

T.C.  
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YALITKAN ENGEL DEŞARJI

SÜNDÜZ KORKMAZ

Danışman  
Yrd. Doç. Dr. Lütfi ÖKSÜZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
FİZİK ANABİLİM DALI

ISPARTA, 2005

YALITKAN ENGEL DEŞARJI

Sündüz KORKMAZ

Yüksek Lisans Tezi  
FİZİK ANABİLİM DALI  
ISPARTA 2005

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER .....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZET .....	iv
SİMGELER DİZİNİ.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
TABLolar DİZİNİ.....	x
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK BİLGİSİ.....	4
2.1. Yüksek Basıncılı Deşarj Plazmaları .....	4
2.2. Yalıtkan Engel Deşarjı Düzenekleri.....	8
2.2.1. Hacim Deşarjı Deney Düzeneği.....	8
2.2.2. Yüzey Deşarjı Düzeneği.....	9
2.2.3. Eş düzlemlili Deşarj Düzeneği.....	12
2.3. Deşarj Fiziği.....	14
2.3.1. Kırılma Olayı ve Mikrodeşarj Oluşumu.....	16
2.3.2. Filamentar Yalıtkan Engel Deşarjının Mikroskobik Davranışı.....	20
2.4. Mikrodeşarj Oluşumunun ve Mikrodeşarjların Birbirleriyle Olan Etkileşimlerinin Fiziksel Yapısı.....	29
2.5. Yalıtkan Engel Deşarjının Uygulama Alanları.....	34
2.6. Plazma ve Tekstil .....	35
2.6.1. Endüstrüyel Kumaşlar ve İpler.....	37
2.6.2. Yün ve Plazma.....	38
3. MATERYAL VE METOD.....	39
3.1. Deneysel Olarak Yalıtkan Engel Deşarjının Gerçekleştirilmesi.....	39
4.BULGULAR.....	49
5.TARTIŞMA VE SONUÇ.....	73
6.KAYNAKLAR.....	84
ÖZGEÇMİŞ.....	86

## ABSTRACT

## DIELECTRIC BARRIER DISCHARGE

Dielectric barrier discharge (DBD) is a typical non-equilibrium high-pressure gas discharge. Such devices are beneficial for industrial acceptance, since the absence of vacuum systems and these devices can be operated in the atmospheric pressure region. DBD is an excellent source of ideal energetic electrons with 1-10 eV and high density. . Therefore, its unique advantage is to generate low excited atomic and molecular species, free radicals and excimers with energy of several electron volts. There are two modes of DBD. The common mode is the filamentary one, but under very special conditions a diffuse (glow) mode can be generated. Today, dielectric barrier discharge ozonizers are effective tools and a large number of ozone installations are being used worldwide for water treatment. Other applications are the pumping of CO<sub>2</sub> lasers, the generation of excimer radiation in the UV and VUV spectral regions, the production of methanol from methanoyxygen, various thin-film deposition processes, the remediation of exhaust gases and for plasma display panels. Recently, the use of a DBD in analytical spectrometry has been reported, i.e. as a microchip plasma for diode laser atomic absorption spectrometry of excited chlorine and fluorine in noble gases and in air/noble gas mixtures.

DBDs have a great flexibility with respect to their geometrical shape, working gas mixture and operation parameters (gap distance, frequency, thickness of the insulating plates, applied voltage amplitude, pressure and ...). Under varying experimental parameters DBD will be examined. The electrical characteristics current and voltage signal variation of DBD with respect to frequency, applied voltage and shape of the applied voltage were investigated. The electrical characteristics of DBD is presented by discussing experimental results.

The presence of scale on a wool fiber surface introduces a number of problems such as felting and a surface barrier to dyestuffs in the wool industry. In the past, chemical methods were the major treatment for eliminating those problems. However, the effluents generated from wool dyeing and finishing processes are seriously contaminated with different kinds of chemicals, e.g. chlora-organic compounds from the anti-felt process. With the increasing of ecological and economical restrictions imposed on the textile industry, the industries were required to find environmentally favorable alternatives in wool treatment processes. Dielectric barrier discharge (DBD) is one of the treatment methods.

The results of the surface treatment, using an atmospheric pressure dielectric barrier discharge (DBD), of wool in order to establish the most suitable conditions for textile treatments, were presented. Surface treatment was performed. Wet ability of specimen were presented. From the results of this study; we understand that wet ability of specimen is increasing by plasma treatment using dielectric barrier discharge method.

**KEY WORDS:** Dielectric Barrier Discharge, Wool and DBD, Wet Ability of Wool

## TEŞEKKÜR

S.D.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programı çerçevesinde hazırladığım “Yalıtkan Engel Deşarjı” konulu bu tez için bana her türlü desteği veren ve yardımlarını esirgemeyen, çalışmanın gerçekleştirilmesi için gerekli ortamı hazırlayan Danışman Hocam Yrd. Doç. Dr. Lütfi ÖKSÜZ’e ve her türlü yardımını esirgemeyen Okt. Selçuk HELHEL’e teşekkürü bir borç bilirim. 2004 D-0841 nolu proje ile desteğini esirgemeyen S.D.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine de şükranlarımı sunar teşekkür ederim. Maddi manevi her an yanımda olan aileme minnet ve şükranlarımı sunarım.

## ÖZET

## YALITKAN ENGEL DEŞARJI

Yalıtkan engel deşarjı (Y.E.D.), tipik bir dengede olmayan yüksek basınçlı gaz deşarjıdır. Bu tür sistemler, vakum sistemine ihtiyaç duyulmadığından ve deşarj (plazma) atmosferik basınç civarında oluşturulduğundan dolayı endüstriyel alan için oldukça faydalıdır. Y.E.D., yüksek yoğunlukta ve 1-10 eV'lu ideal enerjili elektronların mükemmel bir kaynağıdır. Bu yüzden, Y.E.D.'nin eşsiz bir özelliği; düşük uyarılmış atomal ve moleküler türleri, birkaç elektron voltlu serbest radikalleri ve excimerleri oluşturmasıdır. Y.E.D.'nda iki mod gözlenir. Genellikle filamentary mod gözlenir ancak özel koşullar altında diffuse (glow) mod oluşturulabilir. Günümüzde Y.E.D. ozonatörleri oldukça etkili sistemlerdir ve dünya çapında çok sayıda ozon tesisatları suyun temizlenmesi işlemlerinde kullanılmaktadır. Y.E.D.'nin başlıca diğer uygulamaları; CO<sub>2</sub> lazerlerinin pompalanması, UV ve VUV spektral bölgelerinde excimer yayılımının oluşturulması, metanoksijenden metanol üretimi, çeşitli ince-film depolama işlemleri, eksoz gazlarının yok edilmesi ve plazma tv'lerdir. Son zamanlarda Y.E.D.'nin analitik spektrometrede kullanıldığı da bildirilmiştir, örneğin; Y.E.D., gazlar içinde ve hava/soygaz gaz karışımları içinde uyarılmış Klor'un ve Flüor'un diyot lazer atomik absorpsiyon spektrometrisi için mikroçip plazma olarak kullanılmıştır.

Yalıtkan Engel Deşarj'ları, geometrik şekillerine, çalışılan gaz karışımına ve işlem şartlarına (gep aralığına, frekansa, yalıtkan kalınlığına, uygulanan voltajın genliğine, basınca vs.) bağlı olarak oldukça büyük değişiklik gösterir. Bu çalışmada, çeşitli deneysel parametrelerin etkisi üzerinde çalışıldı. Y.E.D. sisteminin akım ve voltaj sinyallerinin elektriksel karakteristiklerinin; frekansa, uygulanan voltaja (voltaj genliğine) ve uygulanan voltajın şekline (sinüs, üçgen ve kare dalga) bağlı olarak değişimi araştırıldı. Yapılan deney sonucunda elde edilen bulgular yorumlarla birlikte verilmiştir.

Yün liflerinin yüzeyleri, keçeleşme ve yün endüstrisindeki boyarmaddeler için yüzey bariyerleri gibi problemler içermektedir. Geçmişte, bu problemleri ortadan kaldırmak için kimyasal metotlar en iyi işlemlerdi. Ancak, yünün boyanmasından ve terbiye işlemlerinden meydana gelen akıntılar ciddi oranda çeşitli kimyasallarla kirletilirler. Tekstil endüstrisi üzerinde ekolojik ve ekonomik sınırlamaların zorunlu olarak artışı ile, endüstriler yünün terbiyesi işlemlerinde çevreyle dost uygun alternatiflere gereksinim duydular. İşte Yalıtkan Engel Deşarjı da bu alternatif metotlardan biridir.

Tekstil endüstrisinde en uygun koşullara ulaşabilmek için atmosferik basınçta oluşturulan Y.E.D. ile yünün yüzey tedavisinin sonuçları verilmiştir. Bu çalışmada, yünün su emme kapasitesine Y.E.D.'nin etkisi araştırılmıştır. Sonuçlardan, Y.E.D. yöntemi kullanılarak yünün su emme kapasitesinin arttığı görülmüştür.

**ANAHTAR KELİMELEER:** Yalıtkan Engel Deşarjı, Yün ve Y.E.D., Yünün Su Severliği

## SİMGELER DİZİNİ

$C_d$	Yalıtkanın kapasitansı
$C_g$	Gep kapasitansı
$d$	Yalıtkanın kalınlığı
$E_{el}$	Elektrik enerjisi
$f$	Frekans
$g$	Gep mesafesi
$I$	Akım
$P$	Güç
$Q$	Yük
$R$	Direnç
$T$	Peritot
$\varepsilon$	Dielektrik geçirgenliği
$V_{pp}$	Uygulanan voltajın tepeden-tepeye değeri

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. N <sub>2</sub> , hava, H <sub>2</sub> , He ve Ar' un statik kırılması için Paschen kırılma voltajları.....	4
Şekil 2.2. Atmosferik basınçlı plazma çeşitleri.....	6
Şekil 2.3. Sık sık kullanılan yüksek basınçlı plazmalar.....	7
Şekil 2.4. Yalıtkan engel deşarjının tipik düzenekleri.....	8
Şekil 2.5.a. Yüzey deşarjı düzeneği.....	9
Şekil 2.5.b. Yüzey deşarjı modelinin yapısı ve enine kesitinin görünümü.....	10
Şekil 2.6. Yüzey deşarjı düzeneğinde, uygulanan voltajın bir periyodu süresince yüzey deşarjının dağılımının fotomultiplikator sinyali....	11
Şekil 2.7.a. Eş düzlemlili deşarj düzeneği.....	12
Şekil 2.7.b. Eş düzlemlili deşarj modelinin yapısı ve enine kesitinin görünümü (Okun olduğu yer elektriksel alanın maksimum olduğu yeri göstermektedir.)... ..	13
Şekil 2.8. Tek bir mikrodeşarj ve onun eşdeğer devresinin şematik olarak gösterimi.....	16
Şekil 2.9. Tek bir mikrodeşarjın şematik gösterimi; r <sub>max</sub> : filamentin yarıçapı, r <sub>o</sub> : mikrodeşarjın yalıtkan üzerinde yayıldığı alanın yarıçapı.....	17
Şekil 2.10. Y.E.D. için Lichtenberg şekilleri a) çalışma gazı Xe ve b) çalışma gazı hava (+15kV'luk tek bir puls).....	18
Şekil 2.11. a) Elektron topluluğunun zıt elektrot üzerindeki yalıtkana doğru yönelimi; b) Elektronların; pozitif iyon topluluğunun arkasında, yalıtkan yüzey üzerinde yayılımı.....	19
Şekil 2.12. %80 H <sub>2</sub> ve %20 CO <sub>2</sub> gaz karışımının kullanıldığı, gep aralığının 1mm olduğu bir deneydeki mikrodeşarjın 5ns, 10 ns ve 27,25 ns 'deki gelişim safhaları.....	21
Şekil 2.13. a) Tek bir elektrotun yalıtkanla kaplandığı Y.E.D. düzeneği b) eşdeğer devresi.....	22
Şekil 2.14. Besleme voltajı U(t) ve deşarj akımı I(t)'nin şematik olarak gösterimi.....	23



Şekil 2.15.	Voltaj, akım ve yük transferini ölçebilmek için alternatif bir deney düzeneği.....	24
Şekil 2.16.	Çalışma gazı olarak havanın kullanıldığı mod olarak filamentari olan Y.E.D.'nin osiloskop yardımıyla elde edilen voltaj ve akım grafikleri.....	24
Şekil 2.17.	Q-U osiloğrafik şekli (Lissajous Şekli).....	25
Şekil 2.18.	Y.E.D.'na uygulanan voltaj ve akım karakteristiği .....	27
Şekil 2.19.	Düşük frekanslardaki Lissajous şekli.....	28
Şekil 2.20.	4.57 mm gep aralığında 20,4 kHz frekanslı tek bir uyarım dalgası verilen ve çalışma gazının hava olduğu deneysel Y.E.D. sisteminde filamentlerin elde edilen fosfor görüntüleri.....	30
Şekil 2.21.	0.762 mm gep aralığında 20,9 kHz frekanslı on uyarım dalgası verilen ve çalışma gazının hava olduğu deneysel Y.E.D. sisteminde filamentlerin elde edilen fosfor görüntüleri.....	31
Şekil 2.22.	Y.E.D. düzeneğinde çığların, streamerın oluşumu ve Streamera bağlı olarak yük dağılımı, plazma kanalı ve mikrodeşarj kalıntısına bağlı olarak da gep içindeki bölgesel elektrik alan.....	33
Şekil 2.23.	Ozon jeneratörünündeşarj tüplerinin şematik gösterimi ve Los Angeles Aqueduct Filtration Plant'indeki geniş ozon jeneratörünün fotoğrafı.....	34
Şekil 2.24.	Plazma ile substratın ve plazma çemberinin etkileşimi.....	36
Şekil 2.25.	Y.E.D.'nin yün üzerinde oluşturduğu fiziksel değişim (pürüzlenme).....	38
Şekil 3.1.	Yalıtkan Engel Deşarjının oluşturulduğu deney düzeneği.....	39
Şekil 3.2.	Yalıtkan Engel Deşarjının oluşturulduğu deney düzeneğinin şematik gösterimi.....	39
Şekil 3.3.	Elektrot sisteminin a) soldan görünümü(topraklama yapılan elektrot)b) sağdan görünümü (yüksek gerilime bağlanan elektrot).....	40

Şekil 3.4.	Elektrotlar arası mesafenin ayarlanmasında kullanılan a) çevireç kol ve dijital kumpas, b) çevireç kol.....	41
Şekil 3.5.	Dijital Fosfor Osiloskop.....	41
Şekil 3.6.	Yüksek gerilim yükseltici.....	42
Şekil 3.7.	Sinyal Jeneratörü.....	42
Şekil 3.8.	Tektronix P6015A 1000x3,0 pF 100 MΩ prop.....	42
Şekil 3.9.	Deney düzeneğinde a) elektrot sisteminde mikrodeşarj oluşumu b) elektrot sisteminin eşdeğer devresi.....	47
Şekil 3.10.	Elektrot sisteminde tek yalıtkan kullanılması halindedeşarj yokken sistemin eşdeğer devresi.....	47
Şekil 5.1.	Çalışma gazı olarak havanın kullanıldığı mod olarak filamentary olan Y.E.D.'nin osiloskop yardımıyla elde elden voltaj ve akım grafikleri.....	73
Şekil 5.2.	1mm gepte Y.E.D.'nda oluşturulan mikrodeşarjlar.....	74
Şekil 5.3.	Y.E.D.'na tabi tutulan yünün a) 10 dk 27 sn sonraki hali (üstte Y.E.D.'na tabi tutulmamış yün, altta ise Y.E.D.'na tabi tutulmuş yün) b) 45 dk 38 sn sonraki hali c) 49 dk 48 sn sonraki hali d) 1 saat 24 dakika sonraki hali.....	75
Şekil 5.4.	Vpp değerleri 9280 volt olan, tüm şartların aynı tutularak yalnızca Frekans farklı tutularak sinüs dalda için elde edilen akım sinyalleri.....	76
Şekil 5.5.	40 Hz Vpp değeri 11040 Volt olan sinüsoidal voltajın sisteme verilmesiyle elde edilen mikrodeşarjların akım sinyali.....	77
Şekil 5.6.	40 Hz Vpp değeri 14080 Volt olan üçgen dalgalı voltajın sisteme verilmesiyle elde edilen mikrodeşarjların akım sinyali.....	77
Şekil 5.7.	40 Hz Vpp değeri 22240 Volt olan üçgen dalgalı voltajın sisteme verilmesiyle elde edilen mikrodeşarjların akım sinyali.....	78
Şekil 5.8.	1mm gep, 16 Hz frekanslı, Vpp=9120 Volt olan kare dalganın sisteme uygulanması ile elde edilen akım sinyali.....	78

- Şekil 5.9. 80Hz- 1kHz frekans aralığında diğer tüm şartların aynı tutulmasıyla (1mm gep aralığı, çalışma gazı hava ve  $V_{pp}$  değeri yaklaşık olarak 8960 Volt'tur) elde edilen lissajous şekilleri..... 79
- Şekil 5.10. 1,6 kHz- 5kHz frekans aralığında diğer tüm şartların aynı tutulmasıyla (1mm gep aralığı, çalışma gazı hava ve  $V_{pp}$  değeri yaklaşık olarak 8960 Volt civarındır) elde edilen lissajous şekilleri..... 80
- Şekil 5.11. 2kHz frekans aralığında ve voltaj (genlik değişimine bakılmıştır) hariç diğer tüm şartların aynı tutulmasıyla (1mm gep aralığı, çalışma gazı hava) elde edilen lissajous şekilleri..... 81
- Şekil 5.12. Y.E.D.'na tabi tutulan yünün a) 10 dk 27 sn sonraki hali (üstte Y.E.D.'na tabi tutulmamış yün, altta ise Y.E.D.'na tabi tutulmuş yün) b) 45 dk 38 sn sonraki hali c) 49 dk 48 sn sonraki hali d) 1 saat 24 dakika sonraki hali..... 82
- Şekil 5.13. Hiçbir işlem görmemiş yün (1 gün sonraki durumu)..... 82

## TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 2.1.	Yüzey deşarjı modelinin Şekil 1.5.b.'de görülen yapısındaki harflendirmelerin açıklaması.....	10
Tablo 2.2.	Eş düzlemlı deşarj modelinin Şekil 1.7.b.'da görülen yapısındaki harflendirmelerin açıklaması.....	13
Tablo 2.3.	Çalışılan gaz hava ise tipik Y.E.D. işlem koşulları.....	15
Tablo 2.4.	Tekstil endüstrisinde üretilen ipliklerin sınıflandırması.....	37
Tablo 3.1.	Deneyde sisteme verilen; aynı genlikli, sinüs, üçgen ve kare dalga için farklı frekans değerleri.....	44
Tablo 3.2.	Deneyde sisteme verilen; 0,4 x 1 kHz frekanslı sinüs, üçgen ve kare dalga için farklı genlik değerleri.....	45
Tablo 3.3.	Deneyde sisteme verilen; 0,4 x 1 kHz frekanslı sinüs, üçgen ve kare dalga için farklı genlik değerleri.....	45
Tablo 3.4.	Deneyde sisteme verilen; 0,4 x 100 Hz frekanslı sinüs, üçgen ve kare dalga için farklı genlik değerleri.....	46

## 1.GİRİŞ

Plazma, belirli bir hacim içerisinde eşit sayıda pozitif ve negatif iyonları ve de nötr parçacıkları içeren iyonlaşmış gazdır. Plazma hacmi içerisindeki net yük sıfırdır ve plazma ortalama olarak elektriksel olarak nötrdür yada yarı nötrdür. Genel olarak plazmanın özellikleri ve davranışı uzun mesafeli Coulomb etkileşimlerinin etkisi altındadır. Plazma, maddenin dördüncü hali olarak da tanımlanmaktadır. Evrendeki görünür maddelerin çoğu plazma durumundadır. Bu doğrudur çünkü yıldızlar ve yıldızlar arası görünür tüm maddeler plazma halindedir.

Plazmayı tanımlayan en önemli parametreler: (i) yük yoğunluğudur (elektron yoğunluğu,  $n_e$ , yada pozitif iyon yoğunluğu  $n_i$ ) birim olarak  $\text{cm}^3$  başına elektron yada iyondur, (ii) elektron enerjisi dağılım fonksiyonu ve ortalama elektron enerjisi (birimi elektron volt eV), (iii) toplam yüklü parçacık sayı yoğunluğunun tüm parçacıkların sayı yoğunluğuna oranı;  $n_e/N_G$ , iyonlaşma oranı olarak adlandırılır ve en zayıf iyonlaşmış plazma içerisinde bu değer  $10^{-6}$  ile  $10^{-2}$  arasında değişir.

Plazma içerisindeki kütlece ağır parçacıkların (iyonlar ve nötr atomlar) ortalama enerjisi yada “sıcaklığı” oda sıcaklığına yakın ise bu tür plazmalara “soğuk” yada “termal olmayan” plazma adı verilir. Tüm parçacıkların (elektronlar, iyonlar, ve nötr atomlar aşağı yukarı aynı sıcaklığa sahip oldukları (bu değer plazma torqu içerisinde birkaç bin Kelvin civarındadır, füzyon plazma sistemlerinin yada yıldızların iç kısımlarında bu değer milyonlarca Kelvin’dir) plazmalar ise “sıcak” yada termal plazma olarak adlandırılır. Diğer taraftan, soğuk plazma içerisindeki ağır parçacıklar (iyonlar ve atomlar) oda sıcaklığında elektronlar ise bir kaç bin Kelvin’dir. Buradan, soğuk plazmaların termodinamik dengede olmadıkları sonucuna varılır ve bunlara “dengede olmayan plazma” da denilir. Soğuk plazmalar; yüzey modifikasyonları, substratlar üzerine ince tabaka depolama (kaplama), çeşitli materyallerin yüzeylerinde yapılan oyma işlemleri gibi çeşitli materyal işlemlerindeki uygulamaları geleneksel olarak düşük-basınç şartları altında gerçekleştirilerek kullanılmaktadır. Son zamanlarda, soğuk plazmanın, atmosferik basıncı da içine alan yüksek basınç şartları altında gerçekleştirilen yeni uygulamaları da ortaya çıkmıştır. Plazmalar nötr gazın iyonlaşmasıyla oluşturulabilir. Plazma oluşturmada en yaygın

teknik yöntemlerden biri “gaz deşarjı”dır. Bu, gaza pulslu DC yada AC elektrik alan uygulayarak gerçekleştirilir. Böylece gaz kırılmaya uğrar ve başlayan iyonlaşma çığı kendi kendini besleyen deşarja kadar uzanır. AC frekans serisi kHz-MHz civardır ve yarı-AC uyarmasını (onlarcadan yüzlerce kHz’e kadar olan frekanslar), radyo frekansı (rf) uyarmasını (MHz frekansları), mikrodalga uyarmasını (GHz frekansları) içine alır. Başlangıçta, nötr gazın içinde doğal olarak var olan oldukça çok düşük konsantrasyondaki elektronlar gazın kırılması esnasında iyonlaşmayı gerçekleştiren çarpışmaları ile yüklü parçacıklar (elektronlar ve pozitif iyonlar) oluşturulur. Bu elektronlar elektrik alanda hızlandırılırlar ve gaz atomları ile çarpışırlar. En önemli çarpışmalar uyarıya ve iyonlaşmaya kadar uzanan inelastik çarpışmalardır. Uyarılmış atomlar kararlı hale dönerken radyasyon yayarlar ve bu ışımadan dolayı “parlak” deşarj olarak adlandırılırlar. İyonlaşma elektron ve iyon çiftlerini oluşturur. İyonlar hızlandırılarak ikincil elektronları üretmek üzere (amacıyla) çarpıştıkları katoda doğru hızlandırılırlar. Bu ikincil elektronlar, elektriksel alanda hızlandırılırlar ve ilaveten elektron-iyon çiftlerini oluştururlar, böylece plazma içinde iyonlaşma dengesine katkıda bulunurlar. Eğer iyon oluşumu işlemi iyon kaybı işlemine (yeniden birleşim ve deşarj kabının duvarlarındaki kayıplar) eşit olursa; kararlı ve kendi kendini besleyen deşarj elde edilir. İşte yalıtkan engel deşarjı da böyle bir deşarjdır.

Kullanılan düzeneğine göre; hacim deşarjı, yüzey deşarjı ve eş düzlemlili deşarj olmak üzere başlıca üç çeşit düzeneği vardır. Tüm düzeneklerde mikrodeşarj adı verilen olay gerçekleşir. Elektrotlardan biri topraklanırken diğerine yüksek gerilim verilir. Elektrotlar arasındaki bölgeye “gep” adı verilir. Elektrotlar arası bölgede, sisteme yüksek gerilimin uygulanmasıyla bir elektrik alan oluşur, bu alan elektrotlar arasındaki çalışma gazının kırılma alanına eşit olduğu anda gaz iyonlaşmaya başlar. Birincil elektronlar ikincil elektronları oluştururlar ve hızla bir elektron çığı meydana getirirler. Bu olay elektrotlar arası bölgede boylu boyunca köprü kuran filament görünümünde çok sayıdaki mikrodeşarj serileriyle sonuçlanır. Her bir filamentin ömrü oldukça kısadır, nanosaniyeler süresince olup biterler. Bunun sebebi; yalıtkan üzerinde biriken yüklerin elektrotlar arasındaki elektrik alana zıt bir elektrik alan oluşturmasıdır. Mikrodeşarj olayı; çalışılan gazın cinsine, sistemin geometrik

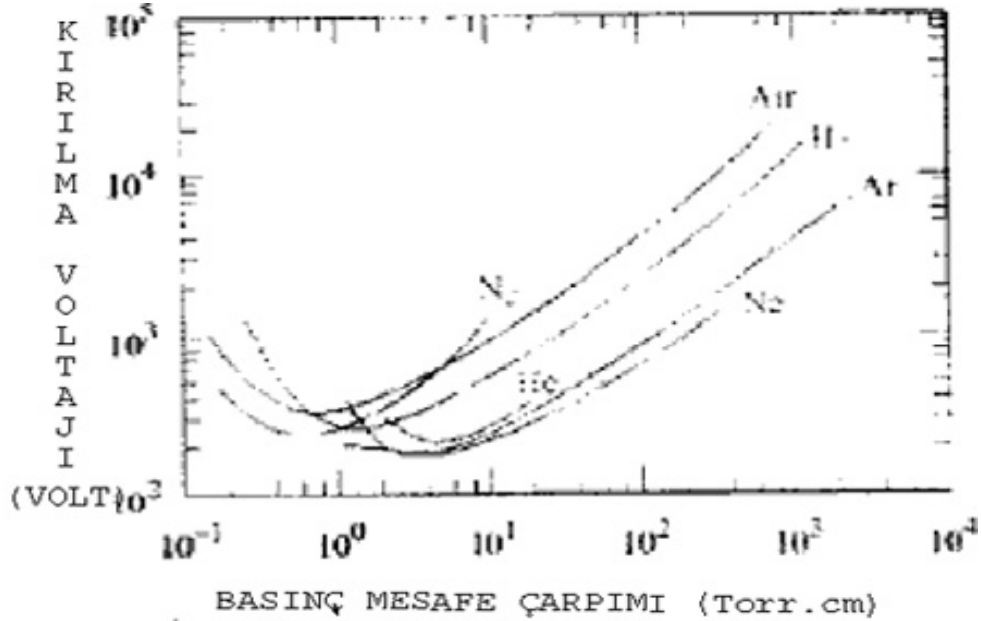
şekline, uygulanan voltaja, frekansa, basınca, yalıtkanın cinsine vs. gibi parametrelere bağlı olarak çeşitlilik göstermektedir.

Bu çalışmada; S.D.Ü. Fen Edebiyat Fakültesi bünyesindeki Plazma Araştırma Lab.'nda gerçekleştirilen deneylerle plazma Y.E.D. yöntemiyle üretilmiştir. Sisteme farklı frekanslı, farklı genlikli (farklı voltaj) ve farklı dalga biçimine (sinüs, üçgen ve kare dalga) sahip yüksek gerilim uygulanarak yalıtkan engel deşarjının elektriksel olarak nasıl değişim gösterdiği araştırılmıştır. Uygulama olarak da yünün su emme kapasitesine plazmanın etkisi araştırılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda elde edilen akım ve gerilim sinyallerinden; frekansın artmasıyla mikrodeşarj sayısının da arttığı görülmüştür. Aynı etki voltaj artışında da görülmüştür. Ancak, frekans değişimindekine nazaran mikrodeşarj sayısı, voltajın arttırılmasında oldukça fazla atmıştır. Uygulanan voltajın şeklinin farklı olmasında ise; mikrodeşarj serileinin hep aynı bölgede oluştuğu gözlenmiştir. Frekansın artmasıyla plazmaya transfer edilen güç artmış ve daha yoğun, gözlemsel olarak da daha parlak bir plazma elde edilmiştir. Yünün plazmaya tabi tutulması ile de su emme kapasitesinde oldukça büyük bir artış görülmüştür.

## 2. KAYNAK BİLGİSİ

### 2.1. Yüksek Basıncı Deşarj Plazmaları

Gaz deşarjlarında gazın basıncı önemli bir faktördür. Şekil 2.1.'de gösterilen farklı gazlar için çizilmiş Paschen eğrisinden de görüldüğü gibi gazın kırılma voltajı  $V$ ;  $p \cdot d$ 'nin fonksiyonudur ( $p$ ; basınç,  $d$ ; elektrotlar arasındaki mesafedir). Grafikten de anlaşılacağı üzere sabit elektrot aralığı için kırılma voltajının minimum olduğu noktaya "Paschen minimum" denir ve kırılma için minimum voltaj gereklidir. Paschen minimumunun sol tarafında gaz yoğunluğu düşüktür bundan dolayı kendi kendini besleyen deşarjı tetikleyen iyonlaşma çığını oluşturmak için yüksek voltaj gerekir. Paschen minimumunun sağında ise gaz yoğunluğu yüksektir ve çarpışmalar arası mesafe kısadır, bundan dolayı da iyonlaşma çığını sürdürmek için oldukça çok yüksek voltaj gerekir (Annemie vd., 2002).



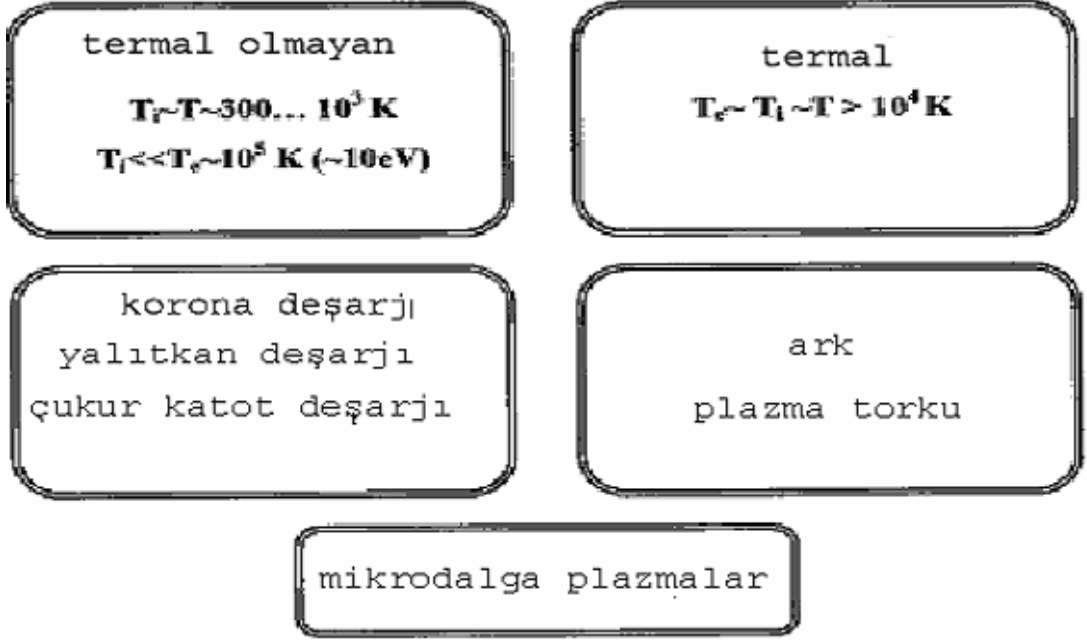
Şekil 2.1.  $N_2$ , hava,  $H_2$ , He ve Ar'nin statik kırılması için Paschen kırılma voltajları (Annemie vd., 2002)

Teknolojik uygulamalarda düşük-basıncı plazmaların avantajları iyi bilinmektedir. Düşük güç değerlerinde dahi reaktif türler yüksek konsantrasyonda oluşturulabilir.



Bu radikaller, malzemeyi oyabilir (dağlayabilir), ince tabaka depolayabilir ve genellikle yüzeyleri değiştirir. Gazın sıcaklığı genellikle düşüktür böylece ısıya duyarlı substratlar işlem esnasında zarar görmez. Bunlara ilaveten, düzgün parlak deşarj oluşturulabilir böylece substratların tüm yüzeylerine aynı oranla işlem yapılabilir. Diğer taraftan ise; indirgenmiş basınçta plazma üretmenin bazı dezavantajları da vardır. Örneğin; bakım gerektiren, pahalı ve karmaşık olan vakum sistemi gereklidir. Ayrıca malzemeleri vakumun içine yerleştirmek ve vakumdan çıkarmak için sisteme robotik donanımlar ve çeşitli kilit sistemleri de yüklemek gerekir. Ayrıca çalışılacak numunelerin boyutları sadece vakum hacmi ile sınırlı kalır (Annemie vd., 2002).

Malzeme işlemede maliyet önemli derecede düşürülebilir, malzeme işlemede yaşanan sorunlar vakumun uygunluğu ile bağlantılıdır, vakum sistemi ortadan kalkınca böyle bir problem yaşanmaz. İşte, atmosferik-basınçlı plazmalar malzeme işleme alanında büyük bir potansiyelle yayılmaktadır. Düşük basınç (vakum sistemleri) sistemleri içerisine kolayca yerleştirilemeyen malzemeler örneğin organikler, yüksek basınç sistemlerinde kolayca yerleştirilmekte ve plazma işlemine tabi tutulabilmektedir. Dahası, düşük basınçlı plazmaların tersine bir durum söz konusudur; düşük basınçlı plazmalarda temel durumdaki türleri kuşatan ikili çarpışmalar baskın durumdadır, yüksek basınçlı deşarj plazmalarındaki koşullar daha uzun hakimiyeti olmayan tek çarpışma koşullarıdır. Bu plazmalar içerisinde çarpışmalı ve radyoaktif işlemler (i) basamaklı işlemler; zaten uyarılmış olan atomik/moleküllü türlerin uyarılması, (ii) üç-gruplu işlemler idaresi altında yürütülür. Yüksek basınçlı plazmalar içerisindeki üç-gruplu işlemler ve basamaklı işlemler, çarpışmalı ve radyoaktif işlemlerin üstünlüğü, yüksek güçlü lazerler (CO<sub>2</sub> gibi), açılış anahtarları, excimer lambaları ve diğer koherent-olan vakum-ultraviyole (VUV) ışık kaynakları çok sayıda ilginç uygulama alanları doğurmuştur. 760 Torr'da yüksek kırılma gerilimi gerekir, plazmanın tetiklenmesinden hemen sonra özellikle plazmanın katot düşme bölgesinde yüksek akım yoğunluğu ile sonuçlanır. Bu, çoğu kez elektrotlar arasında Parlak'dan Ark'a geçiş ile sonuçlanan dayanıksızlığa sebep olur. Yüksek basınçlı plazmalar termal "sıcak", yada termal olmayan "soğuk" olmak üzere iki gruba ayrılabilir. Şekil 2.2.'de çeşitli örnekler verilmiştir (Annemie vd., 2002).



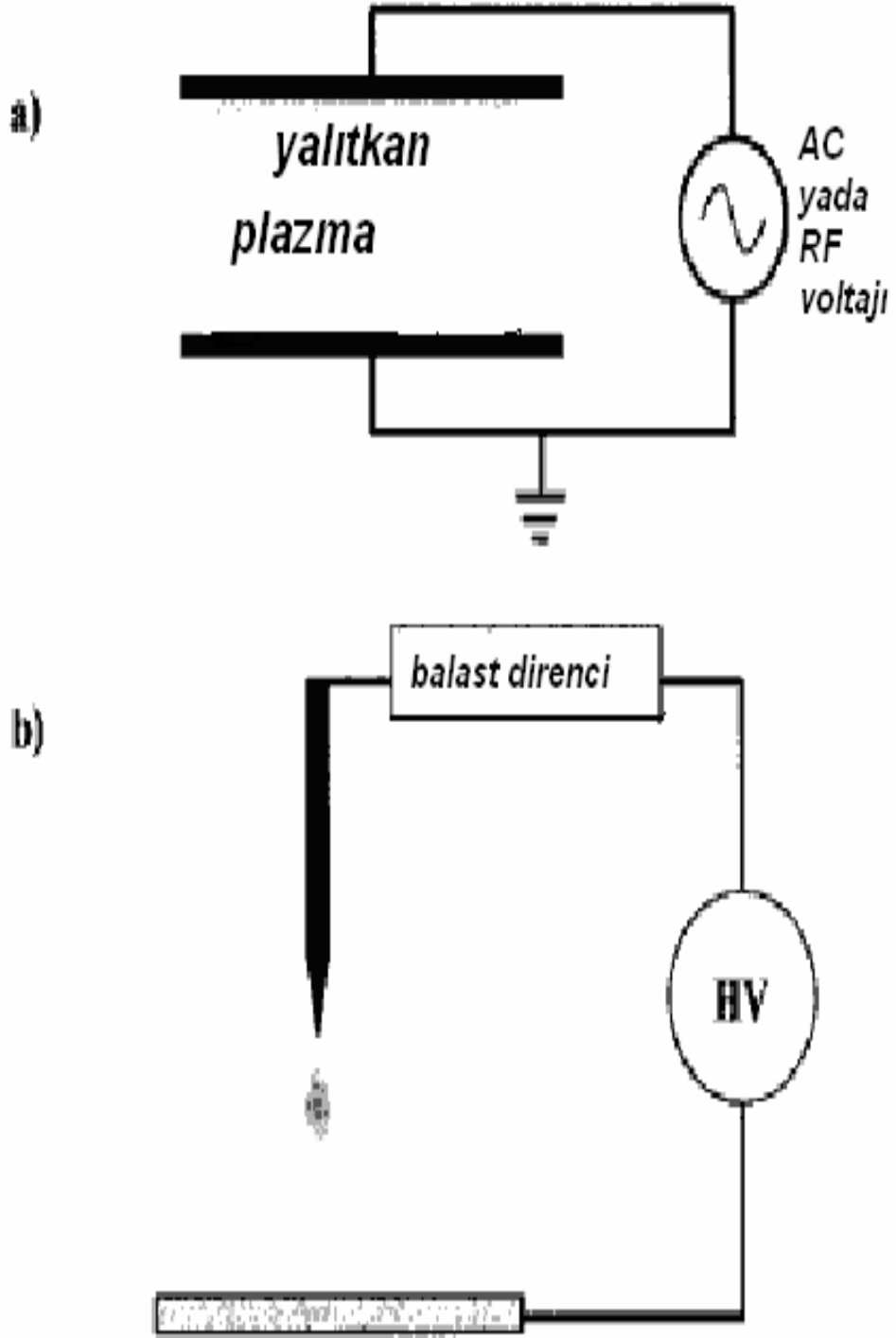
Şekil 2.2. Atmosferik basınçlı plazma çeşitleri (Kogelschatz, 2003)

Son zamanlarda yüksek plazma kaynaklarına olan ilgi ve önemleri, uygulamalardaki artan faydaları ile hızla artmaktadır. Uygulamalarda kullanılan düşük basınçlı plazma kaynaklarının yerini tutmakta oldukça iddialı görünen ve yeni uygulamalar da doğuran birkaç yeni yüksek basınçlı deşarj kaynakları da geliştirilmiştir. Bu kaynaklar çeşitli konfigürasyonlara sahip olmakla birlikte; direk akımdan yada düşük ve orta frekanslı alternatif akımdan radyo frekanslı yada mikrodalgalara kadar farklı uyarma tiplerini kullanmaktadır.

Şekil 2.3. sık sık kullanılan yüksek basınçlı plazmaları göstermektedir. Yalıtkan engel deşarjı diğer adıyla engel deşarjında, elektrotlardan bir veya ikisinde yalıtkan kullanılır. Yalıtkan engel, elektrotların yüzeyinde olacağı gibi elektrotlar arasında da yer alabilir. Elektrotlardan birine düşük frekans, radyo frekanslı (rf) yada alternatif akım (ac) uygulanırken diğeri topraklanır. Elektrotlara dc voltaj uygulamaz, ancak pulslu dc uygulanabilir (Kogelschatz, 2003).

Şekil 2.3.a) Tipik bir Y.E.D. konfigürasyonunu göstermektedir. Yalıtkan kullanmanın amacı; elektrotlar arası bölgede oluşan deşarjın Ark'a dönüşümünü önlemek için mikroddeşarjları hızla sınırlandırmaktır.

Şekil 2.3.b) korona deşarjı konfigurasyonunu göstermektedir. Korona deşarjlarının genel olarak düzeneklerinde yüksek ve düzgün olmayan elektrik alan oluşturmak için (noktadan tabağa, silindir içinde tel, bıçak ağızı şeklindeki elektrotlar vs.) en az bir elektrot kullanılır (Kogelschatz, 2003).



Şekil 2.3. Sık sık kullanılan yüksek basınçlı plazmalar (Kogelschatz, 2003)

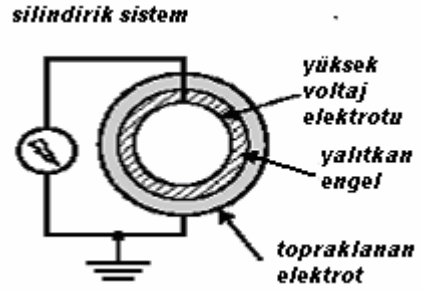
## 2.2. Yalıtkan Engel Deşarjı Düzenekleri

### 2.2.1. Hacim Deşarjı Deney Düzeneği

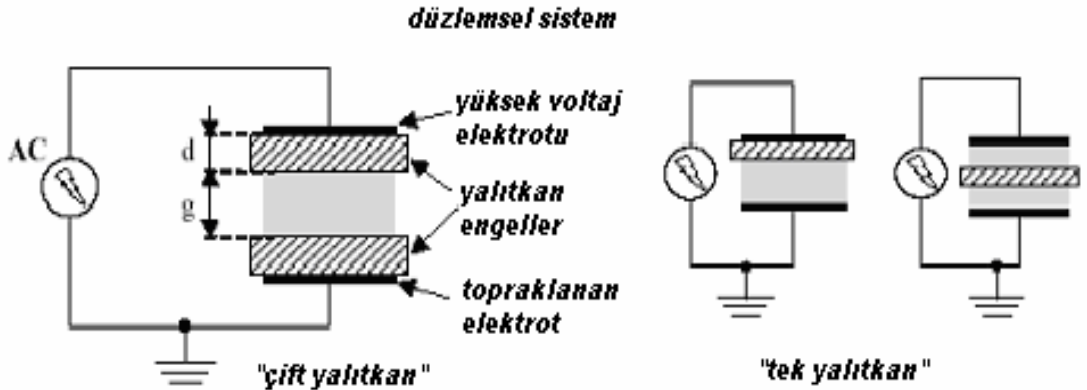
Yalıtkan engel deşarjı (Y.E.D.) deney düzeneklerini oluşturmanın birçok yolu vardır. Metal elektrotlar kullanarak bunlardan bir veya ikisini yalıtkan ile kaplamak klasik olan yöntemlerden biridir. Elektrotlar arasındaki genellikle birkaç milimetre olan boşluk; gaz gepi yada gep aralığı olarak adlandırılır. Elektrot yüzeyi üzerinde rasgele dağılım göstererek gep aralığı içerisinde, mikrodeşarj adı verilen, ufak tefek deşarj sütunları, yalıtkan(lar) üzerinde de yüzey deşarjları oluşur. Periyot başına mikrodeşarj sayısı voltajın genliğiyle orantılıdır. İşte bu tip bir deşarj, hacim deşarjı (HD) olarak adlandırılır. Şekil 2.4. a), b) ve c)'de hacim deşarjı deney düzenekleri gösterilmektedir (Pietsch vd., 2000).



(a) Hacim deşarjı (Pietsch vd., 2000)



b) Silindirik Y.E.D. düzeneği (Annemie, 2001)



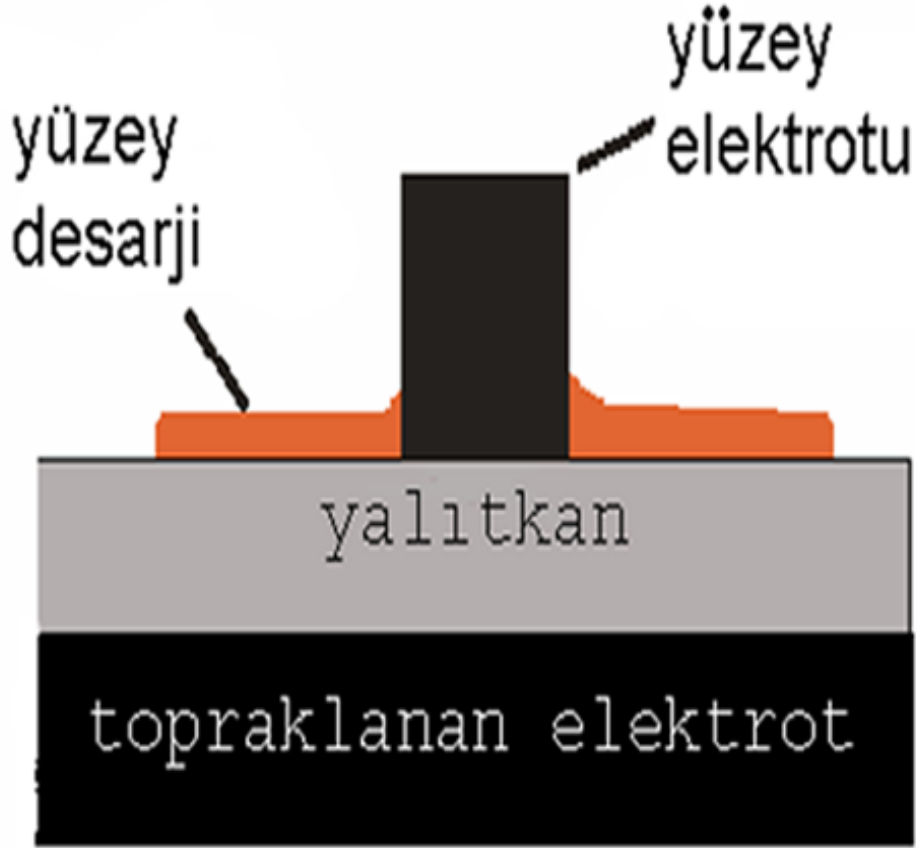
(c) Düzlemsel Y.E.D. düzenekleri (hacim deşarjı oluşturulur) (Annemie, 2001)

Şekil 2.4. Yalıtkan engel deşarjının tipik düzenekleri (Pietsch vd., 2000)

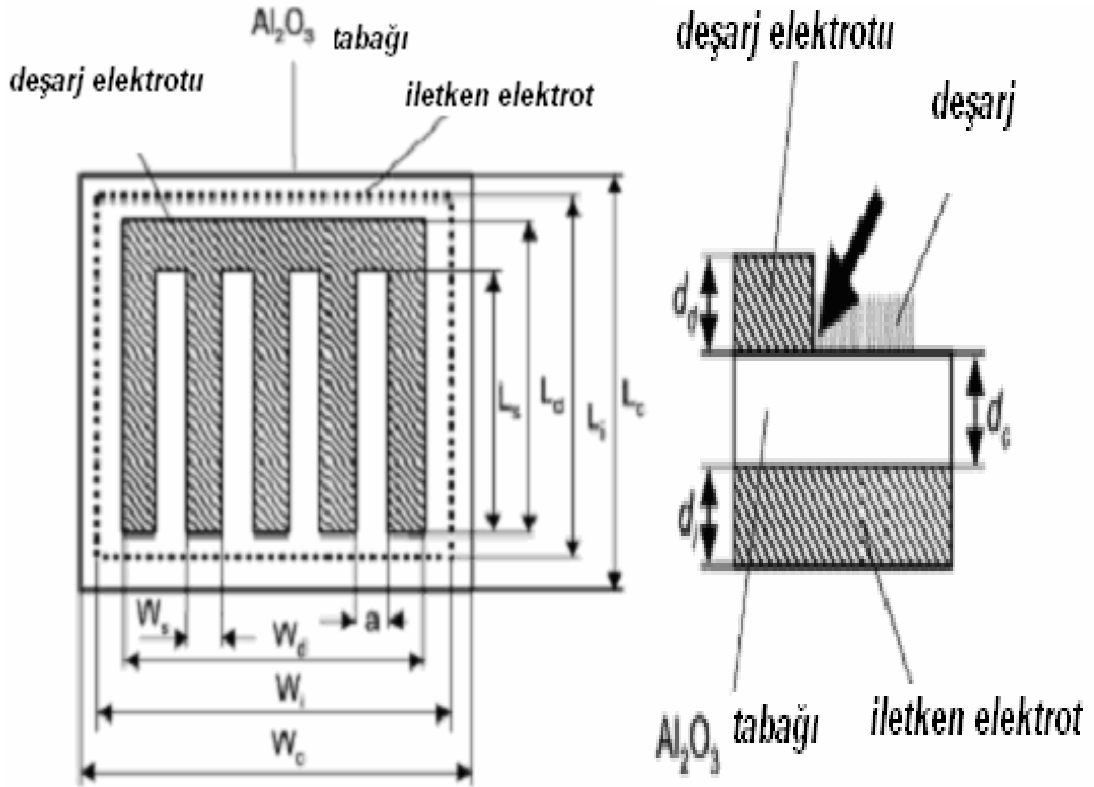
Hacim deşarj düzenekleri, endüstriyel ölçekte büyük oranda; kağıtların, filmlerin ve polimerik dokumaların yüzey enerjilerini artırmada kullanılmaktadır (Simor vd., 2002).

### 2.2.2. Yüzey Deşarjı Düzenegi

Yüzey deşarjı (YD) Şekil 2.5.a,b'deki gibi bir düzenekle oluşturulur. Bu tür bir deşarjda sadece ve sadece yüzey deşarjları meydana gelir. Deşarj, kritik alan şiddetine ulaşıldığında yüzey üzerinde küçük deşarj basamaklarıyla başlar. Belli bir zaman sonra (voltaj yükselir) voltaj pikine kadar uzanan deşarjlar oluşur. Böyle bir deşarjın süresi hacim deşarjındaki bir mikroseşarj ile kıyaslanabilir. Bu deneysel olarak deşarjın yayılımının ölçülmesiyle ispatlanmıştır (Pietsch vd., 2000).



Şekil 2.5.a. Yüzey deşarjı düzenegi (Pietsch vd., 2000)

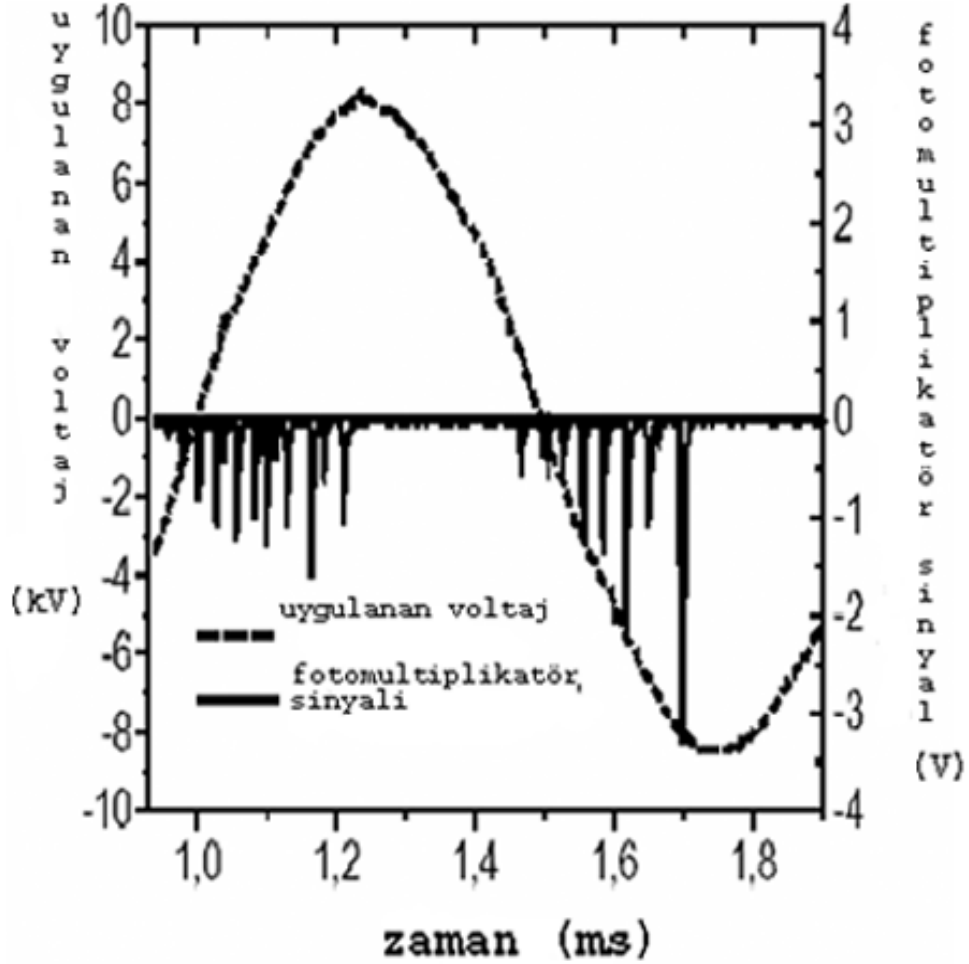


Şekil 2.5.b. Yüzey deşarjı modelinin yapısı ve enine kesitinin görünümü (Korzec vd., 2003)

Tablo 2.1. Yüzey deşarjı modelinin Şekil 2.5.b.'de görülen yapısındaki harflendirmelerin açıklaması (Korzec vd., 2003)

$W_c$	Seramik tabakanın genişliği
$W_d$	Deşarj elektrotunun genişliği
$W_i$	İletken elektrotun genişliği
$W_s$	Elektrot + boşluk genişliği
$L_c$	Seramik tabakanın uzunluğu
$L_d$	Deşarj elektrotunun uzunluğu
$L_i$	İletken elektrotun uzunluğu
$L_s$	Diş uzunluğu
$d_c$	Seramik tabakanın kalınlığı
$d_d$	Deşarj elektrotunun kalınlığı
$d_i$	İletken elektrotun kalınlığı
$a$	Dişler arası boşluk
$N$	Diş sayısı
$\epsilon$	Yalıtkan tabakanın elektriksel geçirgenliği

Yüzey deşarjı düzeneğinde, uygulanan voltajın bir periyodu süresince yüzey deşarjının dağılımı Şekil 2.6.'da verilmiştir.

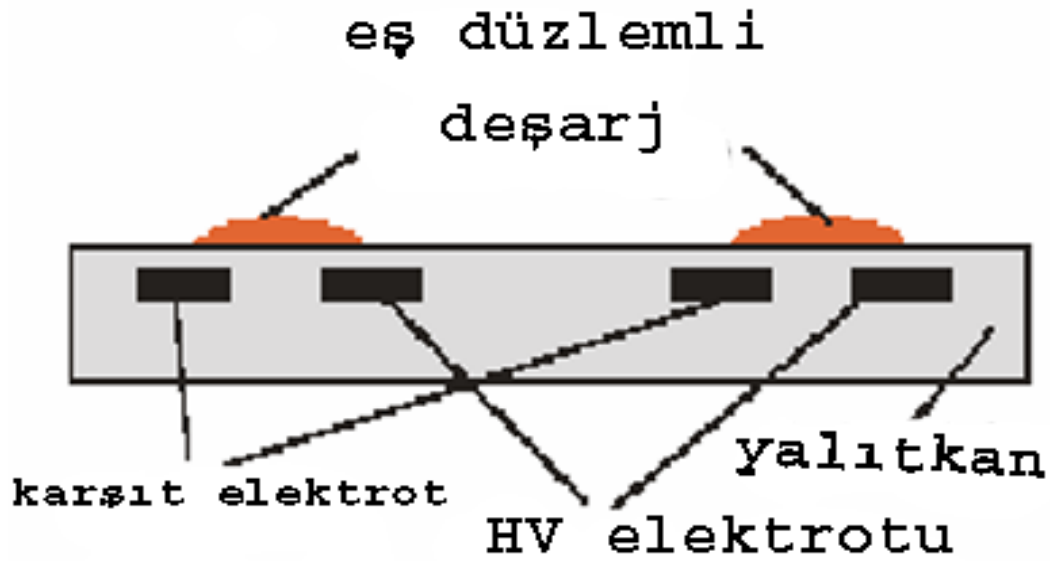


Şekil 2.6. Yüzey deşarjı düzeneğinde, uygulanan voltajın bir periyodu süresince yüzey deşarjının dağılımının fotomultiplikatör sinyali (Pietsch vd., 2000)

Yüzey deşarjlarının şekilleri polariteye bağlıdır ve hacim deşarjı düzeneğindeki yalıtkan yüzeyler üzerinde oluşan deşarjlarla kıyaslanabilir. Deşarjın yayılımı voltaj genliğine bağlıdır. Yükseltilmiş enerji yoğunluklarına ulaşabilmek için; paralel yerleştirilmiş, iç-elektrot aralıkları uygun olarak ayarlanmış, yüzeyi genişletilmiş elektrotlar kullanılır ve uygulanan voltajın frekansı sırayla artırılır (Pietsch vd., 2000).

### 2.2.3. Eş düzlemlı Deşarj Düzenegı

Şekil 2.7.a'dan da görüldüğü gibi, eş düzlemlı deşarj düzenegı (ED); yüzeye yakın bir yerde dökme yalıtkan içine zıt polarıteye sahip geniş yüzeylı bir çift elektrotun gömülmesiyle elde edilir (Pietsch vd., 2000).

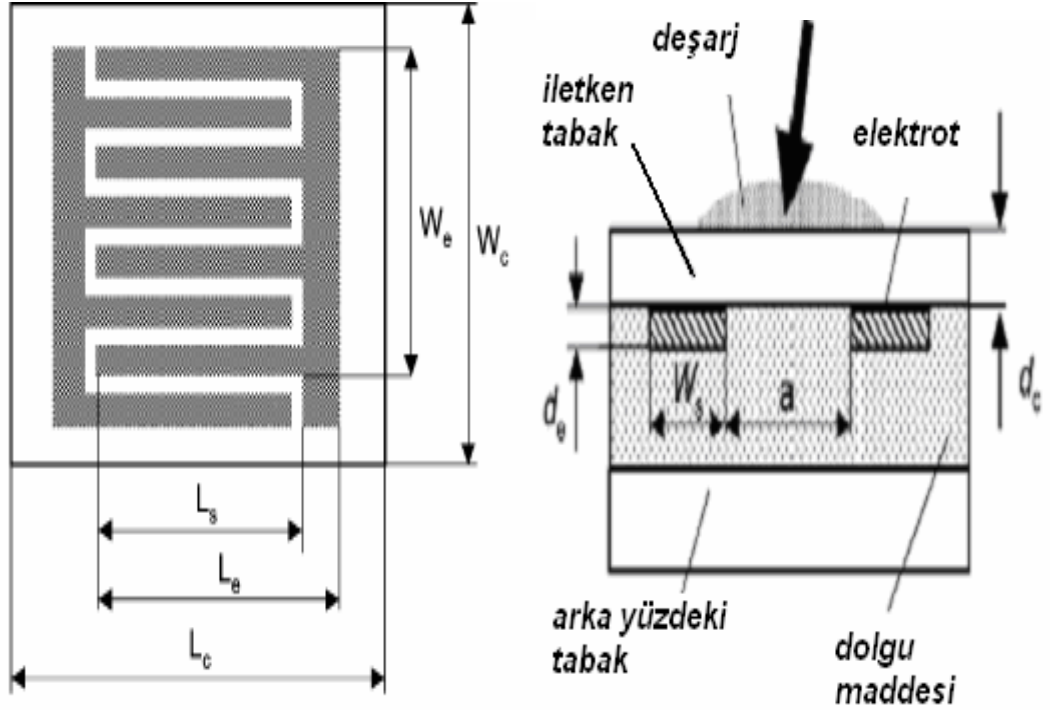


Şekil 2.7.a. Eş düzlemlı deşarj düzenegı (Pietsch vd., 2000)

Bu tarz elektrotlar yarıiletken teknolojisı olarak bilinen teknoloji yardımıyla oldukça kesin doğrulukta üretilebilir ve kolaylıkla yalıtkan tabakayla kaplanabilirler. Bu tür elektrotlarda iç-elektrot gep aralıkları 100  $\mu\text{m}$  ve aşağısı olarak tercih edilir. Deşarj; küçük iç-elektrot gep aralıklarında, hacim deşarjlarınınkı ile aynı davranışı sergiler. Kısa mikrodeşarj kanalları, elektrotların yukarısındaki yalıtkan yüzeylerin üzerindeki bölgede köprü kururlar, Şekil 2.7.a,b'de görülmektedir (Pietsch vd., 2000).

Eş düzlemlı deşarjın şekli polarıteden bağımsızdır. Deşarj kanallarının genişliğı sabittir ve büyüklük olarak da iç-elektrot gepi büyüklüğü civarındadır. Deşarj kanallarının sayısı voltaj genliğine bağılıdır. Küçük yüzey alanları üzerlerindeki yüksek enerji yoğunlukları; küçük iç-elektrot geplerinde mümkündür (Pietsch vd., 2000). Bu sistem genellikle AC plazma tv.'lerde kullanılmaktadır (Simor vd., 2002).





Şekil 2.7.b. Eş düzlemlı deşarj modelinin yapısı ve enine kesitinin görünümü (Okun olduğu yer elektriksel alanın maksimum olduğu yeri göstermektedir.) (Korzec vd., 2003)

Tablo 2.2. Eş düzlemlı deşarj modelinin Şekil 2.7.b.'da görülen yapısındaki harflendirmelerin açıklaması (Korzec vd., 2003)

$W_c$	Seramik tabakanın genişliği
$L_c$	Seramik tabakanın uzunluğu
$W_s$	Diş genişliği
$L_s$	Diş uzunluğu
$W_e$	Elektrot genişliği
$L_e$	Elektrot uzunluğu
$d_c$	Seramik tabakanın kalınlığı
$d_e$	Elektrot kalınlığı
$a$	Dişler arası mesafe
$N$	Bir elektrottaki diş sayısı
$\epsilon_c$	Yalıtkan tabakanın elektriksel geçirgenliği
$\epsilon_r$	Dolgu malzemesinin elektriksel geçirgenliği

### 2.3. Deşarj Fiziği

Yalıtkan engel deşarjları (Y.E.D.), iletken elektrotlar arasındaki gaz boşluğuna yerleştirilmiş en az bir tane yalıtkindan oluşan sistemde meydana gelir. Yalıtkan malzeme, elektrotların yüzeyinde olabileceği gibi elektrotlar arasındaki gep boşluğunda da olabilir (Wagner vd., 2002). En az bir elektrotu yalıtkanla kaplamanın amacı; deşarjın oluştuğu hacimden elektrotlara ve güç kaynağına gerçek akımların akışını önlemektir yani ark oluşumunu önlemektir (Roth, 2001).

Gepteki alan şiddeti kırılma alan şiddetine ulaştığı zaman, gaz bölgesinde (gep) içinde yük taşıyıcıları oluşturulur, hızlandırılır, çoğaltılır ve sonuçta yalıtkan(lar)ın yüzey(ler)i üzerinde toplanırlar. Yalıtkan üzerindeki bu yük birikimi güç kaynağından elde edilen elektrik alanına zıt bir alan oluşturur ve deşarj hızla söner (boğulur). Tüm bu süreç oldukça hızlı olup nanosaniyeler mertebesinde (Wagner vd., 2002). Bu bahsi geçen boğulma etkisi elektronegatif gazlarda hızlı elektron birleşmelerinden dolayı daha belirgindir (Kogelschatz, 2002).

Yalıtkan engel deşarjının kesin olan avantajı: düşük gaz sıcaklıklarında ve ılımlı (atmosferik) basınçlarda dahi termal olmayan plazma koşullarına sahip olmasıdır. Yalıtkan engel deşarjları; atomları, radikalleri ve uyarılmış parçacıkları meydana getirebilen yüksek enerjili elektronları tedarik eder. Bu deşarjların; sistemin geometrik şekline, çalışılan gaza / gaz karışımına, çalışma parametrelerine (örneğin; güç girişi, beleme voltajının frekansı, basınç, gaz akışı vb.) oranla büyük bir değişkenlik gösterdiği kanıtlanmıştır. Çoğu durumlarda; öncelikle bu parametreler laboratuvar aletlerinde en uygun hale getirildiği zaman, bunları endüstriyel boyuta çıkarmada problem çıkmaz (Wagner vd., 2002).

Paralel düzlemden oluşan yalıtkan engel deşarj sistemleri, hızlı hareket eden dokuma ve filmlerin yüzey tedavilerinde; silindirik sistemlerin halka hacimleri ise ozon üretimi için hava akımının tedavisinde kullanılır (Roth, 2001).

Y.E.D. uygulanan voltajın birkaç on kilovolt; elektrik alanının ise çalışılan gazın dayanma elektrik alanına eşit (örneğin hava için bu değer 30 kV/cm'dir) veya büyük

olduğu işlem koşulları altında oluşturulur (Roth, 2001). Yalıtkan malzeme olarak; cam, kuvars, seramik, plastik foil, teflon ve diğer yalıtkan malzemeler seçilebilir. Hava için Y.E.D.’nin tipik işlem koşulları Tablo 2.3.’de listelenmiştir (Wagner vd., 2002).

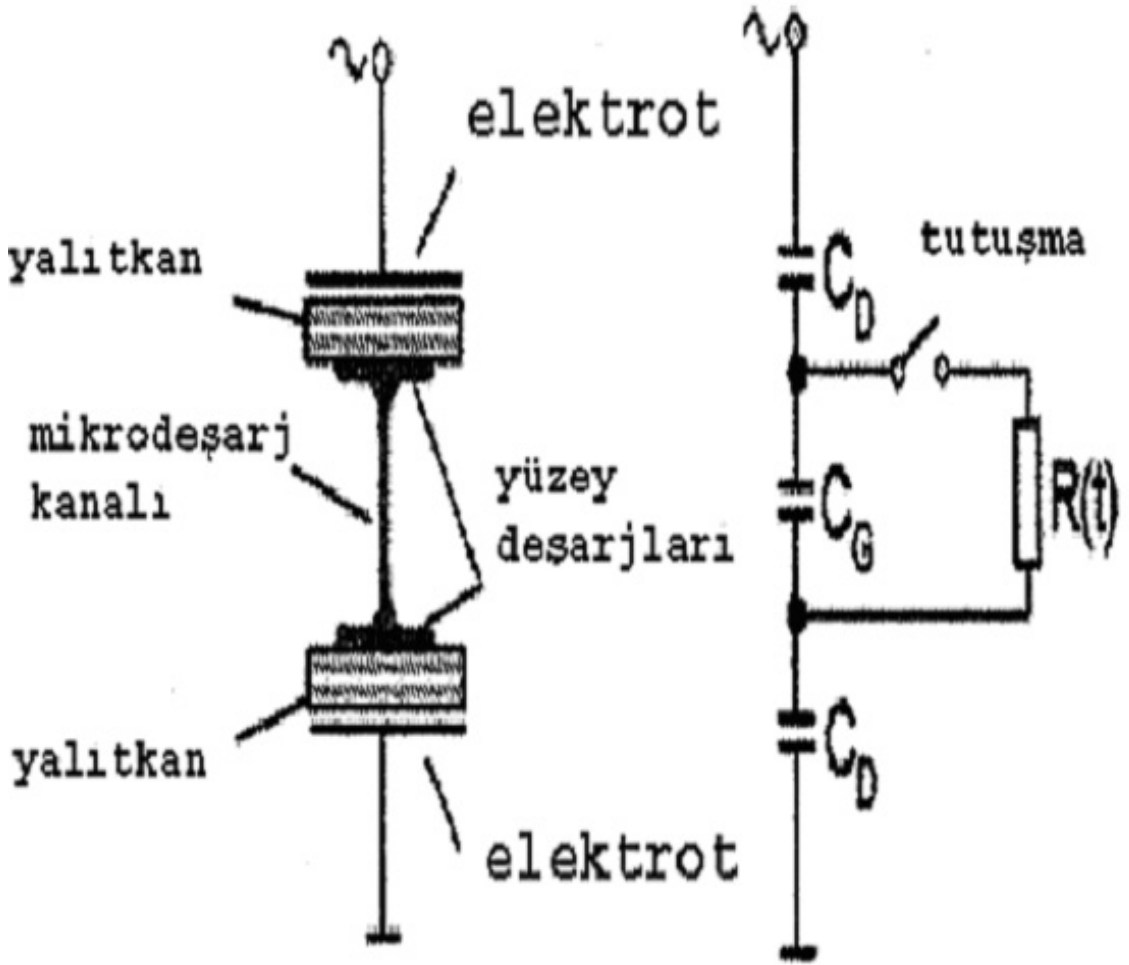
Tablo 2.3. Çalışılan gaz hava ise tipik Y.E.D. işlem koşulları (Wagner vd., 2002)

İlk kırılmanın gerçekleştiği elektrik alan şiddeti E	$\approx 150Td$ ( $p=1bar$ , $T=300K$ )
Voltaj $V_{pp}$	3-20 kV
Tekrarlanma frekansı f	50 Hz-10kHz
Basınç p	1-3 bar
Gep aralığı g	0,2 - 5 mm - birkaç cm-
Yalıtkan malzeme	Cam, $Al_2O_3$ , ferroelektrikler,..
Yalıtkanın kalınlığı d	0,5 - 2mm
Bağıl yalıtkan elektriksel geçirgenlik $\epsilon_r$	5 - 10 (cam),...,7000 (ferroelektrikler)

Genellikle, yalıtkan engel deşarjı “filamentar mod” adı verilen formda gerçekleşir. Oldukça özel işlem koşulları altında “parlak mod” adı verilen formda da oluşturulabilir (Wagner vd., 2002).

### 2.3.1. Kırılma Olayı ve Mikrodeşarj Oluşumu

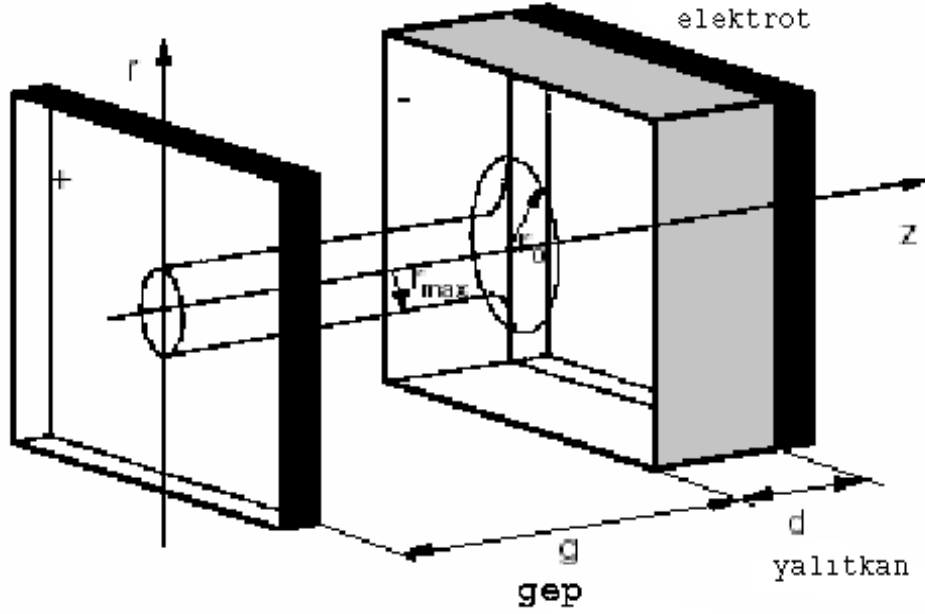
Şekil 2.8. şematik olarak tek bir mikrodeşarjı ve onun eşdeğer devresini göstermektedir. Uygulanan gerilimin gazın dayanma gerilimini aşıp mikrodeşarjı oluşturmasıyla Şekil 2.8.'de gösterilen anahtar kapanır ve zamanla hızla değişen  $R(t)$  direncine sahip olan plazma filamentinden akım geçer (Kogelschatz, 2002).



Şekil 2.8. Tek bir mikrodeşarj ve onun eşdeğer devresinin şematik olarak gösterimi (Kogelschatz, 2002)

Elektrotlara bir gerilimin uygulanması ile gap içerisinde bir elektrik alan meydana gelir. Bu alan, gap içindeki gazın dayanma alanına eşit yada büyük olduğu anda gaz içerisinde bölgesel olarak bireysel filamentardeşarj başlatılmış olunur (Wagner vd., 2002). Her bir mikrodeşarj kanalı;  $100\mu\text{m}$  yarıçapında, hemen hemen silindirik olan plazma kanalına sahiptir (Kogelschatz, 2002).

Yalıtkan yüzey üzerinde mikrodeşarj kanalları filamentin çapından daha büyük alanı çevreleyen yüzeydeşarjları olarak devam eder. Bu durum şematik olarak Şekil 2.9.'da gösterilmiştir (Wagner vd., 2002).

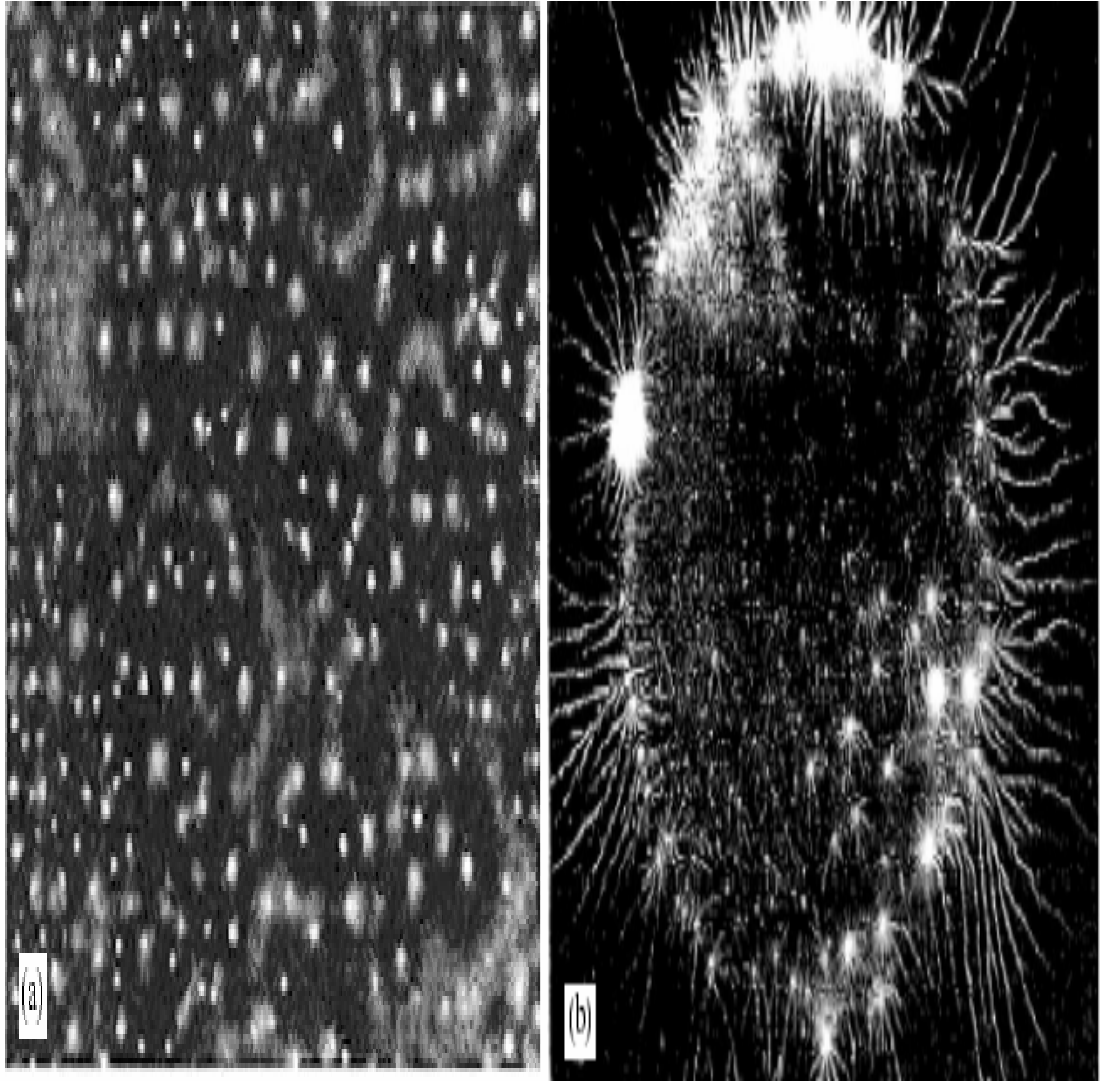


Şekil 2.9. Tek bir mikrodeşarjın şematik gösterimi;  $r_{max}$  : filamentin yarıçapı,  $r_0$  : mikrodeşarjın yalıtkan üzerinde yayıldığı alanın yarıçapı (Wagner vd., 2002)

Yalıtkan yüzeyinden elektron, iyonların yüzeye çarpması ile yada foto emisyon olayı ile koparılır. Bu elektronlar gepteki gazın iyonlaşma enerjisine eşit yada bu enerjiden daha büyük bir enerjiye sahip olabilmek için elektrik alan içinde hızlandırılırlar, iyonlaşma çarpışmaları sonucunda oluşan elektronlarla sayıları git gide artarak bir çığ oluştururlar. Elektronların yüksek hareketliliği iyonlarla kıyaslandığında; kütle farkından dolayı elektronlar iyonlara nazaran daha hızlı hareket ederler. Dolayısıyla elektron topluluğu iyonlardan daha hızlı hareket ederek gep içerisinde karşıya (bir anlık anot görevi gören yalıtkan yüzeye) nanosaniyeler içinde ulaşır. Elektronlar; yavaş hareket eden iyonları, uyarılmış parçacıkları ve aktif parçacıkları arkasında bırakarak, sonraki birtakım kimyasal reaksiyonlara uğrayabilirler. Elektron topluluğu zıt elektrota ulaştığı zaman, yalıtkan yüzey üzerinde yayılır, bu bir anlık anot üzerindeki pozitif yükü yok eder. Bu durum arkadaki yavaş iyonlarla birleştirilerek düşünülürse; filamentin çevresi içinde elektrik alan azalır. Çünkü gep içindeki

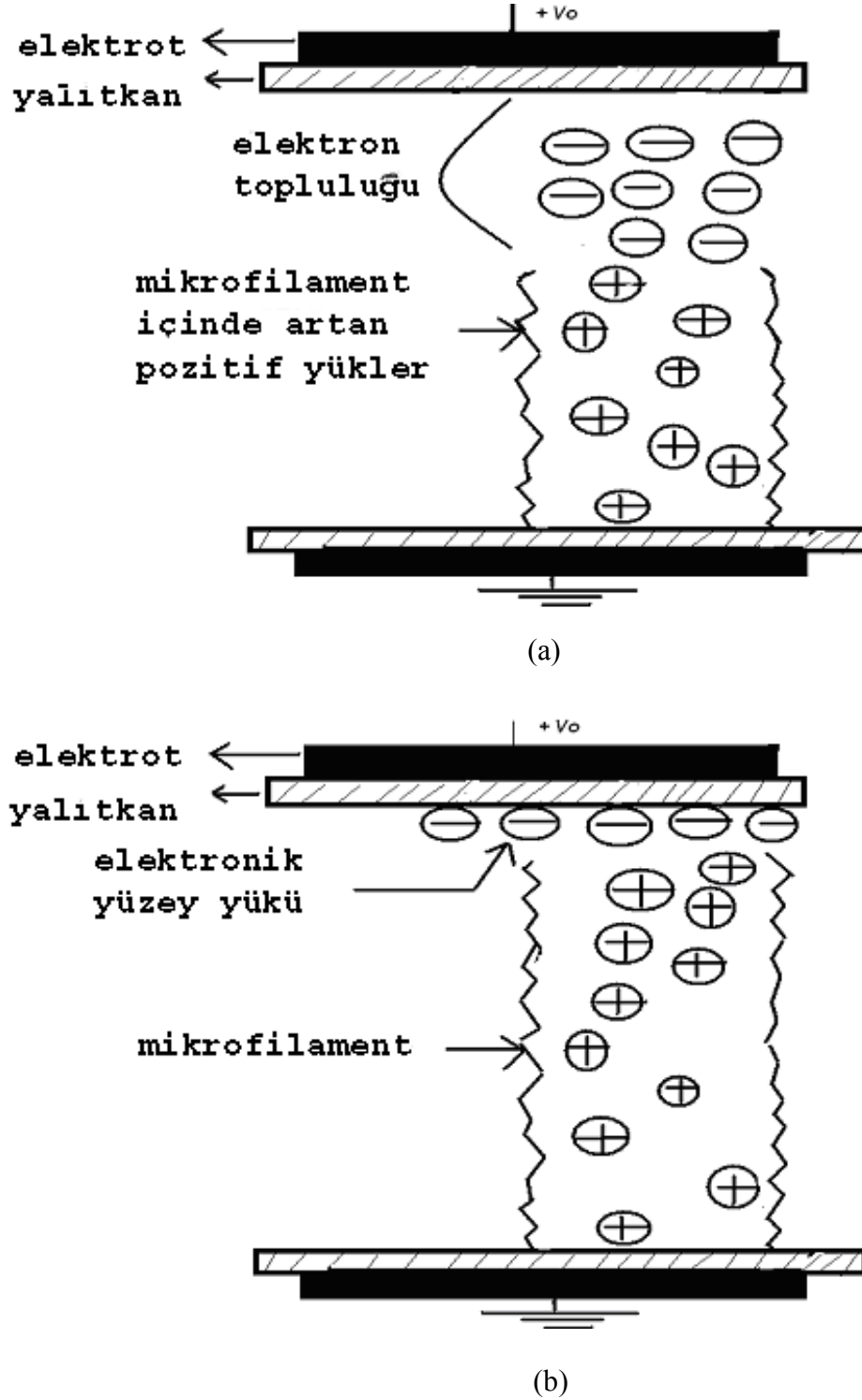
elektrik alanına zıt bir alan oluşmaya başlamıştır. Dolayısıyla filament boyunca elektrik alan çöker ve onlarca nanosaniyeler süresince bu filament boyunca iyonlaşmalar sona erer (Roth, 2001). Bu durumda elektronlar halen mevcuttur fakat akım boğulmuştur çünkü bu bölgede alan çökmüştür. Mikrodeşarjın olduğu bölgenin birkaç milimetre uzağında halen hiç bozulmamış başlangıçtaki homojen alan mevcuttur (Kogelschatz, 2002).

Şekil 2.10. (a) ve (b) cam düzlemlerle birlikte yalıtkan görevi gören fotoğrafik düzlemlerden ayrılan bireysel mikrodeşarjların izlerinin göstergesidir, ispatıdır. Bu izlere “Lichtenberg şekilleri” adı verilir (Wagner vd., 2002).



Şekil 2.10. Y.E.D. için Lichtenberg şekilleri (a) çalışma gazı Xe ve (b) çalışma gazı hava (+15kV'luk tek bir puls) (Wagner vd., 2002)

Y.E.D. içinde bireysel bir filamentin gelişimi şematik olarak Şekil 2.11.'de gösterilmektedir.



Şekil 2.11. (a) elektron topluluğunun zıt elektrot üzerindeki yalıtkana doğru yönelimi; (b) elektronların; pozitif iyon topluluğunun arkasında, yalıtkan yüzey üzerinde yayılımı (Roth, 2001)

Elektrot yüzeyindeki mikrodeşarj bölgelerinin sayı yoğunluğu; uygulanan frekansa ve pik voltajına bağlı olan (fakat uygulanan voltajın formundan bağımsız olan) güç yoğunluğu ile artar. Dış voltajın artan bölümü süresince, yeni bölgelerde ilave mikrodeşarjlar başlatılır, çünkü yalıtkan üzerindeki artan yüklerin varlığı mikrodeşarjların henüz olduğu yerdeki elektrik alanı azaltmıştır. Voltaj tersine döndüğü zaman bu kez eski mikrodeşarjların olduğu bölgelerde yeni mikrodeşarjlar oluşacaktır çünkü bu bölgelerde voltaj çökmüştür, bir sonraki zıt işaretli yarım periyottaki kırılma alanına ulaşınca kadar dış voltajdan daha düşüktür. Düşük voltaj / yüksek frekans işlemi her yarım periyotta eski mikrodeşarj kanallarını yeniden tetiklemeye meyillirken, yüksek voltaj / düşük frekans işlemi mikrodeşarjları mevcut yalıtkan yüzeyine dağıtmaya meyillidir. Yalıtkanlar üzerindeki yük birikiminden dolayı oluşan bu hafıza etkisi tüm yalıtkan engeldeşarjlarında baskın bir özelliktir (Kogelschatz, 2000).

### **2.3.2. Filamentar Yalıtkan Engel Deşarjının Mikroskobik Davranışı**

Yalıtkan engeldeşarjında, gazın elektriksel kırılma; gep içersinde, aynı anda, yüzey üzerinde birçok noktada başlar ve mikrodeşarjların gelişimi ile ilerler. Mikrodeşarjların gelişimi üç safhaya ayrılabilir:

1. Ön-kırılma safhası: Elektronların negatif uzay yükü (ve bağlanmalardan dolayı ortaya çıkan negatif iyonlar), anodun önünde biriktirilirler (uygulanan voltajın yarım salınımının polaritesinden dolayı). Bu ön-kırılma safhası en az 0,5  $\mu$ s sürer. Sonunda, anodun önünde yüksek bölgesel elektrik alan şiddeti oluşturulur. Eğer bu değer kritik değere (gazın kırılmasının oluşumu için gerekli değere) ulaşırsa anot yüzeyinde kırılma başlar.

2. Üreme-yayıma safhası: Bu safha; katot yönünde ilerleyen bir iyonlaşama dalgası (i.e yüksek bölgesel elektrik alan şiddetinin dalgası) ile kontrol edilir. Bu yol üzerinde iyon ve elektron çiftleri oluşturulur. Bu safha 1-2 ns sürer.

3. Çökme safhası: Bu safha; dış elektrik alanı dengeleyen yalıtkan yüzey üzerindeki yük birikimi ile tanımlanır. Bu mikrodeşarjların akım atmalarının ve ışıklarının



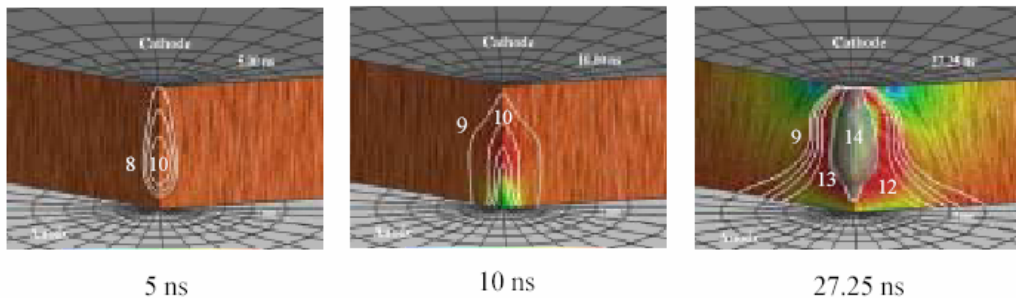
çökme periyodudur. Akım grafiklerinde mikrodeşarjların pulslarının küçülmeye başladığı yerlerdir

Uygulanan voltajın diğer yarım salınımında ise, mikrodeşarj ters dönerek yenilenir (Wagner vd., 2002).

Yalıtkan kullanmanın 2 amacı vardır (Alonso, 2003):

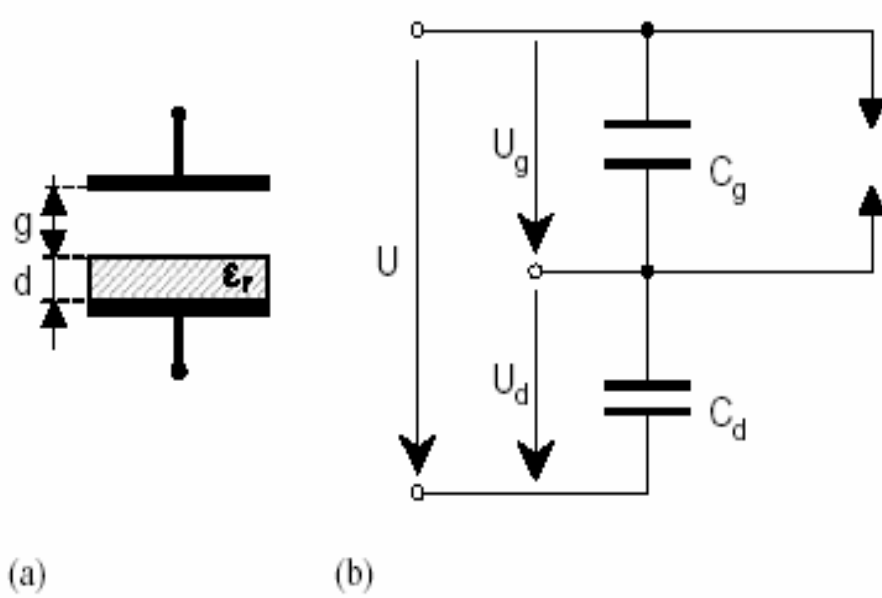
1. Her bir bireysel mikrodeşarj içerisindeki yük miktarını ve depolanan enerjiyi sınırlandırır.
2. Tüm elektrot yüzeyine mikrodeşarjları yayar.Yalıtkan engeller transfer edilen yük miktarını ve mikrodeşarj kanalı içerisinde depo edilen enerjiyi sınırlandırır.

Şekil 2.12 %80 H<sub>2</sub> ve %20 CO<sub>2</sub> gaz karışımının kullanıldığı, gep aralığının 1mm olduğu bir deneydeki mikrodeşarjın 5ns, 10 ns ve 27,25 ns 'deki gelişim safhalarını göstermektedir. Katot metalden olup üste, anot ise yalıtkan kaplı olup alta yerleştirilmiştir. Kapalı çizgiler elektron yoğunluğunu göstermektedir. Elektrik alan çizgileri de belirtilmiştir.Başlangıç elektronları 34 kV/ cm'lik orijinal homojen alanda, katotta serbest bırakılmaktadırlar. Büyüyen elektron çığı anoda doğru yol almaktadır, sonunda streamer halini oluşturur, katoda yönelmiş streameri belirtir ve sonunda iletken mikrodeşarj filamentini oluşturur. Bu safhada maximum elektron yoğunluğu  $10^{14}$  cm<sup>-3</sup> tür ve çapı 0,2 mm 'ye ulaşmıştır. Sağdaki resimden yüzeydeşarjının yayıldığı alan da görülmektedir (Kogelschatz, 2000).



Şekil 2.12. %80 H<sub>2</sub> ve %20 CO<sub>2</sub> gaz karışımının kullanıldığı, gep aralığının 1mm olduğu bir deneydeki mikrodeşarjın 5ns, 10 ns ve 27,25 ns'deki gelişim safhaları (Kogelschatz, 2000)

Şekil 2.13. tek bir elektrotun yalıtkanla kaplandığı Y.E.D. elektrot düzeneğini ve eşdeğer devresini göstermektedir.



Şekil 2.13. (a) Tek bir elektrotun yalıtkanla kaplandığı Y.E.D. düzeneği (b) ve eşdeğer devresi (Wagner vd., 2002).

$$C = \frac{C_d C_g}{C_d + C_g} = \frac{C_g}{1 + C_g / C_d} = \frac{C_g}{1 + d / (\epsilon_r g)} \quad (2.1)$$

Burada;  $C_g$  gep kapasitansı,  $C_d$  yalıtkanın kapasitansı,  $\epsilon_r$  ise bağıl yalıtkan elektriksel geçirgenliğidir.

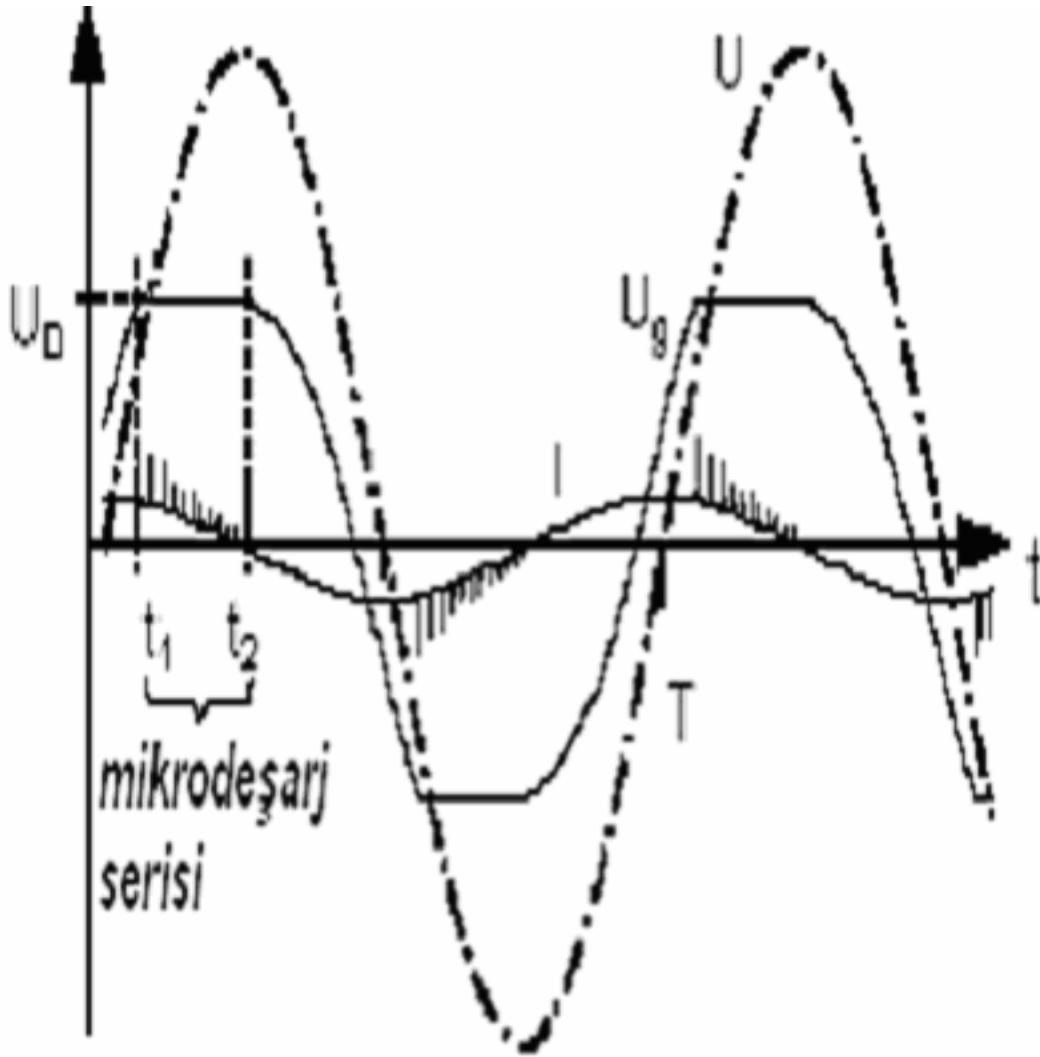
$g \approx d$  ise;

$$C_g / C_d = d / (\epsilon_r g) \approx V_d / V_g \ll 1 \text{ dir.} \quad (2.2)$$

Denklem 2.2'de  $V_d$  yalıtkan engele düşen voltaj,  $V_g$  gep voltajıdır. Bu yüzden toplam kapasitans  $C$  gep kapasitansı  $C_g$  tarafından kontrol edilir. Gep voltajı  $V_g$  dış besleme voltajı  $V(t)$  tarafından kapatılır.  $V_g$  dayanma gerilimine ulaşınca (veya geçince) mikrodeşarjlar başlar. Her bir yarım salınım içinde, bu aktif faz süresince  $[t_1-t_2]$ deşarj voltajı  $V_d$  yaklaşık olarak sabit kalır,  $V_g = V_d \approx$  sabit; bununla birlikte çok sayıda mikrodeşarjlar ile gepte akım akışı sürdürülmektedir (Şekil 2.14). Deşarj

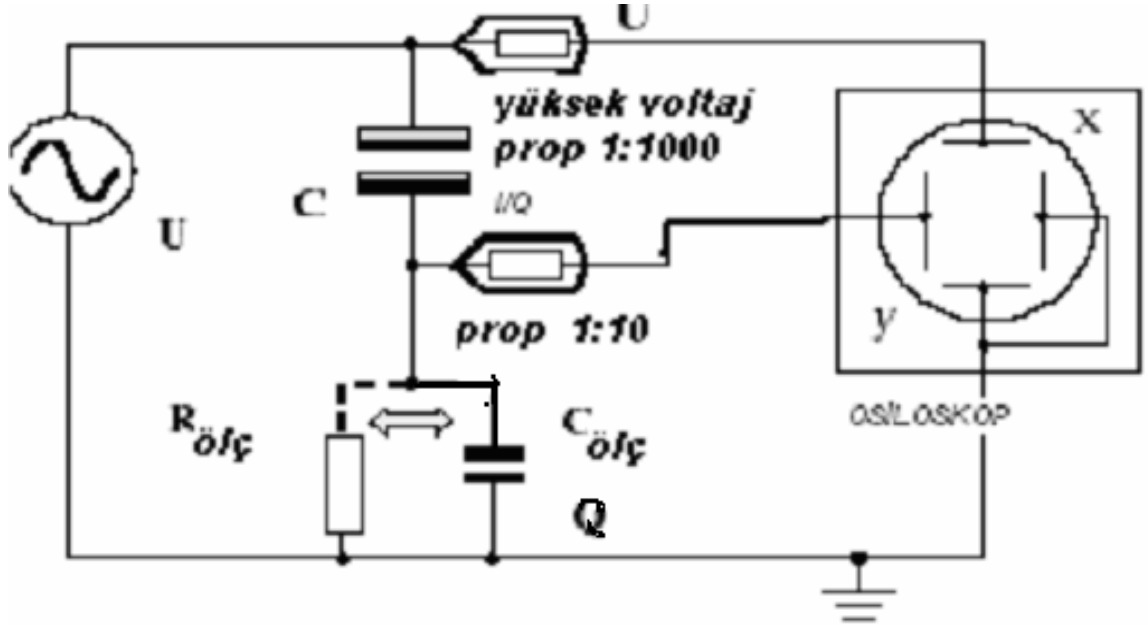
voltajı  $V_d$  başlıca gaz karışımına, basınca ve gep aralığına bağlıdır.  $t_1 - t_2$  aralığında görülen her bir atma gep aralığında oluşan mikrodeşarj serisini göstermektedir. Y.E.D.'nin önemli elektriksel parametreleri;deşarj voltajı  $U_D$  (veya  $V_D$ ),deşarj akımı  $I(t)$ , transfer edilen yük  $Q$ , elektrik güç girişi  $P_{el}$ , ortalama indirgenmiş alan şiddeti  $E_{el}$ 'dir (Wagner vd., 2002).

Şekil 2.14.'de  $U(t)$  sinüzoidal besleme voltajını,  $I(t)$ deşarj akımını göstermektedir (Wagner vd., 2002). Akım grafiğinde görülen atma serileri mikrodeşarj serilerini göstermektedir.

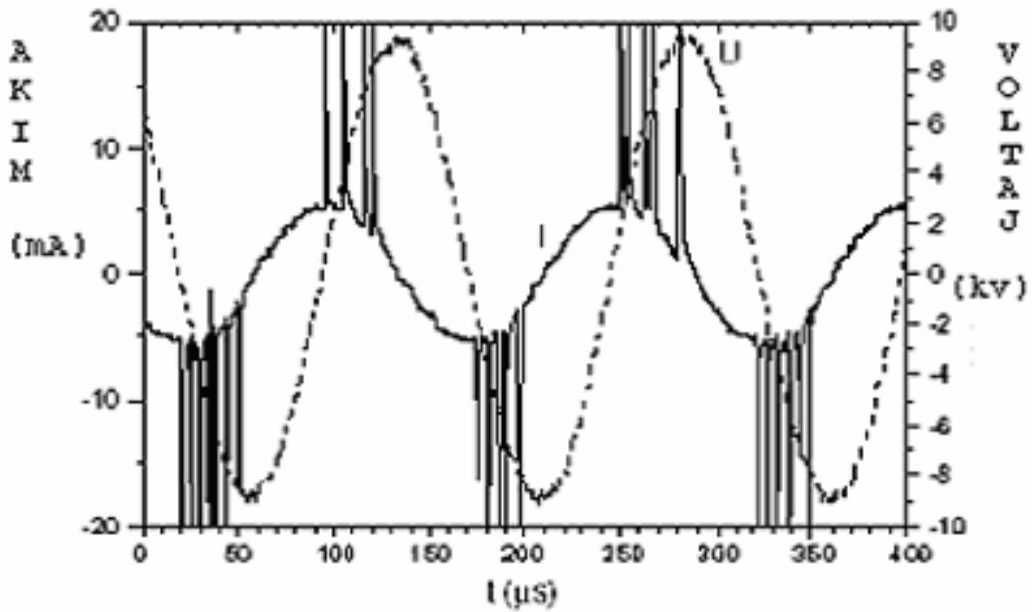


Şekil 2.14. Besleme voltajı  $U(t)$  vedeşarj akımı  $I(t)$ 'nin şematik olarak gösterimi (Wagner vd., 2002)

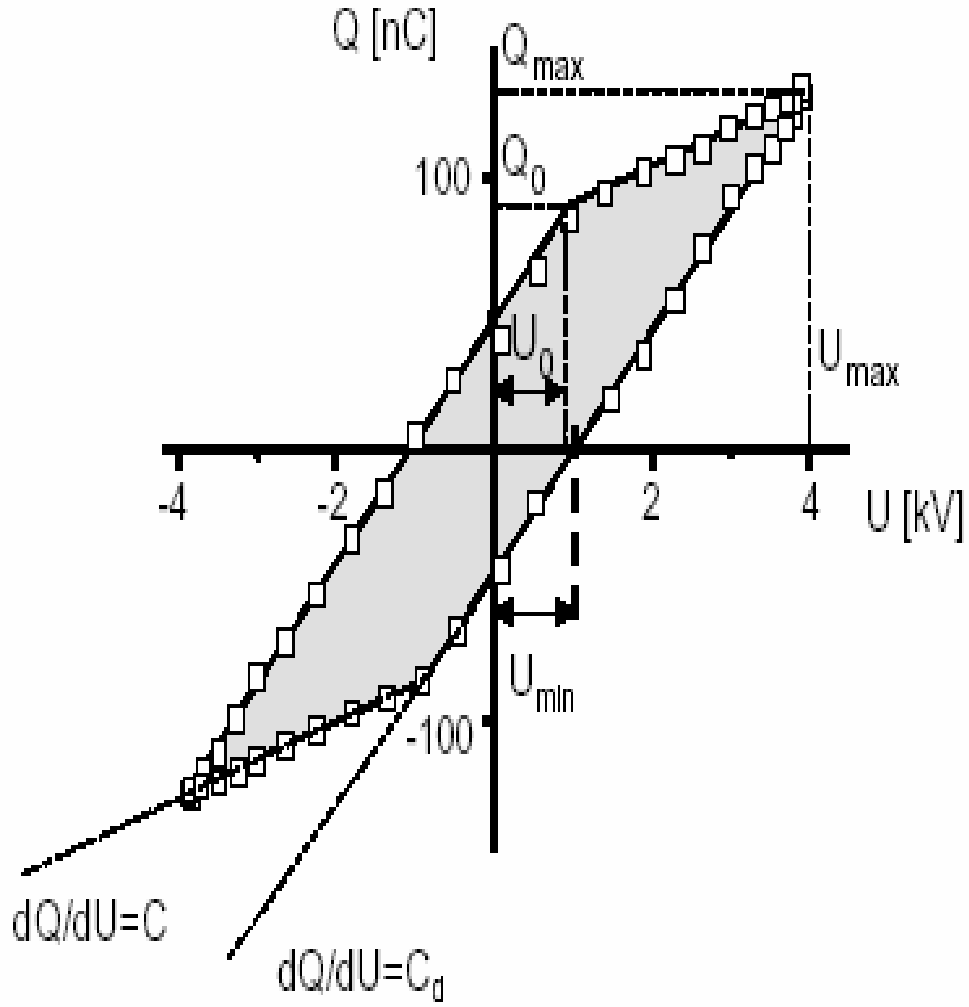
Voltaj, akım ve yük transferini ölçmek için alternatif deney düzeneği Şekil 2.15.'de gösterilmektedir. Sisteme bağlanan kondansatör ( $C_{ölç}$ ) üzerinden yük ölçümü, direnç ( $R_{ölç}$ ) üzerinden de akım ölçümü gerçekleştirilir. Şekil 2.16.'da Y.E.D.'nda oluşturulan filamentar modun voltaj akım karakteristikleri gösterilmektedir.



Şekil 2.15. Voltaj, akım ve yük transferini ölçebilmek için alternatif bir deney düzeneği (Wagner vd., 2002)



Şekil 2.16. Çalışma gazı olarak havanın kullanıldığı mod olarak filamentar olan Y.E.D.'nin osiloskop yardımıyla elde edilen voltaj ve akım grafikleri (Wagner vd., 2002)



Şekil 2.17. Q-U osilografik şekli (Lissajous Şekli) (Wagner vd., 2002)

Şekil 2.17.'deki Lissajous şeklinden minimum dış voltaj  $U_{\min}$  (deşarjın başladığı voltaj), her bir voltaj salınımı başına elektrik enerjisi tüketimini  $E_{el}$  ve elektrik gücü  $P_{el}$  aşağıdaki formüller yardımıyla hesaplanabilir (Wagner vd., 2002).

$$E_{el} = \oint V(t)dQ = C_{ölçülen} \oint V(t)dV_{ölçülen} \quad (2.3)$$

$$= 4C_d \frac{1}{1 + C_g / C_d} U_{\min} (U_{\max} - U_{\min}) \quad (2.4)$$

$$= 2(V_{\max} Q_0 - Q_{\max} V_0) \equiv (Q - V) \quad (2.5)$$

diyagramının alanıdır.

$$P_{el} = \frac{1}{T} E_{el} = f E_{el} \quad (2.6)$$

$f$  ; besleme voltajının frekansdır.

Deşarj voltajı  $V_d$  ölçülen voltaj,  $V_{min}$ 'i kapatır. Bu da aşağıdaki formülle hesaplanabilir.

$$V_D = V_{min} \frac{1}{1 + C_g / C_d} \quad (2.7)$$

Zamana ve konuma bağlı ortalama indirgenmiş elektrik alan şiddeti  $\langle E/p \rangle$  ;

$$\langle E / p \rangle = V_D / (gp) \quad (2.8)$$

ile hesaplanır.

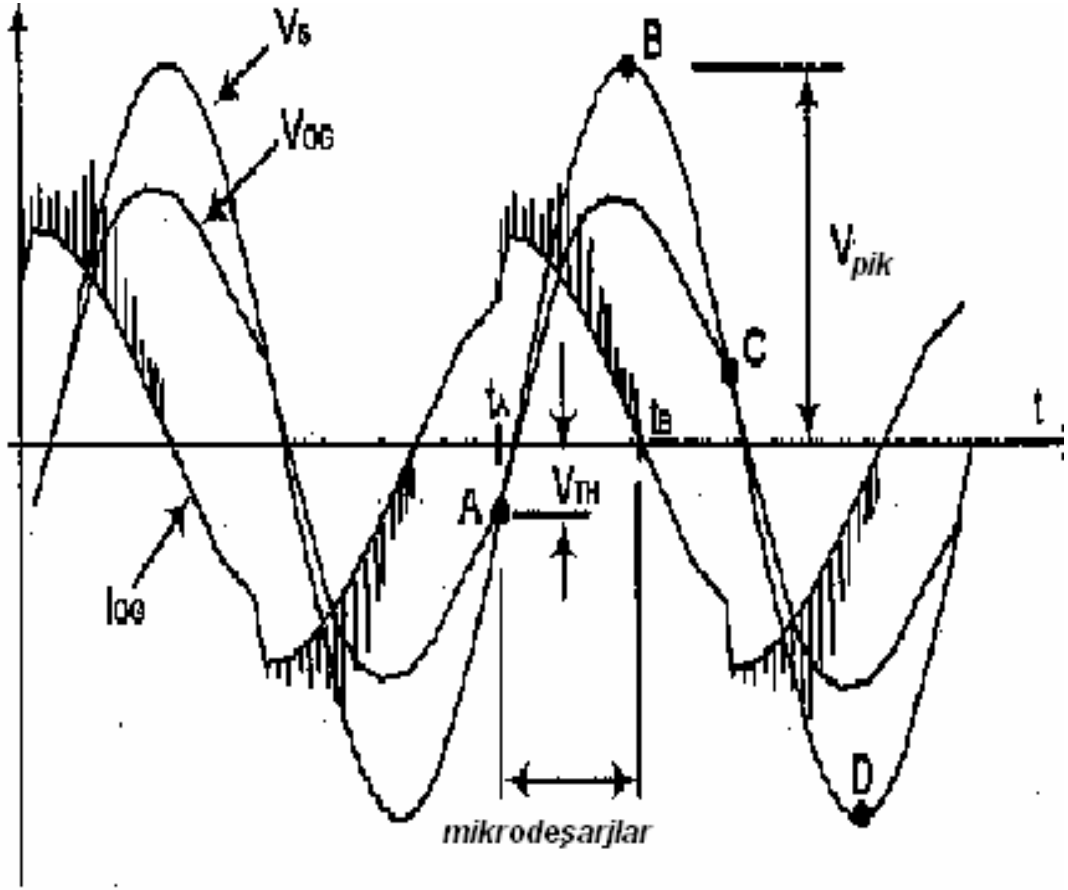
Yarım devre başına mikrodeşarj serilerinin sayısı  $N_{T/2}$ ; tüm serilerin aynı  $\Delta Q$  yükünü transfer ettiklerini varsayarak

$$N_{T/2} \approx \frac{2Cd}{\Delta Q} (V_{max} - V_{min}) \quad (2.9)$$

formülü yardımı ile hesaplanabilir.

Eğer bir serinin tüm mikrodeşarjları (tek akım pulsuna neden olurlar) hemen hemen aynı özelliklere sahip olsalar,  $\Delta Q \approx nq$  olur; n: seri içindeki mikrodeşarj sayısını, q: tek bir mikrodeşarj tarafından transfer edilen yükü göstermektedir. Bu yük transferi başlıca yalıtkanın cinsi ve gaz gepinin genişliği tarafından sınırlandırılır ve zayıf olarak da gaz basıncına ve de yalıtkanın kalınlığına bağlıdır. Böylece;

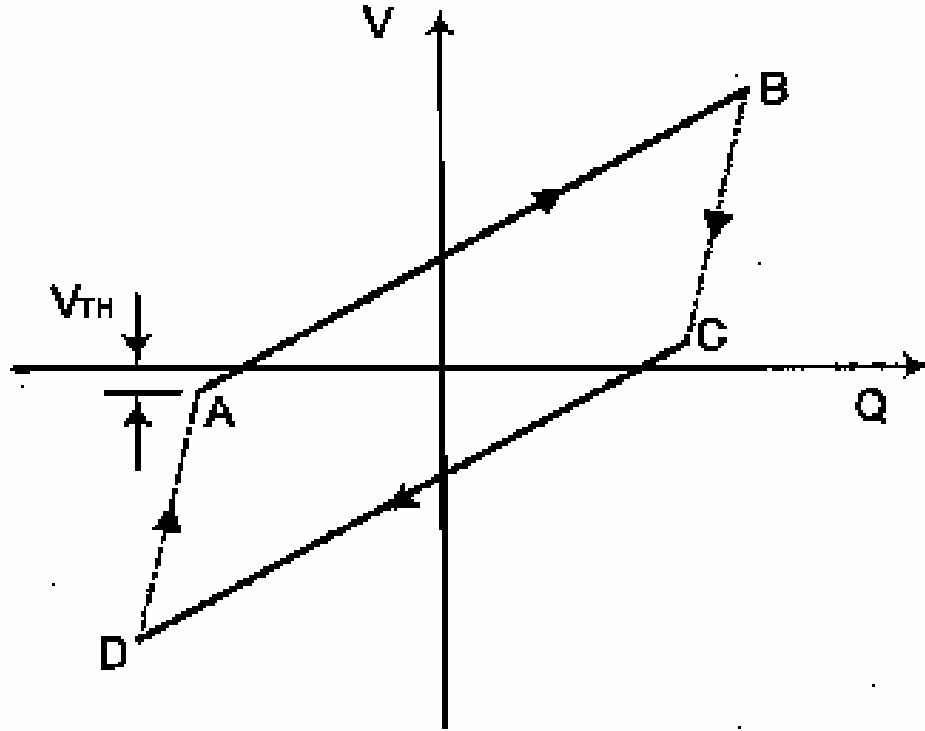
$q \propto \epsilon_r \cdot g$  olur (Wagner vd., 2002).



Şekil 2.18. Y.E.D.'na uygulanan voltaj ve akım karakteristiği (Alonso, 2003)

$I_{OG}$ ;deşarj akımıdır ve  $V_{OG}$ ; ozon jeneratörünün gerilimidir. A noktasında, gepteki voltaj mikroydeşarjı başlatacak kadar yeterince yüksektir.  $V_{TH}$  voltajın kırılma için gerekli olan eşik değeridir, bu demektir ki; mikroydeşarjı başlatan minimum voltaj değeridir. A-B ve C-D aralıkları mikroydeşarjın oluştuğu aralıklar aktif fazlardır, bu aralıklarda mikroydeşarjlar oluşur vedeşarj gepindeki voltaj yani gep voltajı hemen hemen sabittir (Şekil 2.18.), bu voltaj geneldedeşarj voltajı olarak da nitelendirilir ( $V_{Dis}$ ) (Alonso, 2003).

Düşük frekanslardaki yukarıda verilen voltaj-yük (V-Q) karakteristiğindeki A-B ve C- D çizgileri mikroydeşarjların oluştuğu aktif fazları göstermektedir. B-C ve D-A çizgileri ise giriş voltajının eşik voltajının ( $V_{TH}$ ) altında olduğu dolayısıyla mikroydeşarjların oluşmadığı pasif fazı göstermektedir (Şekil 2.19.) (Alonso, 2003).



Şekil 2.19. Düşük frekanslardaki Lissajous şekli (Alonso, 2003)

Sisteme verilen güç;

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T V(t) \dot{I}(t) dt \quad (2.10)$$

A-B ve C-D aktif fazları süresince deşarj gepine düşen voltaj hemen hemen sabit olduğunu ve  $V_{Dis}$ ' a eşit olduğunu kabul ederek

$$P = \frac{V_{DEŞ}}{T} 2 \int_{t_A}^{t_B} i(t) dt \quad (2.11)$$

yazabiliriz. Burada integral 0-T aralığını yani tam bir periyodu kapsamaktadır, bu ise 2 ( $t_A - t_B$  aralığı) demektir. Aktif faz süresince deşarj gepine düşen voltaj  $V_{Deş}$ 'da sabittir ve dolayısıyla  $dV/dt = 0$  olur ve deşarj gep kapasitöründe hiçbir akım yoktur demektir. Bu aralıklarda, yalıtkan kapasitörlerindeki voltaj  $V_s - V_{Deş}$  olur, burada  $V_s$  giriş voltajıdır.



Tüm bunları göz önüne alırsa;

$$i(t) = C \frac{dV}{dt} = C_d \frac{dV_d}{dt} = C_d \frac{d}{dt} (v_s - V_{Deş}) \quad (2.12)$$

yerine yazılırsa;

$$P = \frac{V_{Deş}}{T} 2 \int_{t_A}^{t_B} C_d \frac{d}{dt} (v_s - V_{Deş}) dt \quad (2.13)$$

$$\frac{dV_{Deş}}{dt} = 0 \quad (2.14)$$

$$\frac{V_{Deş}}{T} 2 C_d \int_{t_A}^{t_B} dv_s = 2 C_d V_{Deş} f [V_B - V_A] \quad (2.15)$$

$t_A$  anında, giriş voltajı  $V_A = -V_{TH}$  dir .

$t_B$  anında ise giriş voltajı pik voltajına eşittir  $V_B = V_{Pik}$

Sonuçta;

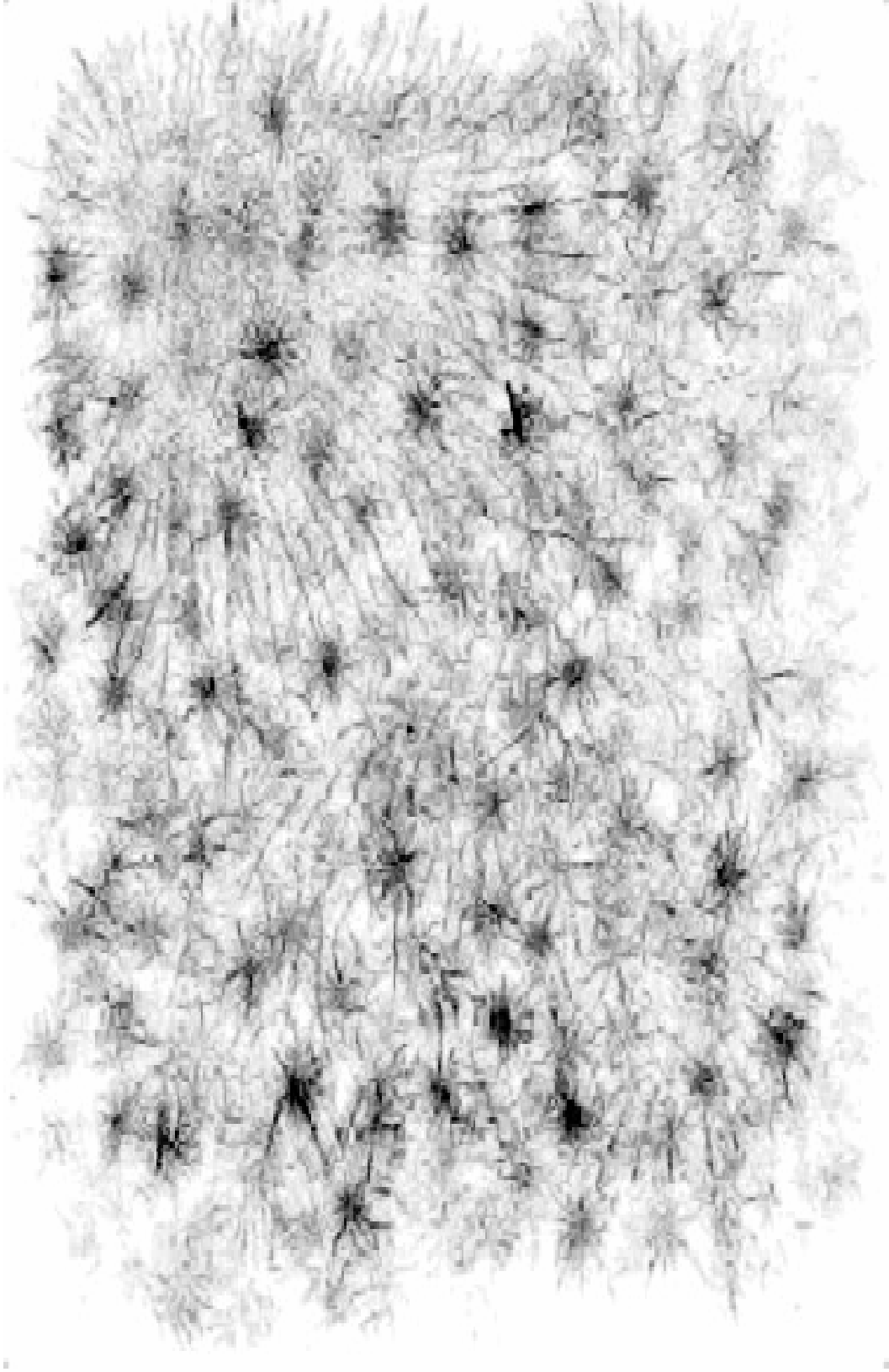
$$P = 2 C_d V_{Deş} f [V_{Pik} - (-V_{TH})] \quad (2.16)$$

$$P = 2 C_d V_{Deş} f [V_{Pik} + V_{TH}] \quad (2.17)$$

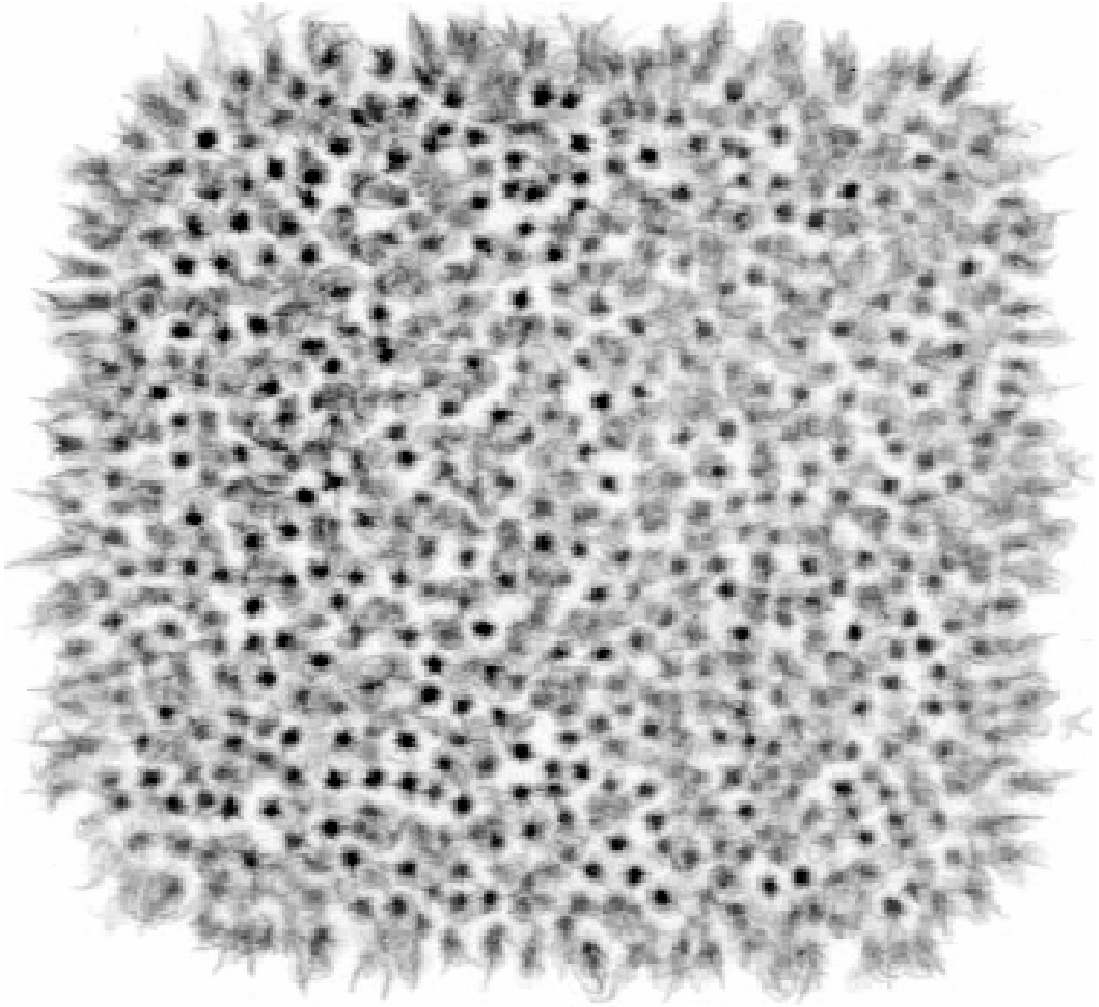
yazılabilir (Alonso, 2003). Sisteme verilen güç; yalıtkan kapasitansına, deşarj voltajına, frekansa, pik voltajına ve eşik voltaj değerine bağlı olarak değişmektedir.

#### **2.4.Mikrodeşarj Oluşumunun ve Mikrodeşarjların Birbirleriyle Olan Etkileşimlerinin Fiziksel Yapısı**

Çoğu durumda, DBD düzgün değildir ve çok sayıda mikrodeşarj, deşarj gipi içerisinde Şekil 2.20. ve Şekil 2.21.'de gösterildiği gibi dağılırlar. Mikrodeşarjların fiziği plazma kanallarının oluşumunu, yayılımını ve oluşan bu plazma kanallarının bozulumunu anlama temeline dayanır (Chrikov vd., 2004; Xu vd., 1999; Kang vd., 2002).



Şekil 2.20. 4.57 mm gep aralığında 20,4 kHz frekanslı tek bir uyarım dalgası verilen ve çalışma gazının hava olduğu deneysel Y.E.D. sisteminde filamentlerin elde edilen fosfor görüntüleri (Chrikov vd., 2004)



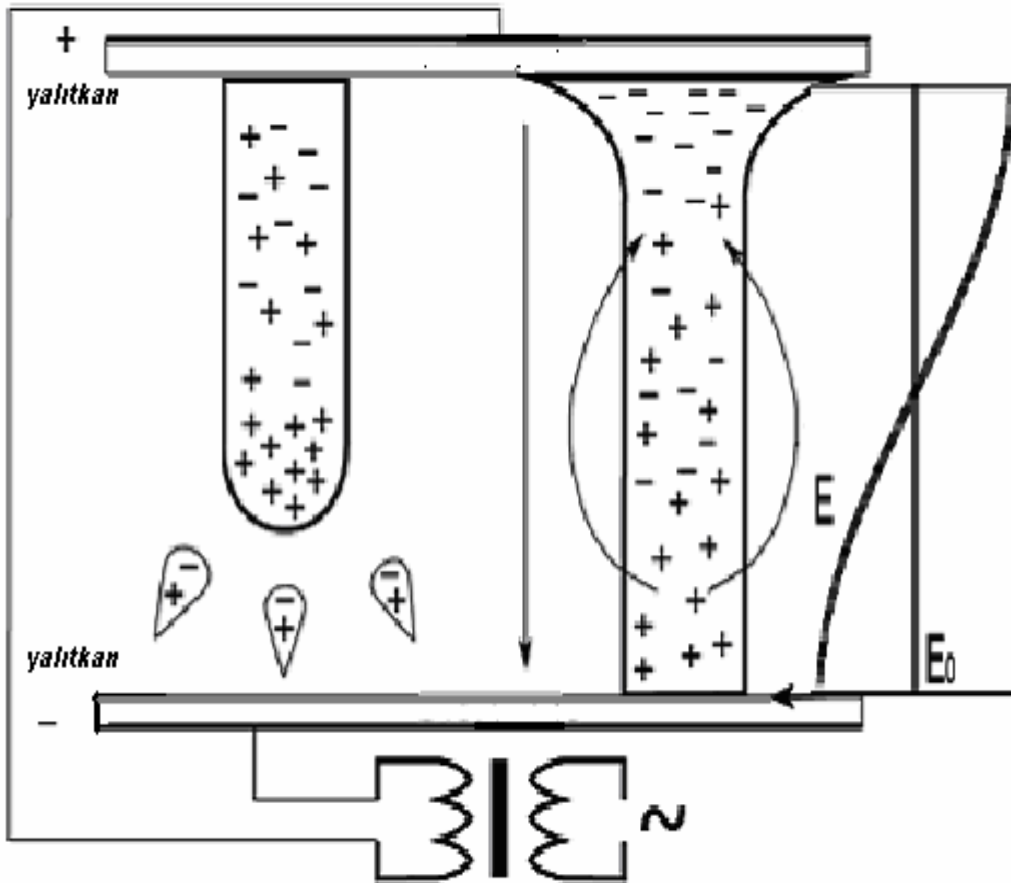
Şekil 2.21. 0.762 mm gep aralığında 20,9 kHz frekanslı on uyarım dalgası verilen ve çalışma gazının hava olduğu deneysel Y.E.D. sisteminde filamentlerin elde edilen fosfor görüntüleri (Chrikov vd., 2004)

Streamer'lar bölgesel iyonlaşma dalgalarıdır. Genellikle, zıt yönde yayılan çığları karşılamak için anottan katoda doğru hareket ederler. Streamer'lar oldukça çok hızlı hareket ederler ( yaklaşık olarak  $10^8 \text{ cm s}^{-1}$  ) ve nanosaniyeler içerisinde elektrotlar arası mesafeyi kaplarlar. Artık gep içerisindeki elektronlar 40ns gibi bir süre içerisinde, Streamer'lar tarafından oluşturulan plazma kanalı içerisine yerleşirler. Bu esnada, kütlece elektronlara kıyasla ağır olan ve yavaşça sürüklenen iyonlar birkaç mikrosaniye süresince deşarj gepi içerisinde arta kalırlar. Bu oluşan plazma kanallarından anot yalıtkan engelinin üzerine elektronların depolanması bir yük birikimine neden olur ve bu da eğer uygulanan voltaj kırılma için gerekli voltajdan biraz daha büyük değilse anot ve katot ters dönünceye kadar yakınlarındaki yeni

çığların ve Streamer'ların oluşumuna engel olur. Uygulanan voltajın polaritesi tersine döndükten sonra, bu depolanan negatif yükler (elektronlar) aynı bu noktadaki yeni çığların ve Streamerlerin oluşumunu kolaylaştırırlar. Sonuç olarak, mikroskobik olarak her biri parlak bir filament gibi görünen çok sayıda oluşan Streamer toplulukları gep içerisinde bölgeselleşmiş yerlerde gözlenirler. Bu; çığ, Streamer ve filament terimlerinin açıklanması ve ayırt edilmesinde önemli bir noktadır. Deşarj gepinde bazı noktalardan (yada katottan yada iyi bir Y.E.D.'de katodu kaplayan yalıtkandan ) başlayan başlangıç elektronları, direk iyonlaşma ile ikincil elektronları oluştururlar ve elektron çığını geliştirirler (büyütürler). Eğer çığ yeterince büyükse katot yönelimli (genellikle anot bölgesinden) Streamer başlatılır. Streamer oldukça çok hızlı iyonlaşma dalgasıdır, birkaç nanosaniyeler içerisinde gepe köprü kurar ve böylece iletken bir kanal olan zayıf iyonlaşmış plazma kanalını oluşturmuş olur. Bölgesel elektrik alan çökünceye kadar, şiddetli elektron akımı bu plazma kanalından akacaktır. Bölgesel elektrik alanındaki bu çöküş, yalıtkan üzerindeki yük birikiminden ve iyonik uzay yükünden (iyonlar bu akım boyunca gepten ayrılabilmek için oldukça yavaşlardır-bu durum Şekil 2.22'de sağ tarafta da görülmektedir) kaynaklanır. Çığ ile başlayan ve elektron akımı sonlanıncaya kadar gelişen, deşarj gepi içerisindeki bu bölgesel işlemler gurubu mikrodeşarj olarak adlandırılır. Elektron akımı bitiminden sonra asıl mikrodeşarj kanalı içerisinde daha fazla elektron-iyon plazması yoktur, fakat bu kanal hacmi sınırları içerisinde yüksek seviyeli titreşimsel ve elektronik uyarımlar, yüzey üzerine biriken yükler ve hacimdeki iyonik yükler; bize bu bölgeyi geri kalan diğer kısımlardan ayırt etmemizi sağlar ve buna mikrodeşarj kalıntısı adı verilir. Mikrodeşarj kalıntısındaki pozitif iyonlar (yada elektronegatif gaz hali içerisindeki pozitif yada negatif iyonlar) yavaşça elektrotlara hareket eder, düşük ve çok uzun (1mm gepte yaklaşık olarak 10  $\mu$ s) süre akan iyon akımıyla sonuçlanır. Uygulanan voltajın polaritesi değiştiği zaman; mikrodeşarj kalıntısı, aynı noktadaki yeni mikrodeşarjların oluşumunu kolaylaştıracaktır. Bu, Y.E.D. içinde tek filamentleri görmenin mümkün olmasının sebebidir. Eğer her polarite değiştiğinde mikrodeşarjlar yeni bir noktada oluşsaydı deşarj “düzgün” görünürdü. Y.E.D. içindeki filamentler, polaritenin değiştiği her bir zamanda aynı noktada oluşan mikrodeşarj gruplarıdır. Bir mikrodeşarj bir sonraki mikrodeşarj oluşmadan önce tamamıyla harcanmaz , buna “bellek etkisi” adı verilir. Streamera bağlı olarak yük dağılımı, plazma kanalına ve mikrodeşarj kalıntısına bağlı

olarak da gep içindeki bölgesel elektrik alan Şekil 2.22.'de gösterilmektedir (Chrikov vd., 2004).

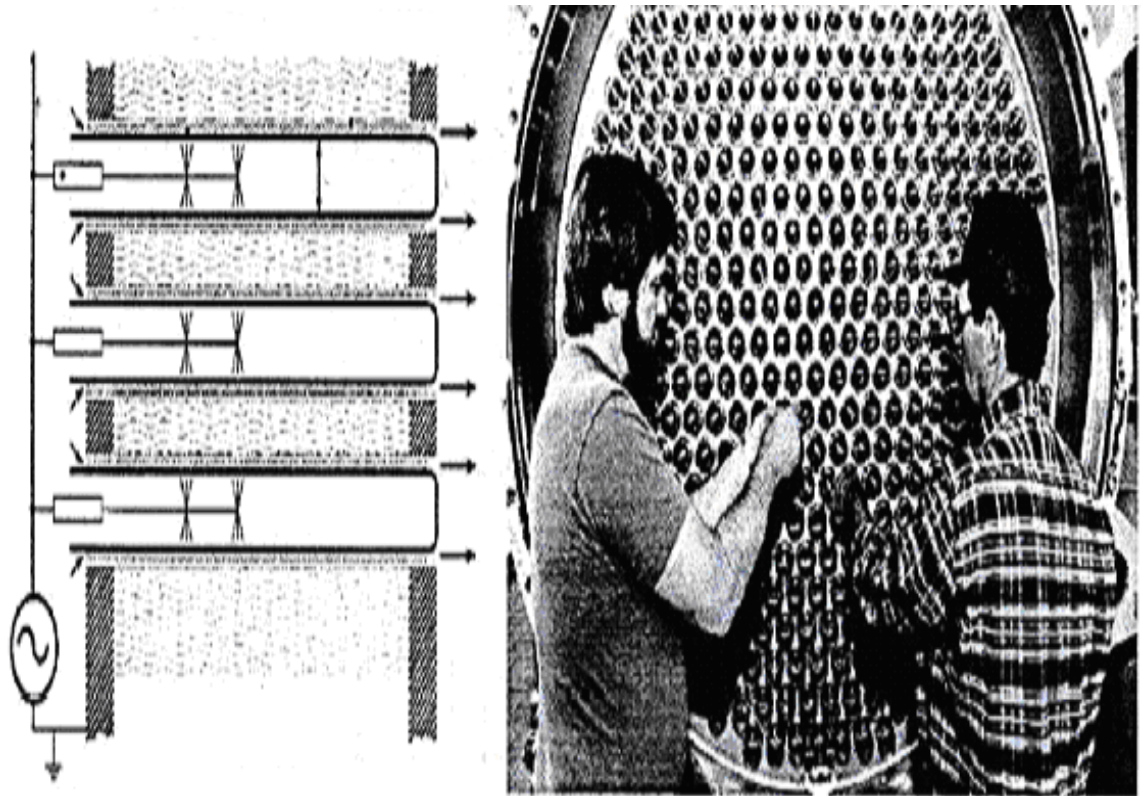
Şekil 2.22.'de sol tarafta bir streamer'in ilave çığları kendine çekerken anottan katoda doğru yayılımını göstermektedir. Sonuçta oluşan plazma kanalı ve mikrodeşarj kalıntısı oluşumu şeklin sağ tarafında gösterilmektedir. Bu net olarak pozitif yüke sahiptir, çünkü elektronlar gepten iyonlardan daha hızlı hareket ederek ayrılırlar. Artan pozitif yük yalıtkan yüzeydeki depolanan negatif yükle birlikte, yakınlardaki çığ ve streamer ailelerinin oluşumunu ve dolayısıyla komşu mikrodeşarjlarının oluşumunu etkiler. Etkinin mekanizması şöyledir: pozitif yük yada depolanan negatif yük içindeki dipol alanı komşu mikrodeşarjların katot alanındaki elektrik alanı kuvvetlendirir, ancak anot alanındaki elektrik alanı düşürür (Xu, 1999; Kang, 2002).



Şekil 2.22. Y.E.D. düzeneğinde çığların, Streamer'ın oluşumu ve Streamer'a bağlı olarak yük dağılımı, plazma kanalı ve mikrodeşarj kalıntısına bağlı olarak da gep içindeki bölgesel elektrik alan (Chrikov vd., 2004)

## 2.5. Yalıtkan Engel Deşarjının Uygulama Alanları

Endüstriyel ölçekte Y.E.D.'nin ilk uygulaması ozon jeneratörüdür. Bu molekül (ozon) etkili bir antiseptiktir. Yaklaşık yüzyıl kadar önce, tifo ve kolera salgınlarından etkilenen bölgelerde, güvenilir içme suyunu temin etmede kullanılabileceği anlaşılmıştır. İlk büyük ozon donanımı 1907'de Nice'de ve 1910'da St.Petersburg'da işleme başlamıştır. Bugün son teknolojiyle donatılmış ozon jeneratörleri 2-5 cm çapında, 1-2 m uzunluğundaki silindirik tüplerden meydana gelmektedir. Deşarj gep'i dar halka şeklinde boşluğa sahiptir;cam tüpün üzerine kaplanan iletken yüksek voltaj elektrotu görevini görür. Geniş jeneratörler saatte 100 kg ozon üretebilirler, verimi %10 civarındadır. Geleneksel olarak ozon jeneratörleri çizgi frekansında işleme tabi tutulmaktadırlar. Ekonomik sebeplerden dolayı da hala bu teknik kullanılmaktadır (Mangolini, 2000).



Şekil 2.23. Ozon jeneratörünün deşarj tüplerinin şematik gösterimi ve Los Angeles Aqueduct Filtration Plant'indeki geniş ozon jeneratörünün fotoğrafı (Mangolini, 2000)

Ozon jeneratörleri dışında, yüzey tedavileri ve kirlilik kontrolü de buna ilaveten gelişen uygulama alanlarıdır. Bu tür teknik aletler, inkoherent ultraviyole ve vakum ultraviyole ışık yayılımının ve endüstriyel yüksek güçlü karbondioksit lazerlerinin yüksek yoğunluklu kaynağıdır. Artık günümüzde de Y.E.D. uygulamaları, AC plazma plazma tv'ler, düz geniş alanlı ve duvara monte edilebilen tv setleri olarak da tüketici pazarlarında yerini almıştır (Karl, 2000).

Y.E.D. endüstriyel alanda genellikle 1 atm basınç altında ve çalışma gazı olarak da hava kullanılarak oluşturulur. Ozon üretiminin verimini artırmak için; havanın oksijenle zenginleştirilmesi istisnai bir durumdur (Roth, 2001).

Sülfür dioksit (SO<sub>2</sub>), nitrojen oksitler (NO<sub>x</sub>), karbondioksit (CO<sub>2</sub>), uçucu organik bileşikler (VOC) ve freon gibi gazlı kirlenici maddeler; iç yanmalı motorlar, fabrikalar, kirliliğe sebep olan tesisler gibi kaynaklardan çıkarlar. Bu kirlenici maddeler sera etkisine, asit yağmurlarına, kentsel dumanlı sislere ve stratosferin üstündeki ozon tabakasının zarar görmesine sebep olurlar. Atmosferik kirlilik, tüm dünyanın çözmesi gereken problemlerden biridir (Jiang vd., 2001; Takaki vd., 1998).

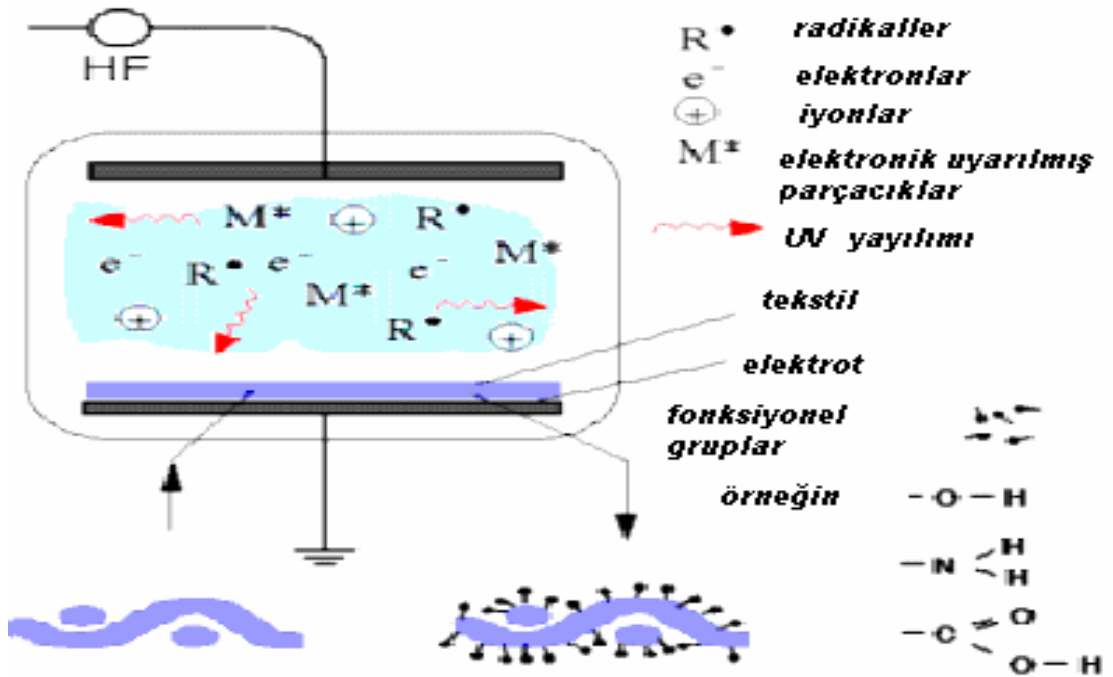
Kirlenici maddelerin ortadan kaldırılmasında endüstriyel olarak çeşitli teknikler kullanılmaktadır. Buna rağmen bu yöntemlerin çoğu, sadece bazıları için etkindir. Dahası bu aletler, otomobiller, dizel motorlu jeneratörler vs. gibi ticari kullanımlar için oldukça büyük boyutlara sahiptirler. Düşük sıcaklıklı plazmalar (LTP), radikallerin ve yükseltgen maddelerin oluşturulmasındaki yüksek verimliliklerinden dolayı bu konuda oldukça cezbedicidir. Yalıtkan engel deşarjı; SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, VOC, CO<sub>2</sub> ve freonun yok edilmesinde ümit verici adaylardan birisidir. Yalıtkan engel deşarjları bu amaç için oldukça cezp edicidir, çünkü ticari ozon jeneratörünün kendini kabul ettirdiği tekniği ile atmosferik basınçta oluşturulabilmektedir (Takaki vd., 1999).

## **2.6. Plazma ve Tekstil**

Tekstil kumaşlarının terbiye edilmesindeki gereksinimlerin artışı, sentetik (suni) kumaşlarla teknik dokumaların kullanımının artışı; toplum ve pazarların çevreyle dost, mükemmel metotlara gereksinimleri; sonuçta yenilikçi üretim tekniklerinin

talebini artırmıştır. Bu alanda plazma teknolojisi; çevreyle dost ve malzemenin yüzey özelliklerini kolayca değiştirebilen farklı avantajlarıyla kendini göstermektedir.

Plazmanın, malzemelerin yüzey özellikleri üzerinde arzulanan değişiklikleri yapabilmekte etkin olduğu en az 60 yıldır bilinmektedir. Bununla birlikte plazmanın bu alandaki patirik uygulamaları, kullanışlı, güvenilir ve geniş plazma sistemlerine ihtiyaç duymaktadır. Bu tür sistemler günümüzde mevcuttur (çoğunlukla araştırma laboratuvarlarında) ve endüstriyel alanda karşılaşılan problemlere çözüm olarak plazmanın kullanılması 10 yıldır hızla artmaktadır (Angelova vd., 2004; Poll vd., 2001).



Şekil 2.24. Plazma ile substratın ve plazma çemberinin etkileşimi (Poll vd., 2001)

Plazma, kullanılan gaza bağlı olarak; serbest elektronları, iyonları, radikalleri, UV yayılımı ve çok sayıda uyarılmış parçacıkları içerir (Şekil 2.24.).

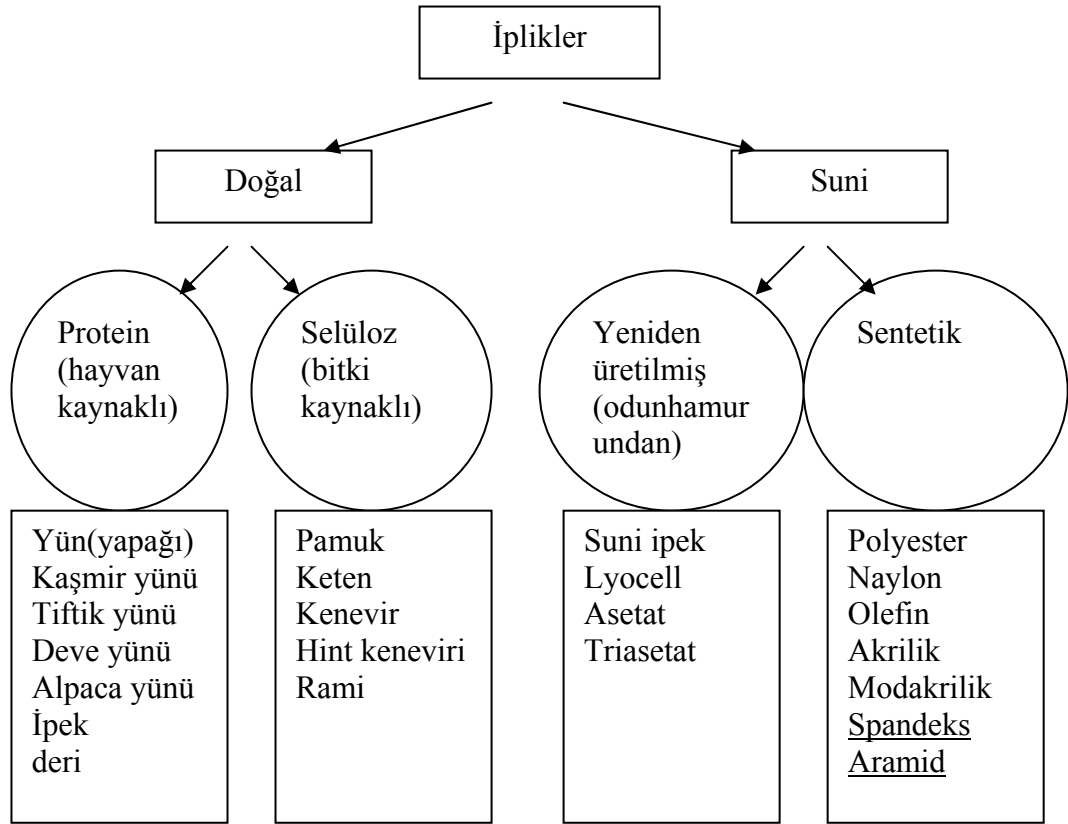
Dolayısıyla, plazma çemberi içindeki çeşitli reaktif türler substrat yüzeyi ile karşılıklı etkileşirler. Sonuçta kullanılan parametreye bağlı olarak yüzey temizleme işlemi, yüzeyde modifikasyon, yada kaplama işlemleri gerçekleştirilir. (Angelova vd., 2004; Poll vd., 2001).



### 2.6.1. Endüstriyel Kumaşlar ve İpler

Giyisilerde ve diğer birçok amaçla günlük hayatta kullanılan kumaşların elde edilmesinde kullanılan ipler “doğal” ve “suni” olmak üzere 2 ana gruba ayrılırlar (Tablo 2.4.) (Roth, 2001).

Tablo 2.4. Tekstil endüstrisinde üretilen ipliklerin sınıflandırması (Roth, 2001)

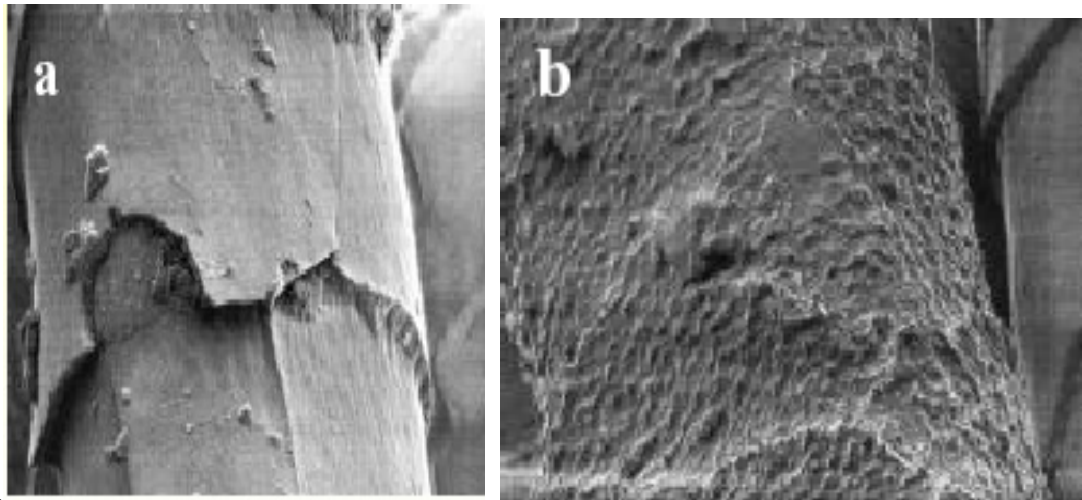


Doğal iplikler; protein içeren hayvan kaynaklı ve selüloz içeren bitki kaynaklı olmak üzere 2 ana gruba ayrılır. Protein içeren doğal iplikler; yün, kaşmir yünü, tiftik yünü, alpaca yünü, ipek ve deridir. Selüloz içeren doğal iplikler; pamuk, keten, kenevir, hint keneviri ve Rami'dir.

### 2.6.2.Yün ve Plazma

Yünlü giysilerin istenmeyen özelliklerinden birisi keçeleşmedir. Bu doğrudan, yün ipliklerinin sürtünme katsayısına bağlıdır. Keçeleşmeyi azaltmak için, bu doğrudan bağımlılık azaltılmak zorundadır. Günümüzde bu, klor içeren solüsyon ile yapılmaktadır. Yünün dış yüzeyi, başlıca içerik olarak dörtte üçü proteinden, dörtte biri de yaklaşık olarak lipitten oluşur. Bu işlem sırasında; yünün bu dış yüzeyi aşınır (Şekil 2.25.). Lipit bileşenleri, yağ asitlerinin karışımını içerir; baskın olarak 18-metilzonik asit, sistin atıkları yoluyla proteinlere kovalent bağla bağlanırlar. Bu işlem çevresel önem düşünüldüğü zaman yerini daha çevre dostu bir yöntem bırakmalıdır. Alternatif bir yöntem olarak; düşük sıcaklıklı plazma yünün bu tür iyileştirilmesinde kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalardaki yünün keçeleşme eğiliminin ölçümü plazma içine artan bir enerji girişini göstermiş ve bunun sonucunda da plazma işleminden sonra yünün keçeleşme eğiliminde azalma görülmüştür (Poll vd., 2001; Schoenbach vd., 2000).

Şekil 2.25.a'da hiçbir işlem görmemiş yün, Şekil 2.25.b'de plazma ortamında bırakılan yün yakından gösterilmektedir. Buradan da görüldüğü gibi plazma işlemi (Y.E.D.) yünün yüzeyinde pürüzlendirme meydana getirmiştir. Bu plazmanın yün üzerinde yaptığı fiziksel değişimdir. Bunun sonucunda yünün boyanabilirliğinde ve su tutma kapasitesinde artmalar beklenir (Schoenbach vd., 2000).



Şekil 2.25. Y.E.D.'nin yün üzerinde oluşturduğu fiziksel değişim (pürüzlendirme) a) işlem görmemiş yün, b) plazma işlemi görmüş yün (Poll vd., 2001)

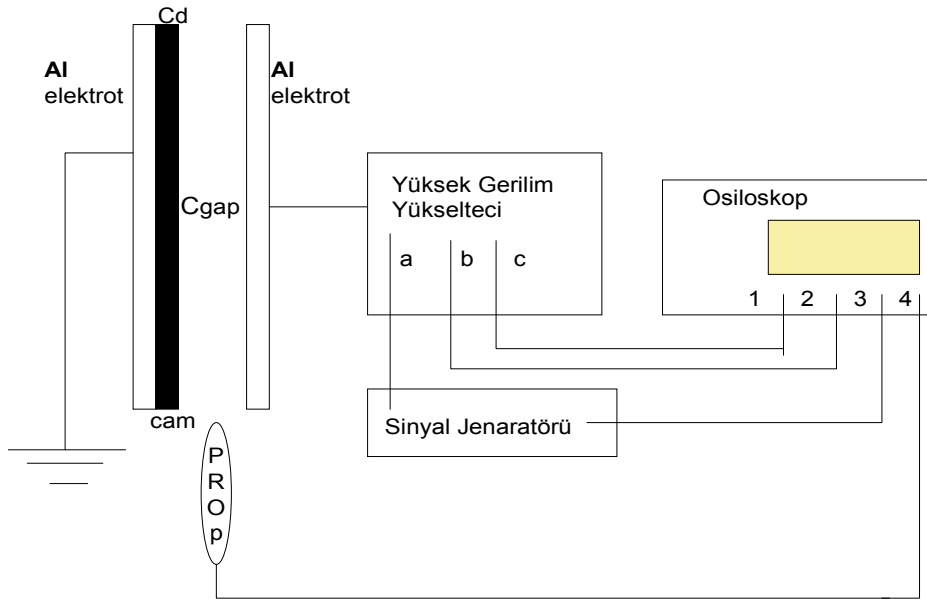
### 3.MATERYAL VE METOD

#### 3.1 Deneysel Olarak Yalıtkan Engel Deşarjının Gerçekleştirilmesi

Bu çalışmada; sisteme farklı frekanslı, farklı genlikli (farklı voltaj) ve farklı dalga biçimine (sinüs, üçgen ve kare dalga) sahip yüksek gerilim uygulanarak yalıtkan engel deşarjının elektriksel olarak nasıl değişim gösterdiği araştırılmıştır. Çalışmalar SDÜ Plazma Araştırma Labaratuvarında Şekil 3.1.'de gösterilen sistemle gerçekleştirilmiştir. Deneyde kullanılan sistemin şematik gösterimi Şekil 3.2.'de verilmektedir.



Şekil 3.1. Yalıtkan Engel Deşarjının oluşturulduğu deney düzeneği



Şekil 3.2. Yalıtkan Engel Deşarjının oluşturulduğu deney düzeneğinin şematik gösterimi

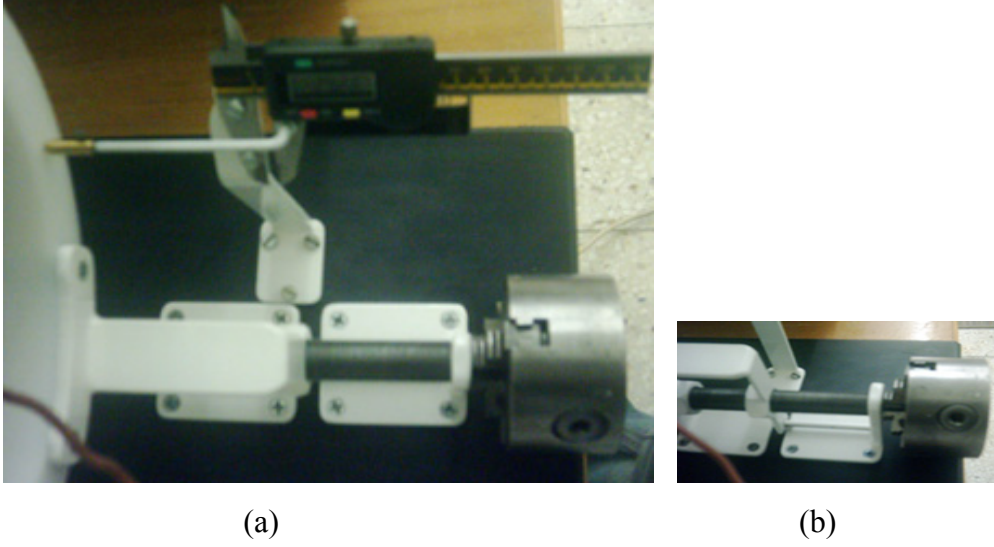
Sistem: birbirine paralel iki adet, dış yarıçapı 25 cm olan polyamit malzeme içine yerleştirilmiş 20cm çaplı Al elektrottan, yalıtkan olarak 3mm kalınlıklı 253 mm çaplı camdan, Trek Model 20/20C Yüksek Gerilim Yükselteci'den, Escort EFG-3210 2MHz Sinyal Jeneratörü'nden, Tektronix P6015A 1000x3,0 pF 100 MΩ Prop'tan ve Tektronix TDS 7104 Dijital Fosfor Osiloskop'tan oluşmaktadır.

- Şekil 3.3. birbirine paralel iki adet dış yarıçapı 25'er cm olan polyamit malzeme içine yerleştirilmiş olan 20'er cm çaplı Al elektrotları göstermektedir. Bu elektrotlardan birine yüksek gerilim verilirken, 3mm cam ile kaplı olan elektrot topraklanmıştır.



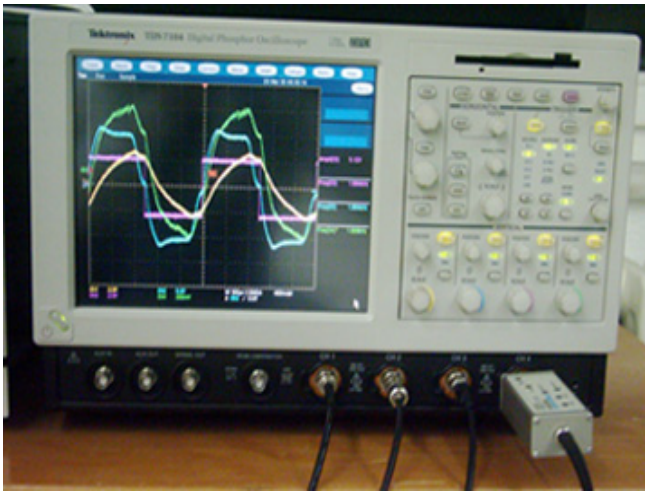
Şekil 3.3. Elektrot sisteminin a) soldan görünümü (topraklama yapılan elektrot) b) sağdan görünümü (yüksek gerilime bağlanan elektrot)

- Şekil 3.4.'de elektrot sisteminde elektrotlar arası mesafenin (gep aralığı) ayarlanmasında kullanılan, sisteme monte edilmiş olan çevireç kol ve dijital kumpas görülmektedir.



Şekil 3.4. a) Elektrotlar arası mesafenin ayarlanmasında kullanılan a) çevireç kol ve dijital kumpas, b) çevireç kol

- Şekil3.5.'de Tektronix TDS 7104 Dijital Fosfor Osiloskop görülmektedir. Sistemde oluşturulan Y.E.D.'nin elektriksel karakteristiklerinin sinyallaeri gözlenmiş ve dataları alınmıştır.



Şekil 3.5. Dijital Fosfor Osiloskop

- Şekil 3.6.'da Trek Model 20/20C Yüksek Gerilim Yükseltici görülmektedir. Sisteme verilen gerilim, bu yükseltici ile 2000 kat yükseltilerek verilmiştir.



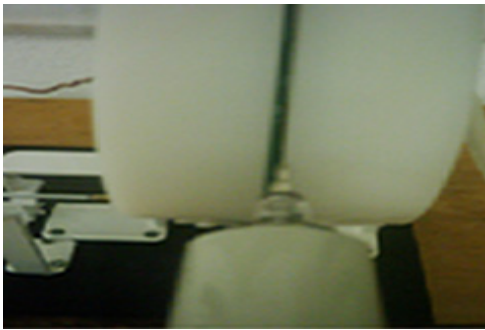
Şekil 3.6. Yüksek gerilim yükseltici

- Şekil 3.7.'de Escort EFG-3210 2MHz Sinyal Jeneratörü görülmektedir. Sisteme verilen voltajın şekli, frekansı ve genliği bu sinyal jeneratörü ile ayarlanmıştır.



Şekil 3.7. Sinyal Jeneratörü

- Şekil 3.8.'de Tektronix P6015A 1000x3,0 pF 100 MΩ Prop görülmektedir. Deneyde tüm ölçümlerde, prop gep aralığının tam hizasında ve 1 cm uzaklıkğa yerleştirilmiştir. Gepteki yük değişim miktarı propta bir gerilim değişimine sebep olmaktadır ve bunun da sinyali osiloskoptan gözlenmiştir.



Şekil 3.8. Tektronix P6015A 1000x3,0 pF 100 MΩ prop



Deney düzeneğinde; elektrotlar arası mesafe (gop aralığı), çevireç kol ve dijital kumpas yardımı ile 1mm olarak ayarlanmıştır. Elektrotlardan; yalnızca topraklama yapılan elektrot, 3mm kalınlığında 253mm çapında cam ile kaplanmıştır. En az bir elektrotu yalıtkanla kaplamanın amacı; deşarjın oluştuğu hacimden elektrotlara ve güç kaynağına gerçek akımların akışını önlemektir (ark oluşumunu önlemektir). Yalıtkan engel her bir bireysel mikrodeşarj içerisindeki yük miktarını ve depolanan enerjiyi sınırlandırır. Tüm elektrot yüzeyine mikrodeşarjları yayar. Yalıtkan engeller transfer edilen yük miktarını ve mikrodeşarj kanalı içerisinde depo edilen enerjiyi sınırlandırır. Sinyal jeneratöründen ise; sisteme verilen gerilimin genlik ve frekans ayarlamaları yapılır, yüksek gerilim yükseltici tarafından da 2000 kat yükseltilmiş olarak elektrot sistemine verilir.

Elektrotlara bir gerilimin uygulanması ile gep içerisinde bir elektrik alan meydana gelir. Bu alan, gep içindeki gazın dayanma alanına eşit yada büyük olduğu anda gaz içerisinde bölgesel olarak bireysel filamentar deşarj başlatılmış olunur.

Deşarj gepinde bazı noktalardan (yada katottan yada iyi bir DBD' de katodu kaplayan yalıtkindan) başlayan başlangıç elektronları, direk iyonlaşma ile ikincil elektronları oluştururlar ve elektron çığını geliştirirler. Eğer çığ yeterince büyükse katot yönelimli (genellikle anot bölgesinden) streamer başlatılır. Streamer oldukça çok hızlı iyonlaşma dalgasıdır, birkaç nanosaniyeler içerisinde gepe köprü kurar ve böylece iletken bir kanal olan zayıf iyonlaşmış plazma kanalını oluşturmuş olur. Bölgesel elektrik alan çökünceye kadar, şiddetli elektron akımı bu plazma kanalından akacaktır. Bölgesel elektrik alanındaki bu çöküş, yalıtkan üzerindeki yük birikiminden ve iyonik uzay yükünden (iyonlar bu akım boyunca gepten ayrılabilmek için oldukça yavaşlardır-bu durum şekil3 de sağ tarafta da görülmektedir) kaynaklanır. Çığ ile başlayan ve elektron akımı sonlanıncaya kadar gelişen, deşarj gepi içerisindeki bu bölgesel işlemler gurubu mikrodeşarj olarak adlandırılır.

Sisteme farklı frekanslı, farklı genlikli (farklı voltaj) ve farklı dalga biçimine (sinüs, üçgen ve kare dalga) sahip yüksek gerilim uygulanarak yalıtkan engel deşarjının elektriksel olarak nasıl değişim gösterdiği araştırılmıştır. Çalışılan dalga biçimlerine

ait frekans ve genlik değerleri sırasıyla Tablo 3.1, 3.2, 3.3, 3.4'de verilmektedir. Hava ortamında ve 1 mm gep aralığında, 400 Hz frekanslı ve tepeden tepeye voltaj değeri 22560 Volt olan sinüs dalga ile oluşturulan yalıtkan engel deşarjına tabi tutulan yünün su emme kapasitesindeki değişim araştırılmıştır.

Tablo 3.1. Deneyde sisteme verilen; aynı genlikli, sinüs, üçgen ve kare dalga için farklı frekans değerleri

Sinüs dalga (Hz)	Üçgen dalga (Hz)	Kare dalga (Hz)
0,2 x 10	0,2 x 10	0,2 x 10
0,8 x 10	0,8 x 10	0,8 x 10
1,6 x 10	1,6 x 10	1,6 x 10
2 x 10	2 x 10	2 x 10
0,4 x 100	0,4 x 100	0,4 x 100
0,8 x 100	0,8 x 100	0,8 x 100
1,6 x 100	1,6 x 100	1,6 x 100
2 x 100	2 x 100	2 x 100
0,4 x 1 k	0,4 x 1 k	0,4 x 1 k
0,8 x 1 k	0,8 x 1 k	0,8 x 1 k
1 x 1 k	1 x 1 k	1 x 1 k
1,6 x 1 k	1,6 x 1 k	1,6 x 1 k
2 x 1 k	2 x 1 k	2 x 1 k
-----	-----	2,5 x 10 k
0,3 x 10 k	0,3 x 10 k	0,3 x 10 k
0,35 x 10 k	-----	-----
0,4 x 10 k	0,4 x 10 k	0,4 x 10 k
0,5 x 10 k	0,5 x 10 k	0,5 x 10 k
-----	-----	0,6 x 10 k



Tablo 3.2. Deneyde sisteme verilen; 0,4 x 1 kHz frekanslı sinüs, üçgen ve kare dalga için farklı genlik değerleri

Sinüs dalga (genlik değeri) V	Üçgen dalga (genlik değeri) V	Kare dalga (genlik değeri) V	Frekans (Hz)
5,52 x 2000	5,36 x 2000	5,64 x 2000	0,4 x 1 k
7,12 x 2000	7,12 x 2000	7,52 x 2000	0,4 x 1 k
9,44 x 2000	9,44 x 2000	9,52 x 2000	0,4 x 1 k
11,28 x 2000	11,2 x 2000	11,92 x 2000	0,4 x 1 k
13,04 x 2000	13,2 x 2000	13,76 x 2000	0,4 x 1 k

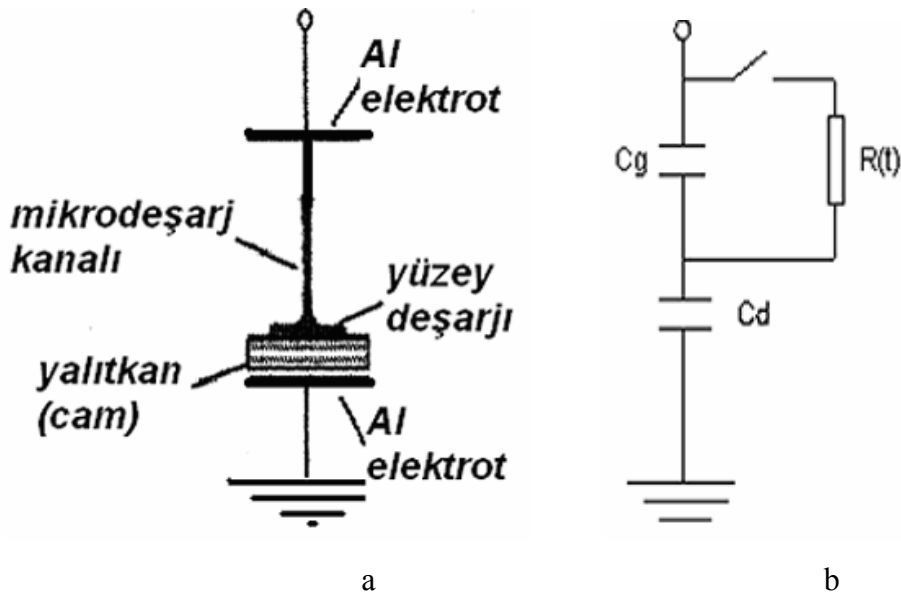
Tablo 3.3. Deneyde sisteme verilen; 0,4 x 1 kHz frekanslı sinüs, üçgen ve kare dalga için farklı genlik değerleri

Sinüs dalga (genlik değeri) V	Üçgen dalga (genlik değeri) V	Kare dalga (genlik değeri) V	Frekans (Hz)
5,68 x 2000	5,44 x 2000	5,92 x 2000	2 x 1 k
8,16 x 2000	8,0 x 2000	8,96 x 2000	2 x 1 k
13,12 x 2000	12,96 x 2000	13,6 x 2000	2 x 1 k

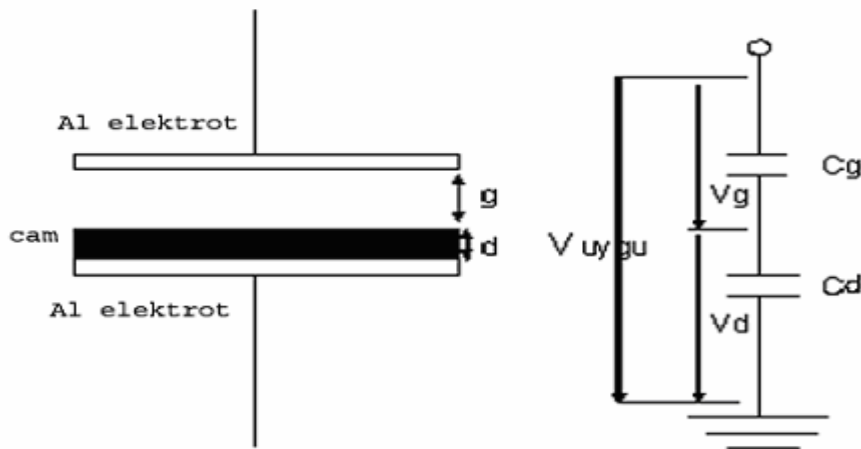
Tablo 3.4. Deneyde sisteme verilen; 0,4 x 100 Hz frekanslı sinüs, üçgen ve kare dalga için farklı genlik değerleri

Sinüs dalga (genlik değeri) V	Üçgen dalga (genlik değeri) V	Kare dalga (genlik değeri) V	Frekans (Hz)
5,52 x 2000	5,28 x 2000	5,76 x 2000	0,4 x 100
7,2 x 2000	7,04 x 2000	7,6 x 2000	0,4 x 100
9,52 x 2000	9,44 x 2000	9,6 x 2000	0,4 x 100
11,2 x 2000	11,04 x 2000	11,2 x 2000	0,4 x 100
13,12 x 2000	13,12 x 2000	13,84 x 2000	0,4 x 100

Uygulanan gerilimin gazın dayanma gerilimini aşıp mikrodeşarjı oluşturmasıyla Şekil 3.9.'da gösterilen anahtar kapanır ve zamanla hızla değişen  $R(t)$  direncine sahip olan plazma filamentinden akım geçer. Sistemin eşdeğer devresi Şekil 3.9.b'de gösterilmektedir. Elektrotlara bir gerilimin uygulanması ile gep içerisinde bir elektrik alan meydana gelir. Bu alan, gep içindeki gazın kırılma alanına eşit yada büyük olduğu anda gaz içerisinde bölgesel olarak bireysel filamentardeşarj başlatılmış olur. Elektron topluluğu zıt elektrota ulaştığı zaman, yalıtkan yüzey üzerinde yayılır.



Şekil 3.9. Deney düzeneğinde a) elektrot sisteminde mikrodeşarj oluşumu b) elektrot sisteminin eşdeğer devresi



Şekil 3.10. Elektrot sisteminde tek yalıtkan kullanılması halindedeşarj yokken sistemin eşdeğer devresi

Gep voltajı  $V_g$  , kırılma geriliminden küçük olduğu sürece hiçbir deşarj aktivitesi yoktur ve sistem seri bağlı iki kapasitör gibi davranır.

$C_g$  : gep kapasitörü

$C_d$  : yalıtkan kapasitörü

$C$  : toplam kapasitör

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_g} + \frac{1}{C_d} \quad (3.1)$$

$$\frac{1}{C_g} = \frac{C_d + C_g}{C_d C_g} \quad (3.2)$$

$$C = \frac{C_g C_d}{C_g + C_d} \quad (3.3)$$

$$C_g = \epsilon_0 \frac{A}{g} \quad \text{ve} \quad C_d = \epsilon_r \epsilon_0 \frac{A}{d} \quad (3.4)$$

yerine yazılırsa;

$$C = \frac{C_d}{1 + \frac{C_d}{C_g}} = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{d}}{1 + \frac{\epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{d}}{\epsilon_0 \frac{A}{g}}} = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{d}}{1 + \epsilon_r \frac{g}{d}} \quad (3.5)$$

pay ve paydayı  $\frac{d}{\epsilon_r g}$  ile çarpalım.

$$C = \frac{\epsilon_0 \frac{A}{g}}{1 + \frac{d}{\epsilon_r g}} = \frac{C_g}{1 + \frac{d}{\epsilon_r g}} \quad (3.6)$$

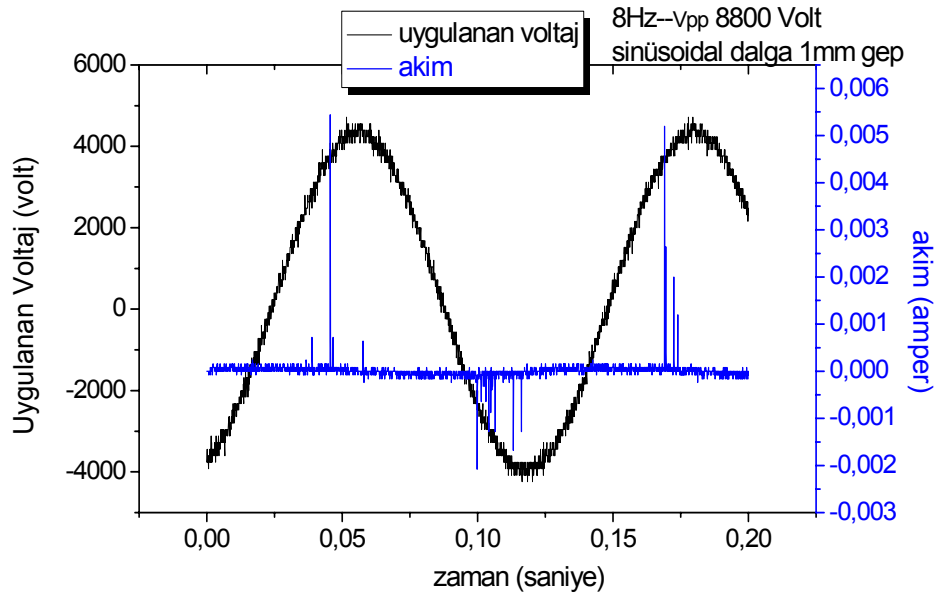
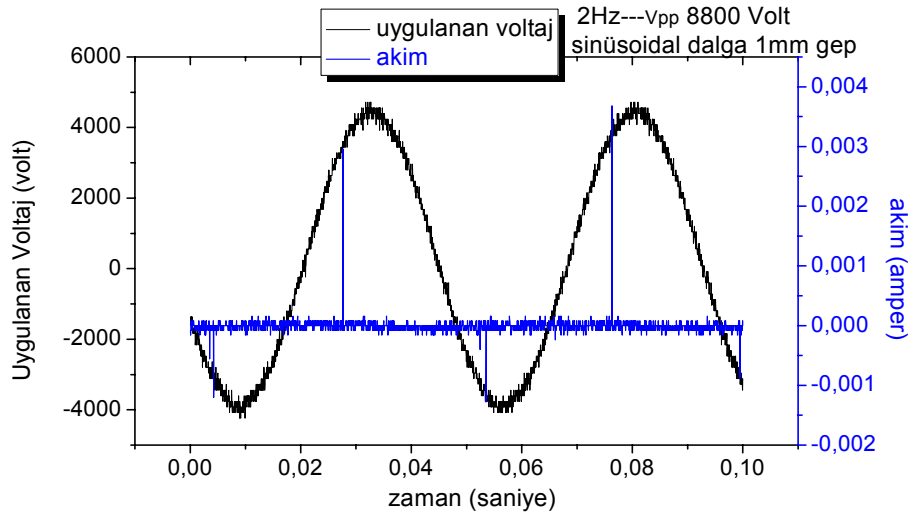
olur.

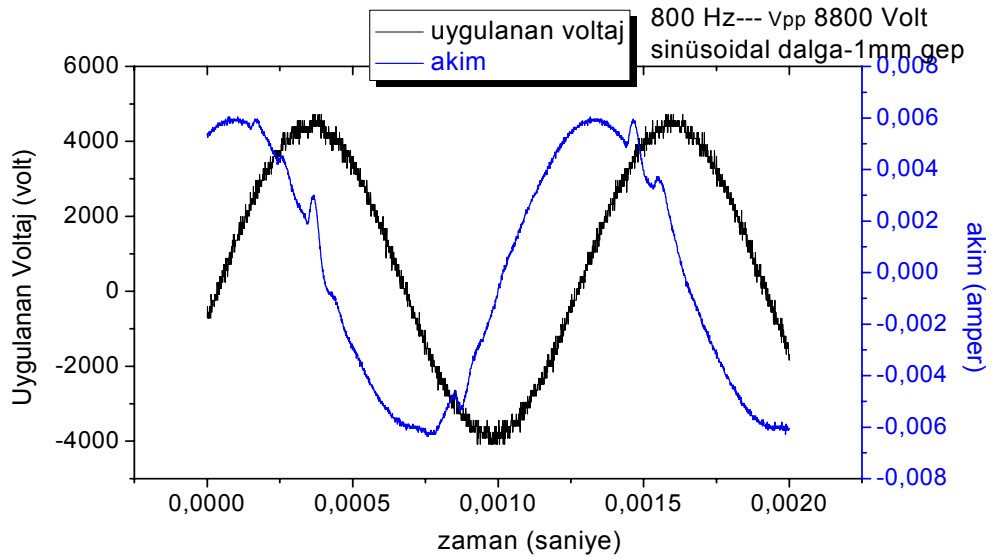
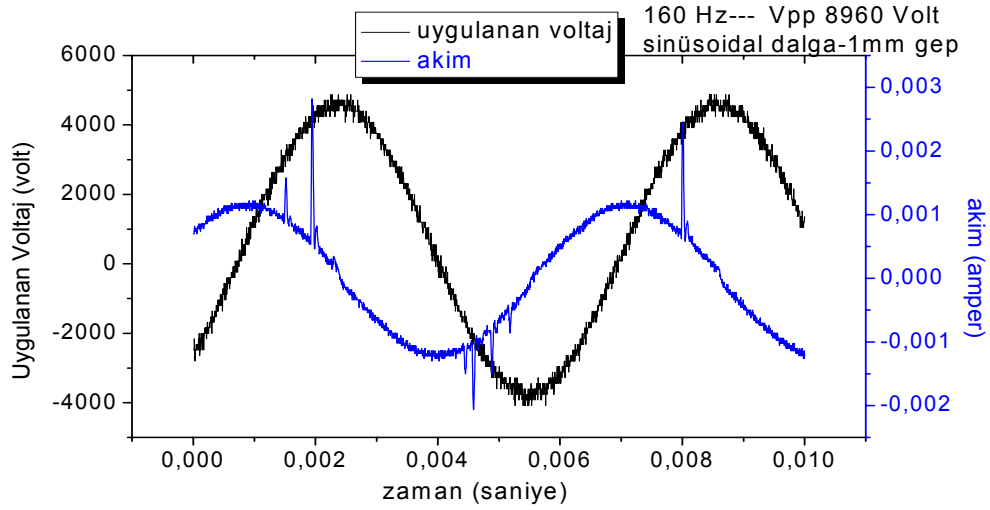
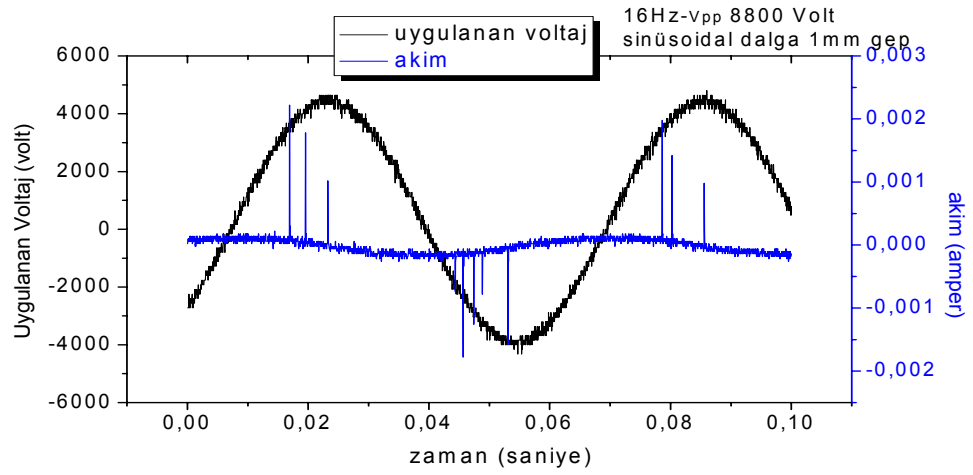
## 4. BULGULAR

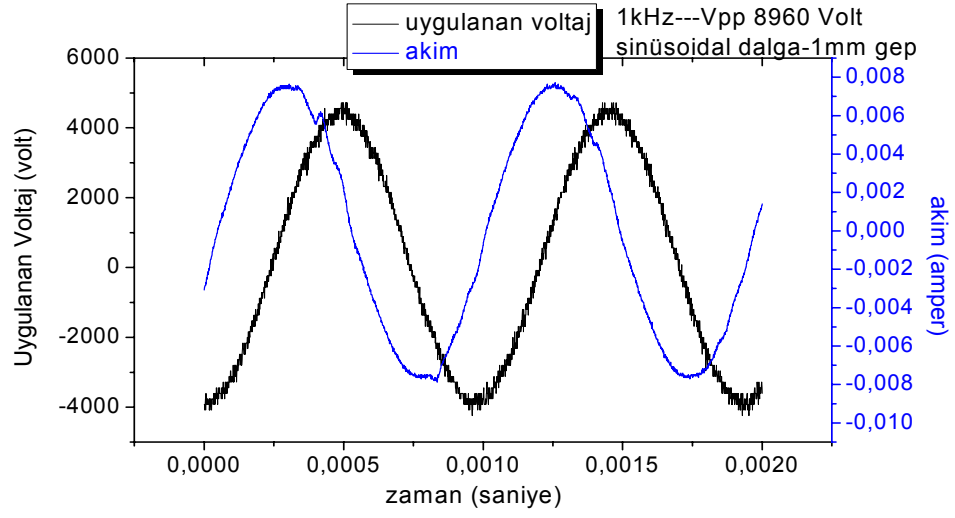
### 4.1. Uygulanan Voltajın Frekansı Değişimi Ölçümü

Yapılan deneyin bu kısmında, sisteme farklı frekanslı ve farklı dalga biçimine (sinüs, üçgen ve kare dalga) sahip yüksek gerilim uygulanarak yalıtkan engel deşarjının elektriksel olarak nasıl değişim gösterdiği araştırılmıştır.

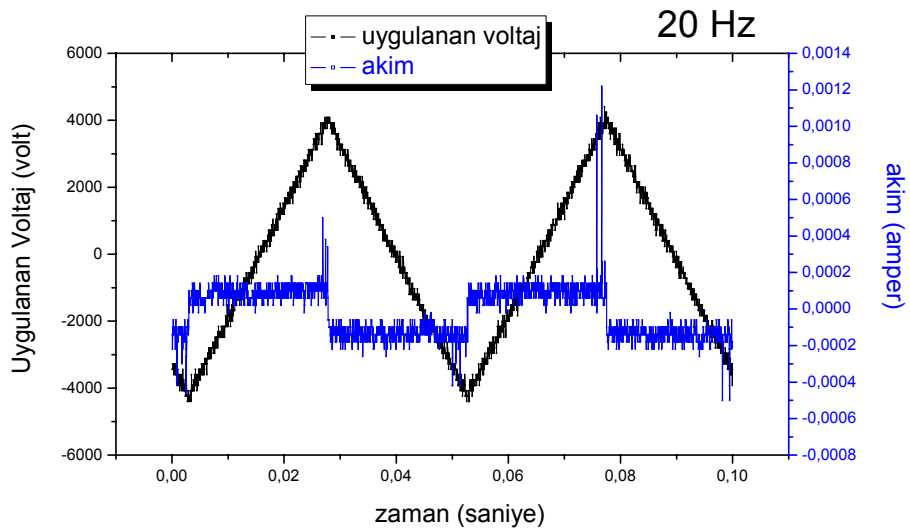
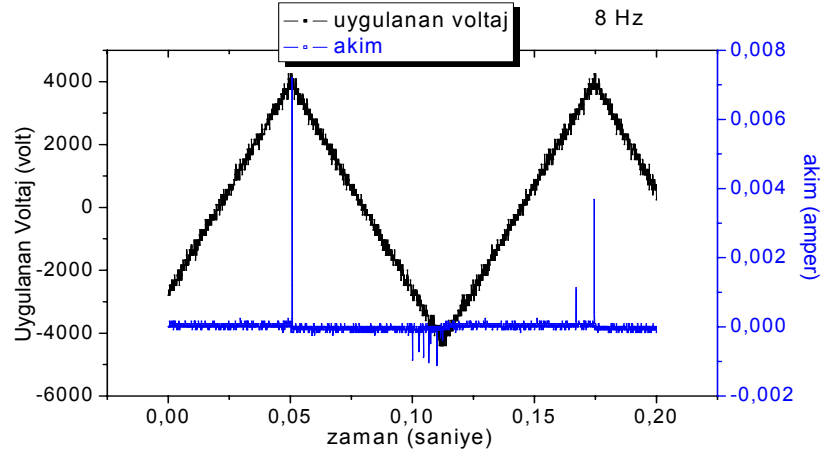
Sinüs dalga için:

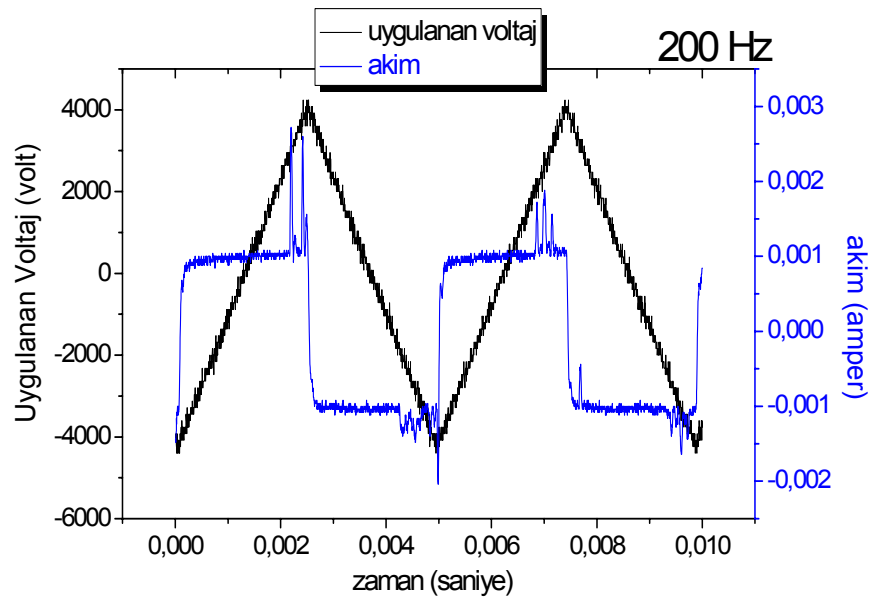
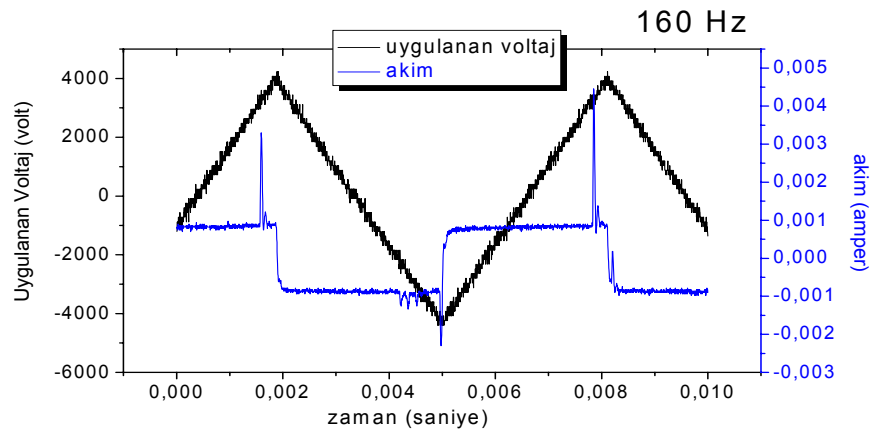
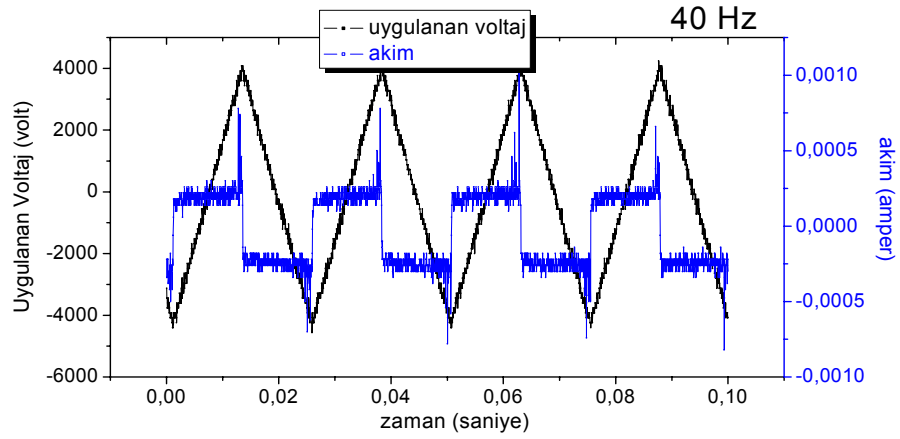




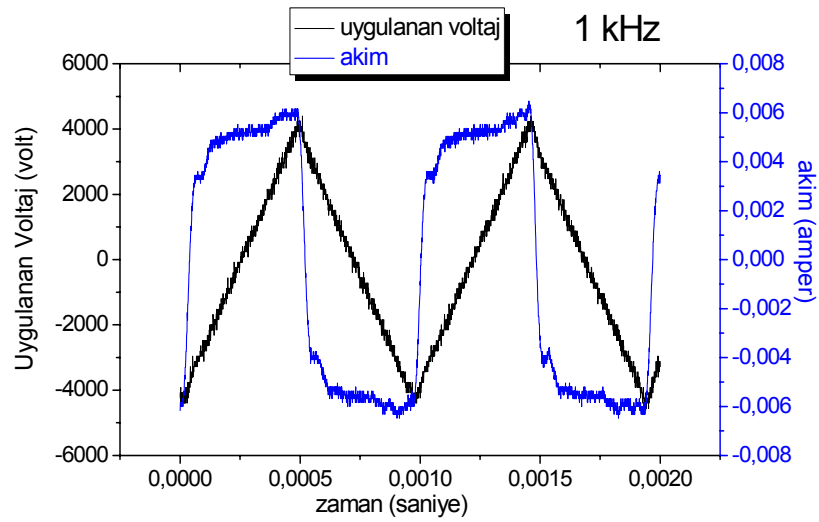
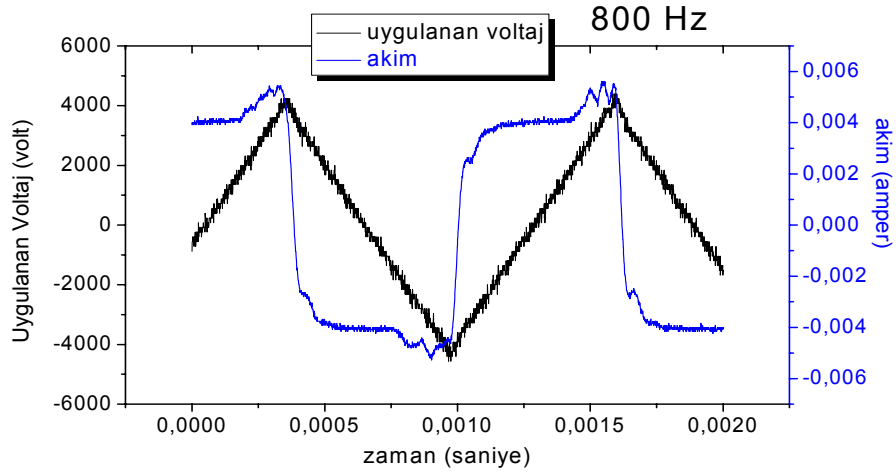
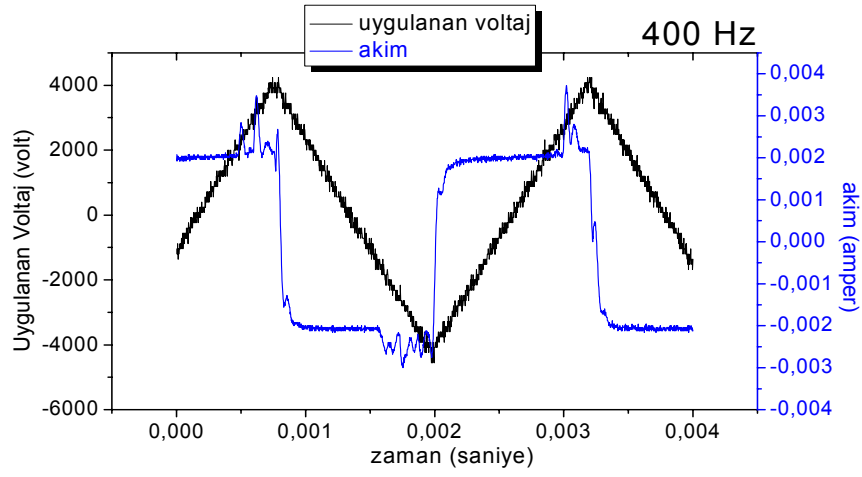


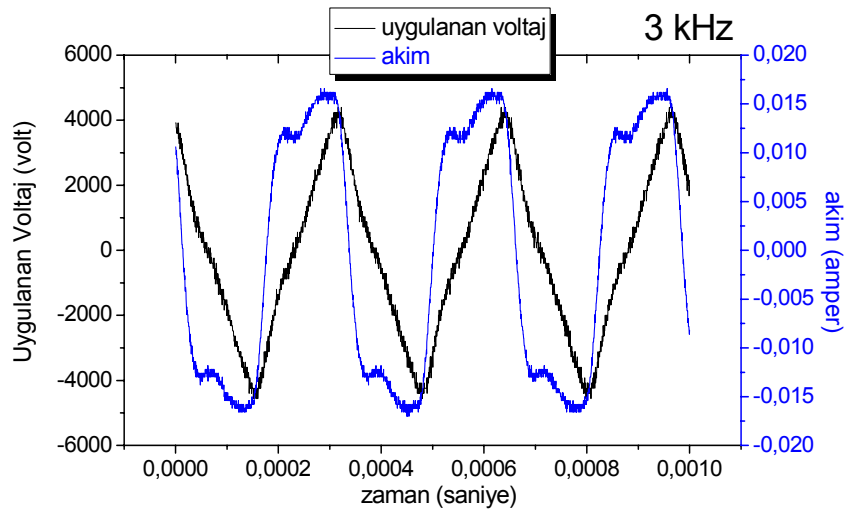
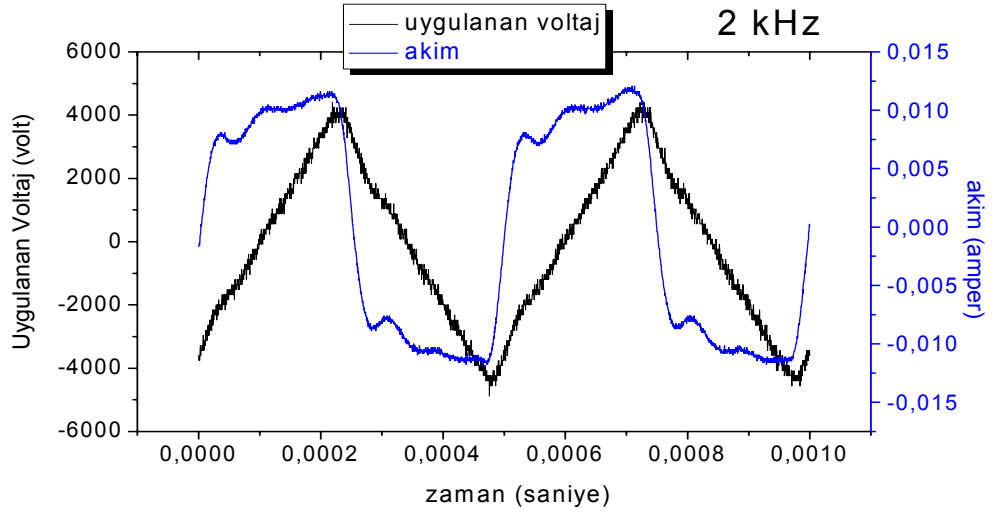
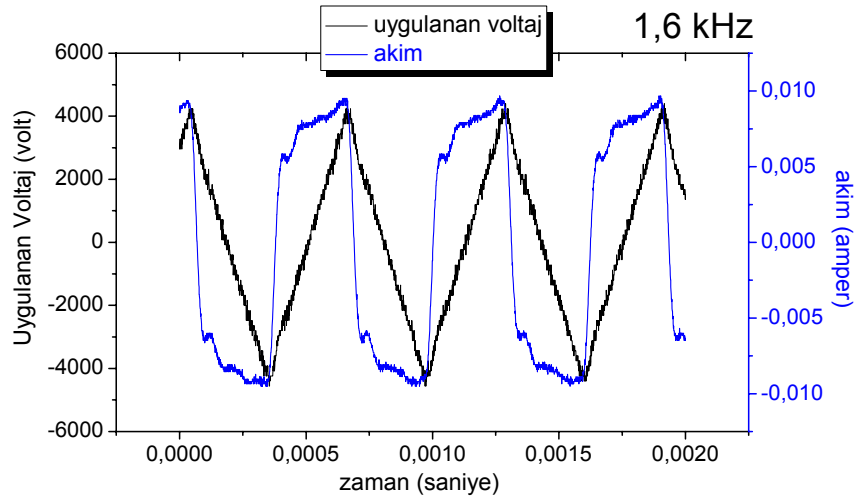
Üçgen dalga için:



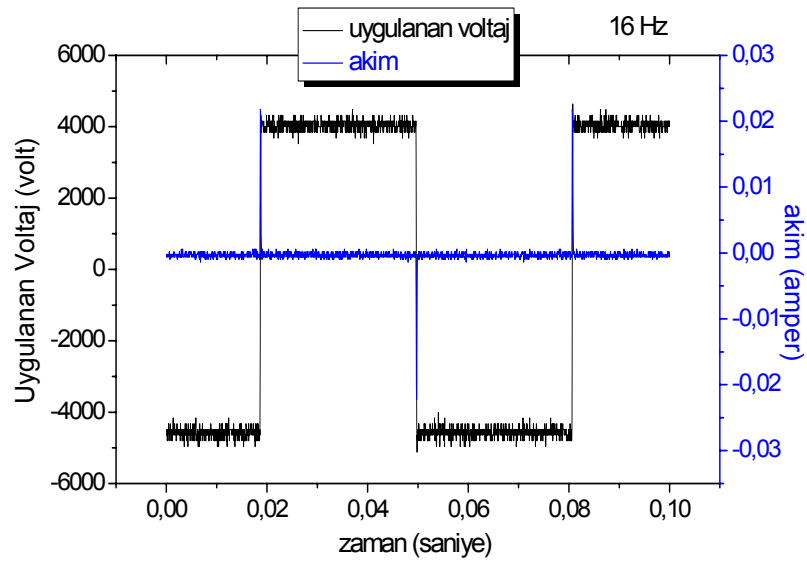
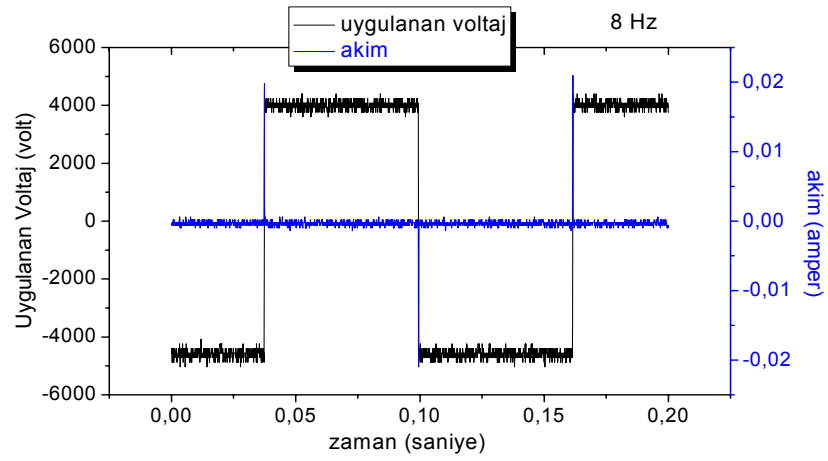
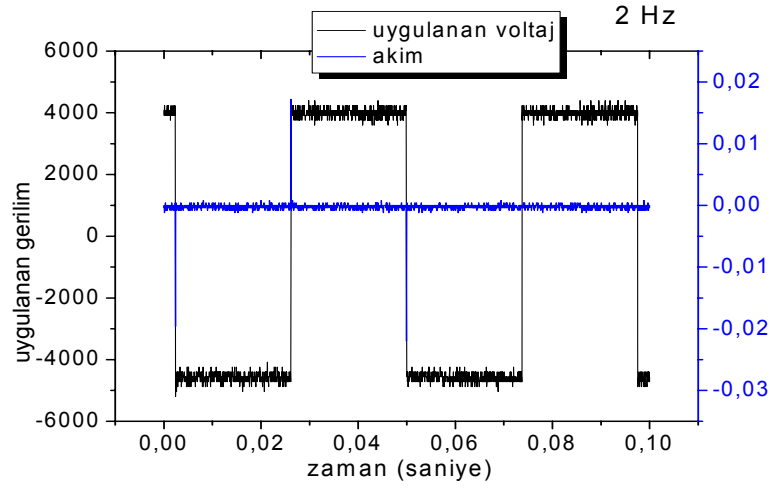


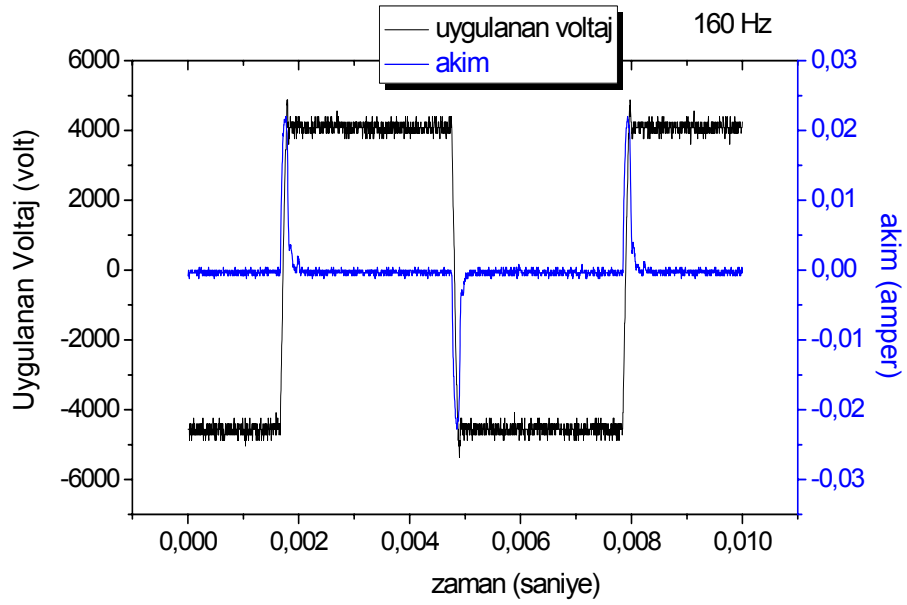
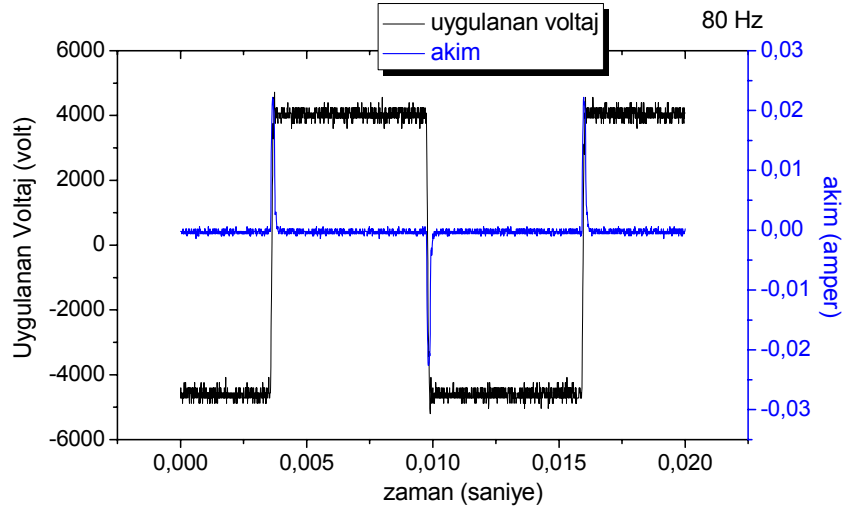
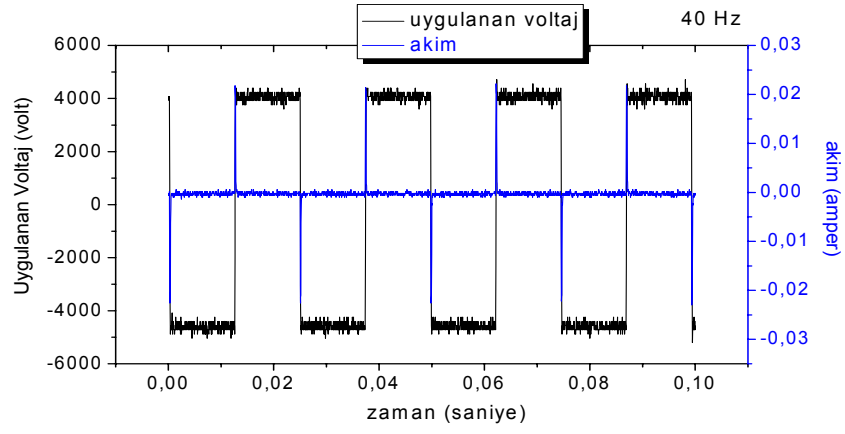


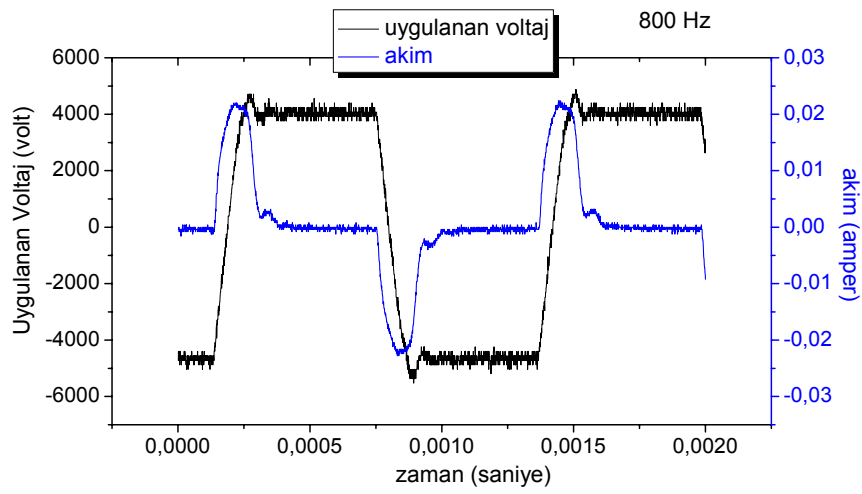
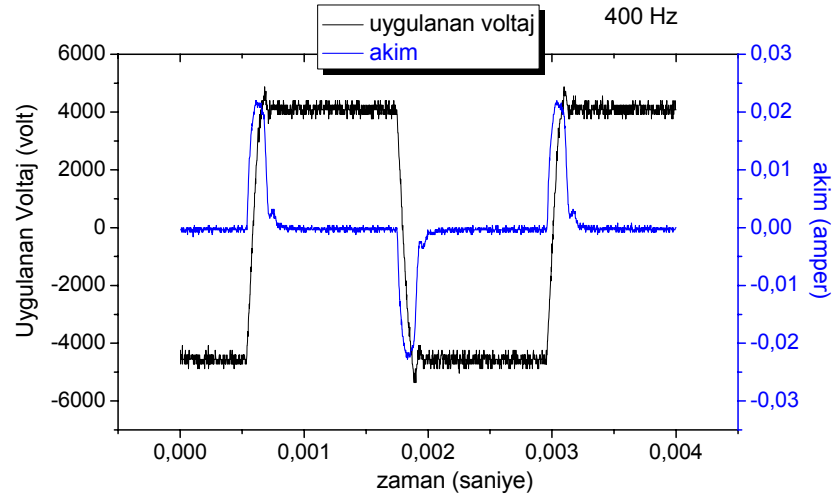
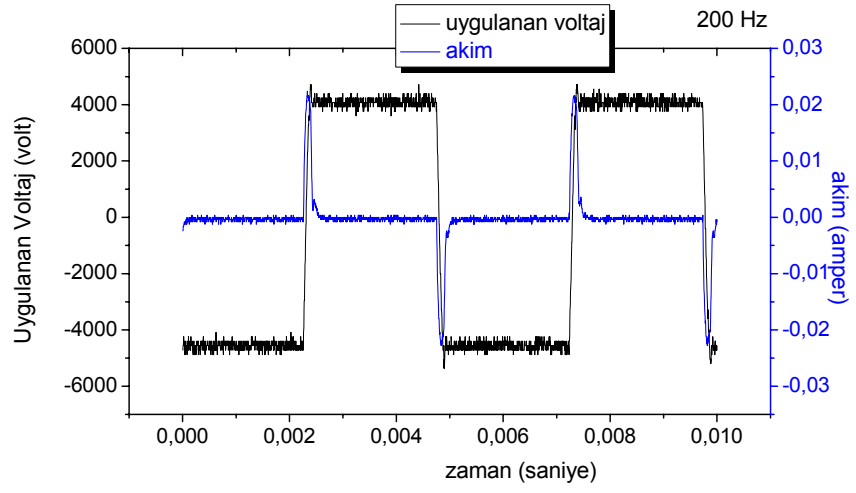


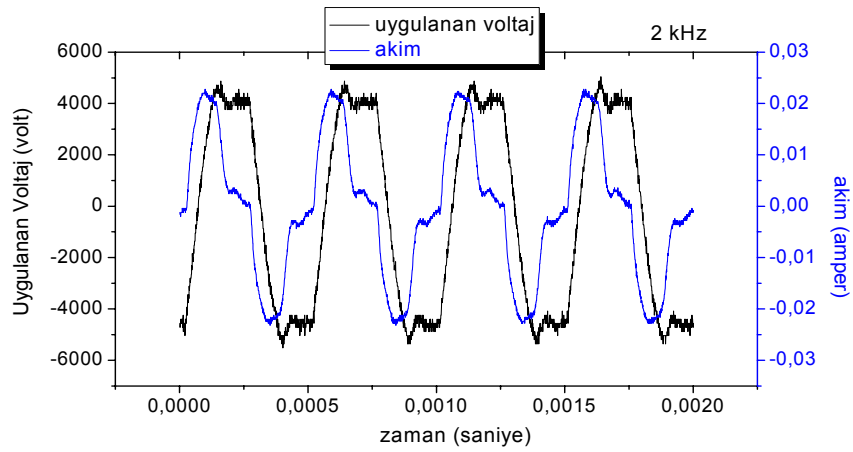
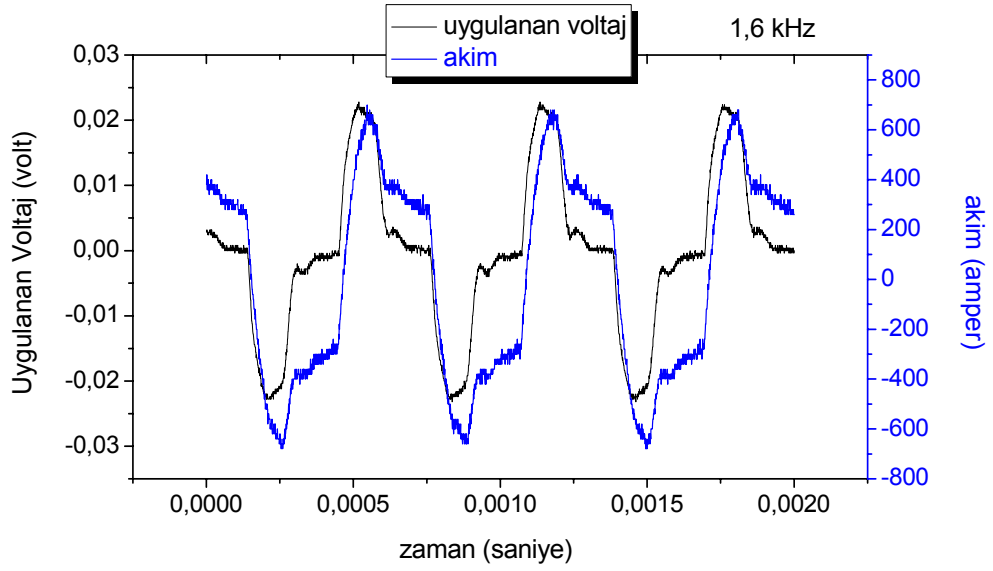
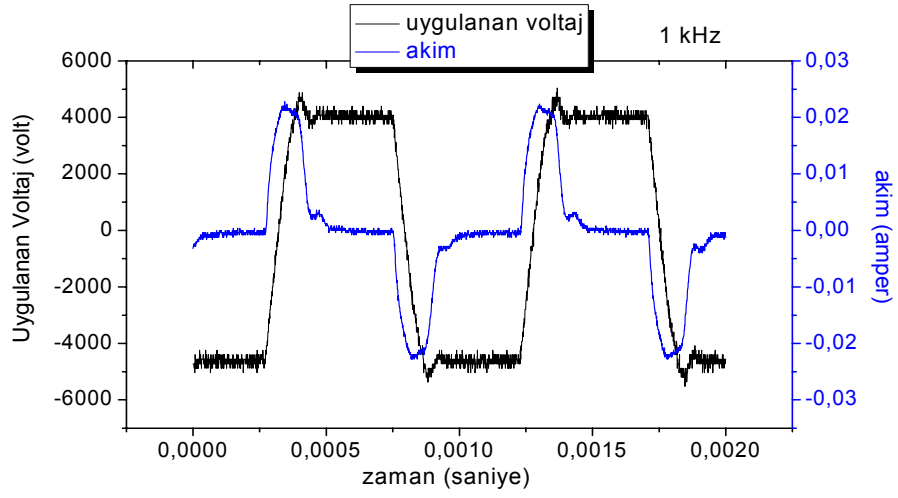


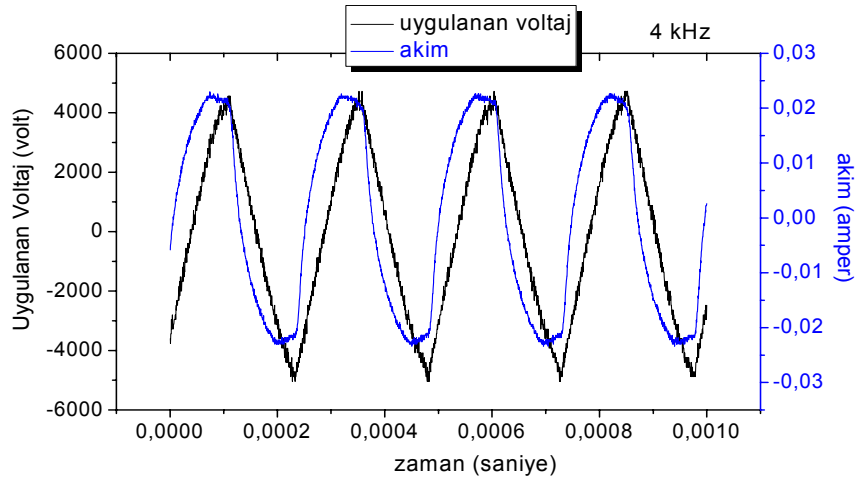
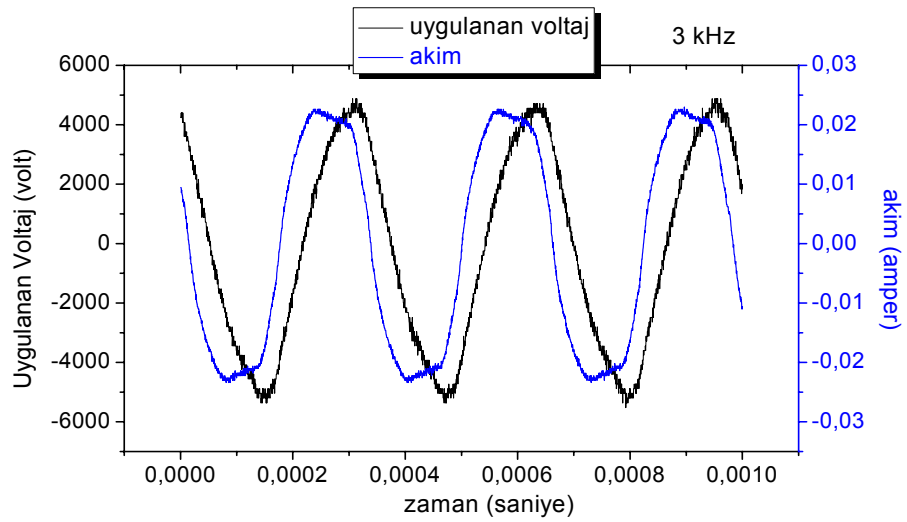
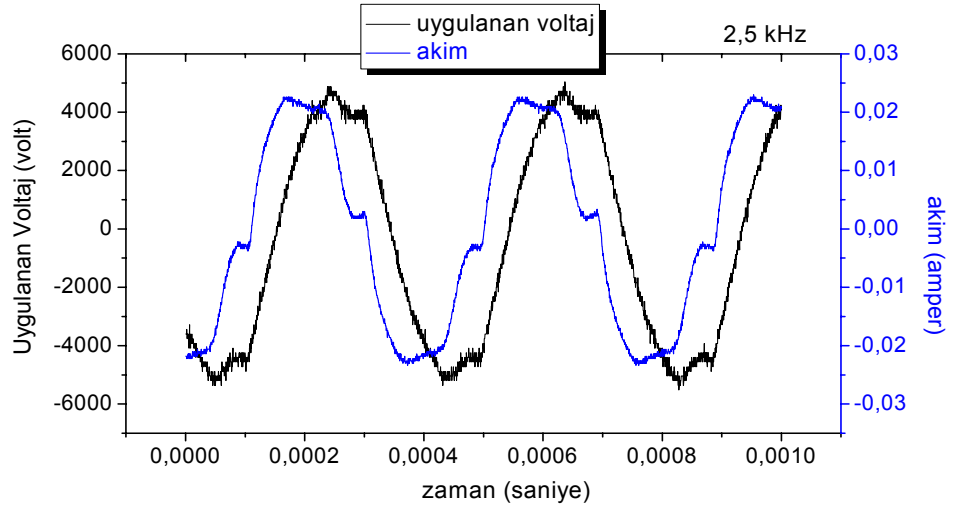
Kare dalga için:





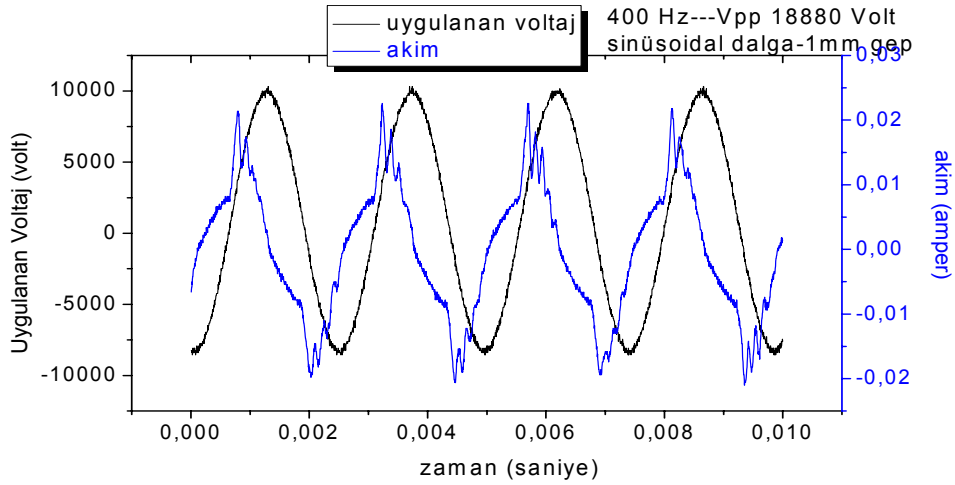
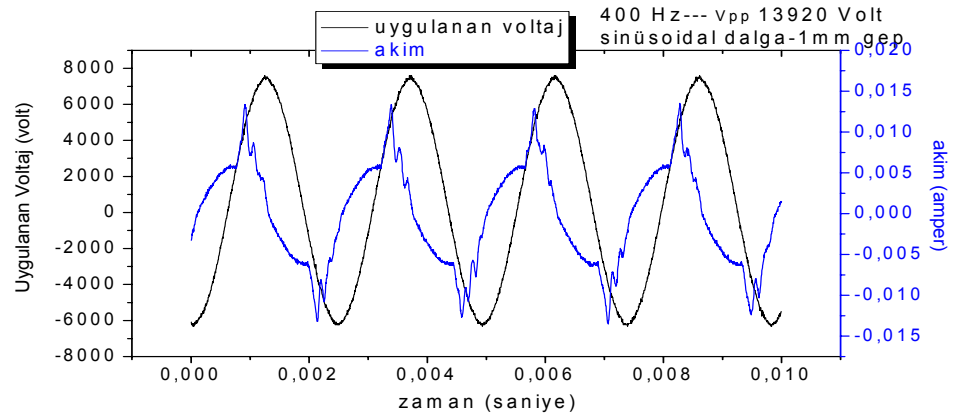
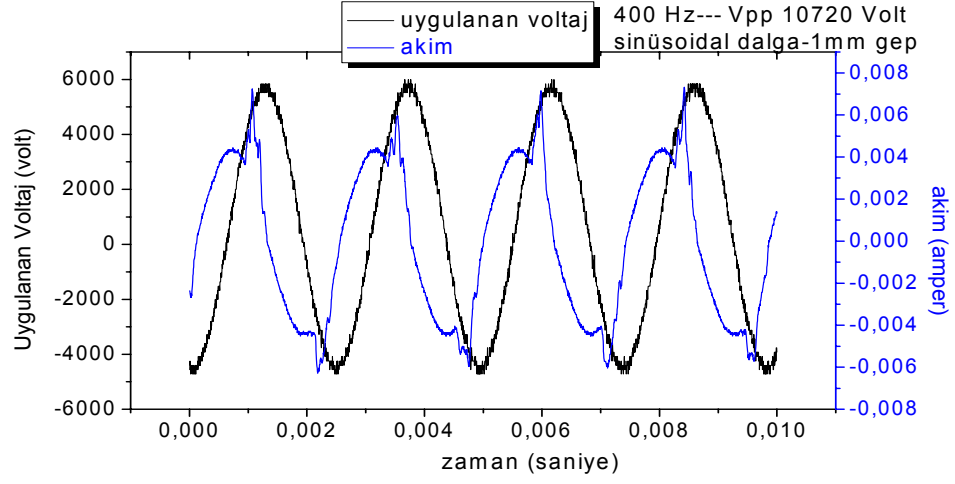




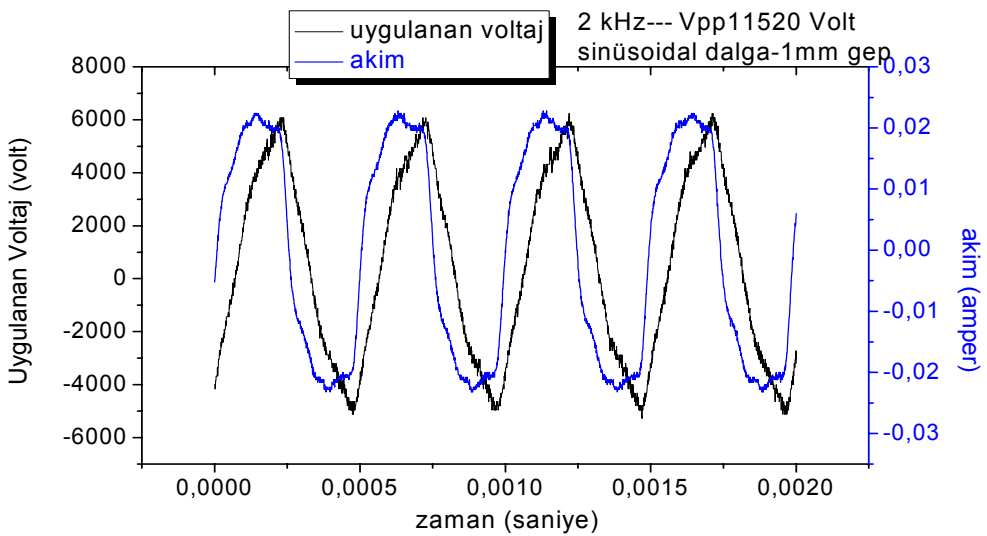
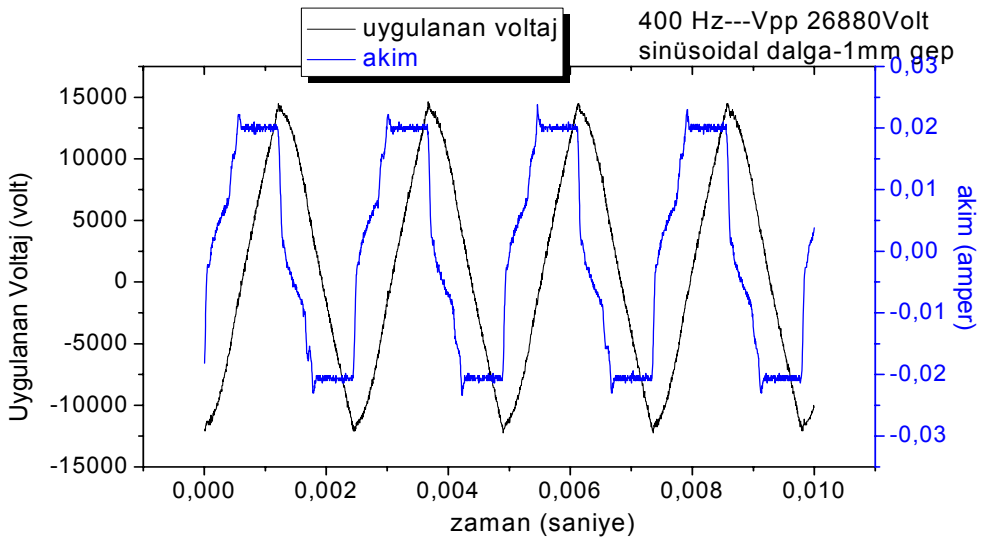
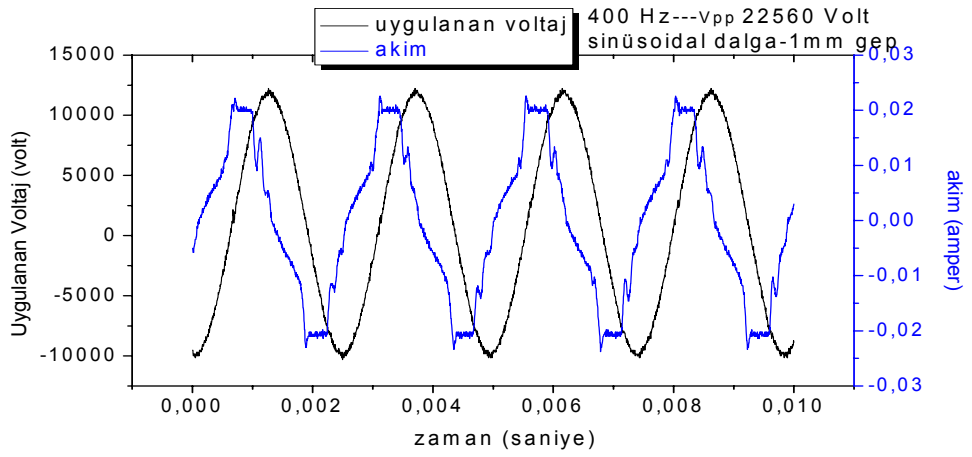


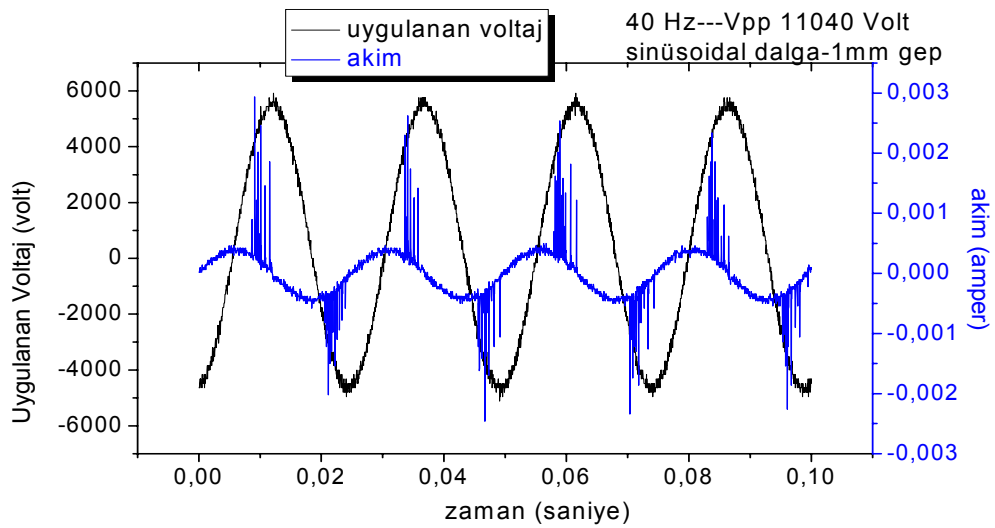
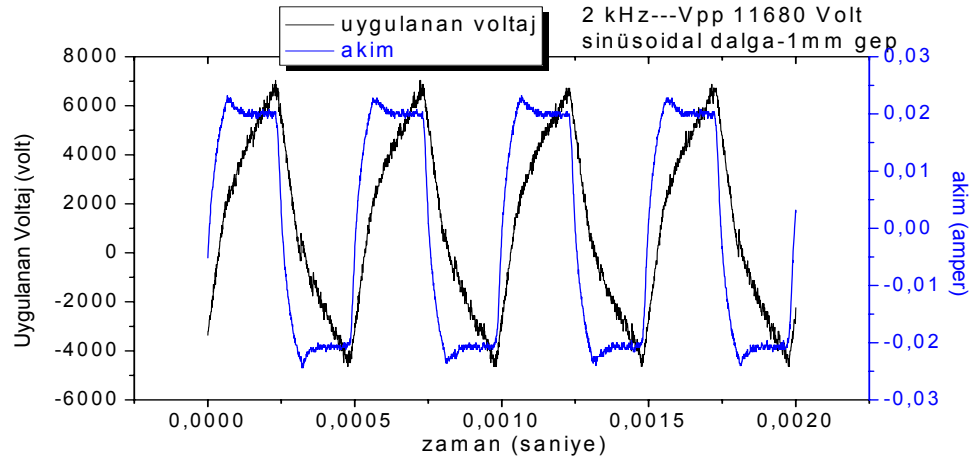
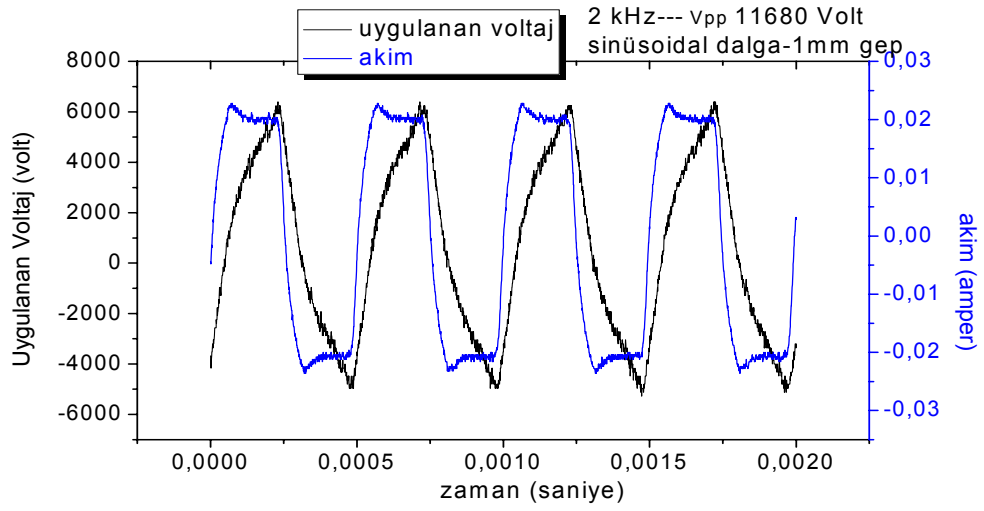
#### 4.1. Uygulanan Voltaj (Genlik) Değişimi Ölçümü

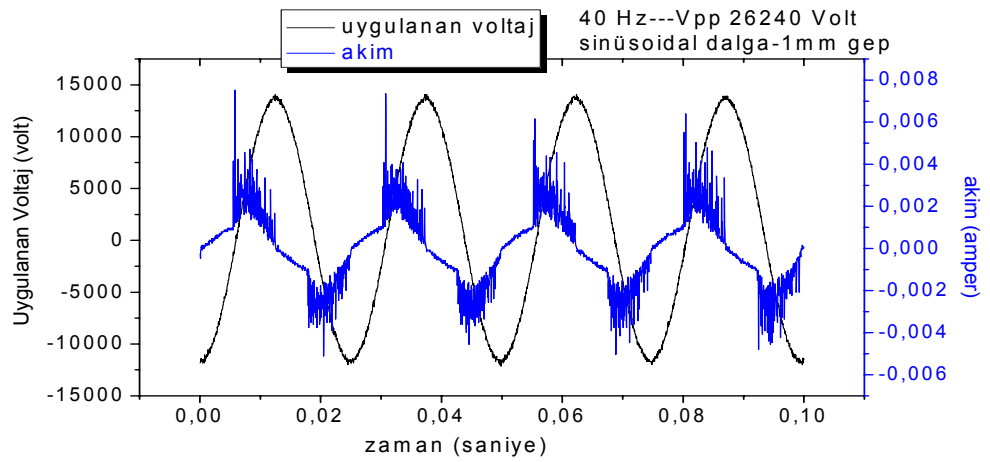
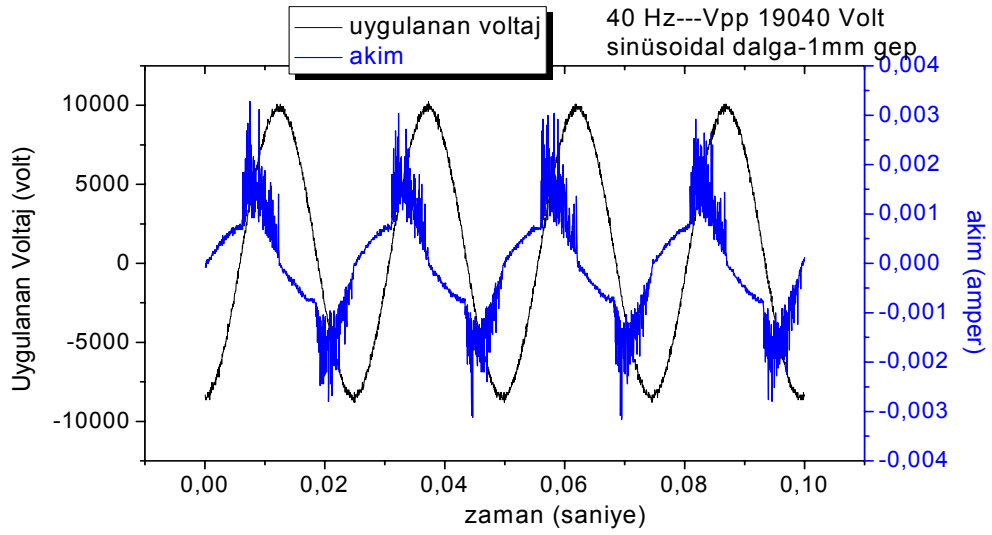
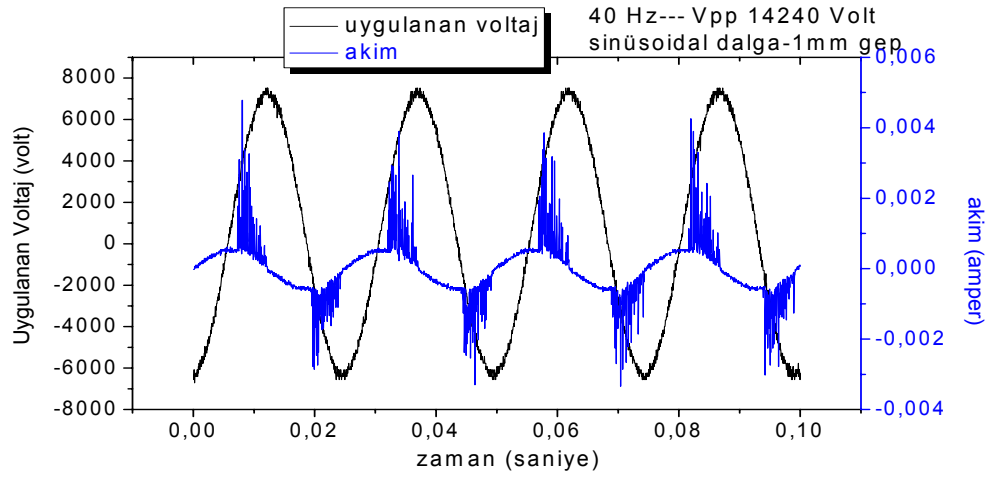
Sinüs dalga için:



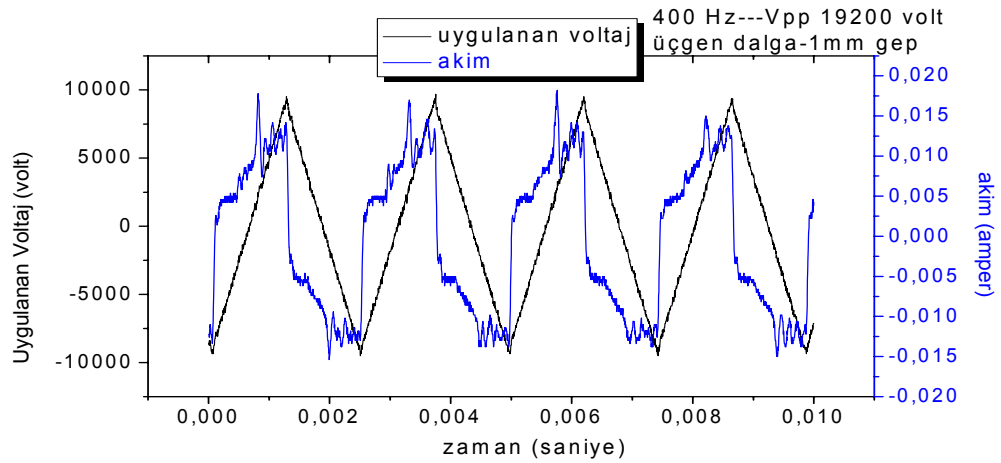
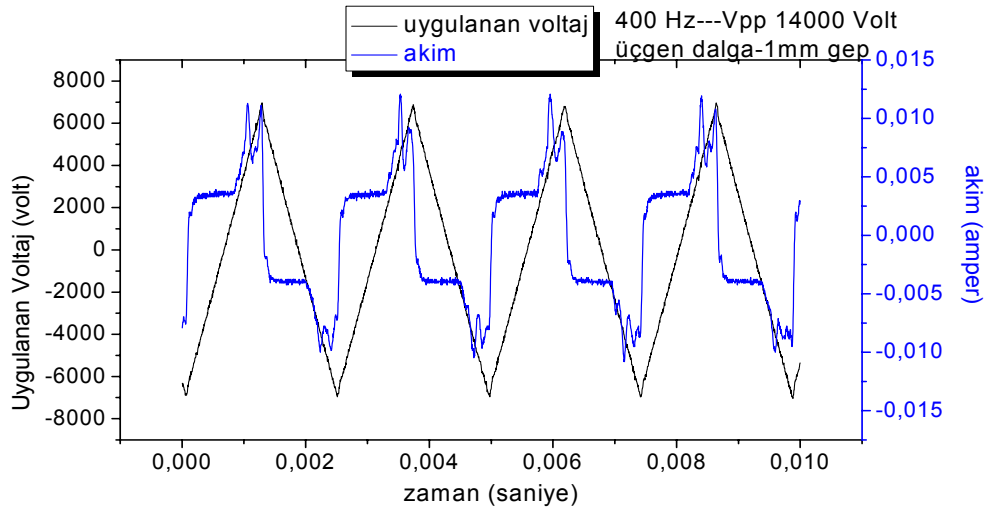
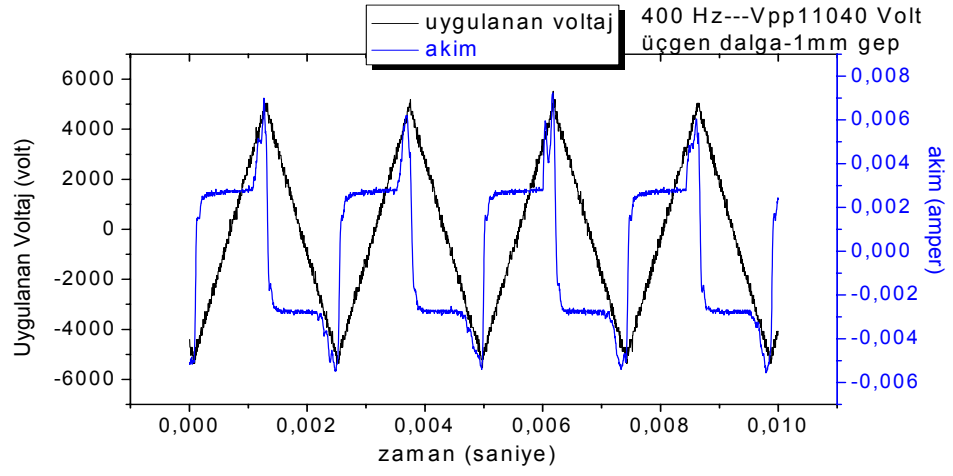


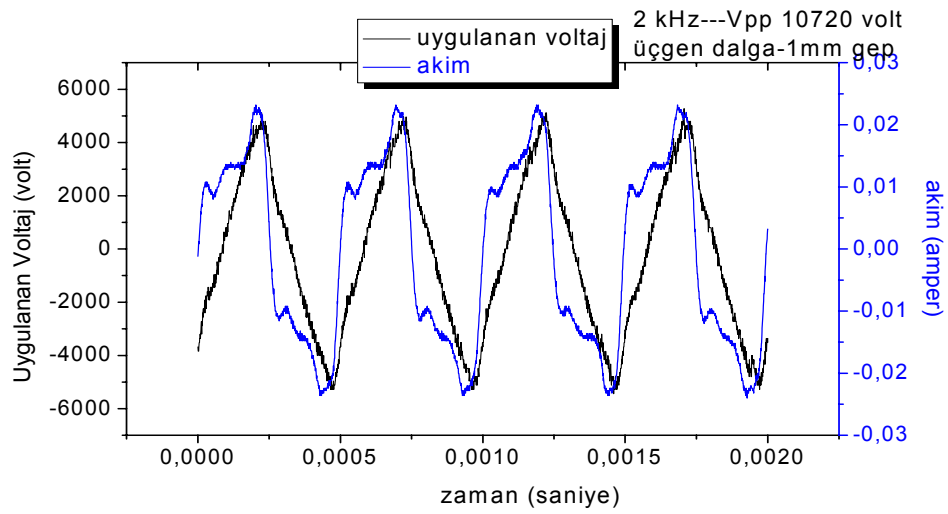
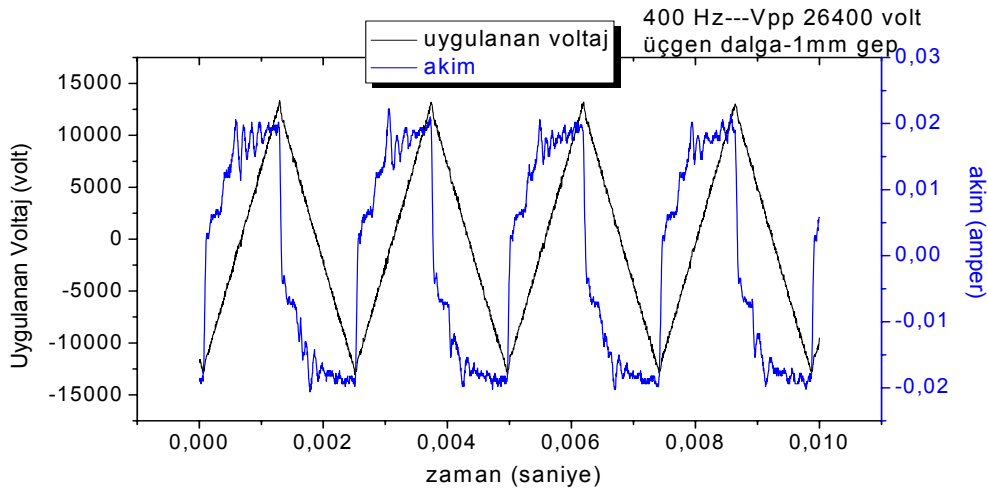
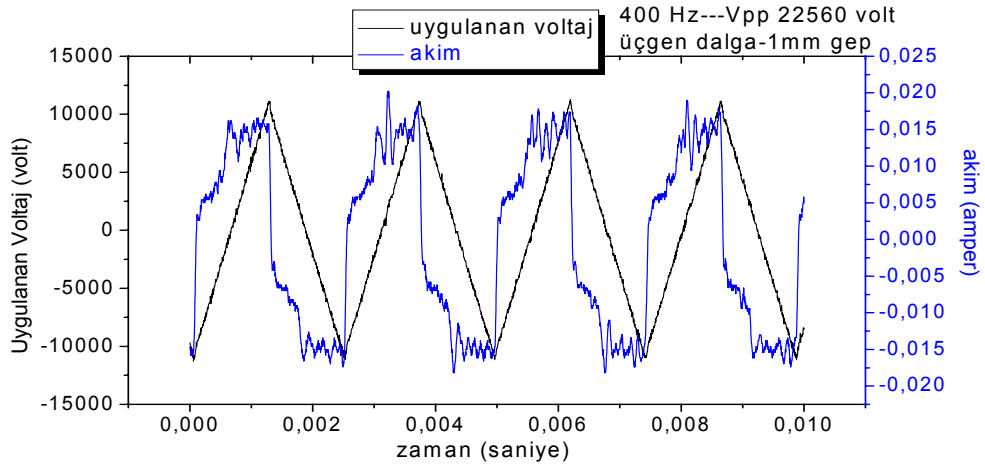


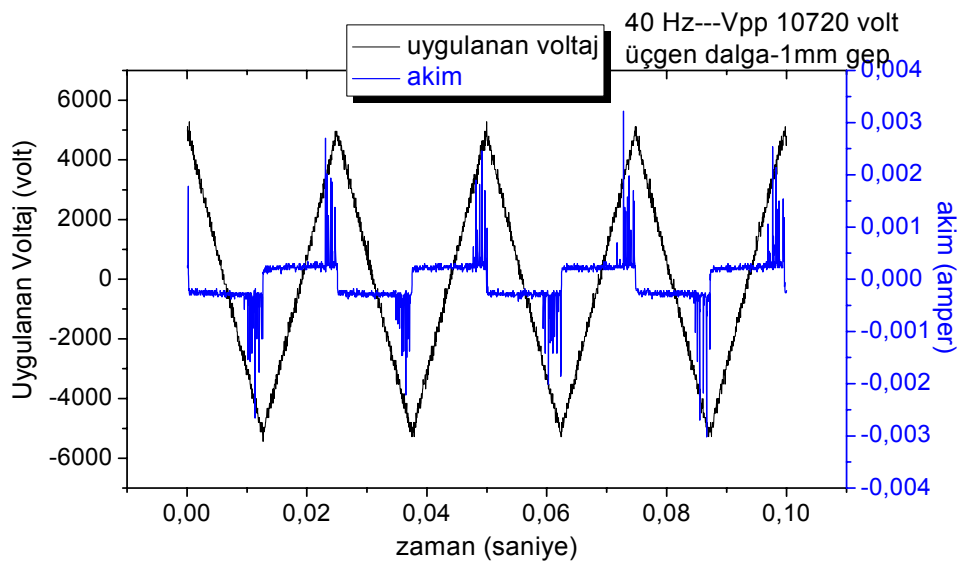
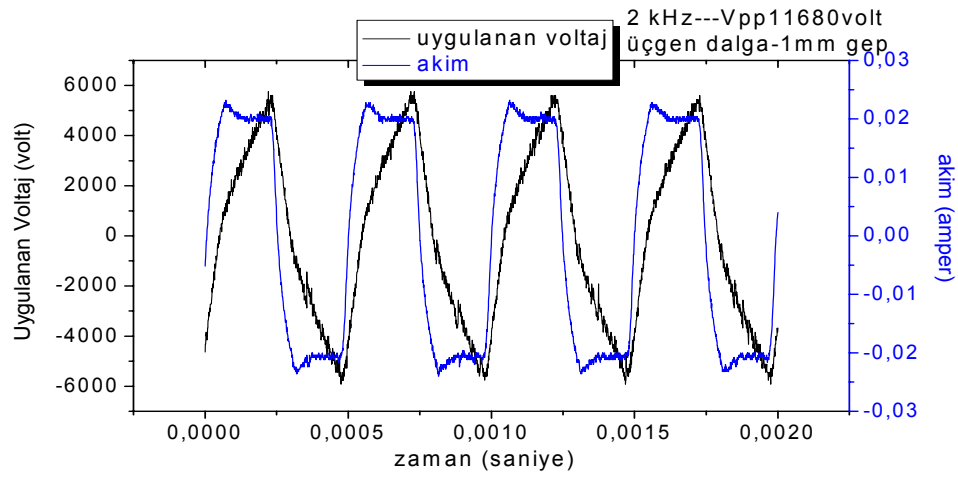
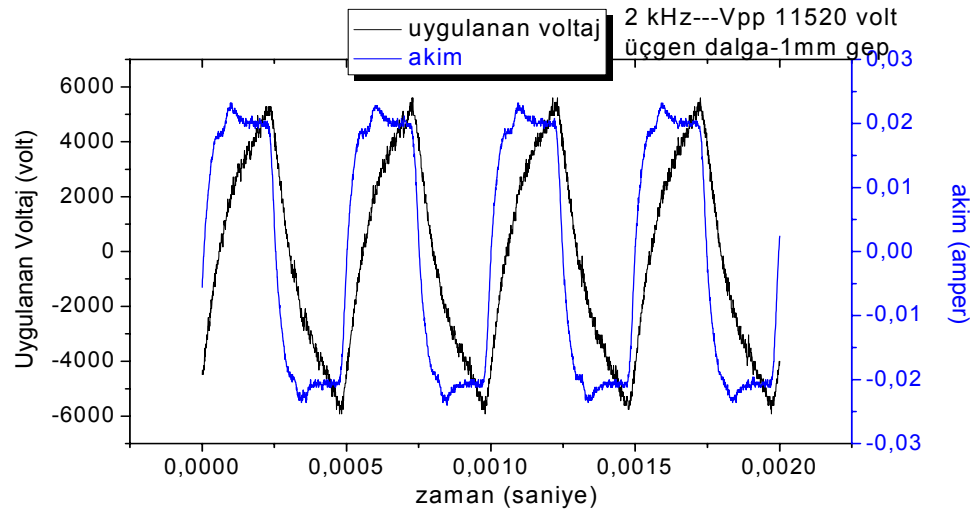


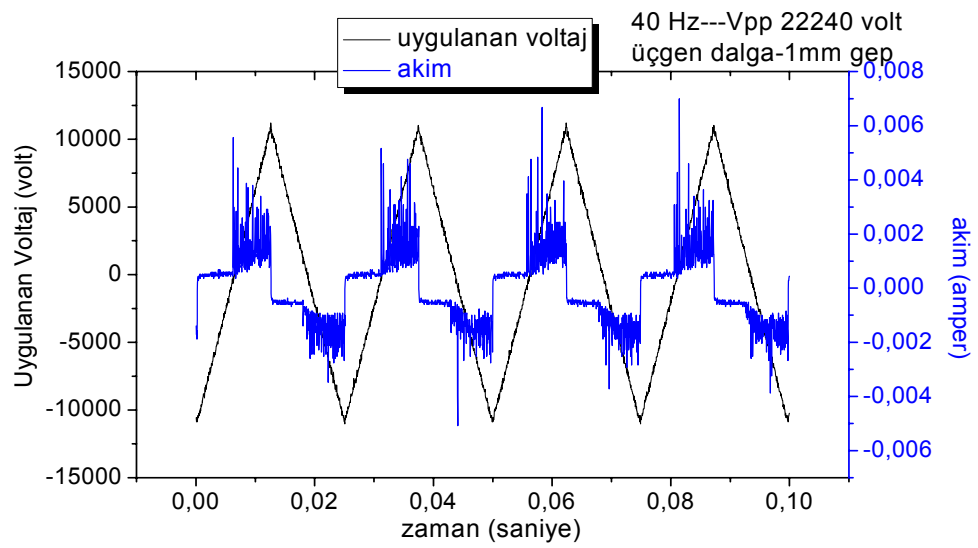
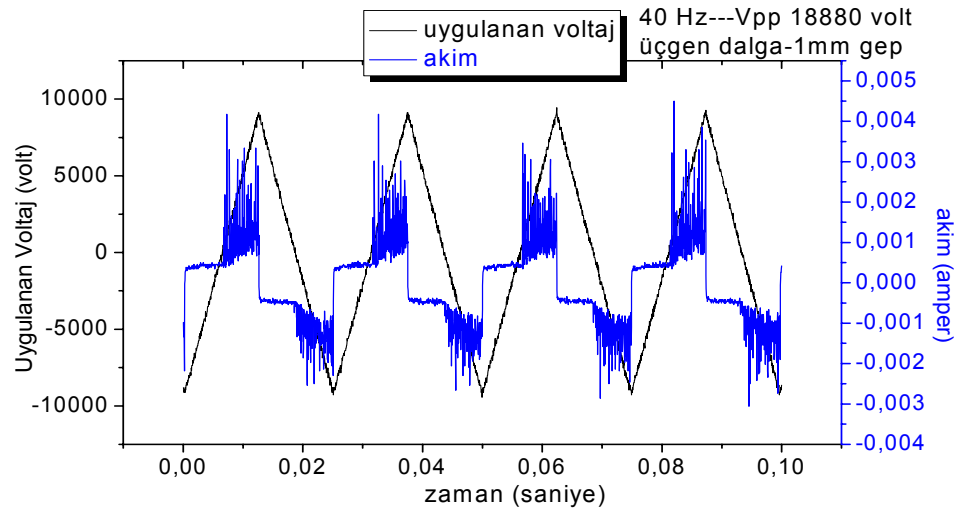
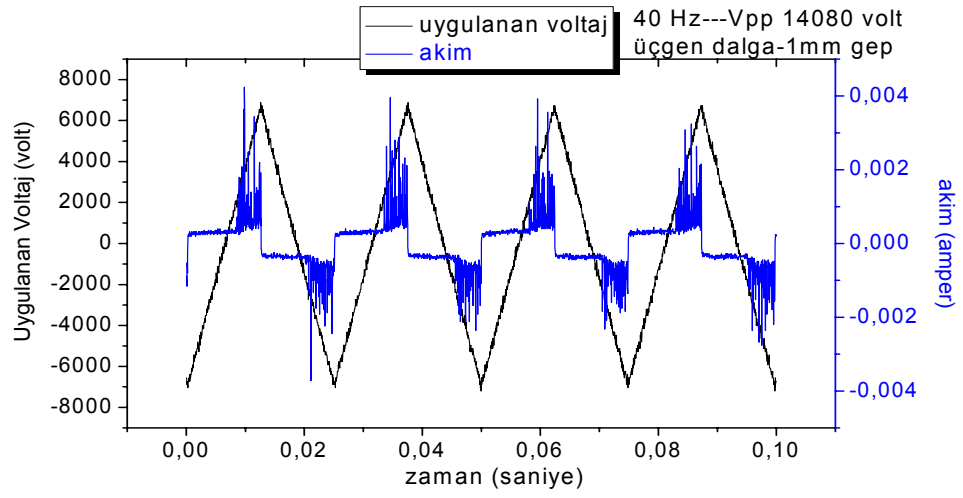


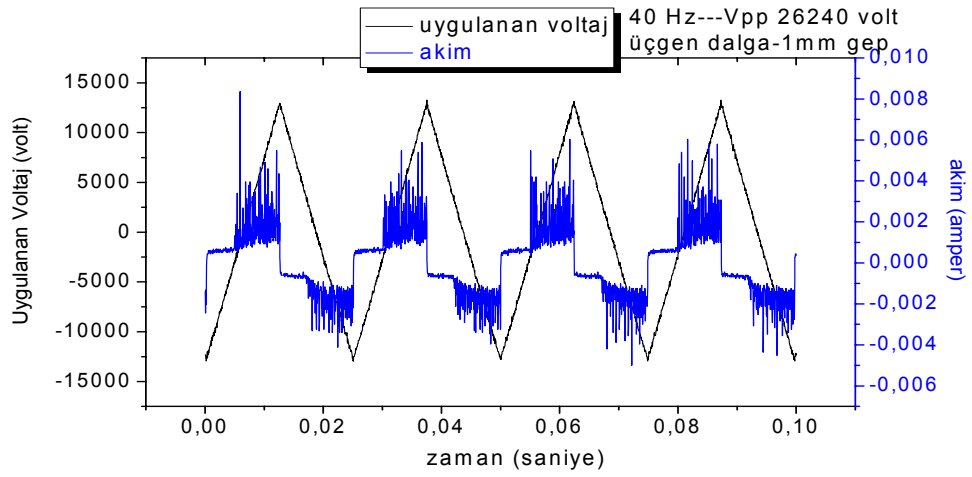
Üçgen dalga için:



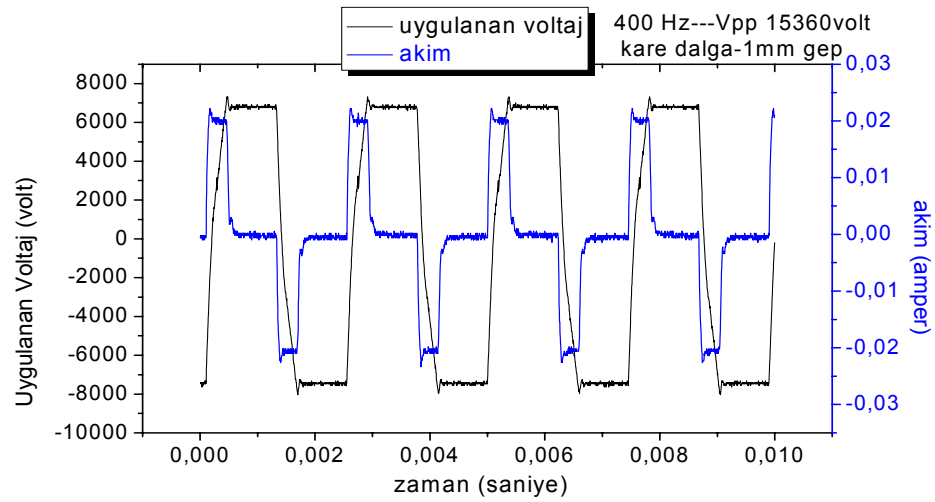
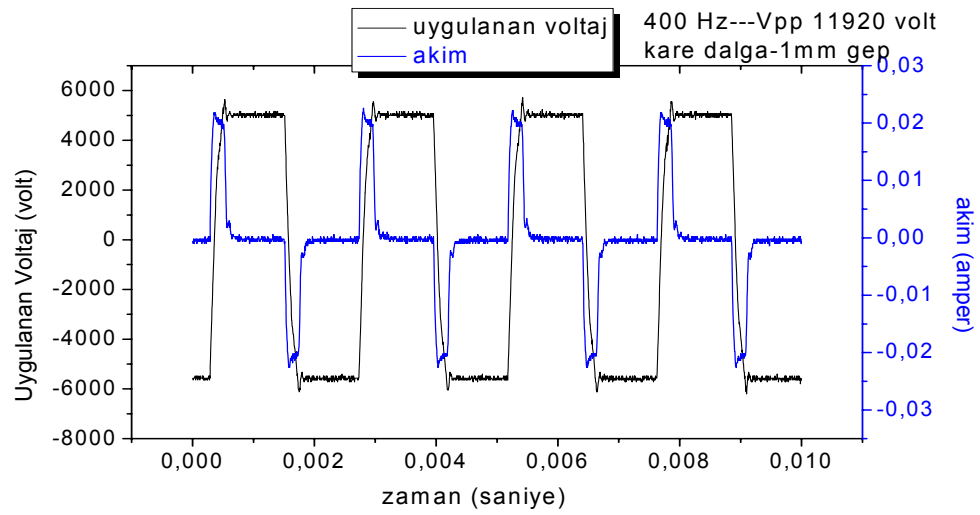




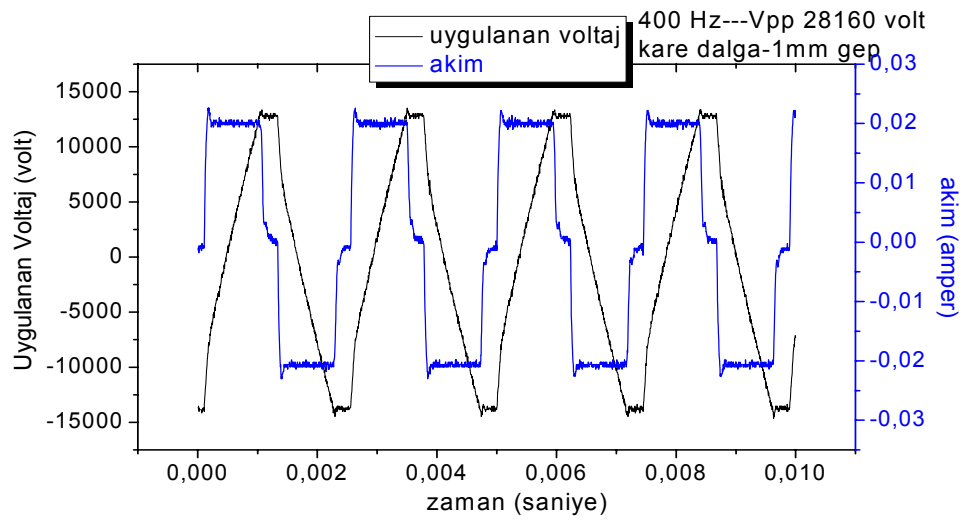
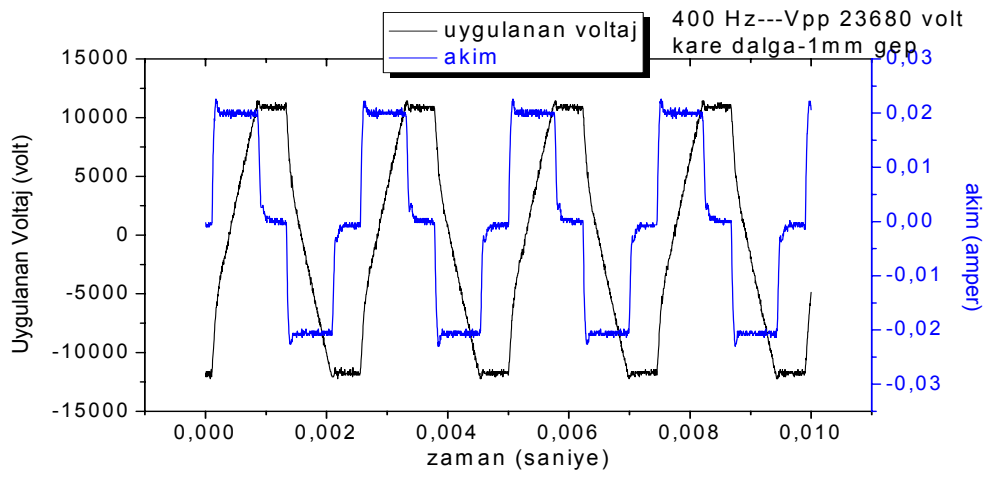
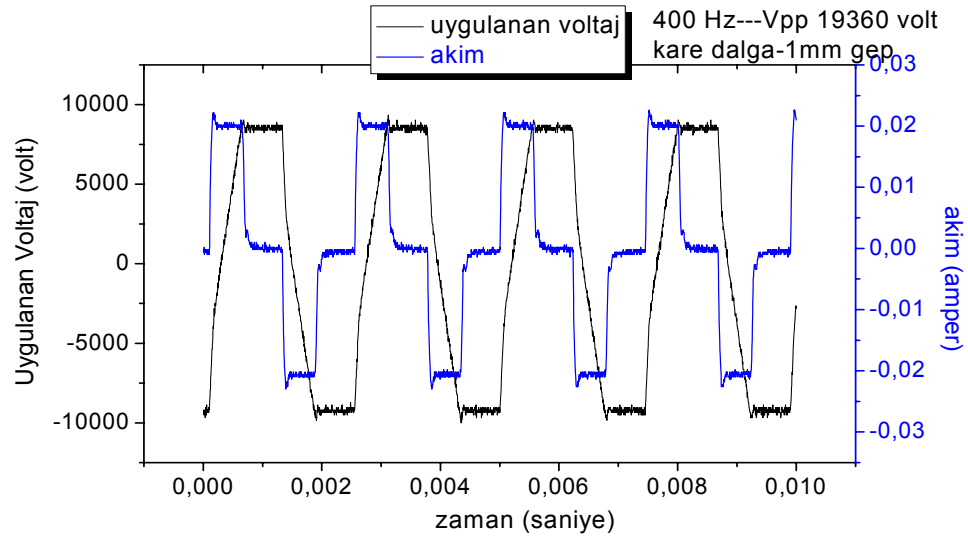


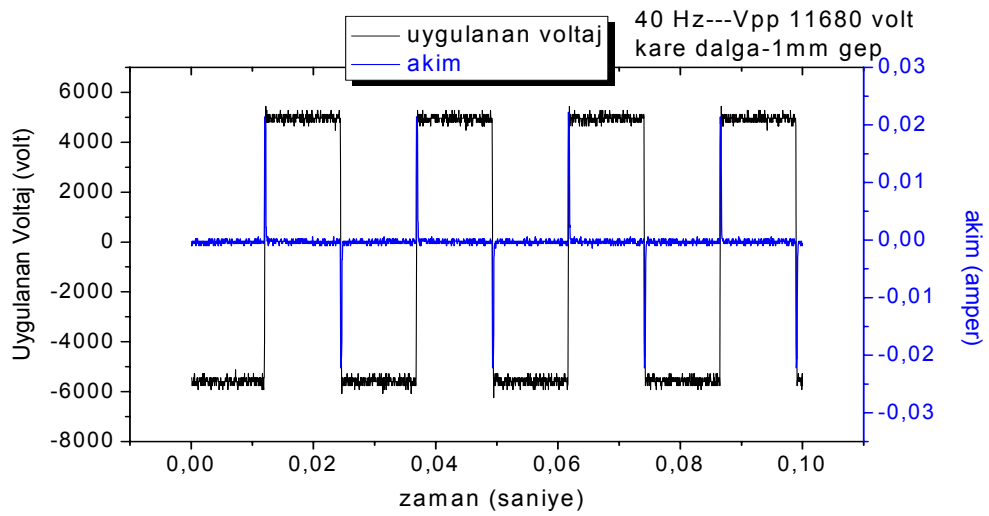
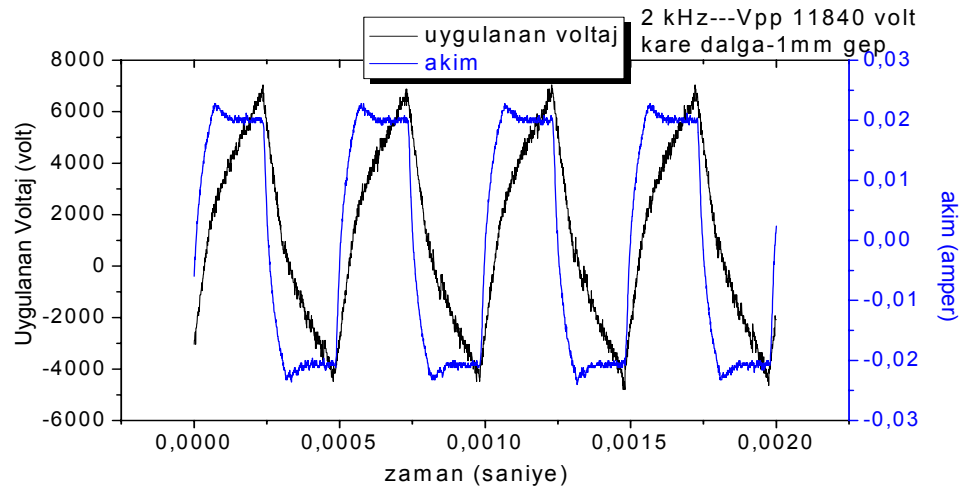
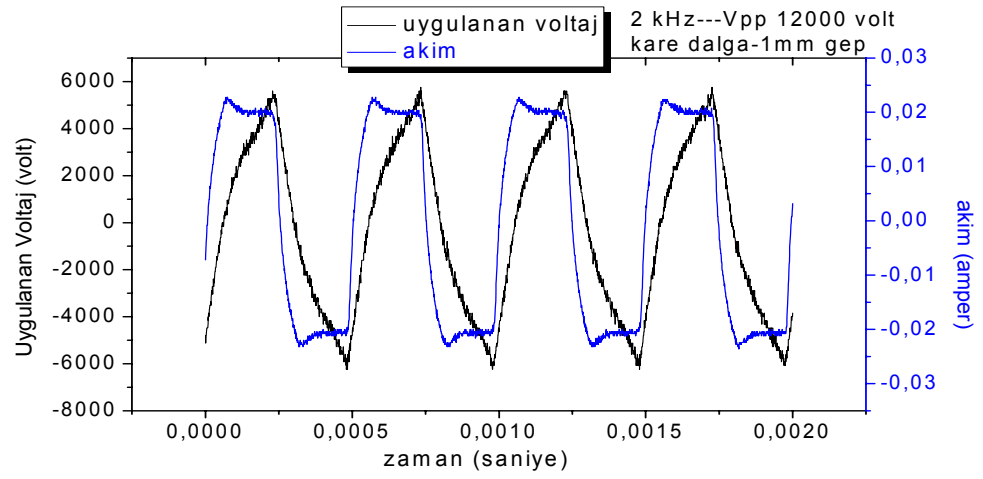


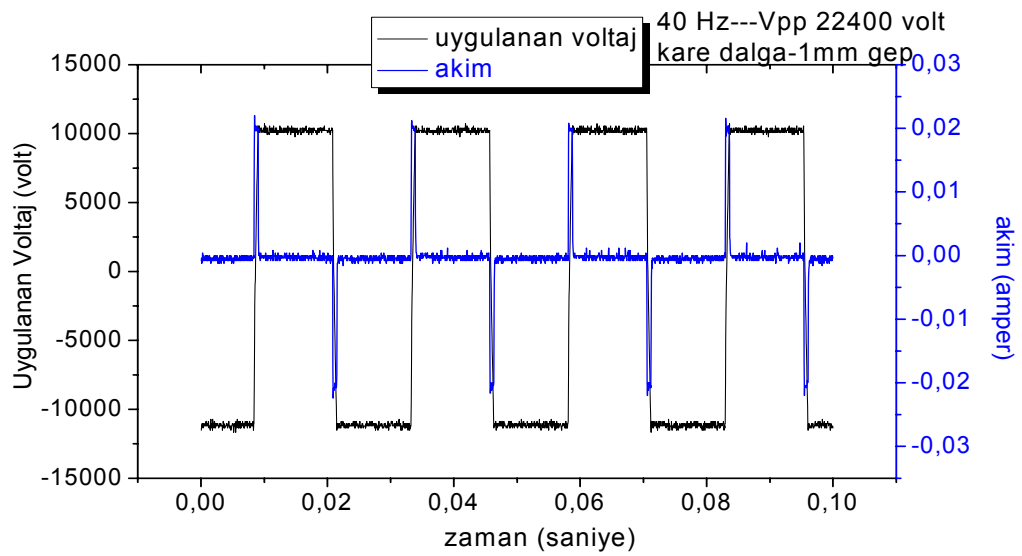
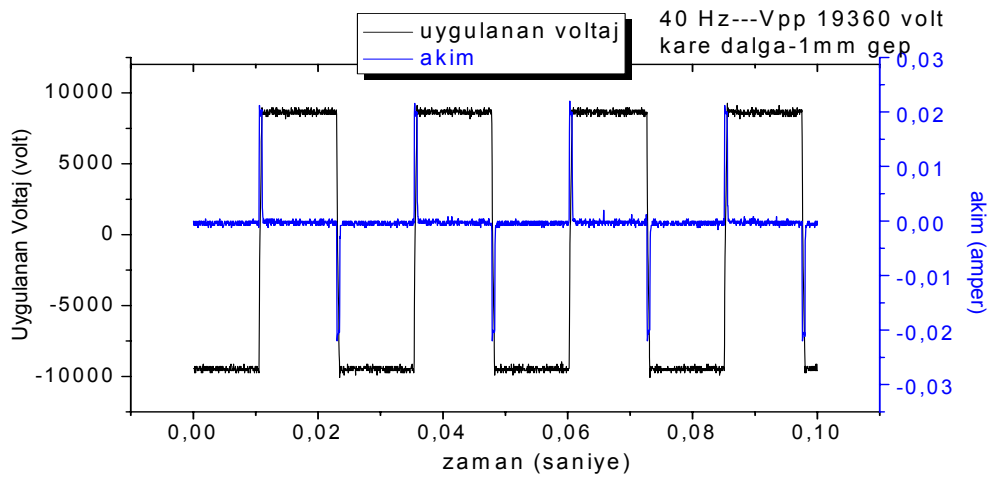
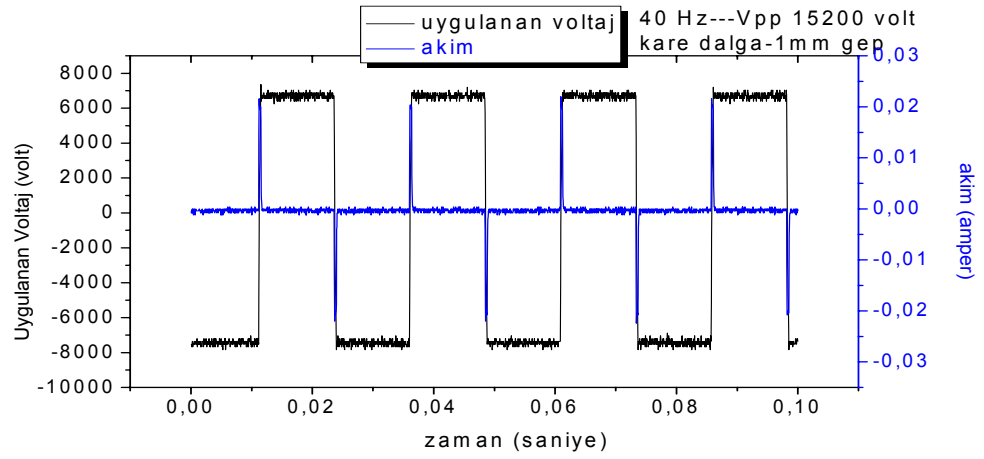
Kare dalga için:

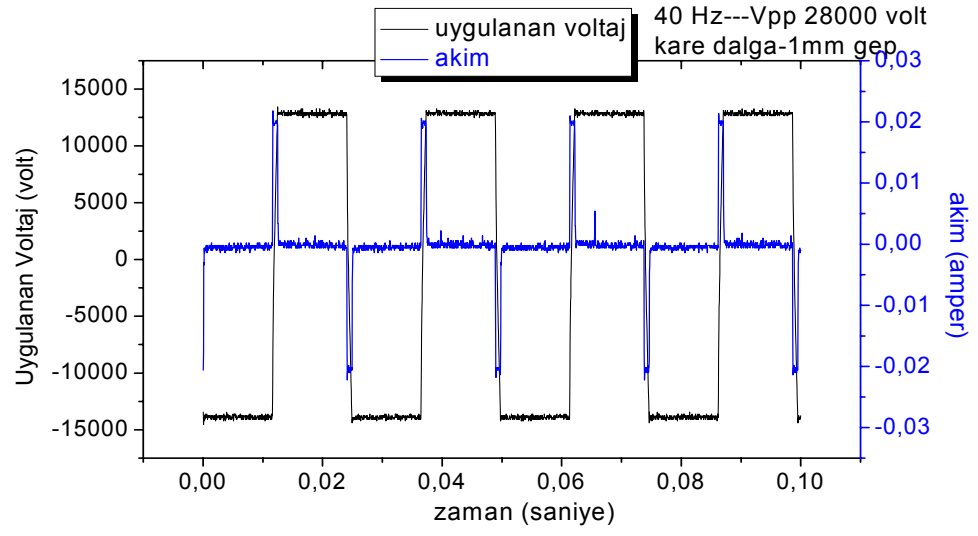








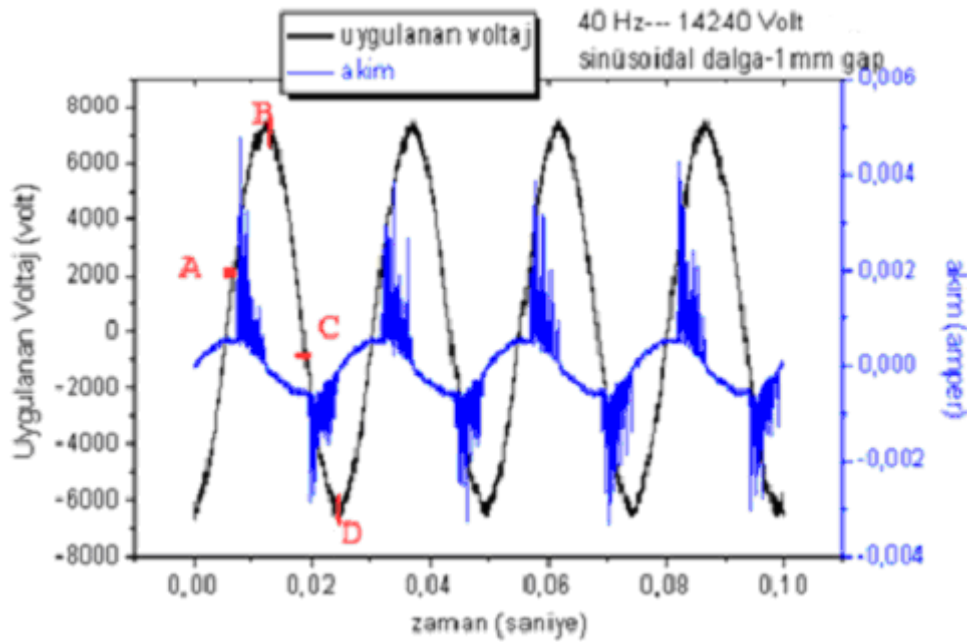




## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

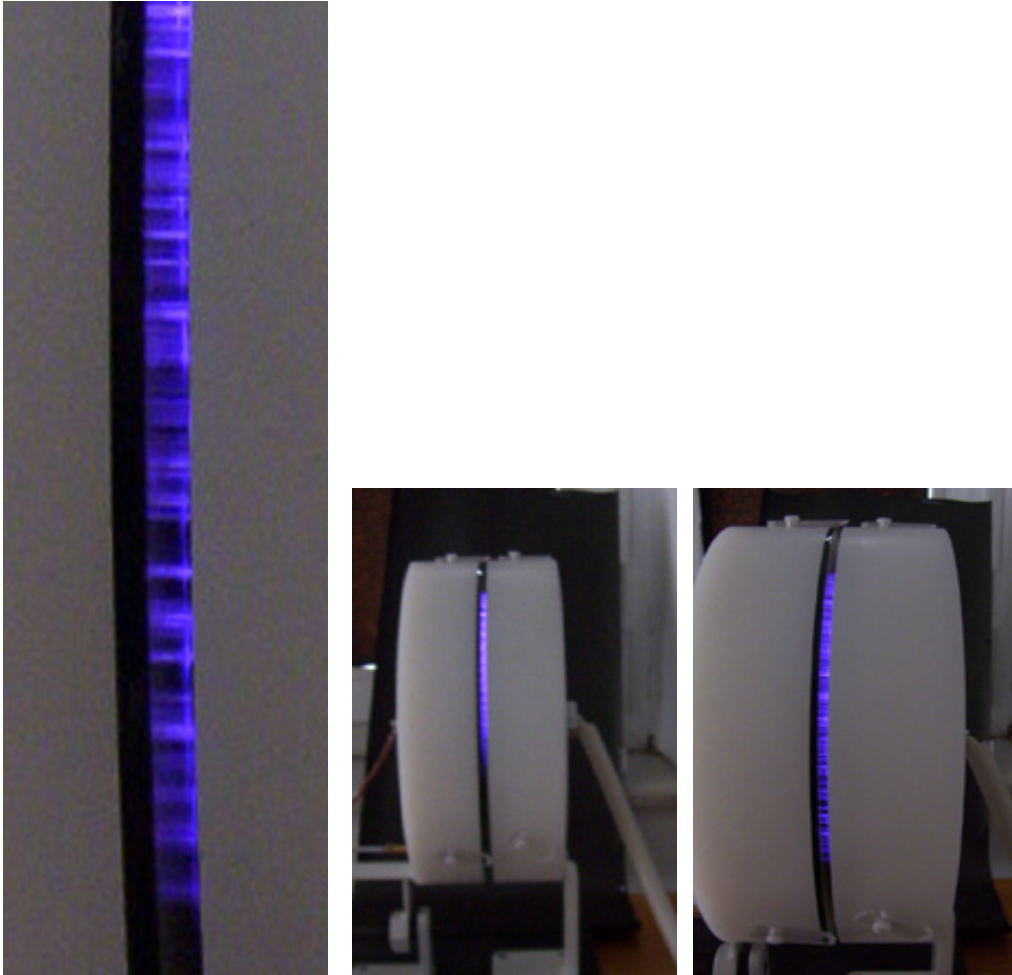
Yalıtkan engel deşarjının kesin olan avantajı: düşük gaz sıcaklıklarında ve atmosferik basınçta dahi non-termal plazma koşullarına sahip olmasıdır. Yalıtkan engel deşarjı; atomları, radikalleri ve uyarılmış parçacıkları ve iyonları oluşturan yüksek enerjili elektronları kapsar. Deşarjın; sistemin geometrik şekline, çalışılan gaza / gaz karışımına, çalışma parametrelerine (örneğin; güç girişine, besleme voltajının frekansına, basınca, gaz akışına vb.) bağlı olarak büyük bir değişkenlik gösterdiği kanıtlanmıştır. Elektrotlara bir gerilimin uygulanması ile gap içerisinde bir elektrik alan meydana gelir. Bu alan, gap içindeki gazın kırılma alanına eşit yada büyük olduğu anda gaz içerisinde bölgesel olarak bireysel filamentar deşarj başlatılmış olunur.

Şekil 5.1. 1mm gap aralındaki 40 Hz’de ve tepeden- tepeye voltajın 14240 Volt olduğu işlem şartlarında elde edilmiştir. Burada; A noktasında, geptaki voltaj mikrodeşarjı başlatacak kadar büyüktür ve oldukça çok sayıdaki mikrodeşarjlar gap içerisinde başlatılmış olur. A-B ve C-D aralığında görülen her bir atma gap aralığında oluşan mikrodeşarj serisini göstermektedir. Her bir atma en az bir streamer’a karşılık gelir.

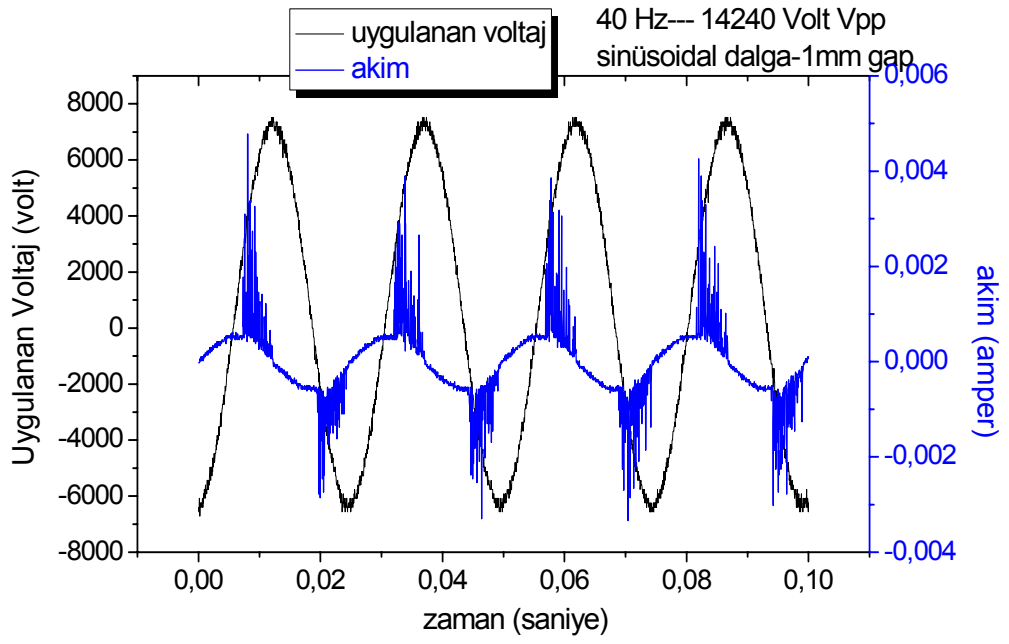


Şekil 5.1. Çalışma gazı olarak havanın kullanıldığı mod olarak filamentar olan Y.E.D.’nin osiloskop yardımıyla elde edilen voltaj ve akım grafikleri

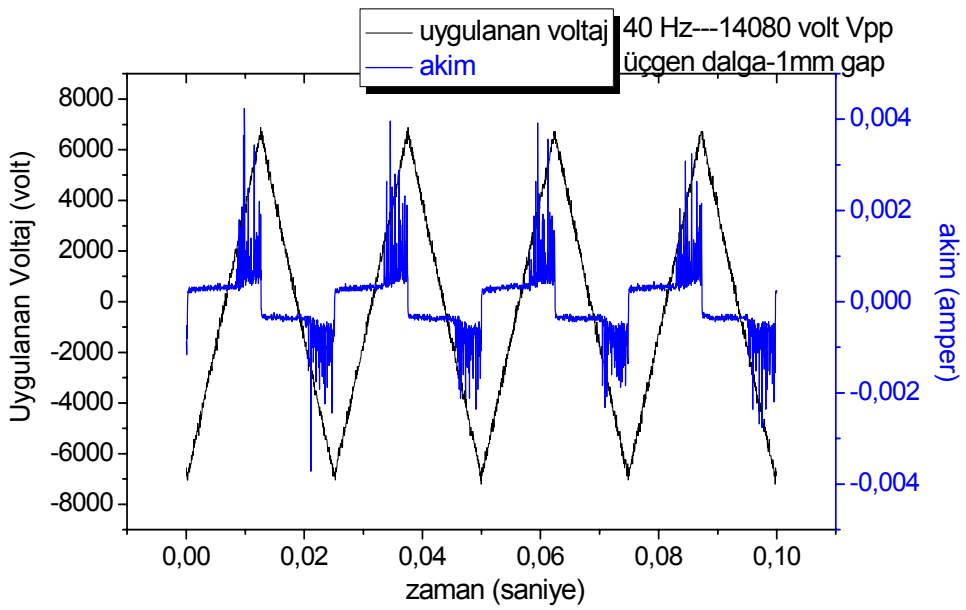
Deşarj akımı streamer akımlarının toplamıdır. Gep içerisinde milyonlarca mikrodeşarj yoluyla akım akar. Her bir mikrodeşarj kanalı silindirik plazma kanalından oluşur. Mikrodeşarjlardan akım akmasından dolayı, yalıtkan yüzey üzerinde yük birikimi olur. Bu biriken yükler, gepteki sisteme uygulanan voltajdan dolayı oluşan elektrik alanına zıt bir alan oluşturur ve belirli bir süre sonra (nanosaniyeler mertebesinde) tam bu noktada akım boğulur. Şekil 5.1.'de akım grafiğinde, atmaların olmadığı ve gözlemsel olarak da gepteki deşarjın ışıklarının görülmediği yerlerdir. Mikrodeşarjın olduğu bölgenin dışındaki bölgelerde halen elektriksel alan mevcut olduğundan dolayı yeni mikrodeşarjlar oluşur. Şekil 5.2.'de sistemimizde oluşturulan mikrodeşarjlar (plazma kanalları) açık bir şekilde görülmektedir.



Şekil 5.2. 1mm gepte, hava kullanılarak Y.E.D.'nda oluşturulan mikrodeşarjlar



a

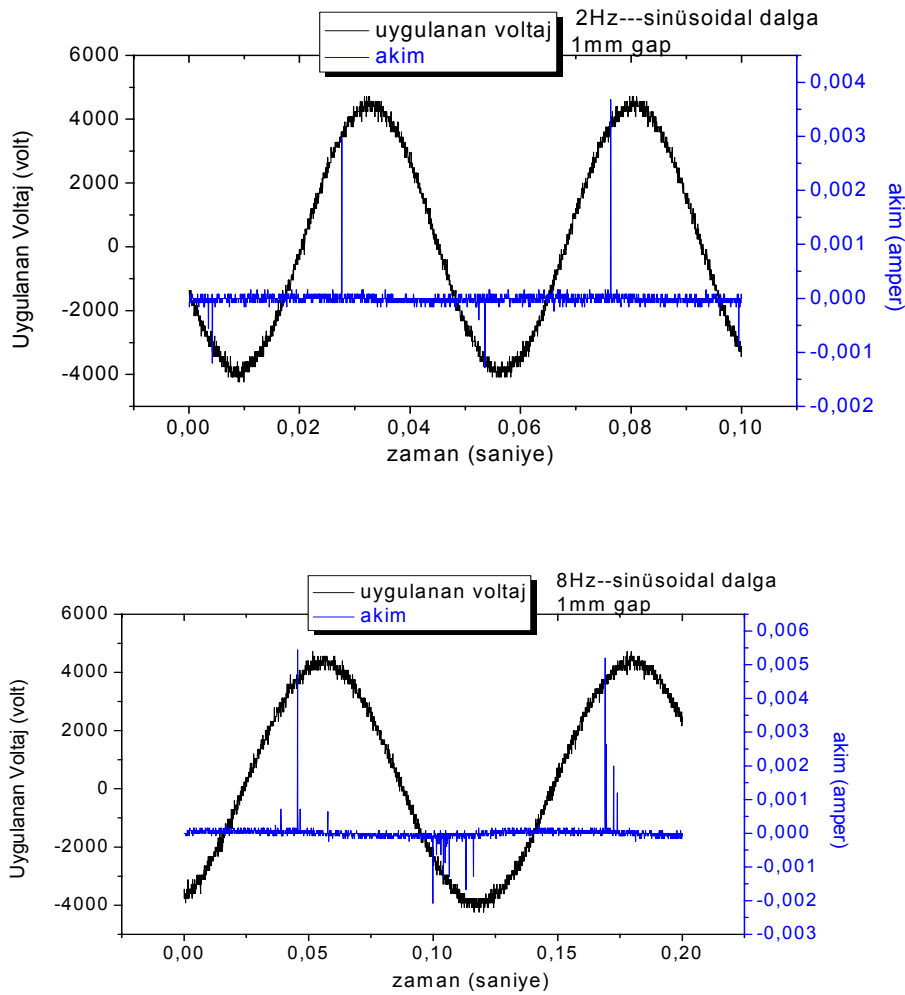


b

Şekil 5.3. 1 mm gepte hava kullanılarak, a) 40 Hz frekanslı ve tepeden tepeye voltaj değerinin (Vpp) 14240 volt olduğu sinüs dalga için; b) 40 Hz frekanslı tepeden tepeye voltaj değerinin 14080 volt olduğu üçgen dalga için Y.E.D.'nin akım ve potansiyel grafikleri

Şekil 5.3.'deki her iki grafikten şu anlaşılmaktadır: tüm işlem şartlarının aynı tutulduğu bu ölçümde (gep 1mm, 40Hz ve yaklaşık 14160 volt) gerek sinüs dalga gerekse üçgen dalga olsun mikrodeşarj serileri her salınım için aynı bölgede oluşmaktadır.

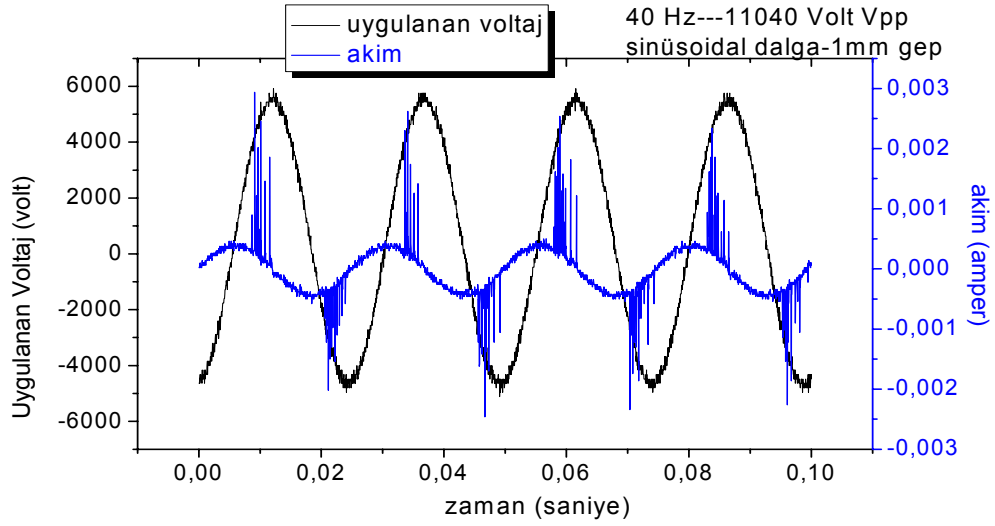
Yapılan bu deneyle, yalnızca frekansın artırılarak ve diğer tüm değişkenlerin (gep aralığının ve uygulana voltajın) aynı tutularak şu anlaşılmıştır: frekans arttıkça mikrodeşarjlar önceki atmaların önünde oluşur. Bu durum Şekil 5.4'den net olarak görülmektedir. Ayrıca frekans arttıkça gepte gözlenendeşarjın parlaklığı da artmaktadır. Frekans arttıkça mikrodeşarj sayısında artma olmaktadır.



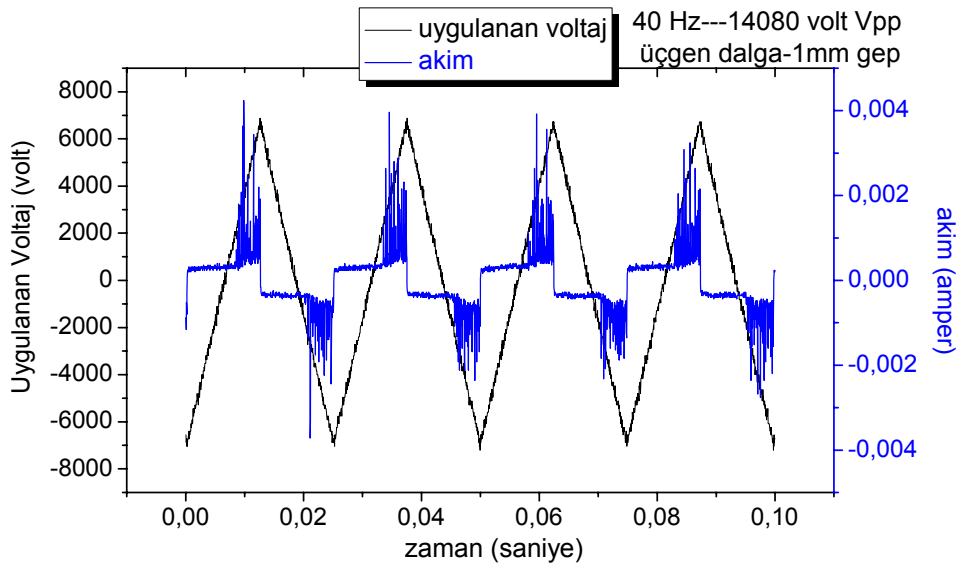
Şekil 5.4. Vpp değerleri 9280 volt olan, tüm şartların aynı tutularak yalnızca frekans farklı tutularak sinüs dalda için elde edilen akım sinyalleri



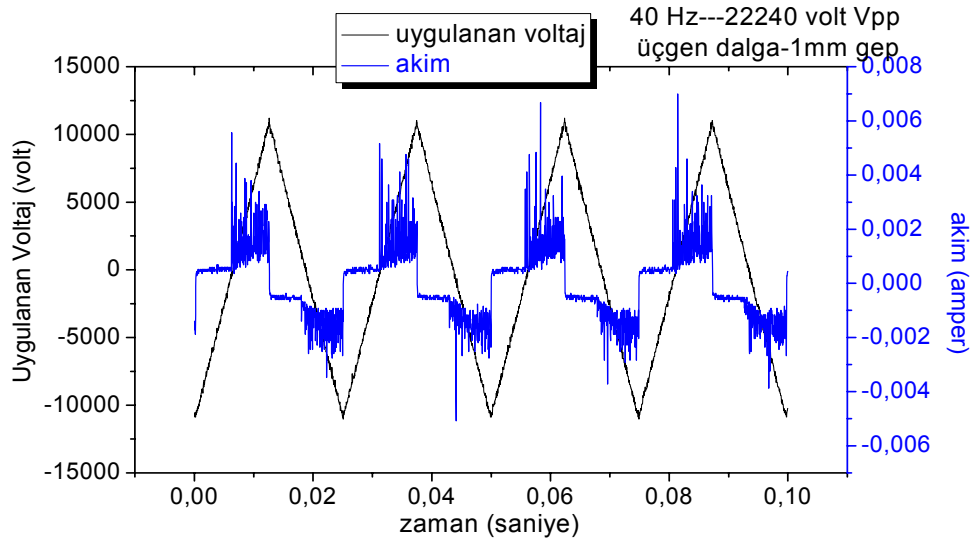
Voltaj artırıldıkça, mikrodeşarj sayılarında oldukça ciddi oranda artma olduğu görülmüştür. Bu durum genlik değişimi ölçümlerinden elde edilen voltaj akım sinyallerindeki atmaların artışından bilinmektedir. Bu durum Şekil 5.5., 6., 7.'den açık olarak görülmektedir.



Şekil 5.5. 40 Hz Vpp değeri 11040 Volt olan sinüsoidal voltajın sisteme verilmesiyle elde edilen mikrodeşarjların akım sinyali

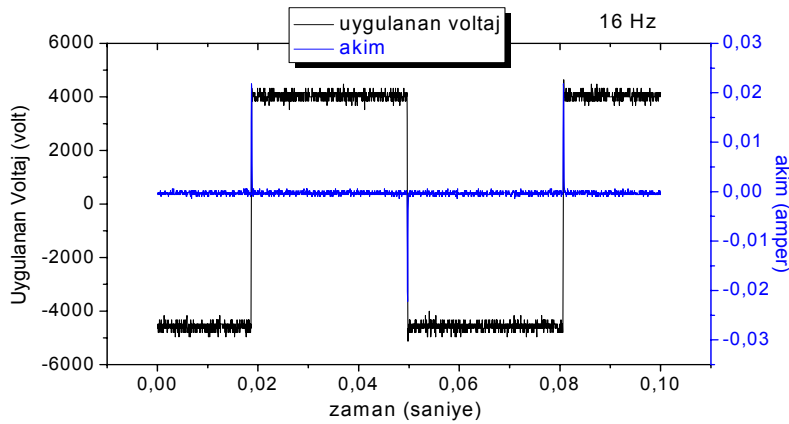


Şekil 5.6. 40 Hz Vpp değeri 14080 Volt olan üçgen dalgalı voltajın sisteme verilmesiyle elde edilen mikrodeşarjların akım sinyali

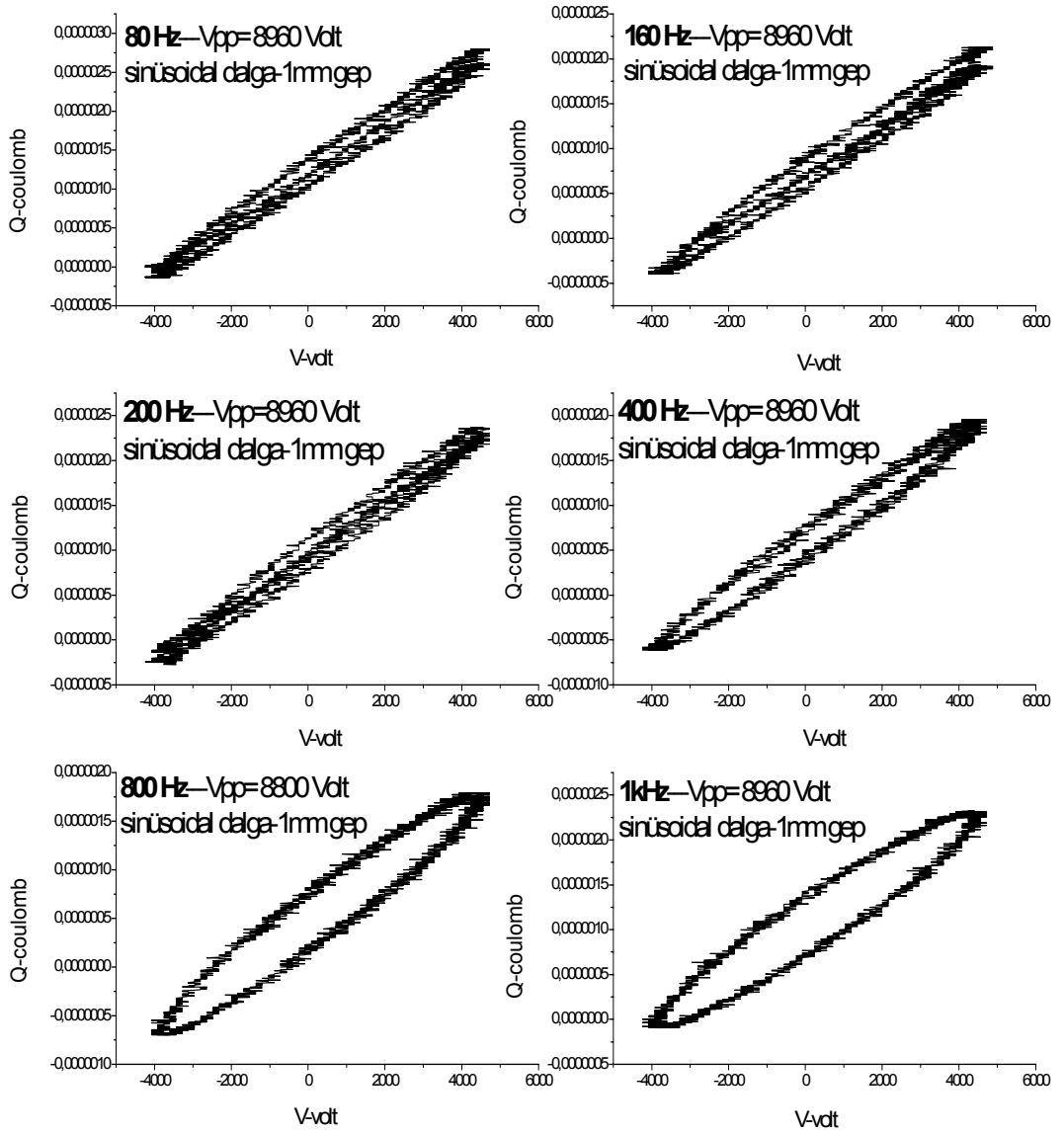


Şekil 5.7. 40 Hz Vpp değeri 22240 Volt olan üçgen dalgalı voltajın sisteme verilmesiyle elde edilen mikrodeşarjların akım sinyali

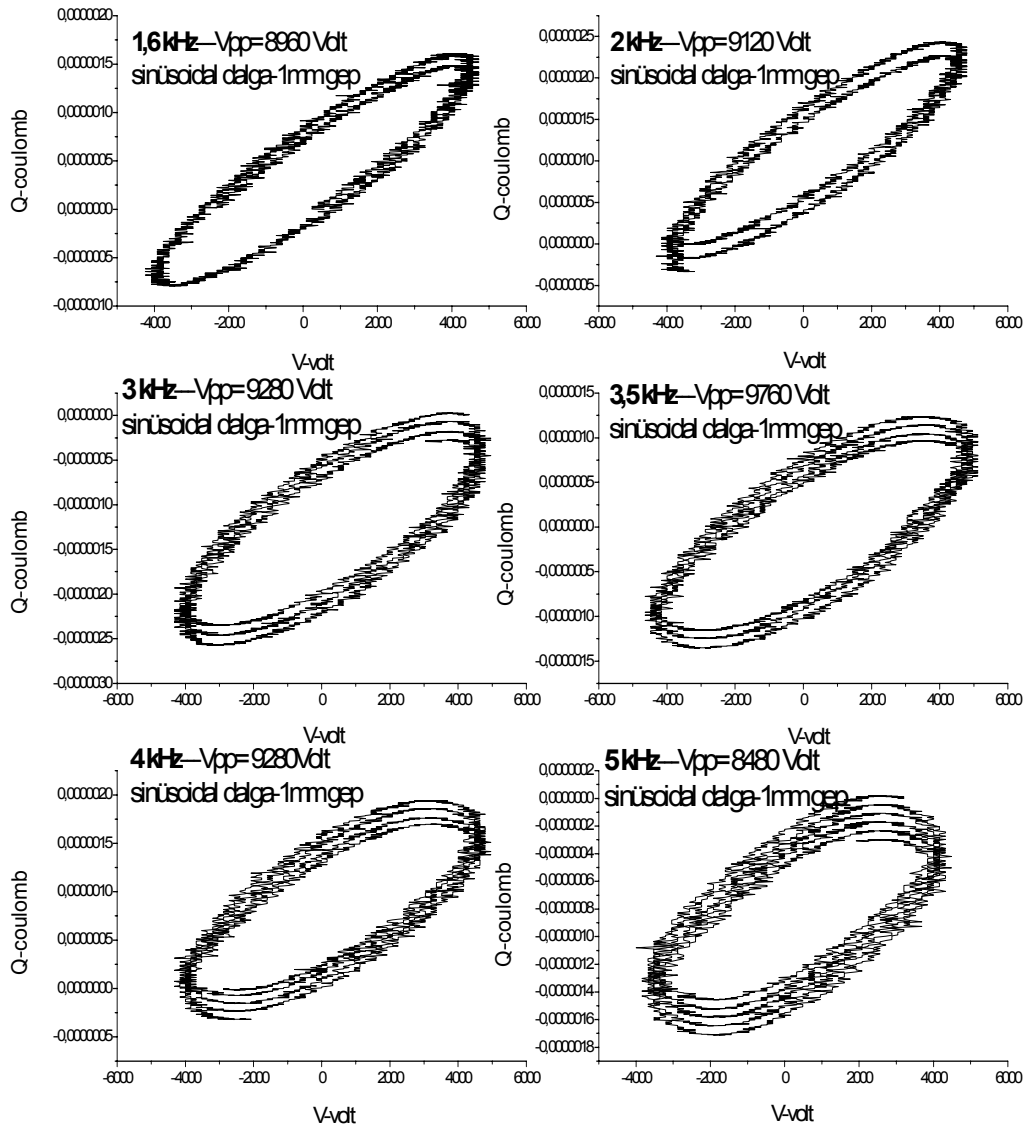
Ancak, frekans değişimindekine nazaran mikrodeşarj sayısı, voltajın artırılmasında oldukça fazla atmıştır. Uygulanan voltajın şeklinin farklı olmasında ise; mikrodeşarj serilerinin hep aynı bölgede olduğu gözlenmiştir. Uygulanan voltaj kare dalga ise, mikrodeşarjlar sadece voltajın artan süresince oluşmaktadır, voltaj değeri sabitken hiçbir akım pikine rastlanmamakta sıfır değeri okunmaktadır. Çünkü akım, uygulanan voltajın türevi ile kapasitansın çarpımıdır. Voltajın sabitken türevin sıfır olmasından dolayı akım da sıfır olacaktır. Dolayısıyla akım pulsları, voltajın değişken olduğu bölgeler süresince görülecektir(Şekil 5.8.).



Şekil 5.8. 1mm gap, 16 Hz frekanslı, Vpp=9120 Volt olan kare dalganın sisteme uygulanması ile elde edilen akım sinyali



Şekil 5.9. 80Hz- 1kHz frekans aralığında diğer tüm şartların aynı tutulmasıyla (1mm gap aralığı, çalışma gazı hava ve  $V_{pp}$  değeri yaklaşık olarak 8960 Volt'tur) elde edilen lissajous şekilleri



Şekil 5.10. 1,6 kHz- 5kHz frekans aralığında diğer tüm şartların aynı tutulmasıyla (1mm gep aralığı, çalışma gazı hava ve Vpp değeri yaklaşık olarak 8960 Volt civarında) elde edilen lissajous şekilleri

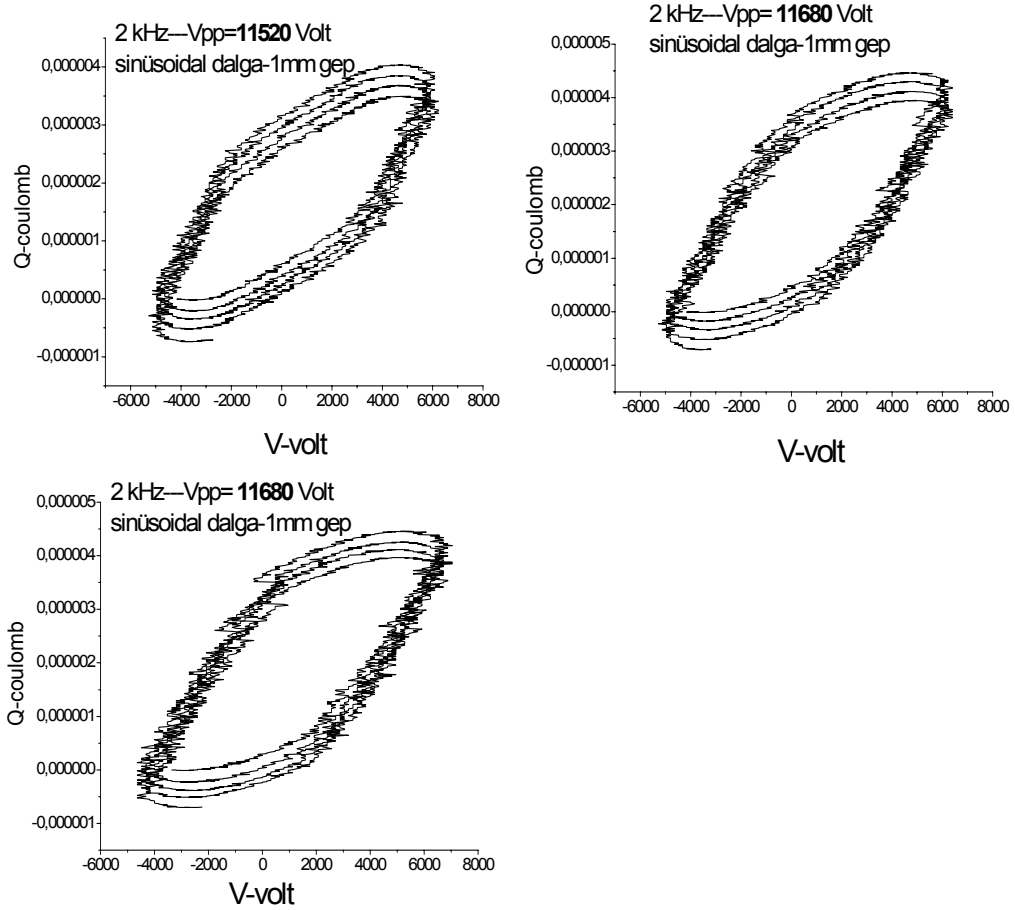
Şekil 5.9., 10'dan görüldüğü gibi alan artmaktadır.

$$E_{el} = \oint V(t)dQ = C_{ölçülen} \oint V(t)dV_{ölçülen}$$

$$= 4C_d \frac{1}{1 + C_g / C_d} U_{\min} (U_{\max} - U_{\min})$$

$$= 2(V_{\max} Q_0 - Q_{\max} V_0) \equiv (Q - V) \quad \text{diyagramının alanıdır.}$$

$P_{el} = \frac{1}{T} E_{el} = f E_{el}$  'dir. Buradan da anlaşıldığı gibi; alan artışı ile plazmaya aktarılan güç artar, bu da demektir ki frekans arttıkça plazmaya aktarılan elektrik enerjisi de artmaktadır. Böylece daha yoğun ve daha parlak plazma elde edilir.



Şekil 5.11. 2kHz frekans aralığında ve voltaj (genlik değişimine bakılmıştır) hariç diğer tüm şartların aynı tutulmasıyla (1mm gep aralığı, çalışma gazı hava) elde edilen lissajous şekilleri

Genlik değişiminin (uygulanan voltaj değişiminin) sisteme etkisi yine aynı doğrultudadır. Sisteme uygulanan voltaj arttıkça plazmaya transfer edilen güç daha da çok artmakta ve daha çok sayıda mikrodeşarj kanalı oluşmaktadır. Biliyoruz ki her bir mikrodeşarj kanalı bir plazma kanaludur. Böylece daha yoğun ve görsel olarak daha parlak plazma elde ederiz (Şekil 5.11.).



a



b

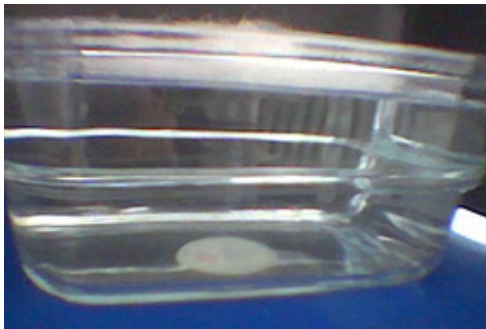


c



d

Şekil 5.12. Y.E.D.'na tabi tutulan yünün a) 10 dk 27 sn sonraki hali (üstte Y.E.D.'na tabi tutulmamış yün, altta ise Y.E.D.'na tabi tutulmuş yün) b) 45 dk 38 sn sonraki hali c) 49 dk 48 sn sonraki hali d) 1 saat 24 dakika sonraki hali



Şekil 5.13. hiçbir işlem görmemiş yün (1 gün sonraki durumu)

400 Hz frekanslı ve tepeden tepeye voltaj değeri 22560 Volt olan sinüs dalga ile hava ortamında ve 1 mm gep aralığında oluşturulan yalıtkan engel deşarjına 30 saniye 35 salise süre boyunca tabi tutulan yünün su emme kapasitesindeki büyük bir artış

gözlenmiştir. Oysa hiç işlem görmemiş yün, aradan bir gün geçmesine rağmen hala su yüzeyinde yüzme konumunda kalmıştır (Şekil 5.12., 13.).

Sonuç olarak:

1. Elektrot yüzeyindeki mikrodeşarj bölgelerinin sayı yoğunluğu; uygulanan frekansa ve pik voltajına bağlı olan (fakat uygulanan voltajın formundan bağımsız olan) güç yoğunluğu ile artar.
2. Düşük voltaj / yüksek frekans işlemi her yarım periyotta eski mikrodeşarj kanallarını yeniden tetiklemeye meyillendirirken, yüksek voltaj / düşük frekans işlemi mikrodeşarjları mevcut yalıtkan yüzeyine dağıtmaya meyillidir.
3. Mikrodeşarj, uygulanan voltajın formundan bağımsızdır; gerek sinüs gerek üçgen dalga olsun mikrodeşarj serilerinin aynı bölgelerde başladığı görülmüştür, kare dalgada ise mikrodeşarjların yalnızca voltajın değişken olduğu süre boyunca oluştuğu görülmüştür.
4. Voltaj değişimindeki mikrodeşarj sayısındaki artış, frekans değişimindeki mikrodeşarj sayısındaki artıştan daha fazladır, dolayısıyla oluşturulan plazmaya aktarılan güç daha fazla ve de plazma görsel olarak daha yoğun ve daha parlaktır.
5. Yünün plazma işlemi ile su emme kapasitesi oldukça artırılmıştır.

## 6. KAYNAKLAR

- Alonso, J. M., Valdes, M., Calleja, A. J., Ribas, J., Losada, J., 2003. High frequency testing and modeling of silent discharge ozone generators, *Ozone Science and Engineering*, 25, 363-376.
- Chrikov , A., Gutsol, A., Fridman, A., Sieber, K. D., Grace, J.M., Robinson, K.S., 2004. Analysis of two-dimensional microdischarge distribution in dielectric-barrier discharges, *Plasma Source Science Technology*, 13, 623-635.
- Angelova, V., Ivanova, R., Delibaltova, V., Ivanova, K., 2004. Bio-accumulation and distribution of heavy metals in fibre crops (flax, cotton and Hemp), *Industrial Crops and Products*, 19, 197-205.
- Annemie, B., Neyts, E., Gijbels, R., Mullen, J., 2001. Gas discharge plasma and their applications, *Advanced Plasma Technology*, 57, 609-658.
- Jiang, T., Liu, C., Rao, M., Yao, C., Fan, G., 2001. A novel synthesis of diesel fuel additives from dimethyl ether using dielectric barrier discharges, *Plasma Source Science Technology* 73, 143-152.
- Kang, W. S., Kim, Y. H., Hong, S. H., 2002. Spatio-temporal images of single streamer propagation in dielectric barrier discharge, *IEEE Transactions on Plasma Science*, 30, 1, 166-167.
- Kogelschatz, U., 2003. Dielectric-barrier discharge: their history discharge physics and industrial applications, *Plasma Chemistry and Plasma Processing*, 23, 1, 650-685.
- Kogelschatz, U., Parkstr, O., 2000. Filamentar and diffuse barrier discharges, *Advanced Plasma Technology*, 8, 5212-5230.
- Kogelschatz, U., 2000. Physics and applications of dielectric barrier discharges, *ABB Corporate Reserch Letters*, 5, 842-861.
- Korzec, D., Finantu-Dinu, E. G., Dinu, G. L., Engemann, J., Stefecka, M., Kando, M., 2003. Comparison of coplanar and surface barrier discharges operated in oxygen-nitrogen gas mixtures, *Surface and Coatings Technology*, 174, 503-508.
- Lee, Y. H., Chung J. W., Choi, Y., Cho, M. H., Namkung, W., 2000. Electrical and chemical characteristics of dielectric barrier discharge process for environmental applications, *Pohang University of Science and Technology*, 54, 125-132.



- Mangolini, L., 2000. Experimental study of atmospheric pressure glow discharges controlled by dielectric barrier, *Advanced Plasma Technology*, 24, 320-330.
- Pietsch, G. J., 2000. Properties of dielectric barrier discharges in different arrangements, *Applied Physics Letters*, 62, 10-15.
- Poll, H. U., Schladitz, U., Schreiter, S., 2001. Penetration of plasma effects into textile structures, *Surface and Coating Technology*, 142, 489-493.
- Reitz, U., Schwarz, R., Salge, J. G. H., 1992. Power modulation for dielectric barrier discharges, *Applied Physics Letters*, 12, 348-350.
- Roth, J. R., 2001. *Industrial Plasma Engineering Applications to Nonthermal Plasma Processin*, Institute of Physics Publishing, London, 645p.
- Schoenbach, K., 2000. Partially ionized gases, *Physical Electronics Reserch Institutue*, 42, 50-63.
- Simor, M., Rahel, J., Vojtek, P., Cernak, M., 2002. Atmospheric-pressure diffuse coplanar surface discharge for surface treatments, *Applied Physics Letters*, 81, 72-84.
- Takkaki, K., Shimizu, M., Mukaigawa, S., Fujiwara, T., 2004. Effect of electrode shape in dielectric barrier discharge plasma reactor for NO<sub>x</sub> removal, *IEEE Transactions on Plasma Science*, 32, 41-54.
- Takkaki, K., Jani, M. A., Fujiwara, T., 1999. Removal of nitric oxide in flue gases by multipoint to plane dielectric barrier discharge, *IEEE Transactions on Plasma Science*, 27, 84-12.
- Takkaki, K., Jani, M. A., Fujiwara, T., 1998. Oxidation and reduction of NO<sub>x</sub> in diesel-exhaust by dielectric barrier discharge, *IEEE Transactions on Plasma Science*, 11, 28-46.
- Wagner, H. E., Brandenburg, R., Kozlov, K. V., Sonnenfeld, A., Michel, P., Behnke, J. F., 2002. The barrier discharge: basic properties and applications to surface treatment, *IEEE Transactions on Plasma Science*, 4, 7-20.
- Xu, P. X., Kushner, M.J., 1999. The Consequences of remnant surface charges on microdischarge spreading in dielectric barrier discharges, *IEEE Transactions on Plasma Science*, 27, 108-119.

**ÖZGEÇMİŞ**

Adı Soyadı : Sündüz KORKMAZ

Doğum Yeri : ISPARTA

Doğum Yılı : 1981

Medeni Hali : Bekar

**Eğitim ve Akademik Durumu**

Lise : 1994-1998 Isparta Gürkan (Süper) Lisesi

Lisans : 1998-2002 S.D.Ü. Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü

Yabancı Dil : İngilizce