



Soğuk Atmosferik Plazma (SAP) Kullanarak Dövme Silme Tattoo Removal Using Cold Atmospheric Plasma (CAP)

Elif Çukur¹, Utku Kürşat Ercan²

¹Biyomedikal Teknolojileri A.B.D, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, İzmir, Türkiye

²Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, İzmir, Türkiye
elifcukur@gmail.com, utkuercan@gmail.com

Özetçe—Kalıcı dövme silmesinde en çok başvurulan yöntem lazer ile dövme silmedir. Farklı dalga boyları ile çeşitlilik gösteren lazerler monokromatik (tek dalga boyu) özelliğe sahip olduğundan tek bir çeşidi tüm dövme boyası renkleri üzerinde etkili olamamaktadır. Bu dezavantajın üstesinden gelebilmek için çok renkli (içinde birden fazla renk bulunduran) dövme silme lazerleri kullanılmaktadır. Lazer ile etkinliğinin giderilmesi en zor olan renkler yeşil ve sarıdır. Bunun yanı sıra lazerler, bazı yara izi veya renk farklılaşmalarına neden olabilecek istenmeyen doku hasarları oluşturabilir. Bu çalışmada, yukarıda belirtilen şekilde yan etkiler barındıran lazere dövme silme konusu üzerinde, soğuk atmosferik plazmanın diş hekimliği alanındaki diş beyazlatma uygulamalarından yola çıkarak lazere nasıl bir alternatif olabileceği üzerinde durulmuştur. Plazmanın kalıcı dövme boyası üzerine etkisini gözlemlemek için yapılan bu çalışmada 6 farklı renk dövme boyası seçilmiş, ihtiva ettiği pigmente göre en karakteristik spektrum verdiği konsantrasyon seçilmiş, süre bağımlı değiştirilen parametreler ile soğuk atmosferik plazma (SAP) uygulaması yapılmış ve son olarak insan derisi taklit edilmiş üzere agaroz jel ile SAP uygulanmıştır. Plazmanın en çok etkinlik gösterdiği renk yeşil olmak ile birlikte tüm renkler üzerinde renk açıcı etki göstermiştir.

Anahtar Kelimeler — soğuk atmosferik plazma; dövme boyası; pigment; agar; renk açma.

Abstract—This The most commonly used method of permanent tattoo removing is lasers. Since lasers varying with different wavelengths have monochromatic (single wavelength) characteristics, only one type of laser can not affect all the tattoo colors. In order to overcome this disadvantage, more than one type of laser is used in multi-color (with more than one color) tattoos. The colors that are most difficult to remove with laser are green and yellow. In addition, lasers can cause undesirable tissue damage, which can cause some scarring or color differentiation. In this study, it was emphasized how the laser could be an alternative to the laser about tattoo removing which has the side effects as mentioned above, by way of tooth whitening

applications in the area of dentistry of cold atmospheric plasma (CAP). In this study on permanent tattoo removing, 6 different colored dyes were selected, the concentration giving the most characteristic spectrum according to the contained pigment was selected, the cold atmospheric plasma was applied with time dependent modified parameters and finally the CAP application with agarose gel was performed to imitate human skin. The most active color of the plasma showed color-fading effect on all colors with being green. In addition being the most effective on green color, CAP showed color-fading effect on all colors.

Keywords — cold atmospheric plasma; tattoo ink; pigment; agarose gel; color-fading.

I. GİRİŞ

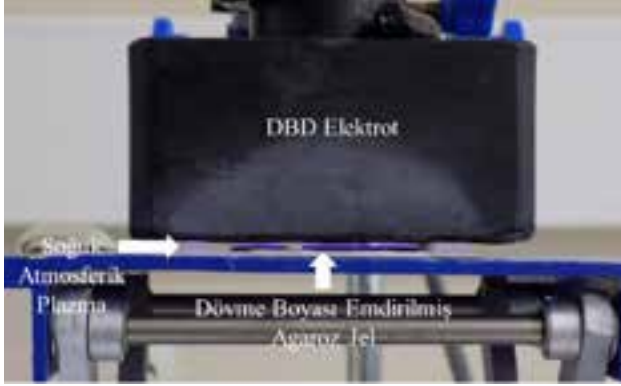
Dünya üzerinde binlerce kişinin kendini ifade etme şekli olan dövme silme bir süre sonra anlamlarını yitirmeleri veya solmaları sebebiyle kalıcı olarak silinmeye maruz kalmıştır. Şimdiye kadar mevcut lazer çeşitleri ile bu işlem hali hazırda yapılmaktadır.

Dövmeli bir bireyde ortalama olarak dövme silme cildin yüzey alanının % 2,5'ini kaplar [1]. Bir dövme yapılırken dövme mürekkebi elektrikli bir titreşim cihazı yardımıyla cildin yüzeyinden pigmentin uzun süre bulunacağı dermise aktarılır. Dermise yerleştirildikten sonra pigment deriden çıkmaya çalışırken kısmen dağılır; ancak epiderminin altında yakalanır, kısmen damarlara, özellikle de lenf nodlarına geçmeye çalışır [2]. Yani, dövme işleminden yaklaşık 42 gün sonra ciltteki pigment, ilk dozun %32'sine düşmüş olur [1].

Her bir dövme boyası kendine rengini veren çeşitli pigmentlerden oluşmuştur. Bu pigmentler barındırdığı moleküllerin karakteristiğine göre bir dalga boyu aralığı verir ve gözün retina tabakasındaki fotoreseptörler sayesinde bu dalga boyları renk olarak algılanır.

Cihaz Tasarımı 2

13 Ekim 2017 - 09.00-10.30 - Salon B



Şekil 1. Dövme boyası emdirilmiş dövme boyası üzerine DBD elektrot ile soğuk atmosferik plazma uygulaması

Bu algılama, ışığın maddeler üzerine çarpması ve kısmen soğurulup kısmen yansması nedeniyle çeşitlilik gösterir ki bunlar renk tonu veya renk olarak adlandırılmaktadır. İnsan gözü 380 ile 780 nm (nanometre) arasındaki dalga boylarını algılayabilir, bu nedenle elektromanyetik spektrumun bu bölümüne görünür ışık spektrumu adı verilmiştir.

Kalıcı dövmelemin yaygın kabul görmesine ve popüler olmasına rağmen, dövmelemin silinmesi için de önemli bir talep vardır. Dövme çıkarılması, yaygın olarak yüksek güçlü lazerlerin kullanılmasını gerektiren karmaşık bir işlemi temsil eder. Şimdiye kadar, dövme çıkarma için en çok; pulsed dye lazer (510 nm), Nd: YAG lazer (1064 ve 532 nm), Ruby lazer (694 nm) ve Alexandrite lazer (755 nm) kullanılmıştır [3]. Bahsi geçen lazerlerin dövme silme üzerine etkinliği görülmek ile birlikte birçok yan etkiye de sahiptir. Örneğin, lazerler cildin ısıtılmasına ve yanıklara neden olabilir ve ayrıca iyileşmeden sonra da kalması muhtemel bazı yara izi veya renk farklılaşmalarına neden olabilecek diğer istenmeyen doku hasarı görülebilir. Dövme mürekkeplerinin tamamen çıkarılmasında mevcut lazer tabanlı prosedürler yüksek masraflı çoklu tedavilere ve ağrıya neden olabilir. İşlemden geçirilmiş ciltte yara izi, şekil bozukluğu veya depigmentasyon görülebilir [2]. Bu çalışmada, yukarıda belirtilen şekilde yan etkiler barındıran lazere dövme silme konusu üzerinde, soğuk atmosferik plazmanın dış hekimliği alanındaki dış beyazlatma uygulamalarından yola çıkarak dövme boyasının renginin seyreltilmesi hatta silinmesi üzerine araştırma ve testler yapılmıştır.

Plazma maddenin dördüncü halidir. Başka bir tabirle iyonlaşmış gaz topluluğudur. Elektrik alan ile desteklenen tüm plazmalarda elektronlar dış enerjiyi ağır iyonlardan çok daha hızlı alır, böylece çevreleri ısınmadan önce birkaç bin dereceye kadar ısınabilen olanağına sahiptirler. Termal plazmada ağır partiküllerin sıcaklığı elektron sıcaklığına neredeyse eşit olduğunda, elektronlardan ağır partiküllere gelen enerji akısı ağır parçacıklardan çevreye enerji akışını dengeler. Öte yandan termal olmayan plazmada, iyonların ve yüklenmemiş moleküllerin soğutulması, elektronların

enerji transferinden daha etkilidir ve gaz düşük sıcaklıkta kalır. Bu nedenle termal olmayan (soğuk) plazma olarak adlandırılırlar [4]. Canlı dokulara soğuk atmosferik plazma (SAP) uygulaması, modern plazma fiziğinde ve tıp bilimlerinde popüler bir konudur. Plazma bakteri inaktivasyonu yapabilir, bu da yara iyileşmesi ve cilt hastalıkları ve diş çürüğü tedavisi için çekici bir araç haline getirir [5]. Memeli hücreleri ve dokuları üzerindeki plazmanın hem biyolojik hem de fiziksel perspektiften etki mekanizmaları ile ilgili birçok açık konu bulunmak ile birlikte bu çalışmada dövme boyası silme üzerinde durulmuştur.

II. MATERYAL VE METOD

A. Plazma Muamelesi

Bu çalışmada soğuk atmosferik plazma mikrosaniye darbeleri bir güç kaynağı kullanılarak elde edilmiştir. Plazma uygulaması 2,5 kHz ve 31,5 kV değerlerinde 2 mmdeşarj aralığında yapılmıştır.

B. Metod

1) Dövme Boyası Üzerine SAP Uygulaması:

Pigmentler, tipik olarak moleküler formda boyanmış veya boyanmamış olan kimyasal bir tekli maddeden (renklendiriciden) yapılmış mikro veya nano parçacıklı partiküllerdir. Dövme mürekkepleri olarak satılan ürünlere belirli bir rengi veren pigmenttir ve bu şekilde yapılan dövme kalıcıdır [1]. SAP uygulamasında dövme boyasına rengini veren çeşitli pigmentlerin etkinliği giderilmeye yani soldurulmaya çalışılmıştır.

Bu çalışmada plazmanın kalıcı dövme boyası üzerine etkinliğini görmek amacıyla mavi, yeşil, kırmızı, sarı, beyaz ve siyah olmak üzere 6 farklı renk dövme boyası (Intenze Tattoo Ink) seçilmiştir. Dövme boyaları konsantrasyon farklarına göre ayrılmadan önce bir filtre kağıdının üzerine hiç seyreltilmeden aktarılıp SAP uygulaması yapılmıştır.

Soğuk atmosferik plazma uygulaması DBD (Dielectric Barrier Discharge - Dielektrik Bariyerdeşarjı) elektrot ile 2,5 kHz ve 31,5 kV değerlerinde 3, 5, 7,10 ve 15 dk; aralıklı olarak aynı örnek üzerine yapılmıştır.

2) Reflektans Ölçümü:

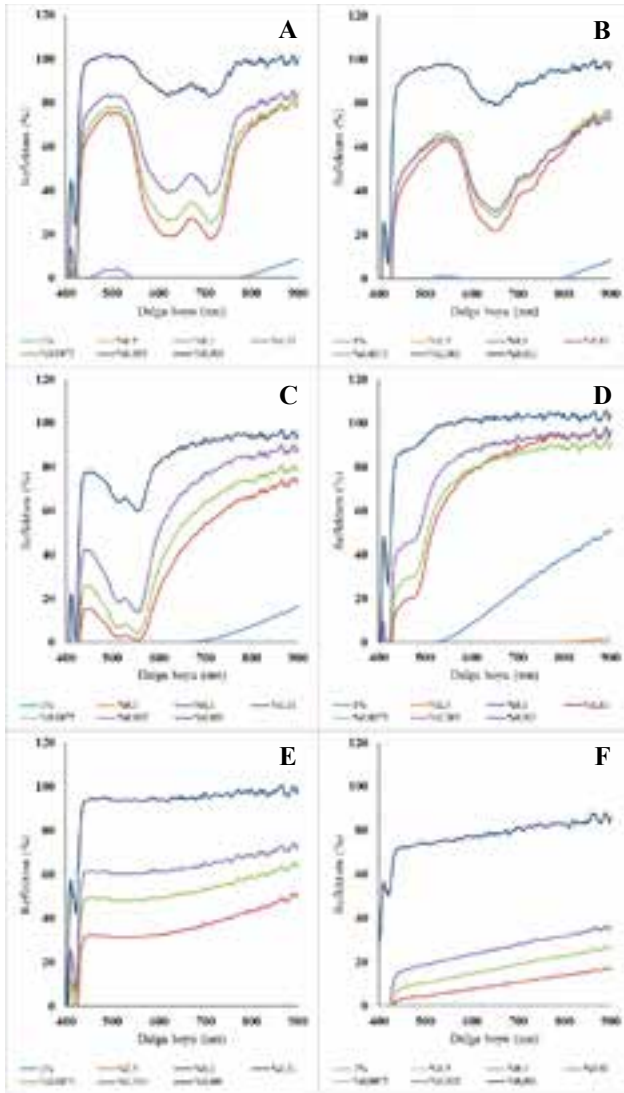
SAP'nin dövme boyasını silmede etkili olduğu konsantrasyon aralığını bulabilmek için her rengin %1'den %0,001'e kadar çeşitli derişimlerde (%1, %0,5, %0,1, %0,01, %0,0075, %0,005 ve %0,001) distile su ile seyreltilmiştir. Reflektans için yukarıdaki derişimler ile hazırlanan dövme boyalarından 1 ml alınarak küvetlere koyulup Ocean Optics DH-2000-BAL ile 189-1099 nm arası spektrum ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar (Şekil 2) ışığında %0,01 konsantrasyonunda seyreltilmiş dövme boyası seçilerek SAP uygulamasına geçilmiştir. Soğuk atmosferik plazma DBD elektrot ile 2,5 kHz ve 31,5 kV değerlerinde 5, 10 ve 15 dk boyunca 1 ml hacimli cam

Cihaz Tasarımı 2

13 Ekim 2017 - 09.00-10.30 - Salon B

haznede bulunan dövme boyasına uygulanmıştır. Daha sonra 6 renk üzerinde en çok açılmanın görüldüğü 15 dk uygulama seçilerek (lazerde olduğu gibi seans şeklinde tekrarlama mantığı üzerinden) önceden 15 dk plazma uygulanmış dövme boyası tekrar 15 dk plazmaya maruz bırakılırsa nasıl etkiler görüleceği araştırılmıştır. Elde edilen sonuçların reflektans grafikleri Şekil 3'de görülmektedir (Bu grafikleri veren dövme boya ları Şekil 5'te yer almaktadır).

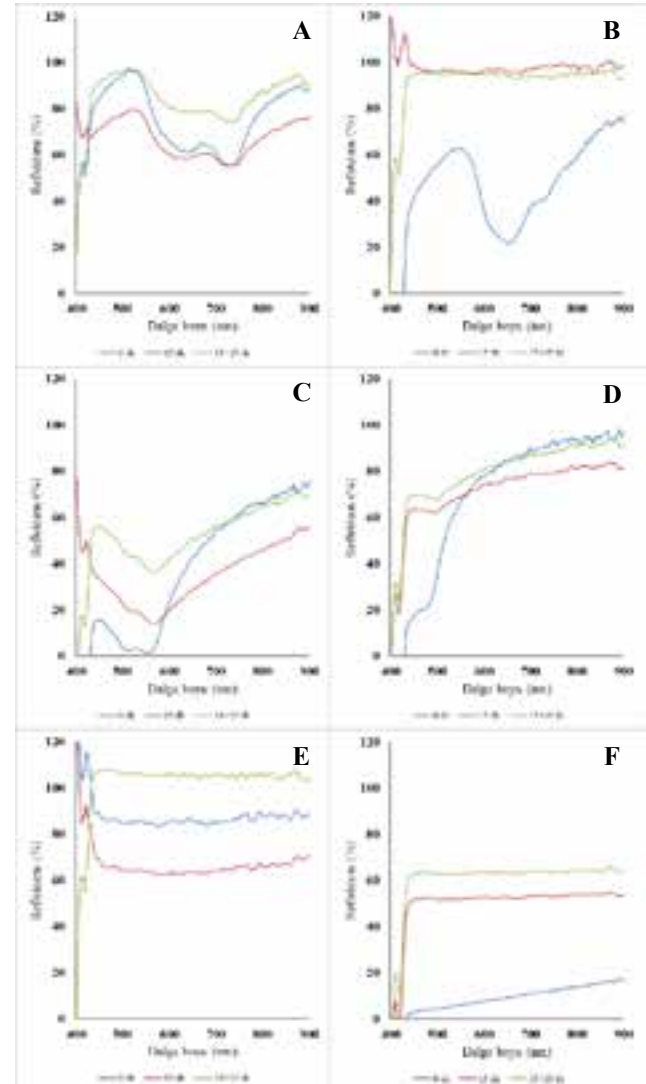
oluşturmaktadır. İnsan derisini mimik etmek üzere hazırlanan agaroz jel modelinde kalınlığı yaklaşık 2 mm olacak şekilde %0,01 konsantrasyona sahip 6 farklı dövme boyası 15g/l agar (05039-500G Sigma-Aldrich®) ile karıştırılıp 6 farklı petriye dökülmüştür. 1 cm x 1 cm kareler halinde kesilen dövme boyalı agaroz jel her renkten bir örnek alınarak lamin üzerine dizilmiştir. Dövme boyalı agaroz jel parçaları, sadece bir kez 15 dk ve iki kez üst üste 15 dk plazma muamelesine (2,5 kHz ve 31,5 kV değerinde DBD elektrot ile) maruz kalmıştır. Elde edilen sonuçlar plazma uygulamasından önceki ve sonraki halleri ile Şekil 4'de karşılaştırmalı olarak görülmektedir.



Şekil 2. Altı farklı renk dövme boyasının (mavi (A), yeşil (B), kırmızı (C), sarı (D), beyaz (E) ve siyah (F)) çeşitli konsantrasyonlarda (%1, %0,5, %0,1, %0,01, %0,0075, %0,005 ve %0,001) 400-900 nm arası reflektans değerleri

3) Dövme Boyası ile Boyanmış Agaroz Jel Üzerine SAP Uygulaması:

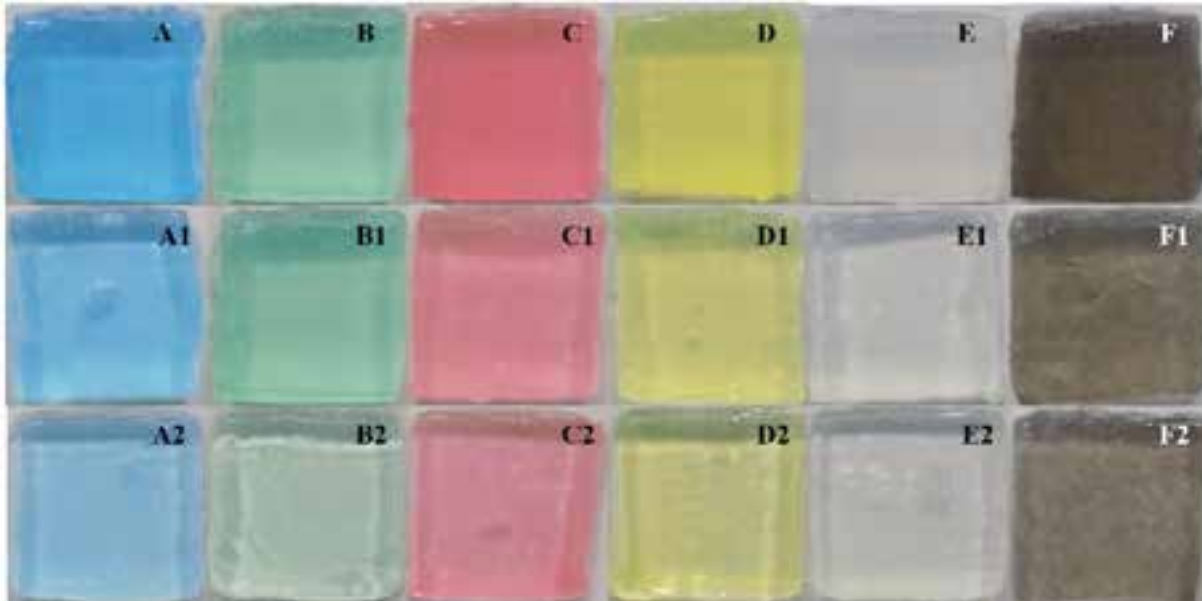
Çalışmanın diğer adımını lazerin *in-vitro* denemelerinden biri olan dövme boyalı agaroz jel



Şekil 3. %0,01 konsantrasyona sahip dövme boya larının (mavi (A), yeşil (B), kırmızı (C), sarı (D), beyaz (E) ve siyah (F)) plazma muamele süresi bağımlı (0 dk(kontrol), 15 dk ve 15+15 dk) 400-900 nm arası reflektans değerleri

Cihaz Tasarımı 2

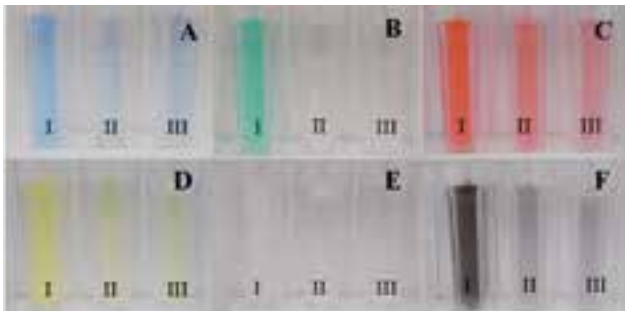
13 Ekim 2017 - 09.00-10.30 - Salon B



Şekil 4. Şekilde 0, 15 ve 15+15 dk soğuk atmosferik plazma uygulanan agaroz jel fotoğrafları yer almaktadır. İlk satır kontrol grubunu (0 dk) temsil etmektedir (mavi (A), yeşil (B), kırmızı (C), sarı (D), beyaz (E) ve siyah (F)). İkinci satırda 15 dk ((mavi (A1), yeşil (B1), kırmızı (C1), sarı (D1), beyaz (E1) ve siyah (F1)), üçüncü satırda ise 15+15 dk ((mavi (A2), yeşil (B2), kırmızı (C2), sarı (D2), beyaz (E2) ve siyah (F2)) plazma uygulanan agaroz jel fotoğrafları bulunmaktadır.

III. SONUÇLAR

Farklı renklerin yansıma spektrumları Şekil 2'de gösterilmektedir. Benzer renkler olmasına rağmen dövme boyalarının tamamen farklı pigmentler bulunması nedeniyle yansıma davranışlarında belirgin farklılıklar sergilediği anlaşılmaktadır.



Şekil 5. %0,01 konsantrasyona sahip dövme boyalarının (mavi (A), yeşil (B), kırmızı (C), sarı (D), beyaz (E) ve siyah (F)) soğuk atmosferik plazma uygulaması öncesi ve sonrası 1 ml'lik küvetlerdeki fotoğrafları görülmektedir. İlk sırada (I) yer alan küvetler kontrol grubu olup plazma uygulanmamıştır. İkinci sırada (II) yer alan küvetlerde 15 dk plazma uygulanan dövme boyaları bulunurken üçüncü sırada (III) 15+15 dk plazma uygulaması yapılmış dövme boyaları görülmektedir.

Şekil 3'de ise SAP ile lazere benzer bir uygulama yapıldığında dövme boyasının içerdiği pigmentlerin verdiği spektrum görülmektedir. %0,01 konsantrasyona sahip dövme boyası plazma uygulama süresine bağlı olarak spektrum karakteristiğini değiştirmiş veya reflektans değerinin tümünden artıp azalmasına sebep olmuştur.

Dövme boyalı agaroz jel üzerine plazma uygulamasında amaç insan derisini mimik eden bir düzende, jelin yüzeyinden yaklaşık 1 mm derinlikte (Dövme insan derisinde yaklaşık 1 mm derinlikte dermis tabakasına enjekte edilir.) dövme boyasının etkinliğini görmektir. Mavi renkte ikinci tekrar 15 dk uygulamadan sonra rengin doymuşlaşması gözlenirken yeşil, kırmızı, sarı ve siyahta plazma uygulama süresi arttıkça renkte solma gözlenmiştir (Şekil 4). Devam eden testler ile soğuk atmosferik plazmanın dövme boyası silme üzerine etkinliği daha ayrıntılı olarak karakterize edilecektir.

KAYNAKÇA

- [1] Jacobsen, E., Tønning, K., Pedersen, E., Bernth, N., "Chemical Substances in Tattoo Ink", 2012, Miljøstyrelsen.
- [2] Winkelman, J.W., Schmiege, M.E., "Systems and Methods for Tattoo Removal Using Cold Plasma", 2016, U.S. Patent Application Publication, US 2016/0331439 A1.
- [3] Gomez, C., Martin, V., Sastre, R., Costela, A., Garcia-Moreno, I., "In Vitro and In Vivo Laser Treatments of Tattoos", 2010, Arch Dermatol, 146(1):39-45.
- [4] Fridman, G., Friedman, G., Gutsol, A., Shehter, A. B., Vasilets, V. N., Frifman, A., "Applied Plasma Medicine", 2008, Plasma Process. Polym., 5, 503-533.
- [5] Stoffels, E., Sakiyama, Y., Graves, D. B., "Cold Atmospheric Plasma: Charged Species and Their Interactions With Cells and Tissues", 2008, IEEE Transactions on Plasma Science, Vol. 36-4:1441-1457