

**GENLİK VE ELEKTROTLAR ARASI MESAFE DEĞİŞİMİNİN
YALITKAN ENGEL DEŞARJINA ETKİSİ**

Yeşim ATILMIŞ

**Yüksek Lisans Tezi
FİZİK ANABİLİM DALI
ISPARTA-2005**

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GENLİK VE ELEKTROTLAR ARASI MESAFE DEĞİŞİMİNİN
YALITKAN ENGEL DEŞARJINA ETKİSİ**

YEŞİM ATILMIŞ

**Danışman
Yrd. Doç. Dr. Lütfi ÖKSÜZ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
FİZİK ANABİLİM DALI
ISPARTA,2005**

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne;

Bu çalışma jürimiz tarafından FİZİK ANABİLİM DALI'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Başkan :.....
Üye :.....
Üye :.....

ONAY

Bu tez/....../2005 tarihinde Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından kabul edilmiştir.

....../....../2005

Prof. Dr. Çiğdem SAVAŞKAN
Enstitü Müdürü

ÖZET

Plazmalar genel olarak termal dengede ve termal dengede olmayan olarak alt bölümlere ayrılabilir. Termal dengede olan plazmalarda elektronların, iyonların ve nötr parçacıkların sıcaklıkları eşittir. Termal dengede olmayan plazmalarda ise elektronların sıcaklıkları, ağır parçacıklar olan iyonlar, atomlar ve moleküllere göre çok daha fazladır. Atmosferik basınçta termal dengede olmayan deşarj elde etmenin en kolay yolu, güç verilen iki elektrot arasına bir veya iki tane yalıtkan tabaka yerleştirmektir. Plazma işlemlerinde genellikle termal dengede olmayan plazma kullanılır. Atmosferik basınçlı plazmalarda pratik olarak vakum aletlerine gerek yoktur. Yalıtkan engel deşarjları, iletken iki elektrot arasındaki gaz boşluğuna yalıtkan bir madde yerleştirilerek elde edilir. Yalıtkan engel deşarjları yaklaşık olarak atmosferik basınçlarda (0,1-1atm) çalışırlar. Deşarja uygulanan voltajın genliği 1-100 kV aralığında, frekans değeri Hz-MHz aralığındadır. Cam, kuartz, polimer veya seramikten olan yalıtkan tabaka elektrotlar arasına yerleştirilir. Elektrotlar arasındaki uzaklık ayarlanabilir. Atmosferik basınçlı yalıtkan engel deşarjlarının kullanımı 1857'de Siemens'in ozon üretimi ile başlamıştır. Endüstriyel ozon üretimi, excimer lambalar, plazma tv, sessiz deşarj karbondioksit lazerleri, kirlilik kontrolü, zehirli bileşiklerin yok edilmesi, yüzey kaplanması, değışikliğı ve katalitik deşarjlar en çok bilinen yalıtkan engel deşarj uygulamalarıdır. Çalışmalarımızda yalıtkan engel deşarj içersindeki akımın elektriksel karakteristiğini ve sinyal değışimi araştırıldı. Mikrodeşarjların fiziğı, akım sellerinin oluşmasını, yayılmasını ve plazma kanalındaki oluşumları anlamaya dayalıdır. Uygulanan voltajın genliğini ve frekansını, elektrotlar arası uzaklığı değıştirilerek çeşitli farklı dalga tiplerinde incelemeler yapıldı. Elektrotlar arasındaki mesafeyi her iki sabit frekans aralığında da kademeli olarak arttırdık, voltaj ve akım grafiklerinden mesafe arttıkça deşarjın filamenter moddan düzgün moda geçtiğı anlaşıldı. Yalıtkan engel deşarjının elektriksel özellikleri deneysel sonuçlarla çalışmamızda sunulmaktadır.

ANAHTAR KELİMELELER: Yalıtkan Engel Deşarjı, Deşarj akımı, gep, elektron seli yayılımı, atmosferik basınç

ABSTRACT**THE EFFECTS of GAP and AMPLITUDE VARIATION in A DIELECTRIC BARRIER DISCHARGE**

In general, a subdivision can be made between plasmas which are in thermal equilibrium and those which are not in thermal equilibrium. Thermal equilibrium implies that the temperature of all species is the same. Non-thermal equilibrium means that the temperatures of the electrons are characterized by much higher temperatures. Introducing one or more insulating plates between two electrodes is one of the easiest ways to realize a non-equilibrium atmospheric pressure discharge. Non-thermal plasmas are widely used for plasma processing. Atmospheric pressure plasmas require practically no vacuum devices. Dielectric barrier discharges occur in arrangements where at least one dielectric is positioned in a gas space in between conducting electrodes. D.B.D.'s operate at approximately atmospheric pressure (0,1-1atm). An ac voltage with an amplitude of 1-100kV and a frequency of a few Hz to MHz is applied to the discharge. Dielectric layer made of glass, quartz, ceramic or polymer is placed between the electrodes. The inter electrode distance varies from 0,1mm to several cm. The atmospheric pressure dielectric barrier discharge has been used for a long time, starting with the ozone generation by Siemens 1857. Most well known industrial dielectric barrier discharge applications are industrial ozone generation, excimer lamps and plasma displays, silent-discharge CO_2 lasers, pollution control, surface modification and surface coating, catalytic dielectric-barrier discharges. In our work we investigated the electrical characteristics of current and signal variation in dielectric barrier discharge. The adjustable parameters are; inter-electrode distance, amplitude of applied voltage and frequency of applied voltage. One electrode is powered; the power is supplied by a high voltage amplifier that allows the operation over a wide range of voltages and frequencies. When gap is increased we see that the discharge turned to homojen mode from diffuse mode. The physics of microdischarges helps us to understand the formation of plasma channels, avalanches, streamers and decay. The electrical characteristics of dielectric barrier discharge is presented by discussing the experimental results.

KEY WORDS: Dielectric barrier discharge, discharge current, gap, streamer propagation, atmospheric pressure

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimime bilgi ve deneyimleri ile katkıda bulunan danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Lütfi Öksüz'e, bu çalışmanın hazırlanmasında gerekli ortamı hazırlayan ve çalışmanın her safhasında yardımlarını esirgemeyen yüksek lisans öğrencisi Sündüz Korkmaz'a ve yazılım ve çizimlerdeki yardımlarından dolayı Okutman Selçuk Helhel'e teşekkür ederim. Hayatımın her döneminde, bana destek olan aileme minnet ve şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

	sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
SİMGELER DİZİNİ.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
TABLolar DİZİNİ.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK BİLGİSİ.....	3
2.1. Plazma Tanımı.....	3
2.2. Plazma Uygulama Alanları.....	5
2.3. Elektrik Alanları Kullanarak Plazma Üretimi.....	7
2.3.1. Dc Parlak Deşarjı.....	8
2.3.2. Rf Deşarjı.....	11
2.3.3. Pulsu Parlak Deşarj.....	11
2.3.4. Atmosferik Basınçlı Parlak Deşarj.....	12
2.3.5. Korona Deşarjı.....	12
2.3.6. Magnetron Deşarjı.....	13
2.3.7. Yalıtkan Engel Deşarjları.....	13
2.4. Elektrotlar Arasındaki Uzaklık ve Voltaj Değişimi.....	18
2.5. Mikrodeşarj Etkileşimi ve Yapısının Fiziksel Doğası.....	22
2.6. Yalıtkan Engel Deşarjlarının Kullanım Alanları.....	26
3. MATERYAL VE METOD.....	29
3.1. Materyal.....	29
3.2. Metod.....	33
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	36
5. SONUÇ.....	48
6. KAYNAKLAR.....	50
ÖZGEÇMİŞ.....	52

SİMGELER DİZİNİ

C	Kapasite
d	Dielektrik
E	Elektrik alan şiddeti
f	Frekans
g	Elektrotlar arası mesafe(gep)
I	Akım
P	Güç
Q	Yük
R	Direnç
T	Periyot
ε	Dielektrik geçirgenliği

ŞEKİLLER DİZİNİ

	sayfa
Şekil 2.1.	Plazma üretim prensipleri.....7
Şekil 2.2.	D.c deşarj türlerinde voltajın akıma bağılılığı.....9
Şekil 2.3.	Paralel elektrotlu d.c parlak deşarjında ışık şiddeti, elektrik alan ve elektriksel potansiyel değişimleri.....10
Şekil 2.4.	Yalıtkan engel deşarjlarının iki temel konfigürasyonu.....14
Şekil 2.5.	Hacim deşarjında ilk potansiyel dağılım konfigürasyonu.....16
Şekil 2.6.	Yüzey deşarjında ilk potansiyel dağılım konfigürasyonu.....17
Şekil 2.7.	Eşdüzlemsel deşarjda ilk potansiyel dağılım konfigürasyonu.....17
Şekil 2.8.	Deşarjın elektriksel davranışını belirlemek için çalışılan elektriksel devre.....19
Şekil 2.9.	Yalıtkan engel deşarjının tipik akım sinyalleri.....20
Şekil 2.10.	Yalıtkan engel deşarjının düzgün ve filamentar mod da lisajus figürleri ve güç dağılımı.....21
Şekil 2.11.	Elektrik seli üreten kaynaklar.....22
Şekil 2.12.	Filamentar deşarj.....23
Şekil 2.13.	Yalıtkan engel deşarjında elektron yoğunluğunun, alanın değişimi...23
Şekil 3.1.	Deney düzeneğinin şematik gösterimi.....30
Şekil 3.2.	Deney düzeneği.....30
Şekil 3.3.	Tektronix P6015A 1000x3,0 pF 100 MΩ Prop.....31
Şekil 3.4.	Sinyal jeneratörü ve yüksek gerilim yükseltici.....31
Şekil 3.5.	Dijital fosfor osiloskop.....32
Şekil 3.6.	Birbirine paralel, iki adet Al elektrot. Elektrotların dış yüzeylerini çerçeveleyen polyamid halka.....32
Şekil 3.7.	Atmosferik basınç ve hava ortamında gözlemlenen mikrodeşarjlar.33
Şekil 3.8.	Sistemin eşdeğer devresi.....34
Şekil 4.1.	Yalıtkan engel deşarjında lisajous figürleri, farklı geplerde uygulanan Voltaj 5kV, frekans 5kHz.....36

Şekil 4.2.	Yalıtkan engel deşarjında lisajous figürleri, farklı geplerde uygulanan Voltaj 10kV, frekans 5kHz.....	37
Şekil 4.3.	Yalıtkan engel deşarjında lisajous figürleri, farklı geplerde uygulanan Voltaj 20kV, frekans 5kHz.....	38
Şekil 4.4.	Yalıtkan engel deşarjında lisajous figürleri, farklı gep ve voltajda.....	39
Şekil 4.5.	Yalıtkan engel deşarjlarının akım sinyalleri, , farklı geplerde uygulanan Voltaj 5kV, frekans 5kHz.....	40
Şekil 4.6.	Yalıtkan engel deşarjlarının akım sinyalleri, , farklı geplerde uygulanan Voltaj 10kV, frekans 5kHz	41
Şekil 4.7.	Yalıtkan engel deşarjlarının akım sinyalleri, , farklı geplerde uygulanan Voltaj 20kV, frekans 5kHz.....	42
Şekil 4.8.	Akımda gözlenen pikler (uygulanan voltaj 20Kv).....	44
Şekil 4.9.	Akımda gözlenen pikler (uygulanan voltaj 10Kv).....	44
Şekil 4.10.	Akımda gözlenen pikler (uygulanan voltaj 5Kv).....	45
Şekil 4.11.	Akımda gözlenen pikler (voltaj 4,5Kv, gep:1,25mm).....	45
Şekil 4.12.	Akımda gözlenen pikler (voltaj 4,5Kv, gep:1,00mm).....	46
Şekil 4.13.	Akımda gözlenen pikler (voltaj 4,5Kv, gep:1,75mm).....	46
Şekil 4.14.	Akımda gözlenen pikler (voltaj 4,5Kv, gep:2,25mm).....	46

ÇİZELGELER DİZİNİ

	sayfa
Çizelge 2.1. Deşarjın Davranışı.....	22
Çizelge 4.1. Deney değişkenleri.....	43

1. GİRİŞ

Maddenin katı, sıvı ve gaz halinden başka çok yüksek sıcaklıklarda karşılaşılan, plazma olarak adlandırılan dördüncü bir hali daha vardır. Yüksek sıcaklığa ısıtılan gazlar önce atomlarına ayrılır, sonrada atomda dış yörünge elektronlarının kopması ile pozitif yüklü iyon oluşur. Plazma, yüklü ve nötr parçacıkların toplu davranış gösterdiği yarı nötr bir gazdır. Normal basınç ve sıcaklıklarda gazlar yalıtkanlardır. Belirli şartlar sağlandığında elektronların bazıları gaz atomlarından ayrılır, iyonizasyon gerçekleşir. Gaz artık iyonlar, yüksüz atomlar ve serbest elektronlardan oluşan bir karışım haline gelir. Elektromanyetik alanlar uygulandığında iyonlar ve elektronlar serbestçe hareket ederek elektriği iletebilir.

Yüksek sıcaklık ve basınçtaki plazmanın yanında, kibrit alevi, flüoresan lambadaki ışıltama gibi düşük sıcaklık ve basınç şartlarında da plazma ile karşılaşılır. Plazma yüksek sıcaklıkta oluşabildiği gibi, yüksek basınç altında da oluşabilir. Yüksek basınçta atomların elektron kabukları çöker. Serbest elektronlar ve çekirdekten oluşan plazma meydana gelir. Laboratuvar şartlarında bu basınca ulaşamaz, ancak büyük gezegenlerde bu mümkün olabilir. Yüksek sıcaklık ve basınç şartlarında da plazma ile karşılaşılır. Gazlardaki iyonlaşma oranı sıcaklıkla artar.

Plazma üretiminde kullanılan en yaygın metotlardan biri, yüksüz gaza elektrik alan uygulamaktır. Atmosferik basınçta yapılan çalışmaların avantajı vakum ortamına ihtiyaç duyulmamasıdır.

Yalıtkan engel deşarjları, atmosferik basınçlı plazmaları bir dereceye kadar anlamamızı sağlar. Yalıtkan engel deşarjına elektrotların arasına yalıtkan bir tabaka yerleştirilir. Yalıtkan madde elektrotların yüzeyinde olabileceği gibi elektrotlar arasındaki boşlukta da olabilir. Yalıtkan tabaka sayesinde, elektrotlar arasındaki akım sınırlandırılır. Yalıtkan engel deşarjları atmosferik basınçta oluşan ve termal olmayan deşarjlardır. Mikrodeşarjlar elektrotlar arasındaki ince kanallarda oluşur ve genellikle elektrot yüzeyinde rasgele bir dağılım gösterirler. Oluşan mikro deşarjların sayısı, uygulanan voltajın genliği ile orantılıdır. Yalıtkan engel deşarjları öncelikle düzgün bir alan içindeki yanmalarla ifade edilir. Genellikle elektronegatif gazların içinde,

katodun yönlendirdiği elektron selleri hızlı bir şekilde oluşur. Mikro deşarjların oluşumunu daha iyi anlamak için yalıtkan engel deşarjında farklı dalga tiplerinde ve farklı genliklerde ac voltaj uygulanabilir. Sonuç olarak yüksek basınçta termal olmayan plazmalar için en uygun kaynak yalıtkan engel deşarjlarıdır. Atmosferik basınçlı yalıtkan engel deşarjlarının kullanımı 1857'de Siemens'in ozon üretimi ile başlamıştır. Endüstriyel ozon üretimi, excimer lambalar, plazma tv, sessiz deşarj karbondioksit lazerleri, kirlilik kontrolü, zehirli bileşiklerin yok edilmesi, yüzey kaplanması, değişikliği ve katalitik deşarjlar en çok bilinen yalıtkan engel deşarj uygulamalarıdır.

Çalışmalarımızda atmosferik basınçlı parlak deşarjla bağlantılı olan yalıtkan engel deşarjını inceledik. Atmosferik basınçta ve hava ortamında çalışılan deney düzeneğimizde parametrelerimizi değiştirerek, veriler aldık. Bu verilerin grafiklerini inceleyip fiziksel ve görsel olarak yorumladık. Yalıtkan engel de oluşan deşarjın mekanizmasını daha iyi anlamak için çalışmamızda elektrotların iç uzaklıklarını, uygulanan voltajın genliğini ve uygulanan voltajın frekansını değiştirerek ölçümler aldık. Deşarjın hangi mod da olduğunu anlamak için elektriksel ölçümleri analiz ederek lissajous figürleri oluşturduk.

2. KAYNAK BİLGİSİ

2.1. Plazma Tanımı

Normal basınç ve sıcaklıklarda, gazların yalıtkanlıkları genellikle iyidir. Gaz içerisindeki elektronlar, elektrik alan veya manyetik alan uygulandığı zaman serbestçe dolaşamazlar çünkü gaz atomlarına sıkıca bağlıdır. Belirli koşullarda elektronların bazıları atomlardan ayrılır, iyonizasyon gerçekleşir. Böylece gaz negatif yüklü elektronların, iyonların ve yüksüz atomların bir karışımı haline gelir. Artık iyonlar ve elektronlar, elektromanyetik alanların uygulanması ile serbestçe hareket ederler ve gaz elektriği iletirler (Langmuir, 1965).

Uygulanan elektrik ve manyetik alanlara, küçük kütlelerinden dolayı elektronlar iyonlardan daha çabuk tepki verirler ve akımın büyük bir kısmını taşırlar. Elektronlar ve iyonlar çiftler halinde üretildiğinden ve zıt yüklere sahip olduğundan plazma elektriksel olarak yüksüzdür. Gazı iyonlaştırmak için üç yol vardır; nötr atom içindeki elektronlara çok yüksek elektrik alan uygulandığında atom dağılır yani iyonize olur, çarpışmalar elektronları atomlardan ayırana dek gazın sıcaklığı artırılır ve termal iyonizasyon gerçekleşir veya gaz yüksek enerjili radyasyonla bombardıman edilir (Brown, 1978).

Plazma iyonize olmuş bir gazdır. Ancak, her iyonize gaz plazma olarak sınıflandırılmaz, çünkü her gaz içerisinde küçük derecelerde iyonlaşmalar vardır (Chen, 1983). Bir katı ısıtıldığı zaman, atomların termal hareketleri katının kristal örgü yapısını bozar ve sıvı oluşur. Bir sıvı yeterince ısıtıldığı zaman atomlar buharlaşırlar ve gaz oluşur (Goldstone ve Rutherford, 1995). Maddenin sıradan gaz halinde; her atom eşit sayıda pozitif ve negatif yükler içerir yani atom elektriksel olarak nötrdür. Gaz yeterli derecede ısıtıldığında veya gaza farklı bir türde enerji uygulandığı zaman, atomlar birbirleri ile çarpışırlar ve elektronları serbest bırakırlar (Chen, 1983)., yeterli sayıda iyonize olmuş olan atom, gazın elektriksel özelliğini etkilediği zaman plazma oluşur. Yüklü ve nötr parçacıklar arasındaki karşılıklı etkileşimler, plazmanın davranışını belirlemede önemlidir (Bogaerts vd., 2001). Plazma, yüklü ve nötr parçacıkların toplu davranış gösterdiği yarı nötral bir gazdır.

Toplu davranış kavramı şu şekilde açıklanabilir; nötr moleküllere elektromanyetik kuvvetler etki etmez ve yerçekimi kuvveti de ihmal edilebilir. Moleküller başka bir molekülle çarpışana dek rahat hareket eder, bu çarpışma parçacığın hareketini kontrol eder. Nötr parçacığa yüksek ses dalgası gibi bir güç uygulandığında, ses dalgaları çarpışmalarla atomlara transfer olur. Bu durum yüklü parçacıklara sahip olan plazmada tamamen farklıdır. Bu yüklü parçacıklar hareket ettikçe, pozitif veya negatif yüklerin yerel yoğunluğunun oluşmasını sağlar, bu yoğunluk elektrik alanlarda artışa sebep olur. Aynı zamanda yüklü parçacıkların hareketi, akımlar ve manyetik alanlar üretir. Bu alanlar uzakta bulunan diğer yüklü parçacıkların hareketlerini de etkiler, bu durum plazmanın toplu davranış kavramını açıklar (Chen, 1983).

Plazma halindeki maddeye, bu sistemin dışındaki bir gözlem noktasından bakıldığında; tüm sisteme toplam yükü sıfır olan nötr bir madde gibi görünür. Parçacıklar arasındaki elektromanyetik çekim kuvvetlerinin etkisinin düşük olması nedeniyle sistem elektromanyetik etkileşimlerden etkilenir. Plazmanın bu nötr yapısına yarı nötrlük adı verilir. Sistemin tümüne sistemin dışından bakıldığında nötürdür ve sistem dış kaynaklı uygulanan elektromanyetik kuvvetlerle etkileşmeye girer (Goldstone ve Rutherford, 1995).

Genellikle plazma bir kaptaki gazın basitçe ısıtılması ile elde edilemez; çünkü kabın büyük bir kısmı plazma oluşumu için yeterli sıcaklığa ulaşamaz kendisi buharlaşıp plazma olabilir. Laboratuarlarda küçük bir miktar gaza elektrik akımı veya radyo dalgası uygulanarak gaz ısıtılır ve iyonize olur. Uzun süren işlemlerde kabın buharlaşmasını ve iyonize olmasını engellemek için kap soğutulur (Goldstone ve Rutherford, 1995).

Gazın iyonlaşma oranına göre II tur plazma vardır;

1. Tam yada yarı iyonlaşmış plazmalar: Döteryum ve trityum gibi hafif çekirdeklerin helyum çekirdekleri vermek üzere kaynaştıkları, termonükleer sıcaklıkta karşılaşılan bu tür plazmalarda sıcaklık birkaç milyon derecedir. Yıldızlar bu plazmaya örnektir.
2. Kısmi iyonlaşmış plazmalar: İyonlaşma oranı ancak %50'yi ara sıra aşan plazmalardır. Sıcaklık 2000°C ile 10000°C arasındadır. Kısmi iyonlaşmış plazmalar sanayide kullanılır (Bogaerts vd., 2001).

Plazma ortamındaki elektronların ortalama enerjileri 1 eV ile 1 MeV aralığında değişir. Öte yandan, plazma, anizotropik, ısı ve yoğunluk açısından homojen olmayan çeşitli yük dağılımına sahip olabilir. Bu nedenle plazma problemleri genellikle çizgisel değildir. Manyetik ortamda plazmayı üç şekilde sınıflandırabiliriz;

a) Soğuk Plazma: Isısal hızları ve yoğunluğu oldukça düşüktür. Bu nedenle ısısal hızlar hesaplamalarda ihmal edilebilir.

b) Ilık Plazma: Bu plazma türünde sonlu bir sıcaklık söz konusudur.

c) Sıcak plazma: Parçacıkların, “c” , ışık hızına yakın hareket etmesi nedeniyle “Rölativistik Plazma” olarak da bilinir (Tonks, 1967).

Atmosferik basınçlı plazmalar termal ve termal olmayan olmak üzere iki kısma ayrılır. Termal olmayan plazmaların koşulları; elektronların yüksek kinetik sıcaklıkları ile mukayese içinde olan düşük gaz sıcaklıkları ile ifade edilir. Bu iki ana bileşen arasındaki dengesizlik deşarj elektrotlarına sürekli olarak ac veya dc elektrik alan uygulayarak sürdürülür. Gazın sıcaklığı oda sıcaklığı civarındadır (Tonks, 1967).

2.2. Plazmanın Uygulama Alanları

Plazma halindeki madde ile ilk çalışmalar 1920’ li yıllarda Irving Langmuir, Tonks ve çalışma arkadaşları tarafından gaz boşalma deneyleri sırasında yapılmıştır. Bu deneylerde vakum tüpleri geliştirmek amacı ile bu tüplerin içinden büyük akımlar geçirilir ve tüp içindeki gazın iyonlaşması sağlanır (Rogoff, 1991).

Önemli diğeri bir uygulama kontrollü termonükleer füzyon ile ilgili olarak yapılan çalışmalardır. Modern Plazma fiziği çalışmaları 1952 yılında hidrojen bombasının patlatılması ile başlamıştır. Hidrojen bombası, füzyon ile ilgili yapılan ve kontrollü olarak gerçekleşmeyen bir denemedir. Füzyon küçük atom çekirdeklerinin birleşerek daha büyük bir atom çekirdeği oluşturması olayıdır. Bu olay gerçekleşirken enerji açığa çıkar ve yıldızların enerji kaynağı füzyon tepkimeleridir. Hidrojen bombasının denemesinden sonra termonükleer füzyon ile ilgili çalışmaların amacı kontrollü

olarak bu enerji kaynağından insan hayatının günlük yaşamında kullanılmasına yönelik olmuştur. 1952 yılından günümüze kadar bu çalışma hala başarıya ulaşamamıştır. Bunun sebebi ise plazmanın hapsedilmesi ile ilgili olarak karşılaşılan sorunlardır (Rogoff, 1991).

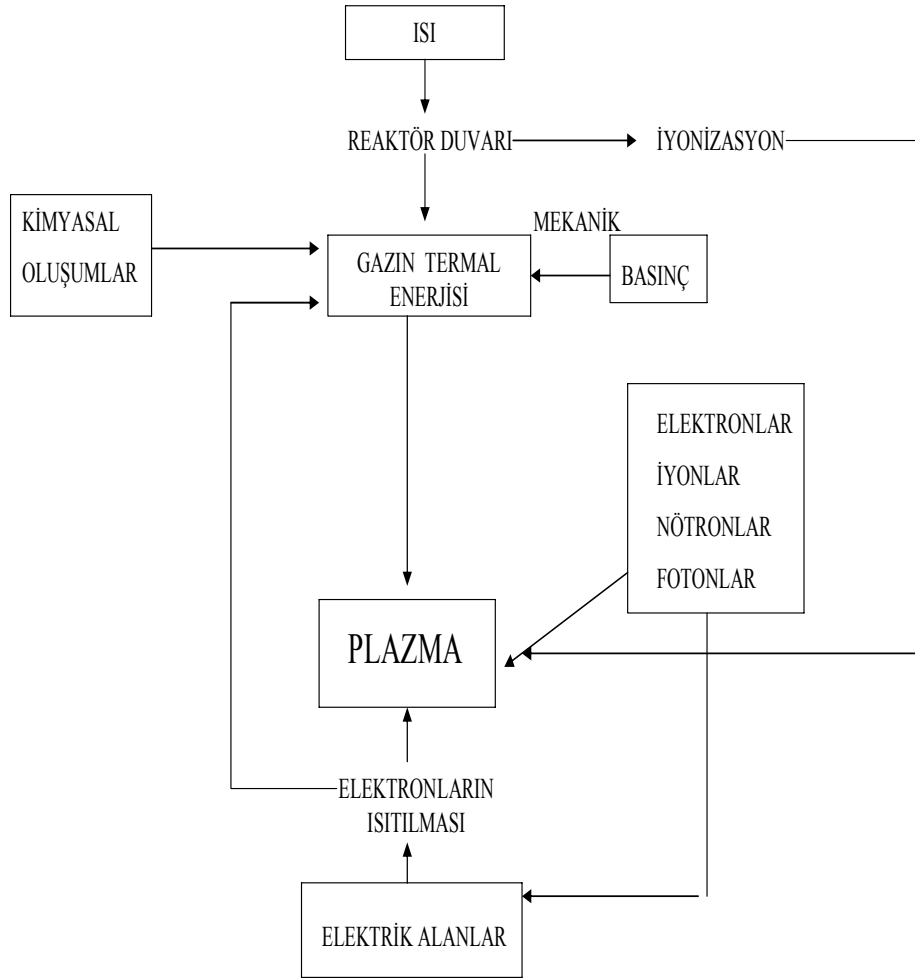
Plazma fiziğinin diğer bir uygulama alanı da uzay fiziği ile ilgili yapılan çalışmalardır. Bu dal güneş rüzgarları olarak adlandırılan ve güneşin çekiminden kurtularak uzaya savrulan yükler yada daha doğru deyim ile kozmik parçacıklar ile dünyanın manyetik alanı tarafından oluşturulan ve magnetosfer olarak adlandırılan bölge ile etkileşimini inceler. Güneş rüzgarlarını oluşturan parçacıklar magnetosfer tarafından hapsedilir ve manyetik alanın zayıf olduğu kutup bölgelerinden dünya atmosferi ile karşılaşarak aurora yada kutup ışıkları adı verilen gökyüzü olaylarına sebep verir (Rogoff, 1991).

Diğer bir uygulama galaksi ve yıldızların yapısını inceleyen bir dal olan astrofizik alanında plazma fiziği bilgilerinin kullanılmasıdır. Astronomi açısından bu yaklaşım yıldızların ve kara deliklerin oluşumu ve yaşamları açısından önemli ip uçları taşımaktadır (Rogoff, 1991).

Bir diğer çalışma alanı Magnetohidrodinamik enerji çevrimi uygulamalarıdır. Bu çalışma alanı plazmanın serbest elektrik yüklü yapısından yararlanarak plazmanın içinden bir elektrik akımının geçirilmesini öngörür. Böyle bir çalışmada iki önemli uygulama vardır. Birincisi plazmanın dış bir manyetik alan ile elektrik yüklerine ayrılması ve bir akım elde edilerek bu akımın kullanılmasına yöneliktir. İkincisi plazma içinden bir akım geçirilerek plazmanın sistemden atılmasını sağlamaktır. Bu çalışma uzay boşluğunda uzay gemilerinin hareketlilikleri konusunda fikirler vermiştir. Bu amaçla güneş rüzgarlarını oluşturan parçacıkların kullanılması öngörülerek NASA tarafından bir uzay gemisi inşa edilmiştir. Bir diğer uygulamada katı hal fiziği dalında olan çalışmalardır. Bu dal da ise metal ve yarı iletkenlerdeki elektron ve boşluk akımlarının ve etkilerinin araştırılmasına yönelik çalışmalar yapılmaktadır (Rogoff, 1991).

2.3. Elektrik Alanları Kullanarak Plazma Üretimi

Dış bir elektriksel alanın uygulanarak yüksüz gazın elektriksel olarak kırılması, plazma üretiminde kullanılan en yaygın metotlardan biridir. Şekil 2.1.'de görüldüğü gibi gazda oluşan elektronlar ve iyonlar elektrik alan ile ivmelendirilir. Gaz içerisindeki atomlarla, moleküllerle veya elektrotların yüzeyleri ile çarpıştıklarında yeni yüklü parçacıklar oluştururlar. Bu yüklü parçacıkların çığı, yük taşıyıcıların kayıpları ile dengelenir ve plazma üretilir (Conrands ve Schmidt, 2000).



Şekil 2.1. Plazma üretim prensipleri (Conrands ve Schmidt, 2000)

Uygulanan elektrik alana göre deşarjlar, dc , ac ve pulslu deşarjlar olarak sınıflandırılır.

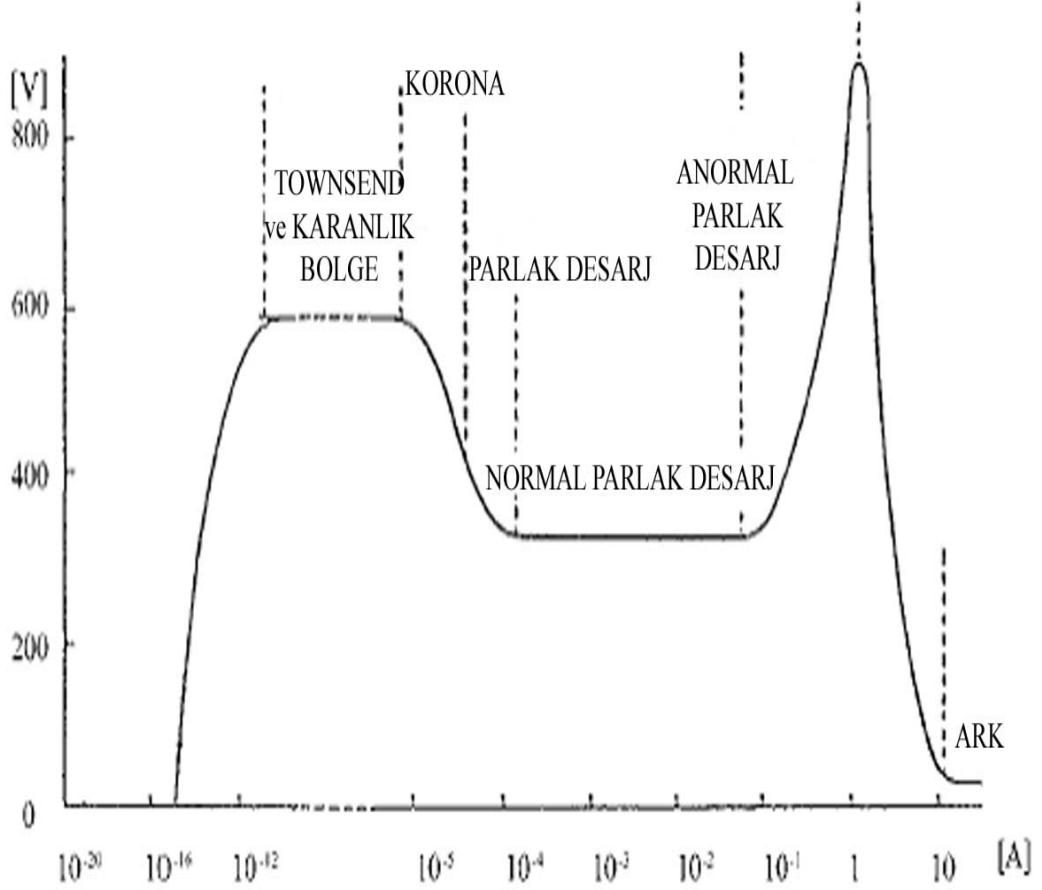
Conrads ve Schmidt plazma üretim yöntemlerinde sık kullanılan metotları incelemişler ve teknolojik uygulamalar için termal olmayan, düşük sıcaklıkta plazmalara özellikle değinmişlerdir. DC parlak deşarjları, pulslu deşarjlar, rf deşarjları, helikon deşarjları, mikrodalga deşarjlarını tanımlanmıştır. Kapalı ve açık yapılarda ve manyetik alan içinde oluşan plazmaların teknik olarak tartışmaları detaylı olarak yapılmış. Sonuç olarak yüksek basınçta termal olmayan plazmalar için en uygun kaynağın yalıtkan engel deşarjları olduğundan bahsetmişlerdir (Conrads ve Schmidt, 2000).

2.3.1. DC Parlak Deşarjı

Dc parlak deşarjı, zayıf iyonize plazma uygulamalarında ve plazmanın orta kısmının özelliklerini incelemede oldukça önemlidir. Gaz içerisine yerleştirilen iki elektrot arasına voltaj uygulandığı zaman, gaz pozitif iyonlara ve elektronlara ayrılır. Bu durum katot da ikincil elektron yayılımına neden olabilir. Yayılan elektronlar plazmadaki çarpışmaları artırır. En önemli çarpışmalar ; parlak deşarjlarına adını veren uyarılma çarpışmaları ve yeni iyonlar,elektronlar üreterek kendini besleyen bir deşarj olmasını sağlayan iyonizasyon çarpışmalarıdır (Bogaerts vd., 2001).

Parlak deşarjlarda, yüksek voltajlarda ortaya çıkan ses olgusu da önemli bir oluşumdur. Plazmada bulunan iyonlar ve hızlı atomlar katodu bombardıman ettikleri zaman ikincil elektron yayılımını sağladıkları gibi, katot atomlarının da serbest kalmasını sağlarlar. Bu atomlar plazmada iyonlaşabilir veya plazma içerisinden geçerek başka bir madde üzerinde birikebilirler. Bu durum analitik spektrokimya uygulamalarında parlak deşarj kullanılmasının temel nedenidir. Şekil 2.2.'de elektrotlar arasına uygulanan potansiyel farkı, katot ve anot arasında düzgün dağılım göstermediği, katot dan birkaç milimetre uzakta düştüğü gözlemlenir. Yüksek elektrik alanın olduğu bu bölge katot karanlık bölgesidir, deşarjın kalan kısmı negatif parlak olarak adlandırılır, bu bölgede elektrik alan çok küçüktür ve potansiyel neredeyse sabittir (Bogaerts vd., 2001).

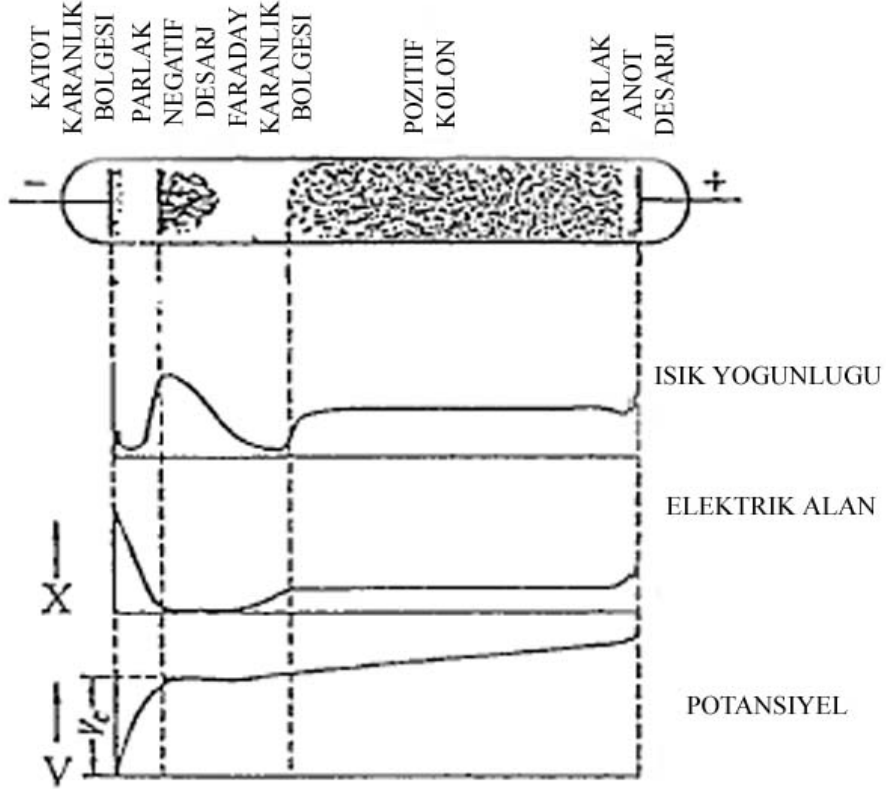
Şekil 2.2.'de elektrotlar arasında uygulanan potansiyel farkı, katot ve anot arasında düzgün dağılım göstermediği, katot dan birkaç milimetre uzakta düştüğü gözlemlenir.



Şekil 2.2. D.c deşarj türlerinde voltajın akıma bağlılığı (Conrands ve Schmidt, 2000)

Katot ve anot arasındaki uzaklık birkaç santimetreden daha büyük olduğu zaman iki yeni bölge daha Şekil 2.3.'de gözlenir. Faraday karanlık bölgesi ve pozitif kolon denilen bu bölgelerde, elektronların anoda iletilmesini sağlayan zayıf bir negatif elektrik alan vardır. Bu iki bölge, pozitif kolon ve floresan lambalarında kullanılan parlak deşarjlarında sık sık gözlenir. Katot ve anot arasında gözlemlenen bölgeler; katot karanlık bölgesi, parlak negatif deşarj, faraday karanlık bölgesi, pozitif kolon ve parlak anot deşarjı olarak sıralanır. Işık yoğunluğunun ve potansiyelin arttığı parlak negatif deşarj bölgesinde elektrik alanının azaldığı görülür (Bogaerts vd., 2001).

Şekil 2.3.'de Işık yoğunluğunun ve potansiyelin arttığı parlak negatif deşarj bölgesinde elektrik alanın azaldığı görülür.



Şekil 2.3. Paralel elektrotlu d.c parlak deşarjında ışık şiddeti, elektrik alan ve elektriksel potansiyel değişimleri (Conrands ve Schmidt, 2000)

Alçak basınçlarda elektrotlar arasındaki mesafe uzun, yüksek basınçlarda kısa olmalıdır. Voltaj genellikle 300 ve 1500 volt arasındadır, ama bazı uygulamalarda kV olabilir. Akım mA bölgesinde uygulanır (Bogaerts vd., 2001).

Boagerts ve arkadaşları gaz deşarjlı plazma çeşitlerini, bunların çalışma prensiplerini ve uygulama alanlarını içermektedir. Atmosferik basınçta dc glow deşarj en yaygın kullanılan konfigürasyondur. Plazma yoğunluğunu ve güç soğurma verimliliğini arttırmak için rf jeneratörü ile mikrodalga gücü veya manyetik alan uygulayarak yeni modlar geliştirilmektedir. Yarı iletken endüstrisinde ve madde teknolojisinde yüzey değişikliği en yaygın kullanım alanıdır. Plazmanın en eski uygulama alanı fulorasan lambalardır. Son zamanlarda yeni bir tip olan elektrotsuz lambaları geliştirilmektedir,

bunların avantajı ömürlerinin daha uzun olmasıdır. Büyük ekranlı düz televizyon ekranları ve plazma televizyonları en çok ilgi çeken düşük sıcaklıklı plazma uygulama alanlarıdır. Diğer bir uygulama alanı da lazer teknolojisidir. Gaz deşarjlı lazerlerin bir çok çeşidi vardır. Bunların temeli atomların enerji seviyeleri arasındaki lazer geçişleridir (Boagerts, 2001)

2.3.2. Rf Deşarjı

Rf deşarjında elektrotlara zamanla değişen bir potansiyel farkı uygulanır. Bu durumda elektrotların önemi azalır çünkü elektrotlar arasında zamanla değişen elektrik alanla, elektronlar titreşirler. Dc parlak deşarjlarında elektrotların her ikisinin iletken olması gerekir. Yalıtkan maddelerin spektrokimya analizlerinde veya yalıtkan filmlerin kaplanmasında, elektrotlar pozitif ve negatif yüklerin birikmesinden dolayı şarj olurlar ve parlak deşarj söner. Bu problemi çözmek için elektrotlar arasına alternatif voltaj uygulanır, böylece her elektrot sırayla katot ve anot gibi davranır. Bu yüzden a.c deşarjları, d.c deşarjlarına göre daha uygundur (Bogaerts vd., 2001).

Rf deşarjları, bir vakum bölme içine yerleştirilen iki düzlemsel elektrottan oluşur. Frekans yeterince yüksek olmalıdır. Tipik rf frekanslarında elektronların ve iyonların davranışları farklıdır, bu durum kütleleri arasındaki farktan meydana gelir (Bogaerts vd., 2001).

2.3.3. Pulsu Parlak Deşarj

Ayrıca parlak deşarja rf voltaj uygulamanın dışında pulslu voltajda uygulanabilir. Ortalama güçleri aynı olan pulslu deşarj, dc parlak deşarja göre daha hassastır. Çok daha yüksek akım ve voltajlarda çalışabilir. Yüksek seviyede iyonizasyon ve uyarılma görülür. Ortalama elektriksel gücün daha küçük olmasından dolayı numune aşırı ısınmaz ince filmler bile analiz edilebilir (Bogaerts vd., 2001).

Pulsu parlak deşarjları dc parlak deşarjlarına çok benzer, kısa zamanlı bir dc parlak deşarjı olarak düşünülebilir. Yarı iletken endüstrisinde, yüklü parçacıkların neden

olduğu hasarları gidermede ve asitle metal veya cam işlemleri ve bükülmesinde çok kullanılan bir tekniktir. Rf teknolojisi ile karşılaştırıldığında elektromanyetik girişim problemlerinde, daha basit bir metottur, büyük reaktörler için güç sağlamada daha ucuza mal olur (Bogaerts vd., 2001).

2.3.4. Atmosferik Basıncılı Parlak Deşarj

Bir parlak deşarj çok farklı basınçlarda çalışabilir. Tipik çalışma basıncı ise yaklaşık olarak 100 Pa dır. Çok yüksek basınçlarda (atmosferik basınç da bile) gaz ve katot kolayca ısınır ve ark oluşur. Klasik teori kanunlarının benzerliğine dayanarak eğer aletin boyutu azaltılırsa, gaz basıncını arttırmak mümkün olur (Bogaerts vd., 2001).

Atmosferik basınçlı parlak deşarjlarda elektrotlardan biri veya her ikisi de yalıtkanla kaplanır ve alternatif voltajlarda deşarj oluşur. Üstelik deşarjın türü oluşan parlak deşarjın kararlılığını belirler. Örneğin helyum kararlı parlak deşarj oluşturur, oysa nitrojen, oksijen ve argon ince parlak deşarja kolaylıkla geçer. Elektrot konfigürasyonları değiştirilerek homojen parlak deşarjda elde edilebilir. Parlak deşarjlar, yalıtkanla kaplanmış paralel iki elektrot arasındaki bölgede oluşturulur. Genellikle elektrotlar arasındaki mesafe birkaç milimetredir (Bogaerts vd., 2001).

Atmosferik basınç da parlak deşarjların en büyük avantajı vakum koşulu olmamasıdır. Bu durum maliyeti ve parlak deşarj çalışmalarının karmaşıklığını büyük oranda azaltır. Üstelik yüksek buhar basıncı altındaki plastik, tekstil maddeleri kolaylıkla işlenebilir. Maddelerin yüzey değişimlerinde, yüzeylerin sterilize edilmesinde ve ozon üretiminde kullanılır (Bogaerts vd., 2001).

2.3.5. Korona Deşarjı

İki elektrottan oluşan parlak deşarjların yanında, katodun bir tel şeklinde olduğu pulslu d.c deşarjlarının farklı bir türüdür. Tel şeklindeki katoda yüksek negatif voltaj uygulanır ve deşarj atmosferik basınçta çalışır. Korona adı, telin etrafında oluşan aydınlık taçtan gelir. Korona deşarjın mekanizması parlak d.c deşarja benzer (Bogaerts vd., 2001).

Pozitif iyonlar tele doğru ivmelenirler ve ikincil elektron yayılımını oluştururlar, elektronlarda plazma içine ivmelenirler. Yüksek enerjili elektronlar elastik olmayan çarpışmaları arttırmaları, bundan sonra çarpışmalarda daha büyük molekülleri kıran radikaller oluşabilir. Pulsların kısa sürmesinden dolayı korona deşarjı dengede değildir. Eğer kaynak pulslu olmasa ısı oluşur, termal yayılma artar ve ark oluşur. Negatif korona deşarjının yanında, pozitif korona deşarjının da oluştuğu düşünülebilir. Bu durumda; tel pozitif voltaja sahiptir ve anot gibi davranır (Bogaerts vd., 2001).

Suyun saflaştırılmasında, baca dumanlarının temizlenmesinde ve boyalardan çıkan uçucu bileşiklerin giderilmesinde korona deşarjları kullanılır (Bogaerts vd., 2001).

2.3.6. Magnetron Deşarjı

Parlak deşarja, dc veya rf potansiyel farkı veya elektrik alan uygulamaya ek olarak manyetik alanda uygulanabilir. Magnetron deşarjı zıt manyetik ve elektrik alanlarla tanımlanır. Silindirik, dairesel ve düzlemsel olmak üzere üç çeşidi vardır (Bogaerts vd., 2001).

Katodun arkasına yerleştirilen bir mıknatıs ile manyetik alan uygulanır. Bu durumda katot yüzeyinde bir tür manyetik halka oluşur. Bu halka, elektrik alan ile katot yüzeyinden kaçan elektronları tuzaklar ve elektronlar manyetik alan çizgilerinin etrafındaki helezonlar içerisinde hareket ederler. Plazma içerisindeki elektronlar diğer deşarj türlerine göre daha uzun mesafeler gidebilirler. İyonizasyon çarpışmaları artar ve sonuç olarak yüksek iyon değişimleri oluşur. İyonlar büyük kütlelerine bağlı olarak manyetik alan çizgilerinden daha az etkilenirler ve katodu bombardıman ederek daha çok miktarda ikincil elektron yayılımına sebep olurlar (Bogaerts vd., 2001).

2.3.7. Yalıtkan Engel Deşarjları

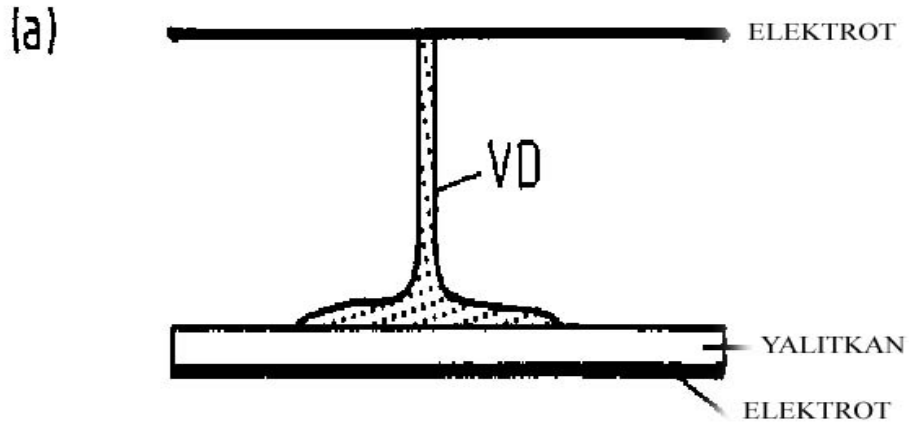
Atmosferik basınçlı parlak deşarjlarla bağlantılı olan yalıtkan engel deşarjına “sessiz deşarj” da denir. Yaklaşık olarak atmosferik basınçta (0,1-1 atm) çalışır. Deşarja,

genliği 1-100kV arasında a.c voltaj ve Hz-MHz aralığında frekans uygulanır (Bogaerts vd., 2001).

Elektrotlar arasına yalıtkan (cam, seramik, kuartz, polimer) bir tabaka yerleştirilir. Yalıtkan madde elektrotların yzeyinde olabileceği gibi elektrotlar arasındaki boşlukta da olabilir. Yalıtkan madde; elektrik iletkenliği olmayan fakat çok bzyk sayıda elektrik dipolleri içeren bir maddedir. Bu dipoller elektrik alanının varlığında polarize olurlar. Elektrotlar arası mesafe 0,1mm ile birkaç santimetre arası olabilir (Nersisyan ve Graham, 2004). Yalıtkan tabakanın iki görevi vardır; transfer edilen yükü bununla birlikte enerji dnşmn ve elektrot alanında deşarj dağılımını sınırlar. Bu yzden yalıtkan engel deşarjları atmosferik basınçta oluşan ve termal olmayan deşarjlardır (Pietsch, 2001).

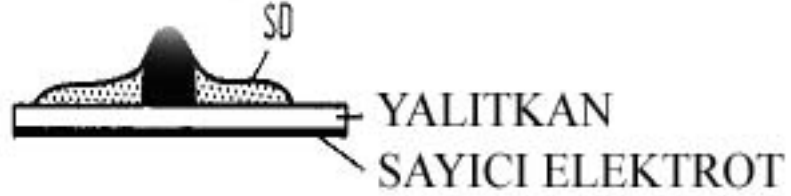
Yalıtkan engel deşarjları ile atmosferik basınçlı parlak deşarjlar arasındaki en temel fark; elektrotlar arasındaki deşarjın yalıtkan engelde genellikle homojen olmasıdır. Oysa yalıtkan engel deşarjları nano saniyeler süren ince mikro deşarjlardan oluşur (Bogaerts vd., 2001).

Hacim deşarjı Şekil 2.4. a,b'de görüldüğü gibi iki paralel metal elektrottan oluşur ve elektrotlardan biri veya her ikisi de yalıtkan madde ile kaplıdır. Mikrodeşarjlar elektrotlar arasındaki ince kanallarda oluşur ve genellikle elektrot yzeyinde rasgele bir dağılım gösterirler (Bogaerts vd., 2001).



(b)

YUZEY ELEKTROT



Şekil 2.4. Yalıtkan engel deşarjlarının iki temel konfigürasyonu (Bogaerts vd., 2001)

Kararlı alan kuvveti içerisinde gelişen çok sayıda küçük mikrodeşarjlar hacim deşarjını oluşturur. Elektronegatif gazlar içinde her mikrodeşarj için transfer edilen yük eşittir, elektropozitif gazlar içinde ise yük değerleri daha geniş bir dağılım gösterir. Periyot başına oluşan mikro deşarjların sayısı, uygulanan voltajın genliği ile orantılıdır (Bogaerts vd., 2001).

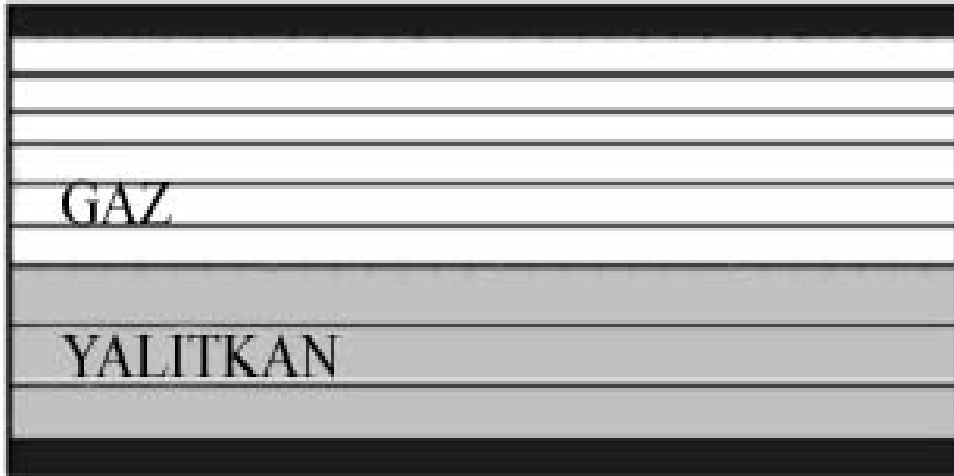
Yüzey deşarjı şekilde görüldüğü gibi yalıtkan bir tabaka üstündeki yüzey elektrotlardan ve yalıtkan tabakanın ters tarafında bulunan counter elektrottan oluşur. Burada açıkça tanımlanabilen bir deşarj aralığı yoktur. Buradaki mikro deşarjlar, ince bir tabaka da veya yalıtkan üzerinde oluşan bireysel deşarj adımlarıdır ve belli bir mesafede homojen olarak düşünülebilir. Voltajdaki artış, yalıtkan üzerindeki deşarj alanının büyümesini sağlar (Pietsch, 2001).

Yüzey deşarjları, başlangıçta azalan kuvvet alanları içinde gelişirler. Küçük voltajlarda çalışabilirler ve yüksek ısı iletkenliği olan yalıtkan maddeler sayesinde deşarj etkili olarak soğutulabilir (Pietsch, 2001).

Eşdüzensel deşarj düzeneği, hacim ve yüzey deşarjlarının avantajlarını birleştirir. Hacim deşarjı gibi çok sayıda küçük mikrodeşarjlardan oluşurlar ve mikrodeşarjların sayı yoğunluğu uygulanan voltajla orantılıdır. Eşdüzensel deşarjın avantajı; yüksek güç yoğunluklarının artan çalışma frekanslarında bile düşük voltajla birleştirilebilmesidir (Pietsch, 2001). Birçok durumda yalıtkan engel deşarjları düzgün dağılım göstermez, deşarj aralığındaki çok sayıda mikrodeşarjdan

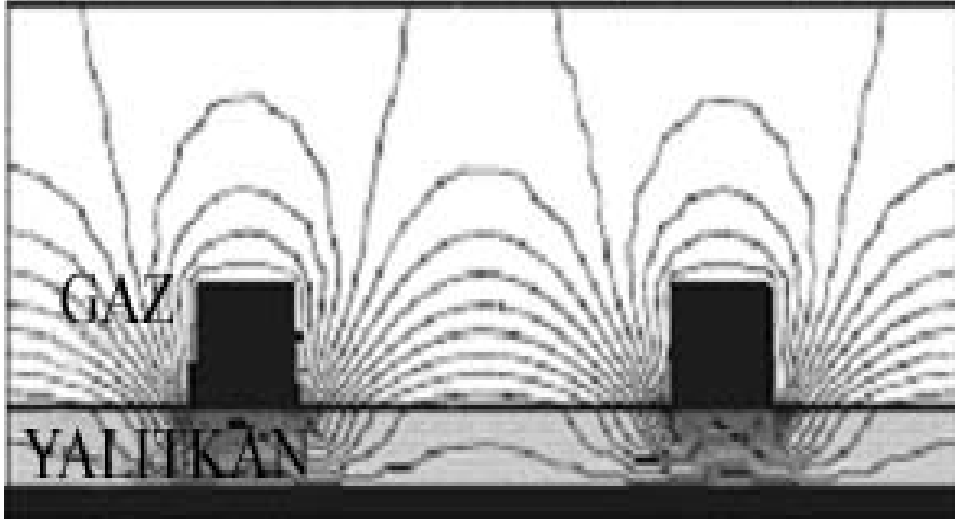
oluşurlar (Chirokov vd, 2004). Hacim deşarjı konfigürasyonlarında potansiyel dağılım homojen iken, yüzey deşarjlarında bu homojenlik biraz bozulur. Eş düzlemsel deşarj düzeneklerinde elektrotlar yalıtkanla kaplı olduğundan, ilk potansiyel dağılım yüzey deşarjlarına göre çok daha homojendir (Pietsch, 2001).

Hacim deşarjları öncelikle düzgün bir alan içindeki yanmalarla ifade edilir. Şekil 2.5.'de genellikle elektronegatif gazların içinde, katodun yönlendirdiği elektron selleri ve ayrı katot tabakaları görülmektedir. Bu tabakalar hızlı bir şekilde oluşur. Deşarj kanalı içindeki alan şiddeti iyonizasyon katsayısının sıfır civarındaki değerine düşer. Kanal içerisindeki enerji yoğunluğu, alan kuvvetinin seviyesini tanımlar (Pietsch, 2001).



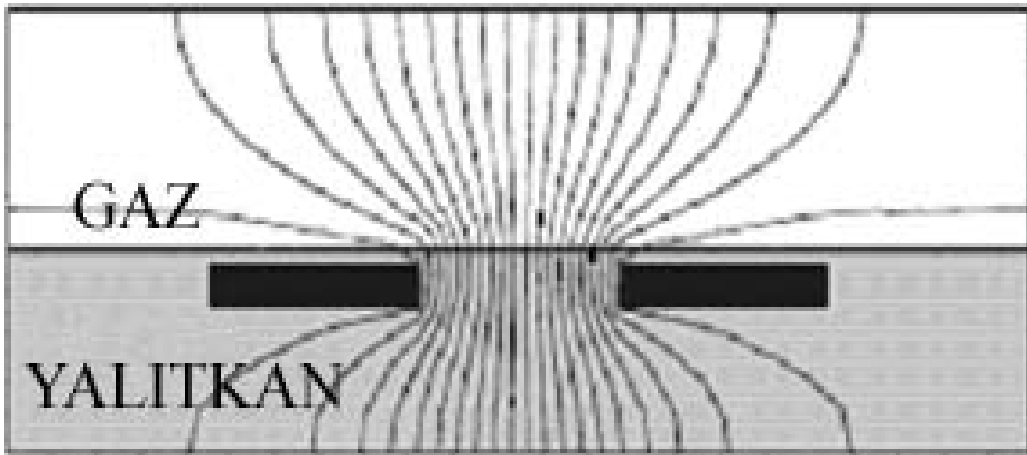
Şekil 2.5. Hacim deşarjında ilk potansiyel dağılım konfigürasyonu (Pietsch, 2001)

Yüzey deşarjları Şekil 2.6.'da güçlü ve kararsız alan içerisinde yayıldığı görülmektedir. Katodun yönlendirdiği elektron selleri gözlenmez. Alan kuvveti deşarj alanının dış bölgelerinde kırılma değerlerine kadar yükselir. Alan kuvvet pikleri yüzey boyunca hareket eder. Burada açıkça tanımlanabilen bir deşarj aralığı yoktur. Buradaki mikro deşarjlar, ince bir tabaka da veya yalıtkan üzerinde oluşan bireysel deşarj adımlarıdır ve belli bir mesafede homojen olarak düşünülebilir. Voltajdaki artış, yalıtkan üzerindeki deşarj alanının büyümesini sağlar. Yüzey deşarjları, başlangıçta azalan kuvvet alanları içinde gelişirler. Bu alan çizgileri sonra sıklaşır (Pietsch, 2001).



Şekil 2.6. Yüzey deşarjında ilk potansiyel dağılım konfigürasyonu (Pietsch, 2001)

Eş düzlemsel deşarj düzenekleri, zıt polarize olmuş elektrotlarla tanımlanır. Elektrotlar Şekil 2.7.'de görüldüğü gibi yalıtkan yüzeyinde gömülü bir şekilde bulunurlar. Elektrotlar arasındaki boşluğun kısa olduğu durumlarda, deşarj hacim deşarjına benzer, elektrotlar üzerindeki yalıtkan bölge kısa mikro deşarj kanalları ile köprülenir. Deşarjın şekli polariteden bağımsızdır. Mikro deşarj kanalının genişliği, gömülü elektrotlar arasındaki mesafe kadardır ve bu kanalların sayısı voltaj genliğine bağlıdır (Pietsch, 2001).



Şekil 2.7. Eşdüzlemsel deşarj, ilk potansiyel dağılım konfigürasyonu (Pietsch, 2001)

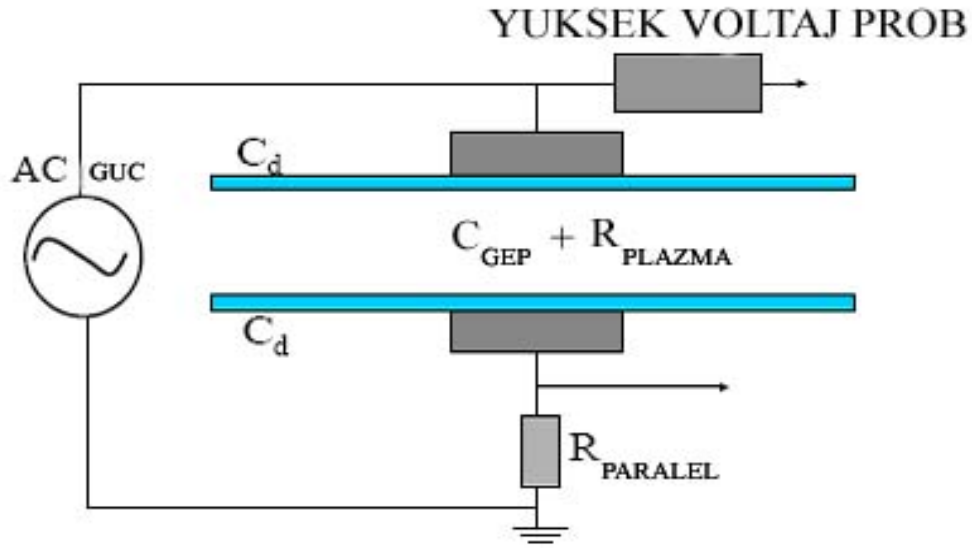
Küçük deşarj aralığındaki eş düzlemsel deşarjların davranış dinamiğini deneysel olarak araştırmak zordur. Alan kuvveti güç artıkça azalır (Pietsch, 2001).

Pietsch farklı düzeneklerde yalıtkan engel deşarjlarının özelliklerini incelenmiştir. Hacim deşarjı düzgün bir alan kuvveti üreten çok sayıda küçük deşarjlar içerir. Elektronegatif gazlarda her mikrodeşarjda transfer edilen yük miktarı eşittir, pozitif gazlarda ise yük değerlerinde geniş bir dağılım gözlenir. Yüklerin yoğunluğu uygulanan voltajla doğru orantılıdır. Mikrodeşarjlar da transfer edilen yük miktarı (düzeneğin boyutları veya yalıtkanın özellikleri) değiştirilerek deşarjın özellikleri yakından izlenebilir. Yüzey deşarjları azalan bir alan gücü üretirler. Artan voltajla yüzeye yayılırlar. Deşarj alanı uygulanan voltajla doğru orantılıdır. Yüzey deşarjları düşük voltajlarda çalışabilirler. Yüzey deşarj düzeneklerinde, yüksek ısı iletkenliği olan yalıtkan maddeler kullanarak deşarj etkili olarak soğutulabilir. Plazma kimyasal reaksiyonları için en aktif bölgeler yüzey elektrotları ve dağılan deşarjın uç kısımlarıdır. Eşdüzlemsel düzenekler, genellikle kısa elektrot aralıklarında hacim ve yüzey deşarjlarının avantajlarını birleştirir. Yüzey deşarjlarına göre çok daha düzgün bir alan kuvveti üretirler. Hacim deşarjları gibi çok sayıda mikrodeşarj içerirler ve bunların sayısı uygulana voltajla doğru orantılıdır. Bu tip deşarjın avantajı, artan frekanslarında yüksek güç yoğunluklarının düşük voltajla birleştiği çalışma koşullarıdır (Pietsch, 2001).

2.4. Elektrotlar Arasındaki Uzaklık ve Voltaj Değişimi

Yalıtkan engel mikrodeşarjı elektrot yüzeyinin tamamına yayar. Uygulanan voltaj artırıldığı sürece, yeni noktalarda da artan mikrodeşarjlar görülür.

Şekil 2.8.'de deney düzeneğinde ayarlanabilir parametreler; elektrotların iç uzaklıkları, uygulanan voltajın genliği, uygulanan voltajın frekansı ve yalıtkanın kalınlığıdır. Helyum ortamında çalışan düzenekte uygulanan voltaj prop ile ölçülür. Akım sinyali, topraklanan elektrotta resistör yerleştirilerek ölçülür. Bu temel ölçümlerle yalıtkan engeldeki ve gaz aralığındaki voltaj düşüşleri hesaplanabilir (Mangolini, 2002).



Şekil 2.8. Deşarjın elektriksel davranışını belirlemek için çalışılan elektriksel devre (Mangolini, 2002)

$$V_{TOPLAM} = V_{YALITKAN} + V_{GAP} + V_R$$

Burada $V_R = i_d(t)R$ dir.

$$I = C_{YALITKAN} \cdot \frac{dV_{YALITKAN}}{dt}$$

$$C_{YALITKAN} = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon_R \cdot S}{2d}$$

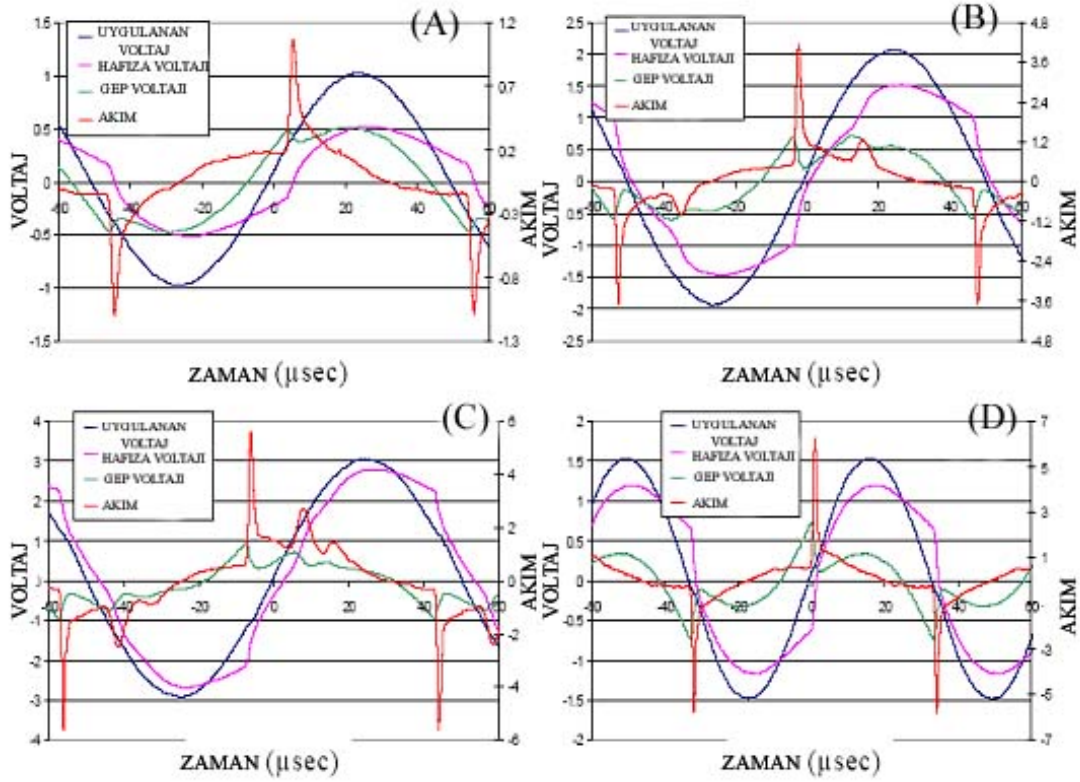
Burada S elektrot alanı, d ise yalıtkanın kalınlığıdır.

Yalıtkan engel boyunca voltajdaki düşüşler hesaplanabilir.

$$V_{YALITKAN} = \frac{1}{C_{YALITKAN}} \cdot \int_{t_0}^t I(t') \cdot dt'$$

Şekil 2.9.'da. grafik 1, 2 ve 3 de uygulanan voltaj genliği 10kHz ve elektrotlar arası uzaklık 2mm dir. 4 numaralı şekilde elektrotlar arası uzaklık sabit tutularak genlik 15kHz e yükseltilmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi elektrotlar arasındaki voltaj yeterince yüksek olduğunda akım da bir pik gözlemek mümkündür. Yük yoğunluğu

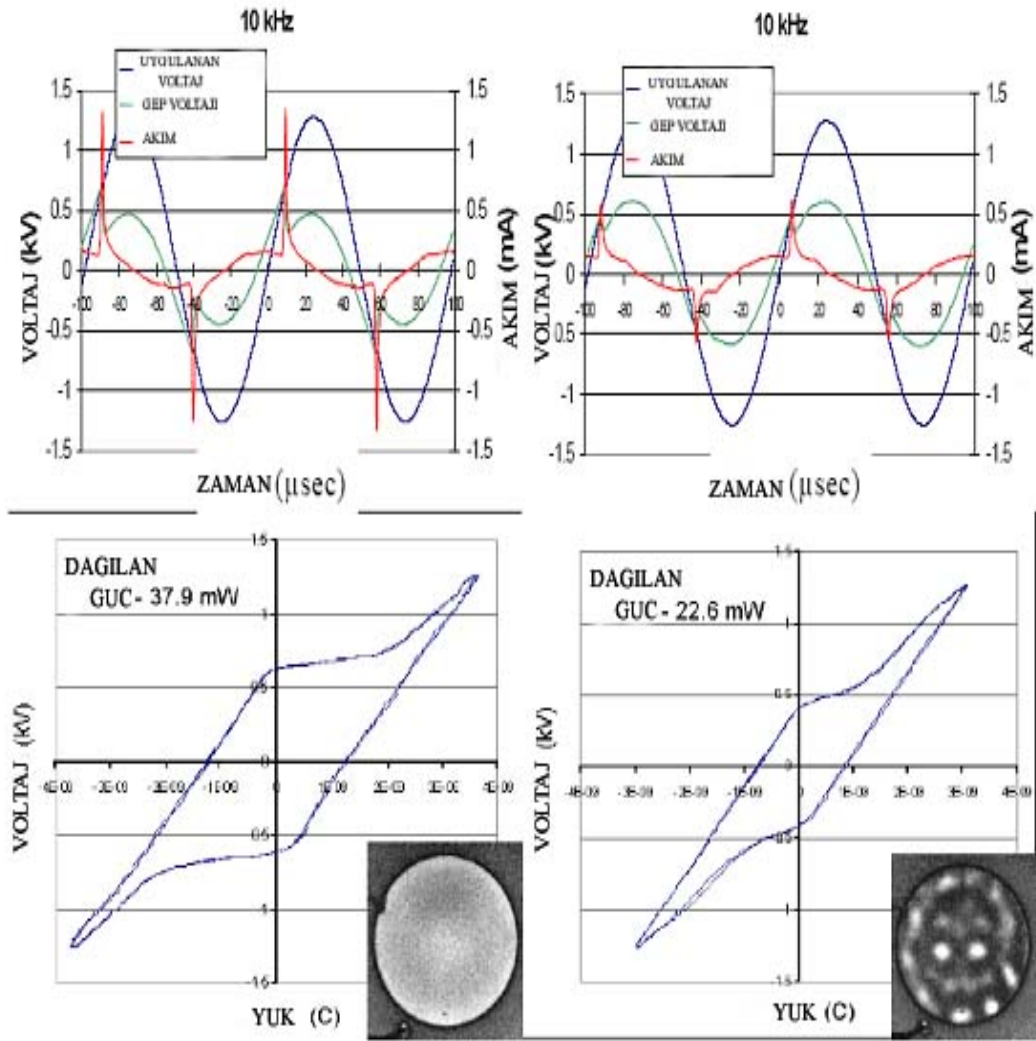
ile oluşan elektrik alan zıt yönlüdür, elektrotlar arasındaki voltaj azaldığında akım piki durur (Mangolini, 2002).



Şekil 2.9. Yalıtkan engel deşarjının tipik akım sinyalleri (Mangolini, 2002)

Lissajous figürleri oluşturularak deşarjın filamentar yada düzgün moda olup olmadığı anlaşılabilir. Lissajous şekli, zamanla integrali alınan akımın x eksenine ve uygulanan voltajı y eksenine uyarlayarak grafiğinin çizilmesi ile elde edilir. Akımın zaman üzerine integralini alarak yükün boyutunu (coulomb) elde edilir. Lissajous şeklinin alanı (volt . coulomb=Joule) deşarjdan dağılan enerjinin değerini verir. Bu değer periyoda bölüldüğünde bir devirde dağılan güç elde edilir (Mangolini, 2002).

Şekil 1.10.' da sol tarafda yani düzgün mod da gücün daha fazla dağıldığı görülüyor. Her iki şekilde de uygulanan voltaj ve frekans aynıdır, tek fark elektrotlar arasındaki mesafedir. Elektrotlar arası uzaklık artırılarak deşarjın düzgün moda geçtiği görülür (Mangolini, 2002).



Şekil 1.10. Yalıtkan engel deşarjının düzgün ve filamentar modun da lissajous figürleri ve güç dağılımı, sol tarafta elektrotlar arası uzaklık 2,5mm ve sağda ise 2mm (Mangolini, 2002)

Yalıtkan engel deşarjları, atmosferik basınçlı plazmaları bir dereceye kadar anlamamızı sağlar. Çizelge 2.1.'de yalıtkan engel deşarj parametrelerinin genel bir tanımı verilmiştir. Deney düzeneğinde ayarlanabilir parametreler; elektrotların iç uzaklıkları, uygulanan voltajın genliği, uygulanan voltajın frekansı ve yalıtkanın kalınlığıdır. Bazı koşullar altında parlak deşarjla yalıtkan engel deşarj arasındaki benzerliği deneysel olarak incelemiştirlerdir. Helyum ortamında yaptıkları deney sonucunda; uygun frekans ve elektrot aralıklarında düzgün ve zıt dağılım gösteren bir deşarj elde edilebileceğini göstermişlerdir. Literatürde bu tip deşarjlar genellikle atmosferik basınçlı parlak deşarjlardır. Helyum kullanmak ekonomik olarak uygun

olmadığı için, helyum ortamında yalıtkan engel deşarjları ve bunların parlak deşarjlara geçişi hakkında çok fazla şey bilinmemektedir (Mangolini, 2002).

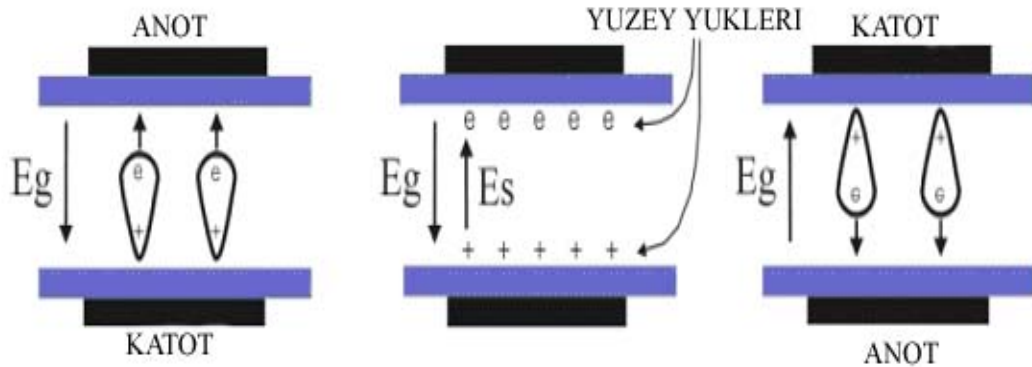
Çizelge 2.1. Deşarjın Davranışı (Mangolini, 2002)

	FM	UM
UYGULANAN VOLTAJ	YUKSEK $V_{UYGULANAN}$	ALCAK $V_{UYGULANAN}$
FREKANS	ALCAK FREKANS	YUKSEK FREKANS
GEP	KUCUK(0.5-2 mm)	BUYUK(2-6 mm)

2.5. Mikrodeşarj Etkileşimi ve Yapısının Fiziksel Doğası

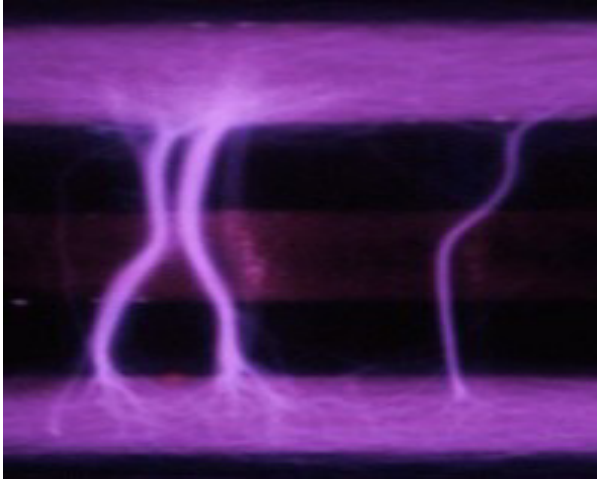
Mikrodeşarjların fiziği; akım sellerinin (streamer) oluşmasını, yayılmasını ve plazma kanalındaki alçalmaları anlamaya dayalıdır. Akım selleri, anottan katoda doğru hareket eden lokal iyonizasyon dalgalarıdır. Böylece zıt yönlere yayılan akım çığları ile karşılaşılır. Akım selleri çok hızlı hareket ederler (yaklaşık 10^8 cm/sn) ve elektrotlar arasındaki mesafeyi nanosaniyeler içinde kaplarlar (Chirokov vd., 2004).

Şekil 2.11.'de deşarj aralığında ağır ve yavaş sürüklenen iyonların, içeride mikrosaniyeler süresince kalırken, aralıktan yaklaşık 40ns'de dağılan akım selleri; iletken plazma kanalı içerisinde elektronları yerleşmesi görülüyor. Elektronların iletken kanaldan yalıtkan anot engeli üzerine bırakılması, yük birikimi ile sonuçlanır. Bu durum, katot anoda ve anotta katoda çevrilinceye kadar yakınlarındaki yeni elektron sellerini ve çığlarını engeller (Chirokov vd., 2004).



Şekil 2.11. Elektrik seli üreten kaynaklar (Samoilovich vd., 1989)

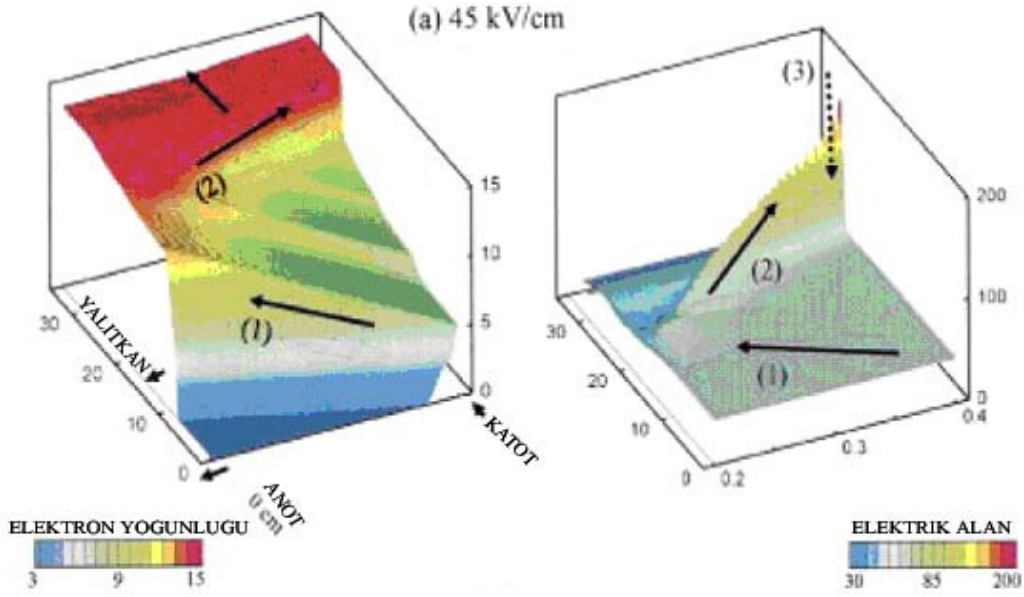
Voltaj polaritesinin ters dönmesinden sonra Şekil 2.11.'de görüldüğü gibi biriken negatif yükler, yeni elektron sellerinin ve çığlarının aynı noktada oluşmasını kolaylaştırırlar. Sonuç olarak elektron selleri çok sayıda oluşturulur ve parlak bir filament şeklinde Şekil 2.12.'de gözlenebilir. Elektrotlara bir gerilimin uygulanması ile aralık içerisinde bir elektrik alan meydana gelir. Bu alan, aralık içindeki gazın dayanma alanına eşit yada büyük olduğu anda gaz içerisinde bölgesel olarak bireysel filament deşarj başlatılmış olunur (Chirokov vd., 2004).



Şekil 2.12. Filamentar deşarj (Samoilovich vd, 1989)

Deşarj aralığından veya katot dan yada katodu kaplayan yalıtkanın herhangi bir noktasından gelen ilk elektron, direkt iyonizasyon ile ikincil elektronları üretir ve Şekil 2.13.'de (1) numaralı okla gösterilen bir elektron çığı geliştirir. Eğer elektron çığı yeterince büyükse Şekil 2.13.'de (3) numaralı okla gösterilen katoda yönlendirilmiş elektron selleri başlar. Elektron selleri çok hızlı olan iyonizasyon dalgalarıdır. Elektrotlar arasındaki mesafeyi birkaç nanosaniye süresinde kaplarlar ve zayıf iyonize olmuş iletici bir plazma kanalı oluştururlar (Chirokov vd., 2004).

Bölgesel elektrik alan çökene (decay) kadar, bu plazma kanalında şiddetli bir elektron akımı akışı olur. Bölgesel elektrik alanın çökmesinin sebebi, yalıtkan yüzey üzerinde yüklerin birikimi ve iyonik yüklerdir. Akım geçimi süresince, çok yavaş olan iyonlar elektrotlar arasındaki mesafeyi geçemezler. Mikrodeşarjın olduğu bölgenin birkaç milimetre uzağında halen hiç bozulmamış başlangıçtaki homojen alan mevcuttur (Chirokov vd., 2004).



Şekil 2.13. Yalıtkan engel deşarjında elektron yoğunluğunun ve alanın değişimi (Woo vd., 2002)

Deşarj aralığında, elektron çığı tarafından başlatılan ve elektron akışının bitmesine kadar güçlendirilen yerel oluşumlar mikrodeşarj olarak adlandırılır. Elektron akışı bittikten sonra, mikrodeşarj kanalının ana kısmında elektron-iyon plazma olmaz, fakat kanal hacmi içinde yüzey üzerinde biriken yükler ve iyonlar ile beraber yüksek seviyede titreşimli ve elektronik uyarılmalar oluşur. Bu durum bu bölgeyi, kanal hacminden ayırt etmemizi sağlar ve buna mikrodeşarj kalıntısı denir (Nersisyan, 2004).

Elektron selleri her zaman bir yönde ilerler böylece elektron sellerinin ve mikrodeşarjın aynı yerde oluşma olasılıkları, mikrodeşarj kalıntıları dağılana kadar çok çok azdır. Mikrodeşarj kalıntısındaki pozitif ve negatif iyonlar yavaşça elektrotlara doğru hareket ederler ve bu durum azalan iyon akımı ile sonuçlanır (Nersisyan, 2004).

Mikrodeşarj kalıntısı, uygulanan voltaj polaritesi değiştirildiği zaman aynı noktada yeni mikrodeşarjların oluşmasını kolaylaştırır. Bu yüzden yalıtkan engel deşarjında

bireysel parlak filamentler görmek mümkündür. Eğer her polarite değiştiğinde deşarjlar farklı bir noktada oluşsaydı, deşarj tekdüze görünürdü. Bu nedenle yalıtkan engel deşarjı içerisindeki filamentler, polarite her değiştiğinde aynı noktada oluşan bir grup mikrodeşarjlardır (Chirokov vd., 2004). Mikrodeşarj kalıntısının, bir sonraki mikrodeşarj oluşumundan önce tamamen dağılmaması hafıza etkisi olarak adlandırılır (Nersisyan, 2004).

Mikro deşarjların sayısı yeterince çok olmadığı zaman yani mikrodeşarjlar arasındaki ortalama uzaklık, etkileşim yarıçapından büyük olduğu zaman belirgin mikrodeşarj etkileşimleri gözlenmez. Mikrodeşarj kalıntılarının dağılmaması için ac frekansı çok küçük tutulursa, mikrodeşarjın püskürtme etkisi gözlenmez. Alçak frekansın anlamı; periyotun tipik hafıza etkisi süresinden daha uzun olmasıdır. Çok yüksek frekanslarda çalışan yalıtkan engel deşarjı hücrelerinde mikrodeşarj kalıntıları görülmez çünkü voltajı kapatan yüksek frekans, elektrotlara ilerleyen iyonlara engel olur (Chirokov vd., 2004).

Chirokov vd., atmosferik basınçta ve hava ortamında yalıtkan engel deşarjları içindeki mikrodeşarjların iki boyutlu dağılımı deneysel ve teorik olarak çalışılmışlardır. Belirli koşullar altında, yalıtkan engel deşarjı içindeki elektronların rastgele ilerlemediği ve oluşturdukları mikrodeşarjların birbirini etkilediğini, filament boyunca kendilerini düzenledikleri bulunmuştur. Geliştirdikleri mikrodeşarj etkileşim modelini elektron selleri ve elektron çığları arasındaki geçiş ve mikrodeşarj kalıntılarının mikrodeşarjı etkilemesi kabulü üzerine kurmuşlardır. Teorik ve deneysel sonuçlar nitelik olarak benzerdir ve engel deşarjlarındaki mikrodeşarj etkileşiminin önemini gösterir (Chirokov vd., 2004).

Nersisyan paralel tabakaların arasından helyum akan yalıtkan engel deşarjı çalışmıştır. Elektrotlar arasındaki uzaklık 5mm iken hava ortamında filamentar deşarj gözlenmiştir. Deşarj elektrotlarına 5kV luk sinüs dalga ve 3-50kHz frekans uygulanmıştır. Helyumun akış oranları değiştirildiğinde düzgün bir engel deşarjı gözlenmiştir. Helyum hava ortamında yalıtkan engel deşarjı düzgün mod da olduğunda güç verimliliğinin ve deşarj akımının maksimum olduğu gözlenmiştir (Nersisyan, 2004).

2.6.Yalıtkan Engel Deşarjlarının Kullanım Alanları

Endüstriyel yalıtkan engel deşarj uygulamaları filamentar deşarjlardan faydalanır (Kogelschatz, 2000).

Endüstride ozon üretiminde teknik ozon jeneratörlerinde silindirik deşarj tüpleri kullanır. Borsilikat cam tüpler uzun zamandır en favori yalıtkan malzeme olarak kullanılmaktadır. Yuvarlak deşarj aralıkları oluşturmak için paslanmaz çelik tüpler içine yerleştirilirler. Yüksek performanslı modern ozon jeneratörlerinde özel tabakalı yalıtkanlar kullanılır (Kogelschatz, 2000).

Büyük ozon jeneratörlerinde seri halde ozon üretimi için gerekli olan elektrot alanı için büyük bir çelik tanka yüzlerce deşarj tüpü yerleştirilir. Bunların ozon üretme kapasitesi bir saate 100kg'dır. Ozon performansının iyi olabilmesi için etkili bir soğutma gereklidir, çapraz su akışı çelik tüpleri soğutur (Kogelschatz, 2000).

Yüksek güçlü modern ozon jeneratörleri ise yarıiletken güç düzenleyicilerinin avantajlarını almıştır. Ozon üretiminin homojen deşarj koşullarında geliştirilebileceği düşünülmektedir (Kogelschatz, 2000).

Yüzey deşarjlı CO₂ lazerleri, ticari olarak malzemeler işleme tutulurken kullanılan en başarılı lazerlerdir. Su ile soğutulan düzlemsel metal elektrotlar arasındaki mesafe 50mm'dir. Yalıtkan olarak cam veya alüminyum kullanılır. Deşarj aralığından yüksek hızlı bir gaz akışı sağlanır. Alçak çalışma basıncına ve gaz karışımındaki helyum oranının yüksek olmasına bağlı olarak deşarj kararlı bir şekilde dağılır. Sonuç olarak deşarj dirençli bir yük gibi davranır. Yüksek hızda kaynak yapımında, kalın metal tabakaların ve diğer kalın maddelerin kesilmesinde kullanılır (Kogelschatz, 2000).

Yalıtkan engel deşarjları kirlilik kontrolünde ve zehirli bileşiklerin yok edilmesinde artan bir öneme sahiptir. Uçucu organik bileşiklerin ayrılması, gaz dumanlarında bulunan sülfüroksit ve nitrojenoksitin yokedilmesi ve askeri toksik atıklar için araştırmalar yapılmaktadır. Tipik örnekler flor karbonlar, klor karbonlar ve klorlor karbonlardır. Birçok tehlikeli organik molekül serbest radikaller, elektronlar veya

UV fotonları ile zarar verir. Bunlara karşı önlem almada yalıtkan engel deşarjlarından faydalanılır (Kogelschatz, 2000).

Polimer yüzeylerin nemlenme, baskı ve yapışma kabiliyetlerini artırmak için plazma tedavisi uzun süredir kullanılmaktadır. Yalıtkan tabakalarla kaplı tüp elektrotlar ve keskin kenarlı elektrot çeşitleri vardır. Büyük alanlı plastik yüzeylerin bir veya her iki tarafı tedavi edilebilir, bunlar yüksek alternatif voltaj uygulanan yalıtkan engel deşarjının içinden büyük bir hızla geçirilir. Aynı zamanda pulslu yalıtkan engel deşarjı kullanıldığında mikrodeşarj özelliklerinin etkilendiği gözlemlenmiştir ve yüzey kaplanmasında veya değiştirilmesinde mükemmel kaliteye ulaşılmıştır (Kogelschatz, 2000).

Yüzeylerin tedavilerinin düşük sıcaklıklarda ve atmosferik basınçlarda yapılması, endüstriyel uygulamalarda önemli bir avantajdır. Yalıtkan engel deşarjları içinde buhar kullanarak kaplama teknikleri, katı-jel filmlerin soğutulma ve oksidasyon teknikleri geliştirilmeye çalışılmaktadır (Kogelschatz, 2000).

Özel katalitik maddelerle yalıtkan engel deşarjının kombine edilmesi araştırılmıştır. Bu durum plazma kimyasal reaksiyonlarının seçiciliğini arttırmak için düşünülmüştür. Katalitik kimyada seçiciliği arttırmak için çok yüksek sıcaklık ve basınçta çalışılmalıdır. Yalıtkan engel deşarj plazmayı kullanarak maddenin aktivasyon enerjisi düşürülür ve daha düşük sıcaklıklarda aktif olur. Sera gazlarından faydalanma ve gazın sıvıya dönüştürülmesi olası uygulama alanlarıdır (Kogelschatz, 2000).

Bir süredir yalıtkan engel deşarjları ile katalitik maddelerin birleştirilmesi araştırılmaktadır. Bu araştırmanın amacı kimyasal plazma reaksiyonlarının seçiciliğini arttırmaktır. Katalitik kimyada bu seçicilik sadece yüksek basınç ve yüksek sıcaklıklarda elde edilmektedir. Yalıtkan engel deşarjının içerisine katalitik madde daldırıldığında aktivasyon enerjisi azalır ve kazanılan aktivite çok daha düşük sıcaklıklardadır. Ağsı seramik köpüklerin minyatür gözeneklerinde çalışılan yalıtkan engel deşarjının ters geometrisini çalışmışlardır. Köpük yapının iç yüzeyleri katalitik malzeme ile kaplanabilir. Bu yolla yalıtkan engel deşarj plazma ve büyük yüzey

alanına sahip katalitik aktivite arasında yakın temas kurulabilir. Olası uygulamalar sera gazlarından yararlanma ve sıvı gaz dönüşümleridir (Kogelschatz, 2000).

3.MATERYAL VE METOD

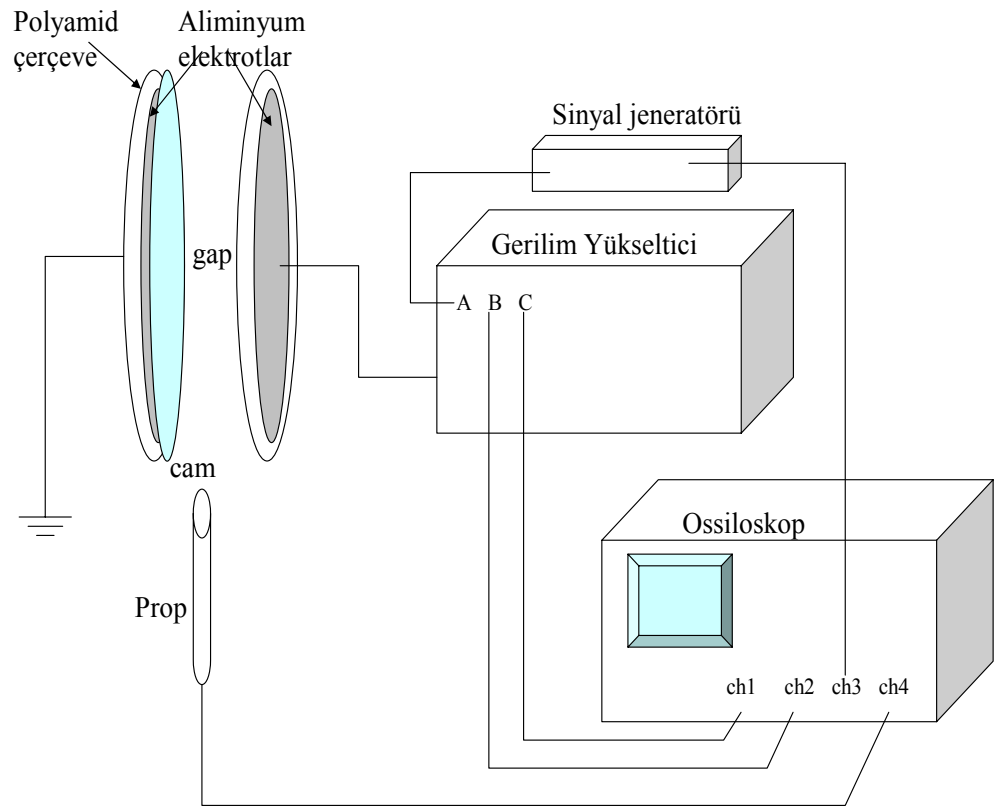
3.1. Materyal

Deneyimizde yalıtkan malzeme olarak kullandığımız cam (çap: 25,3; kalınlık:3mm) topraklama yapılan aliminyum elektrot yüzeyine yerleştirildi. Elektrotlar arası mesafe düzenekteki kompas kol yardımı ile sırasıyla 0,25-0,50-0,75-1-1,25-1,50-1,75-2-2,25-2,5mm değerlerine ayarlandı. Prop, tüm ölçümlerde elektrotlar arasındaki boşluktan 1cm uzağa yerleştirildi. Sinyal jeneratörü 160Hz ve 5kHz olarak ayarlanarak tüm ölçümlerde sabit tutuldu. Sisteme verilen genlik değerleri sinyal jeneratörü ile ayarlandı. Osiloskoptaki çıkışlar şu şekildedir; ch1- çıkış voltajı, ch2- akım, ch3-sinyal jeneratörü, ch4-prop. Ch1 deki voltaj, gerilim yükseltici ile 2000 kat yükseltilerek sisteme verilir. Akım ise 0,002 kat azaltılır, prop voltajı 1000 kat yükseltilir. Deney de sabit frekans (160Hz) ve (5kHz), uygulanan voltajın genliği (2,5kV-5kV-10Kv) değiştirilerek farklı elektrot aralıklarında ölçümler yapıldı. Osiloskopta sinüs dalga da periyot, frekans, faz, minimum ve maksimum voltaj,pik ölçümleri kayıt edildi. Alınan dijital ölçümlerin orjin programı kullanarak akım-zaman, voltaj- zaman, lissajousfigürleri çizildi. Bu grafikler yorumlanarak elektrot aralığında oluşan fiziksel olaylar açıklandı. Voltaj değişiminin, elektrotlar arasındaki uzaklık değişiminin ve frekans değişiminin deşarj olan etkileri incelendi. Yalıtkan cam ve elektrot yüzeyleri her ölçümden önce alkolle temizlenip kurulandı. Deney sırasında elektrotlar arasına su buharı gittiğinde deşarj da oluşan piklerin arttığı görüldü.

Sistem de kullanılan cihazlar:

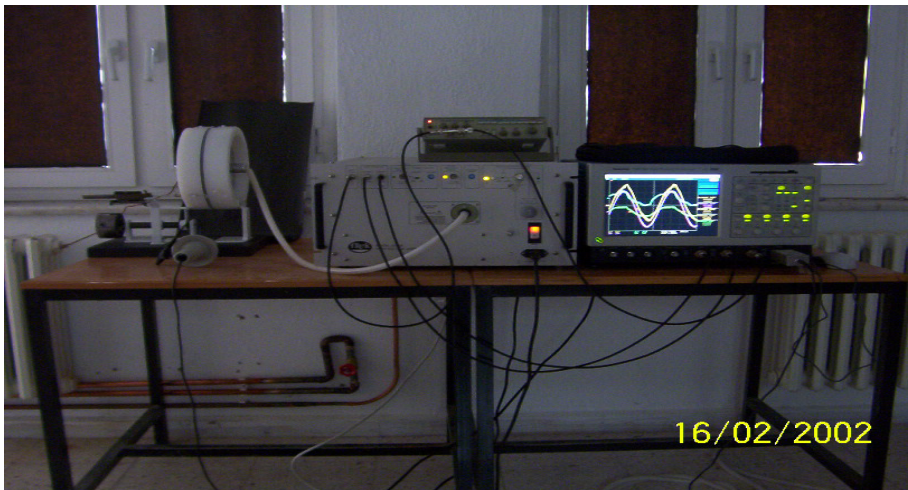
1. Birbirine paralel, iki adet 20cm çaplı Al elektrot.
2. Elektrotların dış yüzeyleri çerçeveleyen ve 25cm çaplı polyamid halka.
3. 3mm kalınlıkta ve 25.3cm çapta cam yalıtkan olarak kullanılmıştır.
4. Escort EFG-3210 2MHz Sinyal Jeneratörü.
5. Trek Model 20/20C Yüksek Gerilim Yükseltici.
6. Tektronix P6015A 1000x3,0 pF 100 MΩ Prop.
7. Tektronix TDS 7104 Dijital Fosfor Osiloskop

Şekil 3.1.'de deney düzeneğinin düzeneği'nin şematik gösterimi görülmektedir.



Şekil 3.1. Deney düzeneğinin şematik gösterimi

Şekil 3.2.'de laboratuarda yalıtkan engel deşarjının gerçekleştirildiği deney düzeneği görülmektedir.



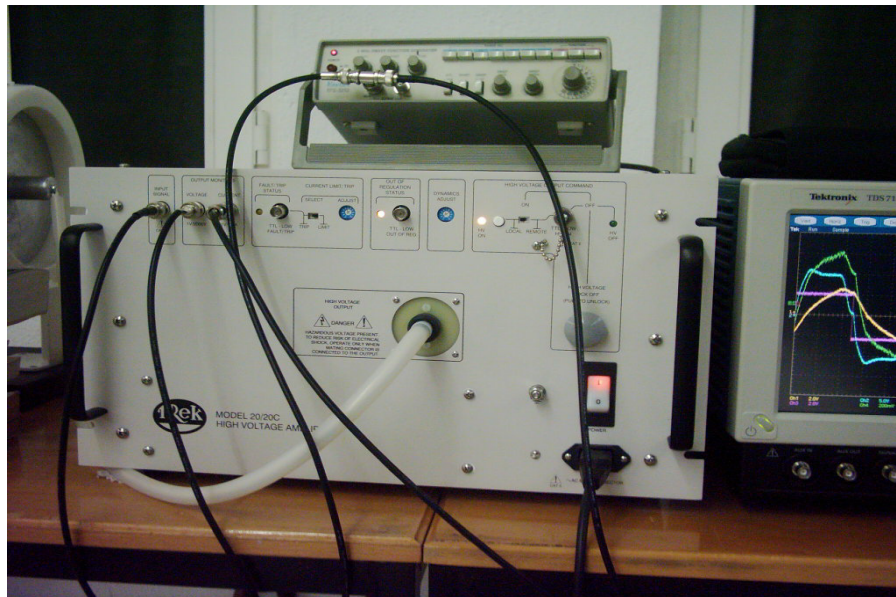
Şekil 3.2. Deney düzeneği

Elektrotlar arasındaki boşluğun tam karşısına yerleştirilen prop Şekil 3.3'de görülmektedir, tüm ölçümlerde 1cm uzağa yerleştirilmiştir.



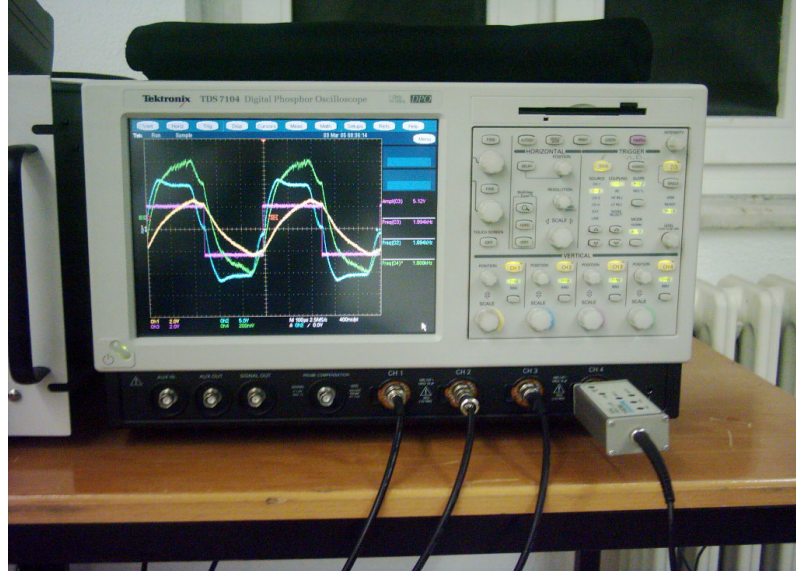
Şekil 3.3. Tektronix P6015A 1000x3,0 pF 100 MΩ Prop

Şekil 3.4.'de frekans ve genlik değerlerini ayarladığımız sinyal jeneratörü ve gerilim yükseltici görülmektedir.



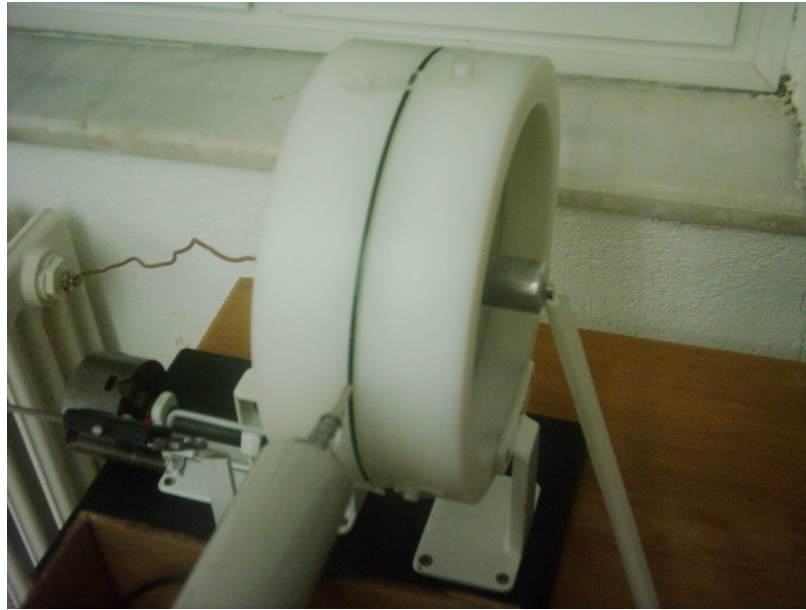
Şekil 3.4. Sinyal jeneratörü ve yüksek gerilim yükseltici

Şekil 3.5.'de dalgaları incelediğimiz ve ölçümlerimizi kayıt yaptığımız dijital osiloskop görülmektedir.



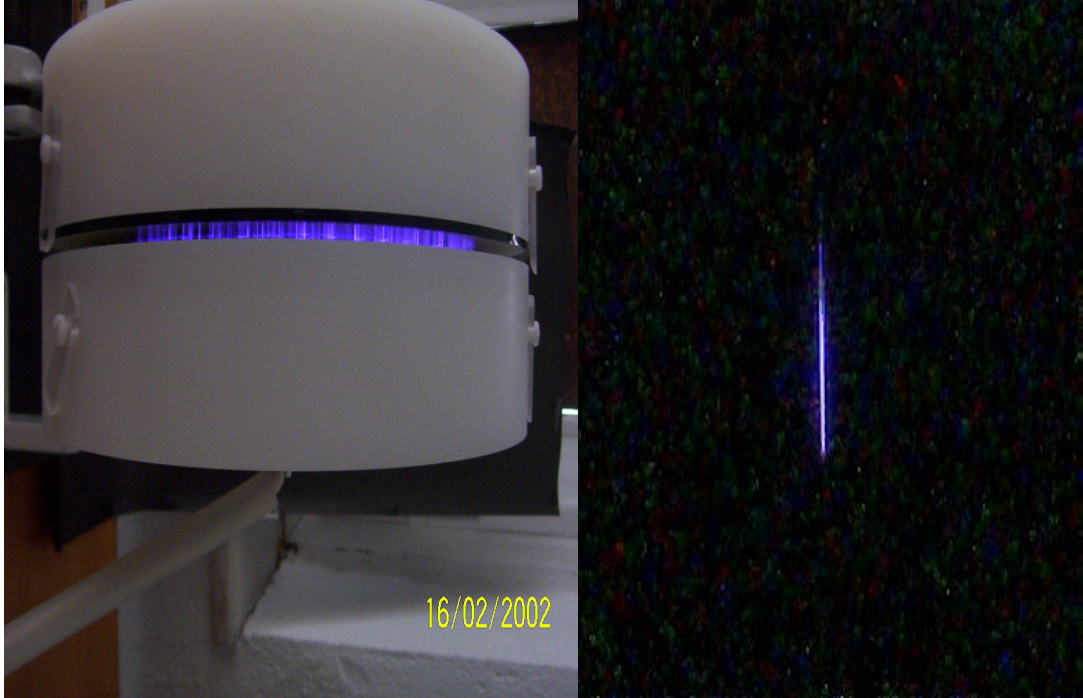
Şekil 3.5. Dijital fosfor osiloskop

Şekil 3.6.'da sağ tarafta yüksek gerilim uygulanan, solda ise topraklama yapılan elektrotlar görülmektedir. Yalıtkan engel olarak kullanılan cam ise topraklama yapılan elektrot yüzeyine yerleştirilmiştir.



Şekil 3.6. Birbirine paralel, iki adet Al elektrot. Elektrotların dış yüzeylerini çerçeveleyen polyamid halka

Şekil 3.7.'de yüksek gerilim uygulanan elektrotlar arasında oluşan deşarj görülmektedir.



Şekil 3.7. Atmosferik basınç ve hava ortamında gözlemlenen mikrodeşarjlar

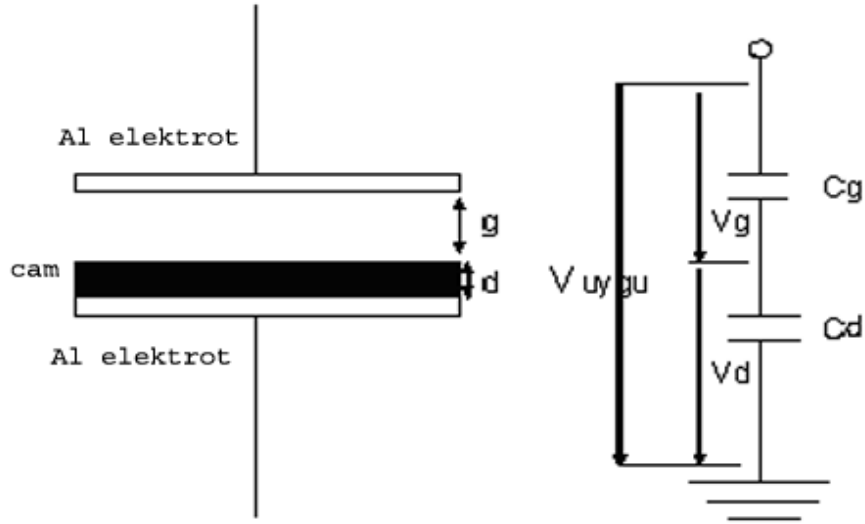
3.2. Metod

Yalıtkan engel deşarjlarının birçok türünde, deşarjın hızla oluşmasından ve sınırlı alandan dolayı ölçümlerde zorluklar yaşanır. Yalıtkan engel deşarjındaki akımın zamana bağlı değişimi sıklıkla kullanılan bir ölçüm türüdür. Deşarjdaki akımın fiziksel yorumu, akım çizgilerinin deşarj fazları (elektron selleri, çığları,çökme) ile bağlantı yapılması ile elde edilir.

Deşarjın özellikleri akım sellerini analiz edilerek açıklanabilir. Deşarjın gelişimini elektron çığı, elektron seli ve çökme safhası olarak üç fazda incelenebilir. İlk olarak katottan ayrılan elektronlar zamanla katlanarak anoda doğru sürüklenirler. Elektron çığı denilen bu fazda kayda değer olmayan deşarj akımları vardır. Elektron seli oluştuğu zaman elektrik alanı artar ve deşarj akımı yükselmeye başlar. Elektron seli katoda ulaşincaya kadar elektrik alan aşamalı olarak artar ve elektronlar katoda

çarptığı zaman en yüksek değerine ulaşır. Bu fazdan sonra, elektrik seli kanalında elektrik alan azalır ve deşarj aşamalı olarak söner. Çökme safhası denilen bu fazda deşarj akımı azalır ve aniden sıfır olur.

Şekil 3.8.'de çalışılan sistemin eşdeğer devresi görülmektedir.



Şekil 3.8. Sistemin eşdeğer devresi

C_g : gep kapasitörü

C_d : yalıtkan kapasitörü

C : toplam kapasitör

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_g} + \frac{1}{C_d}$$

$$\frac{1}{C_g} = \frac{C_d + C_g}{C_d C_g}$$

$$C = \frac{C_g C_d}{C_g + C_d} \quad \left(C_g = \epsilon_0 \frac{A}{g} \quad \text{ve} \quad C_d = \epsilon_r \epsilon_0 \frac{A}{d} \right)$$

$$C = \frac{C_d}{1 + \frac{C_d}{C_g}} = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{d}}{1 + \frac{\epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{d}}{\epsilon_0 \frac{A}{g}}} = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{d}}{1 + \epsilon_r \frac{g}{d}} \Rightarrow C = \frac{\epsilon_0 \frac{A}{g}}{1 + \frac{d}{\epsilon_r g}} = \frac{C_g}{1 + \frac{d}{\epsilon_r g}} \text{ olur.}$$

Lissajous figürleri oluşturularak deşarjın filamentar yada düzgün moda olup olmadığı anlaşılabilir. Lissajous şekli, zamanla integrali alınan akımın x eksenine ve uygulanan voltajı y eksenine uyarlayarak grafiğinin çizilmesi ile elde edilir. Akımın zaman üzerine integralini alarak yükün boyutunu (coulomb) elde edilir. Lissajous şeklinin alanı (volt . coulomb=Joule) deşarjdan dağılan enerjinin değerini verir. Bu değer periyoda bölüldüğünde bir devirde dağılan güç elde edilir.

$$E_{el} = \oint U(t) dQ = C_{ölçülen} \oint U(t) dU_{ölçülen}$$

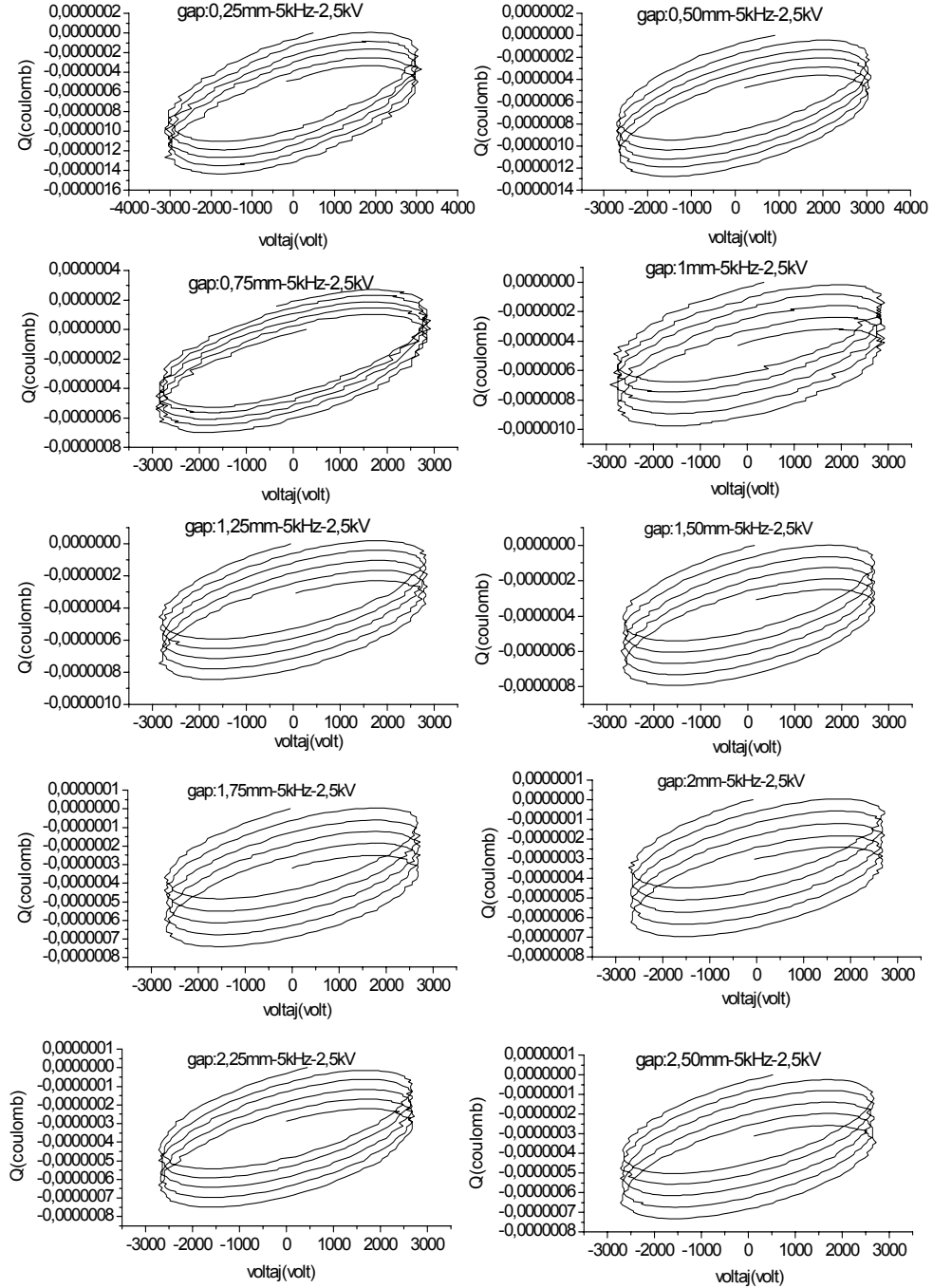
$$= 4C_d \frac{1}{1 + C_g / C_d} U_{\min} (U_{\max} - U_{\min})$$

$$= 2(U_{\max} Q_0 - Q_{\max} U_0) \equiv (Q - V) \text{ diyagramın alanı}$$

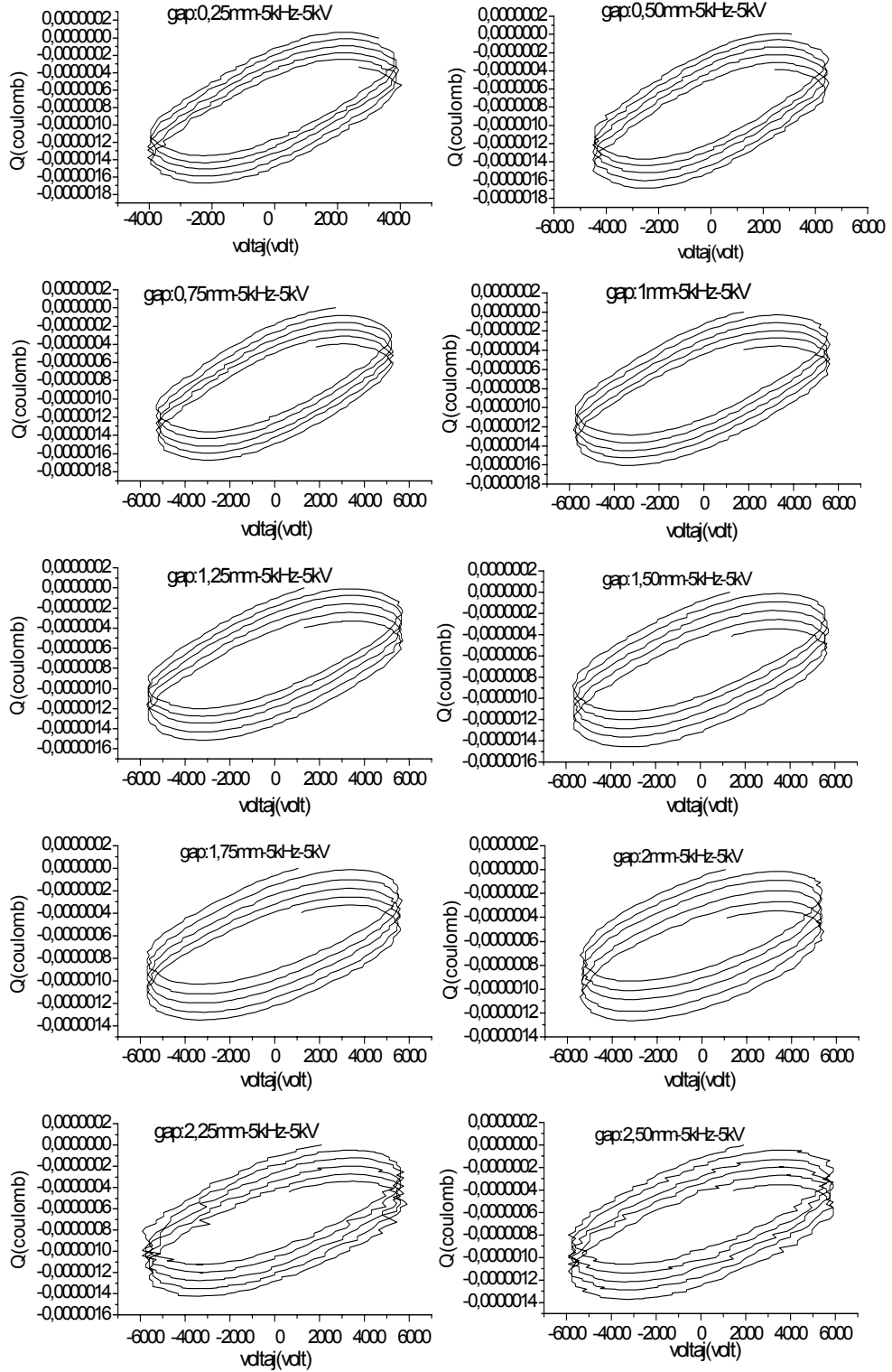
$$P_{el} = \frac{1}{T} E_{el} = f E_{el} \quad f ; \text{ besleme voltajının frekansdır.}$$

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

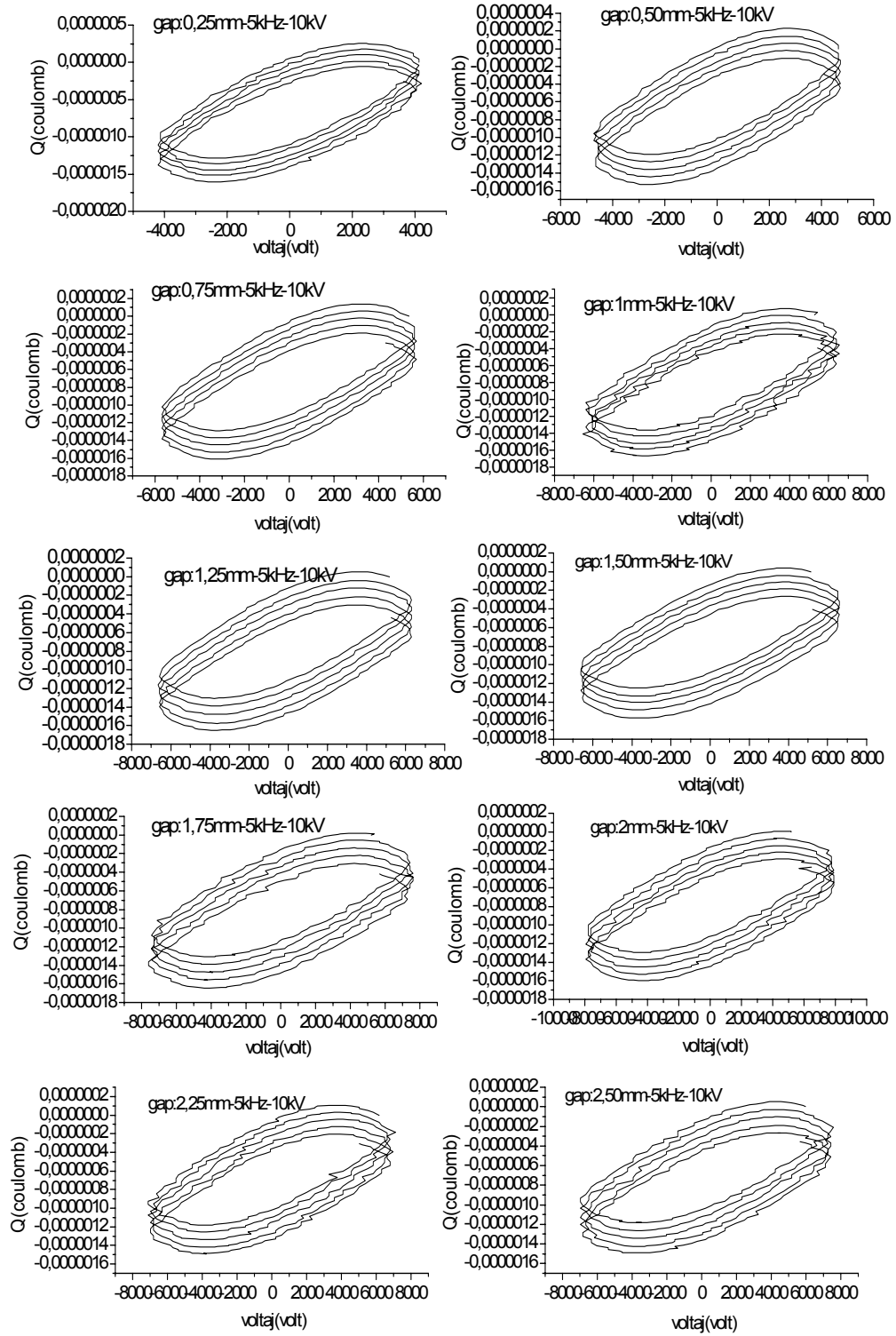
Lissajous figürleri oluşturularak deşarjın filamentar yada düzgün moda olup olmadığı anlaşılabilir. (Şekil 4.1., 4.2., 4.3., 4.4.)



Şekil 4.1. Yalıtkan engel deşarjında lissajous figürleri, farklı geplerde uygulanan Voltaj 2,5kV, frekans 5kHz

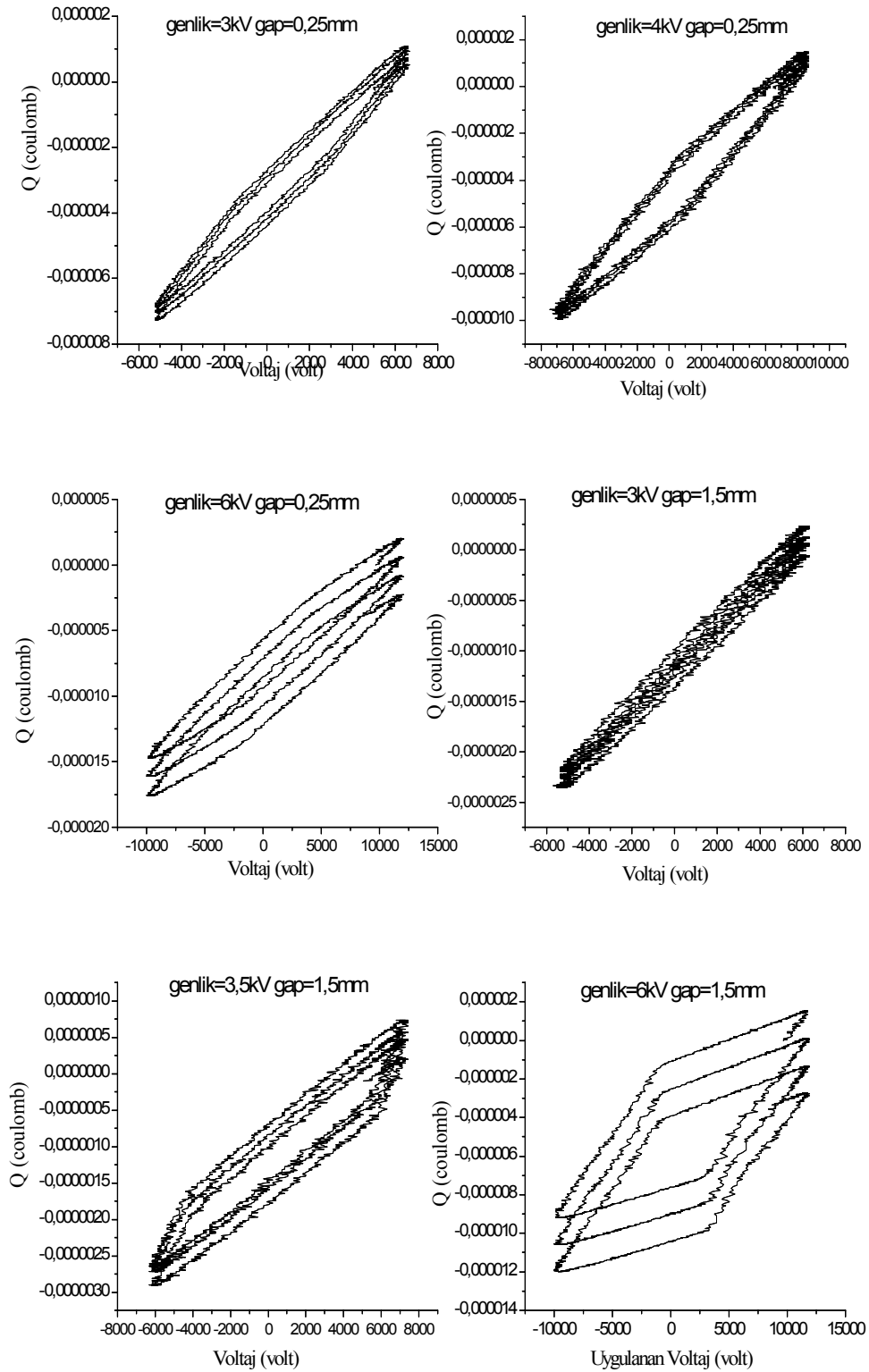


Şekil 4.2. Yalıtkan engel deşarjında lissajous figürleri, farklı geplerde uygulanan Voltaj 5kV, frekans 5kHz



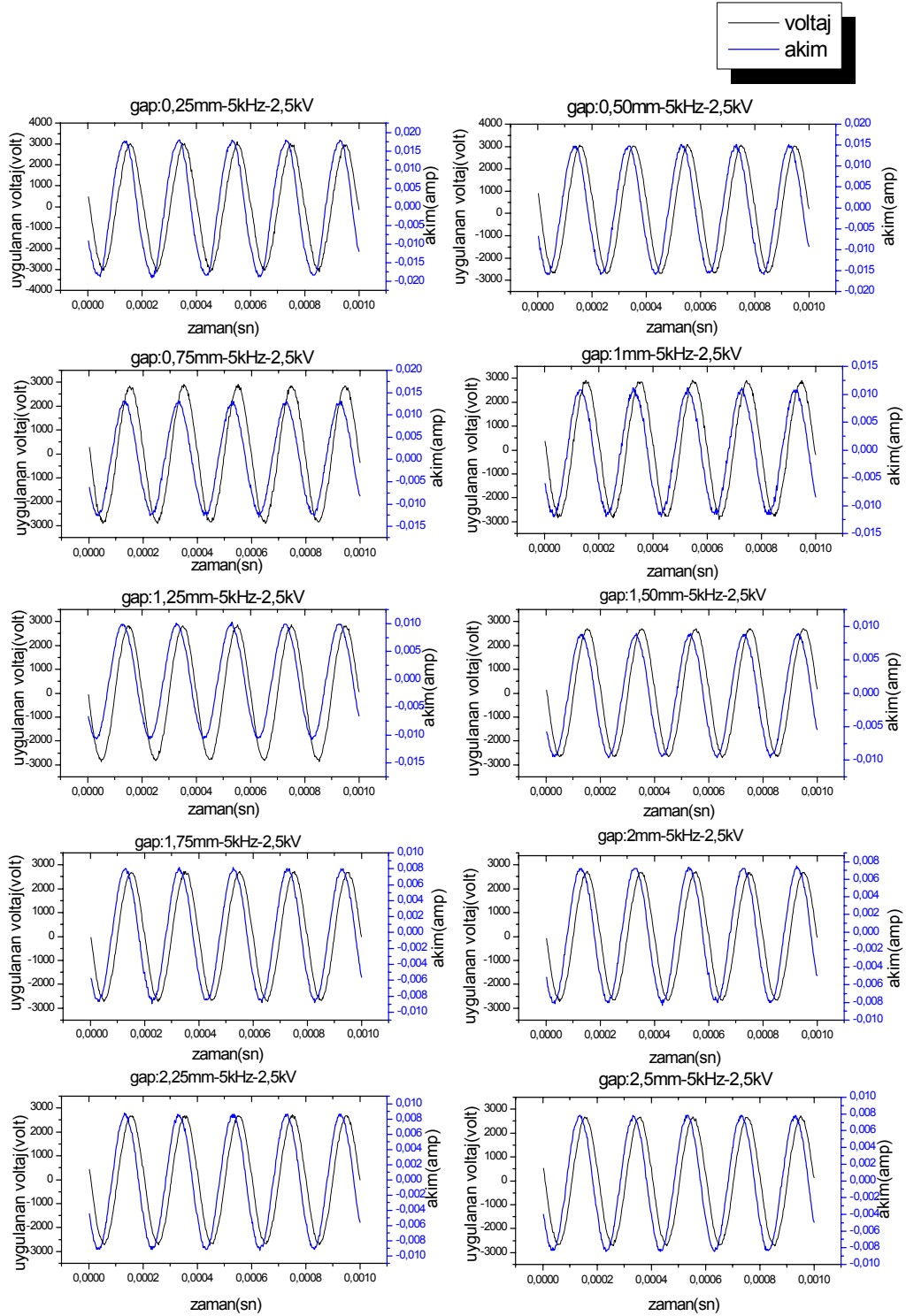
Şekil 4.3. Yalıtkan engel deşarjında lissajous figürleri, farklı geplerde uygulanan Voltaj 10kV, frekans 5kHz

Şekil 4.4.'de 160Hz frekans altında oluşan lissajous figürleri görülmektedir.

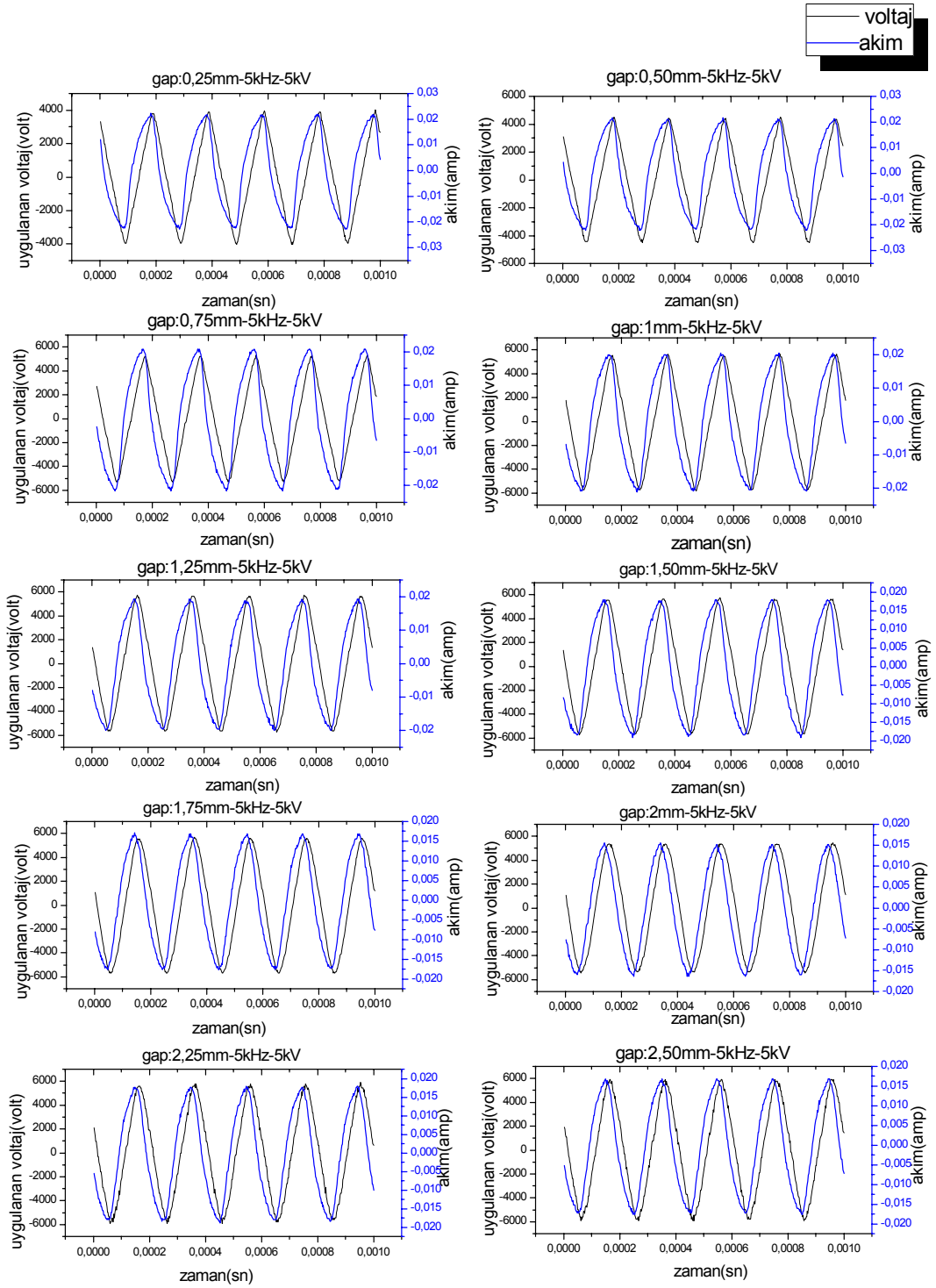


Şekil 4.4. Yalıtkan engel deşarjında lissajous figürleri, farklı geplerde uygulanan Voltaj değışken ve frekans 160Hz

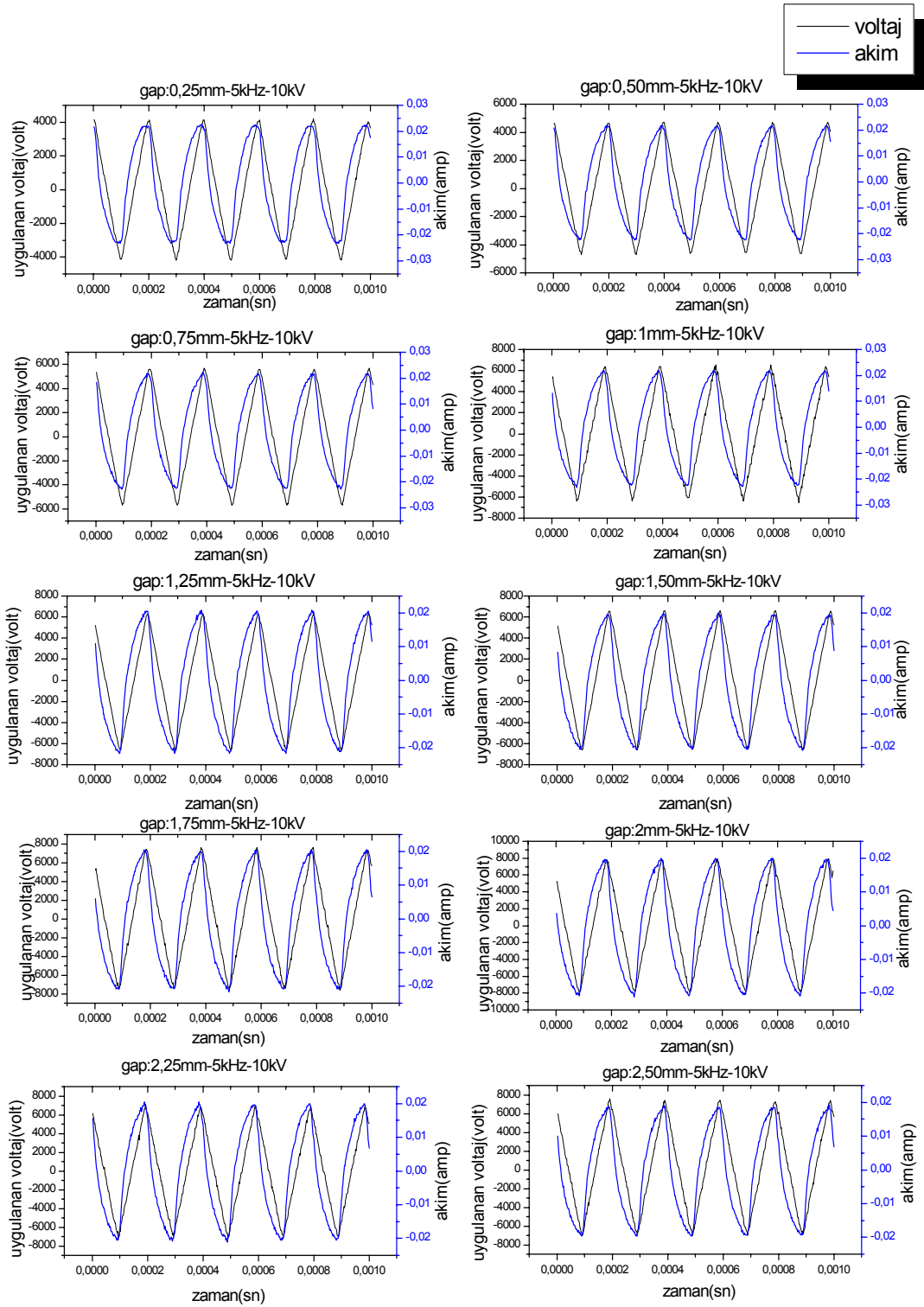
Şekil 4.5., Şekil 4.6. ve Şekil 4.7.'de yalıtkan engel deşarjında gözlemlenen tipik akım sinyalleri ve uygulanan voltaj grafiklerde belirtilmiştir.



Şekil 4.5. Yalıtkan engel deşarjlarının akım sinyalleri, , farklı geplerde uygulanan Voltaj 2,5kV, frekans 5kHz



Şekil 4.6. Yalıtkan engel deşarjlarının akım sinyalleri, , farklı geplerde uygulanan Voltaj 5kV, frekans 5kHz



Şekil 4.7. Yalıtın engel deşarjlarının akım sinyalleri, , farklı geplerde uygulanan Voltaj 10kV, frekans 5kHz

Deneyde; sisteme sabit frekanslı, farklı genlikli (dolayısıyla farklı voltaj) sinüs dalga biçimine sahip yüksek gerilim uygulanmıştır. Uygulanan voltajın genliği değiştirilerek farklı elektrot aralıklarında da ölçümler yapıldı. Deney parametrelerinde yapılan değişiklikler Çizelge 4.1.'de gösterilmiştir.

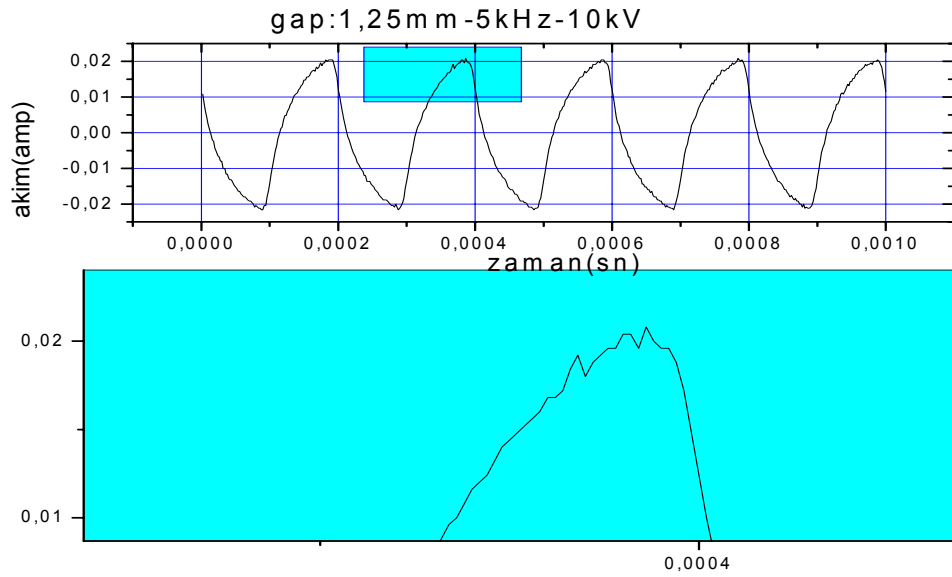
Çizelge 4.1. Deney değişkenleri

ELEKTROT ARALIĞI(mm)	FREKANS (kHz)	GENLİK(1) (V)	GENLİK(2) (V)	GENLİK(3) (V)
0,25	5	1,25 . 2000	2,5. 2000	5 . 2000
0,50	5	1,25. 2000	2,5. 2000	5 . 2000
1,00	5	1,25.2000	2,5. 2000	5 . 2000
1,25	5	1,25 . 2000	2,5. 2000	5 . 2000
1,50	5	1,25 . 2000	2,5. 2000	5 . 2000
1,75	5	1,25 . 2000	2,5. 2000	5 . 2000
2,00	5	1,25 . 2000	2,5. 2000	5 . 2000
2,25	5	1,25 . 2000	2,5. 2000	5 . 2000
2,50	5	1,25 . 2000	2,5. 2000	5 . 2000

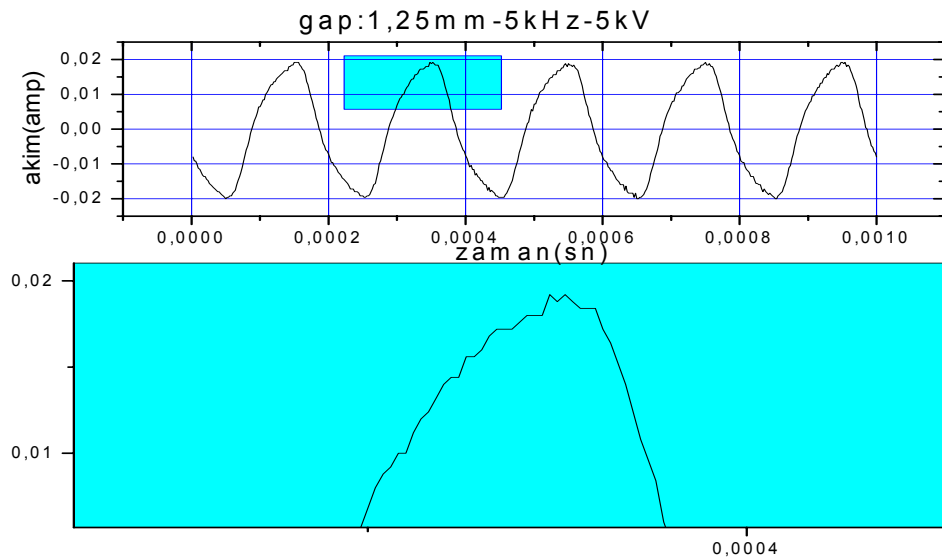
Elektrotlara yeterince yüksek voltaj uyguladığımızda, elektrotlar arasındaki hava iyonize olur ve akım geçişi başlar. Elektrik yükleri yalıtkan yüzey üzerinde birikirler. Yüzeyde biriken bu yükler elektriksel potansiyel üreterek uygulanan voltajın etkisini yok ederler, bu yüzden akım akışı sınırlanır. Genellikle yalıtkan engel deşarjları filamenter plazma üretirken bazı koşullar altında homojen plazma da üretebilirler. Filamenter deşarjda her yarım devirde birçok akım pulsu gözlemek mümkündür fakat Şekil 4.8., 4.9. ve 4.10.'da görüldüğü gibi akımda kayda değer pikler gözlenmemiştir. Bu durum homojen ve yayılmış deşarda her devirde tek bir pulsun oluştuğunu veya çok fazla sayıdaki elektron sellerinin yayıldığını gösterir. Bu durumda alet çok dar olan akım pulslarını zaman çözünürlüğü yeterli miktarda olmamasından gözlemleyememiş olabilir. Deneyde elektrot yüzeyinde homojen olarak dağılan parlak bir bölge gözlemlendi. Uygulanan voltajın frekansı Hz'den kHz değerlerine çıktığı zaman Şekil 4.10., 4.11., 4.12. ve 4.12.'de plazma mikrodeşarj modundan homojen plazma moduna geçti. Kullanılan yalıtkan engel'in amacı mikrodeşarjlardan dolayı oluşan elektriksel alana zıt yükleri yüzeyin tamamına dağıtır ve elektriksel alanı keser. Uygulanan voltajı arttırdığımız zaman

mikrodeşarjların sayısında artış görülür. Yük birikiminden dolayı aynı noktalarda mikrodeşarjlar zaten oluşmaktadır.

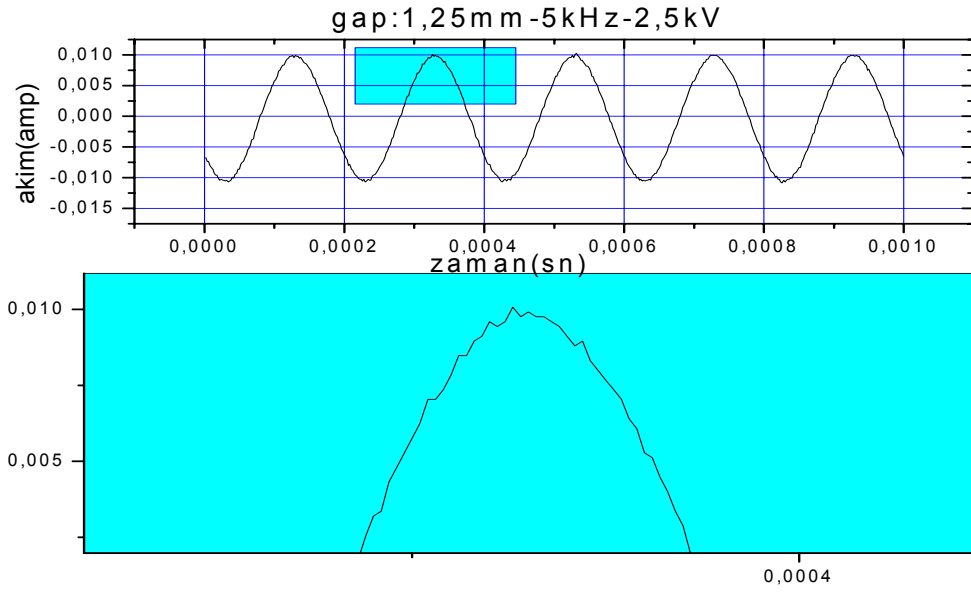
Şekil 4.8., 4.9. ve 4.10.'da akım da gözlenen piklerdeşarjın homojen mod da olduğunu gösterir. Genlik arttırıldığında oluşan pulsların az sayıda olduğu görülür. Yük yoğunluğu ile oluşan elektrik alan zıt yönlüdür.



Şekil 4.8. Akımda gözlenen pikler (uygulanan voltaj 10Kv, frekans 5kHz)

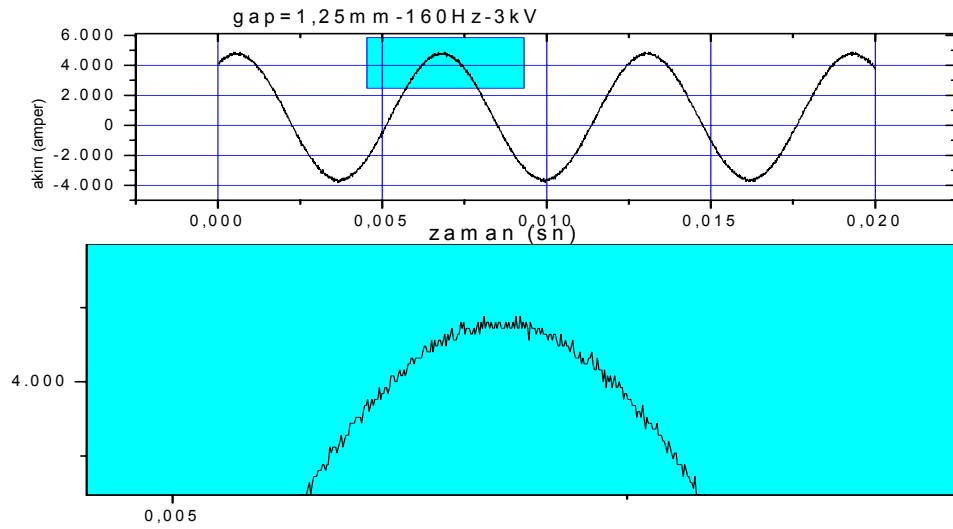


Şekil 4.9. Akımda gözlenen pikler (uygulanan voltaj 5Kv, frekans 5kHz)

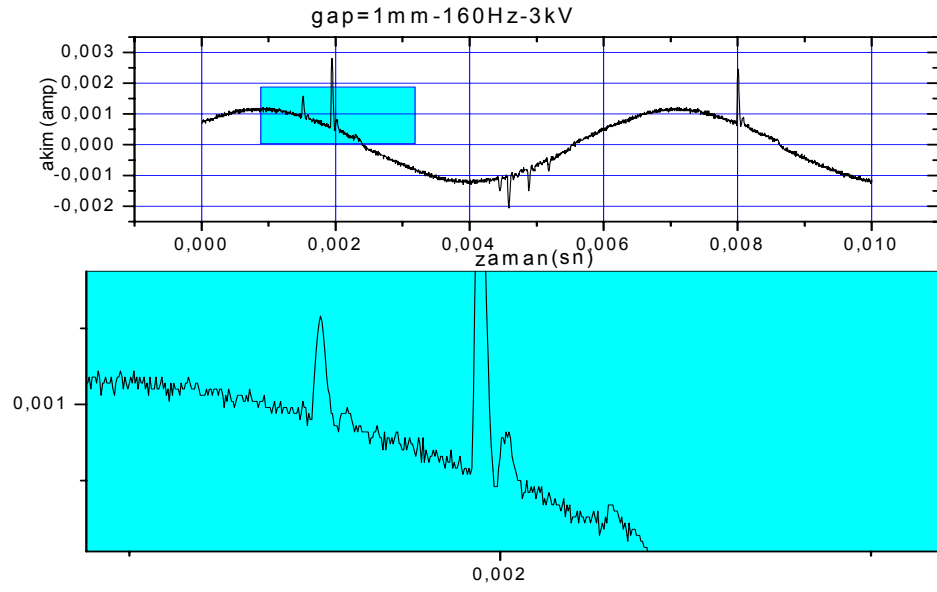


Şekil 4.10. Akımda gözlenen pikler (uygulanan voltaj 2,5Kv, frekans 5kHz)

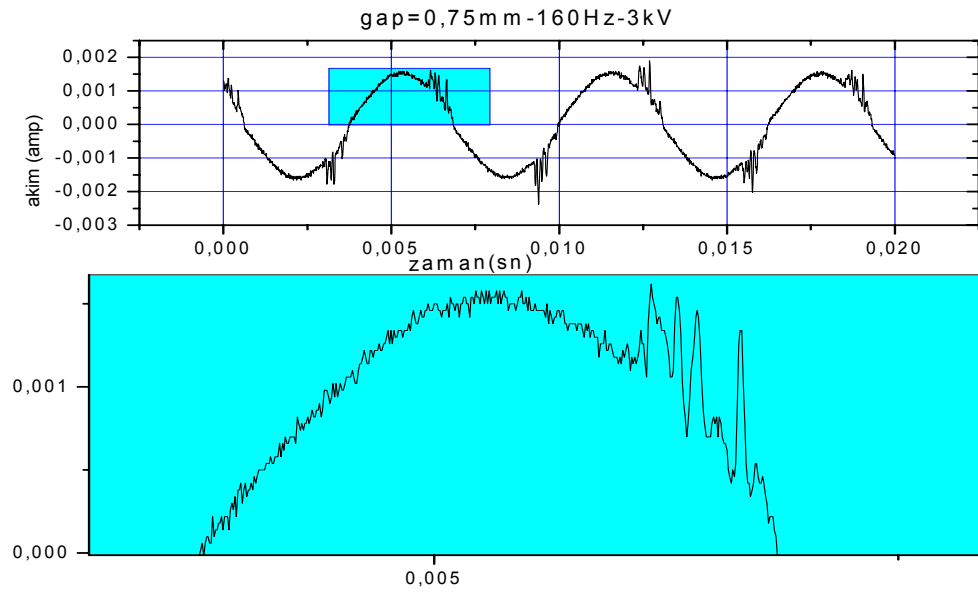
Şekil 4.10., 4.11., 4.12. ve 4.13.'de sabit genlik ve frekans altında elektrotlar arasındaki mesafe değiştirildi. 160Hz frekans da çalışmamızda filamenter deşarj gözlemlendi.



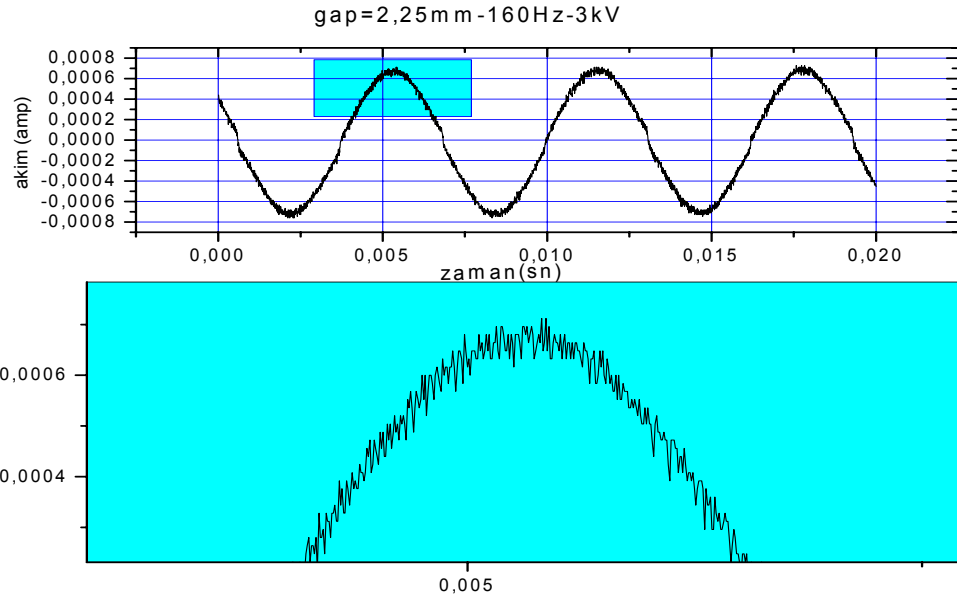
Şekil 4.11. Akımda gözlenen pikler (uygulanan voltaj 3Kv, frekans 160Hz)



Şekil 4.12. Akımda gözlenen pikler (uygulanan voltaj 3Kv, frekans 160Hz)



Şekil 4.13. Akımda gözlenen pikler (uygulanan voltaj 3Kv, frekans 160Hz)



Şekil 4.14. Akımda gözlenen pikler (uygulanan voltaj $3 > V$)

Kv, frekans 160Hz)

Elektrotlar arasındaki voltaj yeterince yüksek olduğunda Şekil 4.9.'da görüldüğü gibi akım da bir pik gözlemek mümkündür. Elektrotlar arasındaki voltaj azaldığında akım piki durur. Voltajdaki artış mikrodeşarj akımının artmasını ve daha dar zaman aralığında olmasını sağlar, voltaj azaltıldığında mikrodeşarjda biraz daha geniş bir aktiflik görülür. Buradaki mikrodeşarjlar, ince bir tabaka da veya yalıtkan üzerinde oluşan bireyseldeşarj adımlarıdır ve belli bir mesafede homojen olarak düşünülebilir. Elektrotlar arası uzaklık arttırıldığındadeşarjın düzgün moda geçtiği görülür.

5. SONUÇ

Yalıtkan engel de oluşan deşarjın mekanizmasını daha iyi anlamak için çalışmamızda elektrotların iç uzaklıklarını, uygulanan voltajın genliğini ve uygulanan voltajın frekansını değiştirerek ölçümler aldık. Mikrodeşarjların fiziği, akım sellerinin oluşmasını, yayılmasını ve plazma kanalındaki oluşumları anlamaya dayalıdır. Katottan ayrılan elektronlar anoda doğru ilerler. İyonizasyon ile ikincil elektronları üreterek bir akım çığı oluştururlar. Elektron çığı yeterli seviyede ise bunlara zıt yönde yani anottan katota doğru ilerleyen elektron selleri oluşur. Elektron selleri çok hızlı hareket eden iyonizasyon dalgalarıdır, zayıf iyonize olmuş bir plazma kanalı oluştururlar. Elektron selleri katota çarptığı zaman elektrik alan artar ve en yüksek değerine ulaşır. Bu anda plazma kanalı yani elektron seli içerisindeki elektrik alan düşer ve deşarj söner. Çökme safhasında akımda azalır ve deneyde akım zaman grafiklerinde görüldüğü gibi sıfır olur.

Elektronların iletken plazma kanalından yalıtkan camın üzerine bırakılması yük birikimi ile sonuçlanır. Yük birikimi deşarjın aynı noktalarda oluşmasını kolaylaştırır ve deşarj filament mod da gözlenir. Tek filament zayıf iyonize olmuş bir plazma kanalı olarak açıklanabilir. Elektrotlar arasında voltaj çok düşerse kırılma olur ve bu durumda akımda tek bir pik gözleriz. Kırılma alanına ulaşıldığı zaman filament oluşur ve hemen söner. Akım zaman grafiklerinde oluşan piklerden görüldüğü gibi deneyimizde filamenter deşarjı 160Hz frekansa elde ettik. Lissajous figürlerini incelediğimizde filamenter mod da yayılan gücün daha fazla olduğunu gördük. Frekansı 5kHz değerine çıkardığımızda deşarj homojen moda döndü.

Homojen deşarjda deşarjın eşit şekilde elektrot yüzeyine dağıldığını gözlemledik. Uygulanan voltaj arttırıldığında oluşan ışık elektrot yüzeyinde daha geniş bir alan dağıldı. Yalıtkan engeli elektrotlar arasından çıkardığımızda camın üzerinde iç içe oluşan daire izleri de bu gözlemimizi doğruladı. Yalıtkan engel mikrodeşarjı elektrot yüzeyinin tamamına yayar. Uygulanan voltaj arttırıldığı sürece, yeni noktalarda artan

mikro deşarjlar görüldü, çünkü yalıtkan engelde biriken yüklerden dolayı önceki yerlerde mikrodeşarjlar zaten oluşmaktadır. Elektrotlar arasındaki mesafeyi her iki frekans aralığında da kademeli olarak arttırdık, voltaj ve akım grafiklerinden mesafe artıkça deşarjın filamenter modan düzgün moda geçtiği anlaşıldı. Piklerin en yoğun gözlemlendiği aralıklar 0,75mm-1mm-1,25mm dir. Daha küçük ve büyük aralıklarda piklerin sayısında ve büyüklüğünde değişimler gözlemlendi. Bunun sebebi mikrodeşarjların sayısının az olması olabilir, bu durumda belirgin mikrodeşarj etkileşimi gözlenmez.

Grafikleri incelediğimizde elektrotlar arasında voltaj azaldığında akım piki durur çünkü yük yoğunluğu ile oluşan elektrik alan, uygulanan elektrik alana zıt yönlüdür.

Deşarjın hangi mod da olduğunu anlamak için elektriksel ölçümleri analiz ederek lissajous figürleri oluşturduk. Akımın zaman üzerine integralini alarak bir yükün boyutunu (coulomb) elde edilir. İntegrali alınan akımı x eksenine ve uygulanan voltajı y eksenine uyarlayarak grafiğini çizebiliriz. Lissajous şeklinin alanı deşarjdan dağılan enerjinin değerini verir. Elektrotlar arasındaki mesafe arttırıldığında dağılan gücün azaldığı yani deşarjın homojen moda geçtiği grafiklerimizden de gözlenmektedir.

6. KAYNAKLAR

Brown, S.C., 1978. A short history of gaseous electronics. Eds Academics, 1-18.

Bogaerts, A., Neyts, E., Gijbels, R., Mullen, J., 2001. Gas discharge plasmas and their applications, *J. Phys. D: Applied Phys.*, B-2610, 27-33.

Chen, F.F., 1983. Introduction to Plasma Physics and Controlled Fusion. Electrical Engineering Department School of Engineering and Applied Science University of California, Plenum publishing No:1, 421s. Los Angeles.

Chirokov, A., Gutsol, A., Fridman, A., Sieber, K., Grace, J., Robinson, K.S., 2004. Analysis of two dimensional mikrodischarge distribution in dielectric barrier discharges, *Plasma Sources Science Technology*, 13, 623-635.

Conrads, H., Schmidt, M., 2000. Plasma generation and plasma sources. *Plasma Sources Science Technology*, 9, 441-454.

Goldstone, R.J., Rutherford, H.P., 1995. Introduction to Plasma Physics. The Institute of Physics London, Institute of Physics Publishing, 491. London.

Kogelschatz, U., 2000. Fundamentals and applications of dielectric barrier discharges, *J. Phys. D: Applied Phys.* 20.

Kim Y.H., Kang, W.S., Hong, S.H., Song, Y.H., 2000. Comparative study of pulsed corona and dielectric barrier discharges using single streamer modelling and no decomposition experiment, Korea Institute of Machinery and Materials, 305-343, Department of Nuclear Engineering Seoul National University, 151-742.

Langimur, I., 1961. Oscillations in ionized gases, The Collected Works of Irving Langimur-ed. 111-120-628, Proc. Nat. Acad. Sci., New York.

Mangolini, L., 2002. Experimental study of atmospheric pressure glow discharges controlled by dielectric barrier, *Advanced Plasma Technology*, ME 8362.

Nersisyan, G., Graham, G.W., 2004. Characterization of a dielectric barrier discharge operating in an open flowing helium, *Plasma Sources Science Techn.* 13, 582-587.

Pietsch, G.J., 2001. Properties of dielectric barrier discharges in different arrangements, *J. Phys. D:Appl. Phys.* 33, 1-4.

Rogoff, G. L., 1991. Transactions on plasma science, Plasma Sources Science Techn. 19, 89-98.

Samoilovich, V.G., Gibalov, V.I., Kozlov, K.V., 1989. Physical chemistry of barrier discharge, 45, 14-32.

Tonks, L., 1967. The birth of plasma, Amer. J. Phys. 35, 857-858.

Zhukov, S.V., Sokolova, M.V., Temnikov, A.G., 2000. Int. symp. on high pressure low temperature plasma chemistry, 7, Greifswald.

Woo, S.K., Kim, Y., Hong, S.H., 2002. Spatio-Temporal images of single streamer propagation in dielectric barrier discharge, IEEE Transactions on Plasma Science, Vol.30, No.1.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Yeşim ATILMIŞ

Doğum Yeri : Silifke-MERSİN

Doğum Yılı : 1974

Medeni Hali : Evli

Eğitim ve Akademik Durumu:

Lise : 1986-1992 İçel Anadolu Lisesi

Lisans : Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi (Almanca) Fizik Öğretmenliği

İş Deneyimi:

1999-2001 Ankara Güneş Dershaneleri

2001-2002 Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyofizik Bölümü (asistan)

2002- Milli Eğitim Bakanlığı (Öğretmen)