu ön veriler kullanılarak, TÜBİTAK 1001 Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Desteği başvuru yapılmış ve proje no: 116E144 nolu araştırma projesi olarak kabulü alınmıştır. Bu destekle, donanımsal iyileştirme ve plazma tabanlı cerrahi cihaz geliştirme çalışmalarına başlanmış ve halen devam etmektedir.



#### KAYNAKLAR

- [1] Compton, K.T and Langmuir, I. "Electrical Discharges in Gases. Part I. Survey of Fundamental Processes", *Rev. Mod. Phys. Vol.2, 1930, p 123.*
- [2] Dobrynin, D., Fridman, G., Friedman, G., Fridman, A. "Physical and biological mechanisms of direct plasma interaction with living tissue", *New J. Phys. Vol.11, 2009, p115.*
- [3] Weltmann, K.D., Kindel, E., von Woedtke, T., Hähnel, M., Stieber, M., Brandenburg, R., "Atmospheric-pressure plasma sources: prospective tools for plasma medicine", *Pure Appl. Chem. Vol. 82, 2010, p 1223.*
- [4] Stadler, K. R., "Electrosurgical plasmas", *J. Phys. D: Appl Phys., Vol.38, p 1728.*
- [5] Boylestad, R.L. and Nashelsky L., *Electronic devices and circuit theory*, Pearson Prentice Hall, USA, 2009.
- [6] Demirel, H., *Elektronik 1*, Birsen Yayınevi, Türkiye, 2015.
- [7] [http://www.tubecad.com/index\\_files/page0021.htm](http://www.tubecad.com/index_files/page0021.htm)
- [8] <http://powerelectronicdesign.blogspot.com.tr/2014/05/mosfet-ve-igbt-surme-teknikleri.html>