

67806

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

PLAZMA DİSPLAY'IN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ VE YAKMA GERİLİMİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLER

Elek.Yük. Müh. Sevgi BAKIR AKGÜN

F. B. E Haberleşme Anabilim Dalında
hazırlanan

DOKTORA TEZİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Atilla ATAMAN

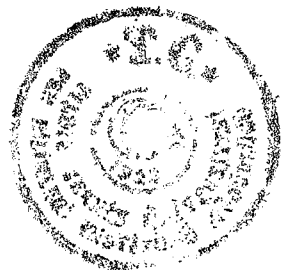
Prof. Dr. Sezgin Alsan Prof. Dr. Atilla ATAMAN Prof. Dr. D. Pınar Yılmaz


İSTANBUL, 1997



TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleştirilmesi için TÜBİTAK olanaklarından yararlanmamı sağlayan, gerekli malzemelerin karşılanması amacıyla proje desteği almama yardımcı olan, her zaman yardım ve desteğini gördüğüm hocam Sayın Prof. Dr. Atilla ATAMAN başta olmak üzere , TÜBİTAK KUEL laboratuvarında yardımlarını esirgemeyen Sayın Doç. Dr. Z. Ziya ÖZTÜRK ve Sayın Ahmet ALTINDAL'a, birlikte çalıştığımız arkadaşım Hale CANDEMİR'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.



İÇİNDEKİLER

SEMBOL LİSTESİ	IV
KISALTMALAR LİSTESİ.....	V
TÜRKÇE ÖZET.....	VI
YABANCI DİLDE ÖZET.....	VII
1. BÖLÜM	
GİRİŞ.....	1
2.BÖLÜM	
ELEKTRONİK DISPLAYLER.....	4
2.1. Elektronik Displaylerin Temel Prensipleri, Yapıları ve Malzemeleri.....	6
2.1.1. Sıvı Kristal Display (LCD).....	6
2.1.2. Elektrokimyasal Displayler (ECD).....	7
2.1.3. Elektroforotik Görüntü Displayleri (EPID).....	8
2.1.4. Asılı Parçacık Displayi (SPD).....	9
2.1.5. Saydam Seramik Display (PLZT).....	9
2.1.6. Plazma Display Panel (PDP).....	10
2.1.7. Elektroluminesans Display (ELD).....	11
2.1.8. Vakum Floresan Display (VFD).....	12
2.1.9. Işık Yayan Diyotlar (LED)	13
2.2. DISPLAY PAZARI.....	16
3. BÖLÜM	
PLAZMA DISPLAYLERİN FİZİĞİ.....	19
3.1. GAZ DEŞARJİ.....	19
3.2. KIRILMA.....	20
3.2.1. Townsend Deşarjı.....	20
3.2.2. İkincil Üretimin Etkisi.....	25
3.3. PASCHEN KANUNU.....	27
3.4. IŞIMA DEŞARJİ.....	28
3.4.1. Katod Bölgesi.....	31



3.4.2. Negatif Işıma ve Faraday Karanlık Bölgesi.....	33
3.4.3. Pozitif Kolon.....	33
3.4.4. Anod Düşmesi.....	33

4. BÖLÜM

PLAZMA DISPLAYLER.....	35
4.1. AC PLAZMA DISPLAY.....	36
4.1.1. AC Plazma Displayin Yapısı.....	36
4.1.2. AC Plazma Displayin Çalışması.....	37
4.2. DC PLAZMA DISPLAY.....	39
4.2.1. DC Plazma Displayin Yapısı.....	40
4.2.2. DC Plazma Displayin Çalışması.....	41
4.3. RENKLİ DISPLAYLER.....	43
4.4. PLAZMA DISPLAYLERİN UYGULAMALARI.....	45
4.4.1. Karakter Displayleri.....	45
4.4.2. Grafik Displayleri.....	46
4.4.3. Segment (Parçalı) Displayleri.....	46
4.4.4. Resim Displayleri.....	46
4.4.6. Genel Bilgi Displayleri.....	47
4.7. Askeri Amaçlı Displayler.....	48

5.BÖLÜM

PLAZMA DISPLAYİN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ.....	50
5.1. Cam Yüzeylerin Temizlenmesi.....	50
5.2. Elektrod Malzemesinin Kaplanması.....	51
5.3. Elektrod Modelinin Oluşturulması.....	55
5.4. Metalin Modele Uygun Olarak Aşındırılması.....	56
5.5. Cam Yüzeylerin Birleştirilmesi.....	58
5.6. Displaye Gaz Doldurulması.....	59

6. BÖLÜM

YAKMA GERİLİMİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER.....	61
---	----

7. BÖLÜM

DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ.....	68
7.1. Basınç ve Elektrotlar Arası Uzaklığın Yakma Gerilimine Etkisi.....	68
7.2. Kullanılan Gazın Yakma Gerilimine Etkisi.....	70



7.3. Elektrot Malzemesinin Yakma Gerilimine Etkisi.....	70
7.4. Elektrot Genişliğinin Yakma Gerilimine Etkisi.....	71
7.5. Işık Verimi.....	71
7.6. Frekansın Yakma Gerilimine Etkisi.....	71

KAYNAKLAR

ÖZGEÇMİş



SEMBOL LİSTESİ

C_e	Deşarj alanının kapasitesi.
C_w	AC plazma displayde dielektrik tabakanın kapasitesi.
d	Elektrotlar arası uzaklık
i	Akım yoğunluğu.
i_o	Katottaki elektron akımı.
n_a	Bütün kaynaklardan anota ulaşan elektron sayısı.
n_e	Elektron sayısı.
n_i	İyon sayısı.
n_o	Katotta üretilen elektron sayısı
n_+	İkincil üretim ile üretilen elektron sayısı.
m	Kütle
M	Bellek katsayısı
p	Basınç
V	Hacim
V_B	Gazın kırılma gerilimi
V_e	Deşarj hücreğine düşen gerilim.
V_{co}	Yüklü parçacıklar olmadığı durumda deşarj hücreğine düşen gerilim.
V_{em}	Deşarjı sürdürmek için gerekli minimum gerilim.
V_f	Yakma gerilimi.
V_t	Elektrotlara uygulanan gerilim
α	Birinci Townsend katsayısı.
ρ	Net uzay yükü.
λ	Ortalama serbest yol
q	Elektronik yük.
γ	Townsend'in ikinci iyonlaşma katsayısı.
σ	İletkenlik.



KISALTMALAR LİSTESİ

- CRT** Cathode Ray Tube, (Katot ışın tüpü).
- ECD** Electrochemical Display , (Elektrokimyasal display).
- ELD** Electroluminescent Display, (Elektroluminesans display).
- EPID** Electrophoretic Image Display, (Elektroforotik görüntü displayi).
- LCD** Liquid Crystal Display, (Sıvı kristal display).
- LED** Light Emitting Diode , (Işık yayan diyet).
- PDP** Plasma Display Panel.
- PLZT** Transparent ceramics display, (Saydam seramik display).
- S³-PDP** Single Substrate Plazma Display Panel.
- SPD** Suspended Particle Display, (Asılı parçacık displayi).
- SSPD** Self-Scan Plasma Display, (Kendinden taramalı Plazma Display).
- TCE** Triklor Etilen.
- TN-LCD** Twisted Nematic Liquid Crystal Display.
- USDC** United StatesDisplay Consortium.



1. BÖLÜM

GİRİŞ

Gazdaki ışık üretimi, tıpkı yarıiletken malzemelerde olduğu gibi, elektronun bulunduğu enerji seviyesinden daha düşük bir enerji seviyesine geçmesi ile oluşur. Gaz içinde en az bir elektronunu kaybetmiş yeterli sayıda atom varsa , bu gaz için iyonlarına ayrılmış denir. Gaz içindeki atomların bir veya daha fazla elektronunu kaybettiği ortam plazma olarak adlandırılır. Plazmanın değerlendirilmesinde önemli bir faktör iyonlaşma oranıdır. İyonlaşma oranı, iyonlaşmış parçacıkların yoğunluğunun toplam parçacık yoğunluğuna oranı olarak tanımlanır. Bu durumdaki gaz ışık yayar ve bütün gaz deşarj displayleri bu koşulda yapılır. Bu nedenle bu tip displayler, plazma displayler olarak adlandırılır.

Gazı iyonlarına ayırmak için yeterli büyüklükte enerji uygulamak gereklidir. Bu enerji, iyonlaşma potansiyeli olarak adlandırılır. Her gaz ayrı iyonlaşma potansiyeline ve deşarj rengine sahiptir. Plazma displaylerin temel gaz bileşeni neondur, bu nedenle karakteristik rengi portakal rengidir. Deşarj tüpüne gerilim uygulandığında iki bölgede ışık gözlenir. Bunlardan biri negatif ışıma, diğeri pozitif kolon olarak tanımlanan ışıma bölgeleridir. Negatif ışıma bölgesi katoda yakındır ve daha yoğun ışığa sahiptir. Gaz deşarj displaylerin çoğu ışık kaynağı olarak bu bölgeyi kullanır. Bu ışık üretminden yararlanarak display üzerinde görüntü oluşturulur. Renkli display için, gaz deşarjından yayılan UV ışınların fosforu uyarak renk oluşturmasından yararlanır [1].

Plazma displayler, diğr düz panel displayler gibi katot ışın tüpüne (CRT-Cathode Ray Tube) bir alternatif olarak geliştirilmiştir. Düz yapısı, bellek işlevi, titreşimsiz görüntü vermesi gibi CRT'ye üstünlük sağlayan özellikleri vardır. Yapısı basittir dolayısıyla maliyeti de düşüktür. Çok büyük boyutlarda yapılabilmesi, saydamlığı diğr önemli özelliklerindendir. Aktif bir display olması onu LCD (Liquid Crystal Display)'e göre üstün hale getirir.

Tüm bu özellikleri bilgisayar monitorü olarak (özellikle lap-top bilgisayarlarda), büyük boyutlu display olarak, askeri amaçlı display olarak ve duvar televizyonu olarak kullanımını cazip kılmaktadır.

Bir çok ülkede düz panel tipindeki displaylerin üretilmesi ve geliştirilmesine yönelik çalışmalar sürerken ülkemizde bu alanda bir araştırma ve çalışma olmaması bizi bu alana yöneltmiştir. Düz panel displaylerler arasından plazma displayi seçmemizin nedeni; Yukarıda saydığımız üstünlükleri yanı sıra üretiminin kolay olması ve TÜBİTAK'ta varolan olanaklardan yararlanarak gerçekleştirilebilmesidir.



Ayrıca bu çalışma Yıldız Teknik Üniversitesi Araştırma Fonu tarafından desteklenmiştir. Proje No: 3-B-04-03-01

Displayin boyutları, kaplama tekniği ve elektrot malzemeleri TÜBİTAK - KUEL laboratuvarında varolan olanaklar çerçevesinde seçilmiştir. Endüstriyel display üretimi için kurulmuş bir sistemde çalışılması durumunda büyük boyutlu, rezolusyonu çok iyi olan ve daha düşük gerilimlerde çalışan plazma displayler daha düşük maliyetlerle kolayca yapılabilir.

Tezin birinci bölümü olan giriş bölümünde yapılan çalışma ve amacı anlatılmış, tezin diğer bölümlerinde anlatılanlar özetlenmiştir.

İkinci bölümde; LCD, ECD, EPID, SPD, PLZT, PDP, ELD, VFD ve LED elektronik displaylerin temel malzemeleri, yapıları, çalışma prensipleri anlatılmış ve karakteristikleri, performansları açısından birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca bu displaylerin pazar payları ve plazma displayin bu pazardaki payı ve geleceği incelenmiştir.

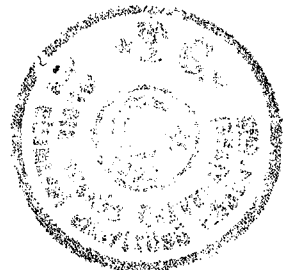
Plazma displaylerde görüntü oluşturmak için gaz deşarjı vasıtasıyla üretilen ışıktan yararlanılır. Üçüncü bölümde gaz deşarjının yapısı ve fiziği anlatılmış, gaz deşarjının bölgeleri, deşarj akımının oluşması incelenmiş, ısıma deşarjının yapısı ayrıntılı olarak verilmiştir.

Dördüncü bölümde plazma displaylerin tipleri, yapıları, çalışma prensipleri ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Plazma displaylerin çeşitleri ve uygulama alanları ile ilgili bilgiler verilmiştir.

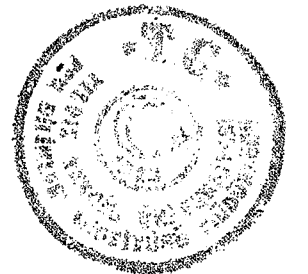
Tez çalışmasının özgün bölümü olan beşinci bölümde gerçekleştirilen displayin yapım teknolojisi anlatılmıştır. Kullanılan malzemeler, kaplama tekniği, elektrotların oluşturulması, displayin vakumlanıp gaz doldurulması ayrı ayrı incelenmiştir.

Altıncı bölümde gerçekleştirilen display üzerinde yapılan ölçümlerin sonuçları verilmiştir. Displayin yakma geriliminin elektrotlar arası uzaklığa, kullanılan gaza, elektrot malzemesine, elektrot genişliğine ve frekansa göre değişimini incelemek üzere farklı displayler üretilerek ölçümler alınmış ve ölçüm sonuçları grafikler halinde verilmiştir. Ayrıca ışık verimi, elektrot genişliği ve elektrotlar arası uzaklığa bağlı olarak incelenmiştir.

Yedinci ve son bölümde altıncı bölümdeki ölçüm sonuçları değerlendirilmesi yapılmış, gerçekleştirilen displayin optimum çalışma koşulları belirlenmiştir. Displayin yapımı ve çalışması ile ilgili önerilerde bulunulmuştur.



Bu çalışmada amaçlanan özgün bir plazma display üretim teknolojisi geliştirmek, plazma parametrelerini, optimizasyonunu sağlamak ve böylece displayler ile ilgili çalışacak endüstriyel kuruluşlara öncülük etmek ve bilgi aktarımında bulunmaktır. Dileğımız bu çalışmanın bundan sonra displayler konusunda yapılacak çalışmalar için bir kapı açması ve bizden sonra geleceklere ışık tutmasıdır.

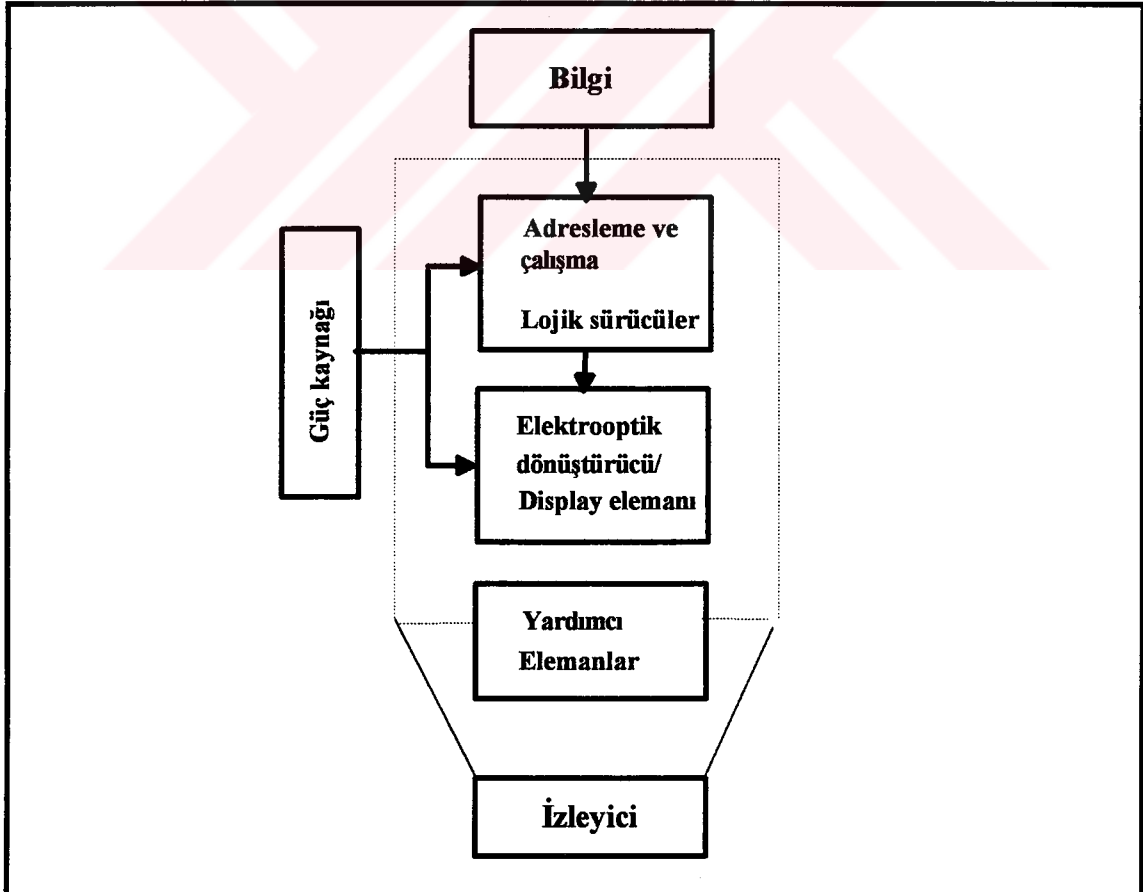


2. BÖLÜM

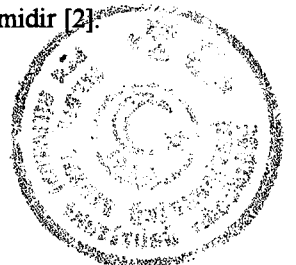
ELEKTRONİK DİSPLAYLER

Bir teknik sistemi kontrol etmek için, bu sistem ile insan arasında bir iletişim gereklidir. Prensipte olarak, bütün duyu organları insan-makina iletişimi için kullanılabilir. Fakat çok yönlü bir iletişim ancak göz vasıtasıyla yapılabilmektedir. Çünkü yazı formundaki gibi ardışıl veya resim formundaki gibi paralel, karmaşık bilgiler göz vasıtasıyla sezebilir. Display cihazları, elektriksel işaretleri özel olarak oluşturulmuş görülebilir işaretlere dönüştürürler.

Elektronik display cihazları birkaç kısımdan oluşur. (Şekil 2.1.) Bunlardan birincisi, elektriksel işaretin uygulanması ile görünümü değişen elektrooptik display elemanlarıdır. Elektriksel bilgi genellikle bazı lojik işlemlerden geçirilir ve display elemanlarını aktif edebilmesi için yükseltilir. Bazen bu elemanların dışarıdan güç kaynakları tarafından beslenmesi gerekir. Birçok durumda, gösterilecek bilgiyi daha kolay oluşturmak için yardımcı elemanlar eklenir.



Şekil 2.1. Bir elektronik display cihazının yapısı. Kesikli çizginin içindeki alan display birimidir [2].



Display cihazları kullanıcı ve makina arasındaki görsel arabirimdir. Bu arabirimde iki gereksinim yerine getirilmelidir. (1) İnsanın görme gücü ve anatomik gereksinimlerine display elemanının uyarlanması. (2) Kolay yorumlama ve minimum okuma hatası için görsel bilginin optimizasyonu.

Display cihazlarını sınıflandırmak için yaygın olan üç yol vardır. İlki display elemanlarının sayısına göre sınıflandırmaktır. İkinci sınıflandırma adresleme metoduna dayanır. Düşük çözünürlüğe (resolusyon) sahip displaylerde, her resim elemanı tek tek adreslenebilir. Orta ve yüksek çözünürlüğe sahip displaylerde, kullanılan iki adresleme tekniği kısa bir zamanda bir çok resim elemanının adreslenmesine izin verir. (1) Taramalı displayler. (2) Matris displayler.

Taramalı displaylerde ekran, istenilen görüntüyü (paterni) üretmek için bir ışık demeti veya elektron demeti tarafından taranır. En önemli taramalı display CRT' dir. Matris displaylerde ise, display ekranı iki boyutlu matristen oluşur ve görüntü her bir bireysel elemanı elektriksel olarak aktif ederek oluşturulur. Çoğu durumda aktivasyon satır satır yapılır. Görüntüyü oluşturmak için bir satır daha sonra diğeri adreslenir. Sıvı kristal displayler ve electroluminesans displayler (ELD), matris displaylere örnektir.

Üçüncü sınıflandırma yöntemi bilgiyi gösterme metoduna dayanır. Buna göre displayler üç grupta sınıflandırılabilir. (1) Ekransız (Off-screen) displayler. (2) Yansıtımlı (Projection) displayler. (3) Doğrudan görüntü display cihazları. Ekransız cihazlarda görüntü ekran üzerinde görünmez, bunun yerine gerçek veya zahiri görüntü uzayda varmış gibi algılanır. Bunun örnekleri holografik (holographic) displayler veya aircraft ve helikopterlerde kullanılan baş üstü (head-up) ve miğfere monte edilmiş (helmet-mounted) displaylerdir.

Yansıtıcı displayler, optik görüntü kaynağından ayrılmış bir ekran kullanır. Günümüzde yansıtıcı displayler geniş dinleyici kitlesinin bilgilendirilmesinde ve eğlendirilmesinde kullanılırlar. Doğrudan görüntü displaylerinde görüntü, cihazın üzerinde ya da çok yakınında yaratılır. Doğrudan görüntü displayleri en yaygın kullanılan display çeşitleridir. Doğrudan görüntü displaylerinin en bilineni , uzun geçmişi ve birçok alanda kullanılması nedeniyle CRT' dir. Değişik CRT çeşitleri icad edilmiş ve gerçekleştirilmiştir, fakat hepsinin çalışma mekanizması aynıdır. Bununla beraber CRT'ler büyük, derin ve ağırdır, ayrıca yüksek gerilim gerektirir. Düz panel displayleri oluşturan çok sayıdaki yeni teknolojilerin önemi giderek artmaktadır. Bu teknolojiler şimdiden bazı yerlerde kullanılmakta ve giderek CRT'nin yerini almak için uğraşmaktadır.

Düz panellerde bilginin görüntülenmesi için bir çok fiziksel ve kimyasal etki keşfedilmiştir. Optik işareti ışık üreterek görüntüleyen displayler **aktif display**, üzerine düşen ışığı yansıtarak, dağıtarak,



karıştırarak veya benzeri bir olayla module edip görüntüleyen displayler ise pasif display olarak adlandırılır. Tablo 2.1. de tipik elektronik display cihazları verilmiştir [2].

Tablo 2.1. Tipik elektronik display cihazları.[3]

Aktif Displayler	Pasif Displayler
CRT (cathode ray tube)	LCD (liquid crystal display)
PDP (plasma display panel)	ECD (electrochemical display)
ELD (electroluminescent display)	EPID (electrophoretic image display)
VFD (vacuum fluorescent display)	SPD (suspended particle display)
LED (light -emitting diode)	TBD (twisting ball display)
	PLZT (transparent ceramics display)

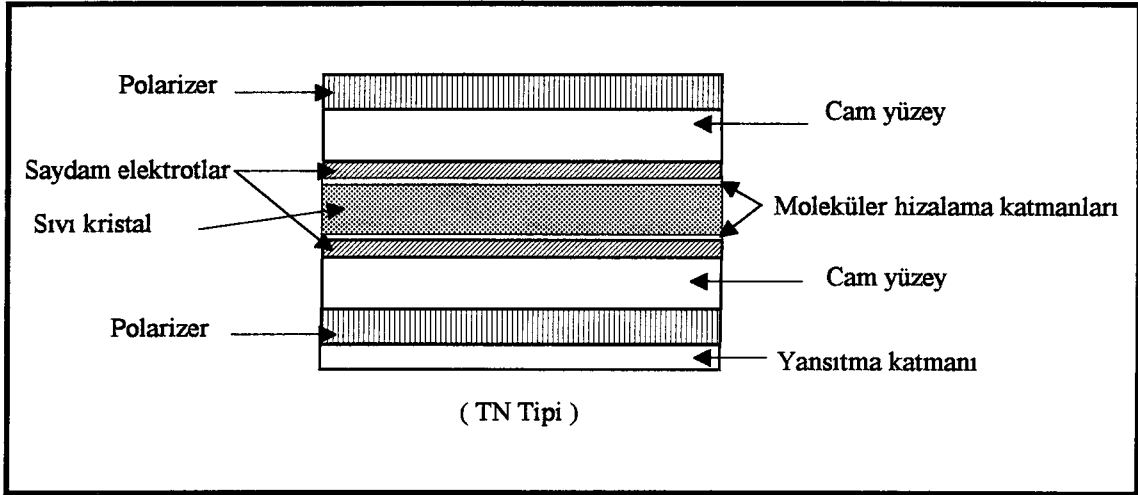
2.1. ELEKTRONİK DISPLAYLERİN TEMEL PRENSİPLERİ, YAPILARI VE MALZEMELERİ

2.1.1. Sıvı Kristal Display (LCD)

Sıvı kristal displayde sıvı kristalin moleküllerinin yönü uygulanan gerilim ile değişir. Bunun sonucu olarak çift kırılma, optik dönme, veya optik saçılma gibi optik karakteristiklerde değişim meydana gelir. Optik karakteristiklerde meydana gelen değişim moleküllerin yeniden yönlendirilmesine neden olur ve moleküllerin yönlerinin değişmesi onların görünür yada görünmez olmasını sağlar. Diğer bir deyişle LCD, sıvı kristal hücre içindeki ışık modülasyonunu kullanan pasif bir display cihazıdır. Sıvı kristal hücre, aralarında yaklaşık 10µm kalınlığında sıvı kristal bulunan iki cam yüzeyden oluşmuştur. Cam yüzeylerin üzerlerinde saydam elektrotlar bulunmaktadır ve elektrotların yüzeyi sıvı kristal moleküllerine sabit yön vermek için molekül yönlendirme filmi ile kaplanmıştır. Şekil 2.2. de sıvı kristal displayin yapısı gösterilmiştir.

En yaygın kullanılan LCD tipi , sıvı kristalin moleküler yönünün elektrotlar arasında 90° döndürüldüğü TN (twisted Nematic) 'dir. Uygulanan gerilim ile döndürülen moleküller görünmez olur çapraz kutuplanan elemanlar (parlak V=0 ve karanlık V=V) arasına sıvı kristal hücreler konarak görünürlük elde edilir. TN tipinde kullanılan sıvı kristaller, bifenil, fenilsiloheksan , sikloheksilkarboksilik esterlerdir.

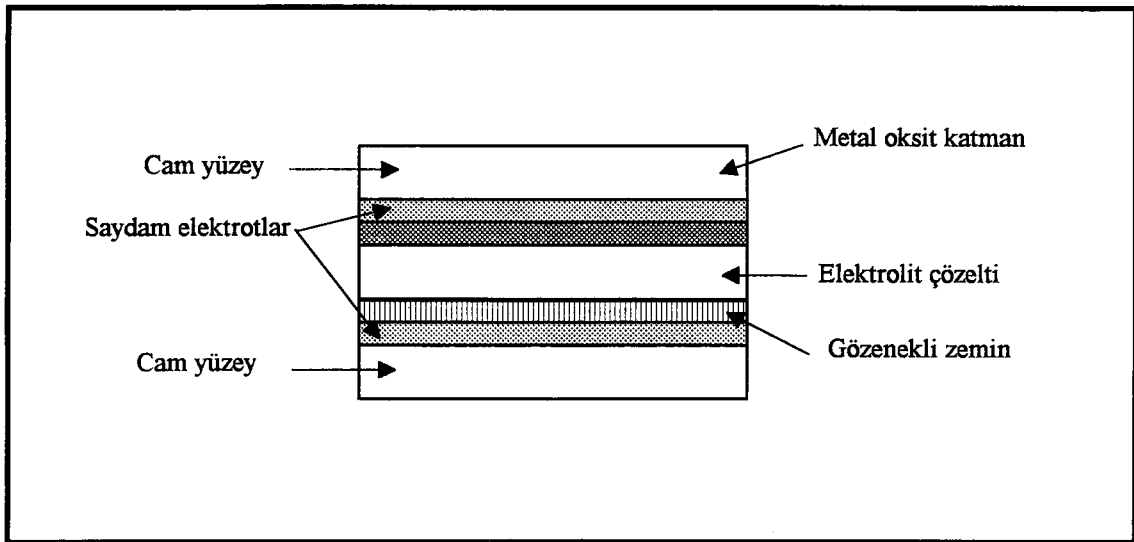




Şekil 2.2. Sıvı kristal (LCD) displayin yapısı [3].

2.1.2. Elektrokimyasal Displayler (ECD)

Elektrokimyasal displayler , organik veya inorganik bazı katı ve sıvı malzemelerde oluşan elektrokimyasal oksitlenme-indirgenme reaksiyonunun neden olduğu tersine çevrilebilir renk değişimini kullanan pasif display cihazlarıdır. Elektrokimyasal displaylerde kullanılmak üzere çeşitli malzemeler önerilmiştir. Bu malzemeler, amorf tungsten oksit ($a-WO_3$), molibden oksit (MO_3), iridyum oksit (IrO_2) gibi geçiş metallerinin oksitleri, kobalt bipiridin gibi organik bileşikler,alkali metallerin difitalosyeni, gümüş iyodid ve çeşitli redoks bileşikleri ve pigmentlerdir.



Şekil 2.3. Elektrokimyasal displayin yapısı [3].

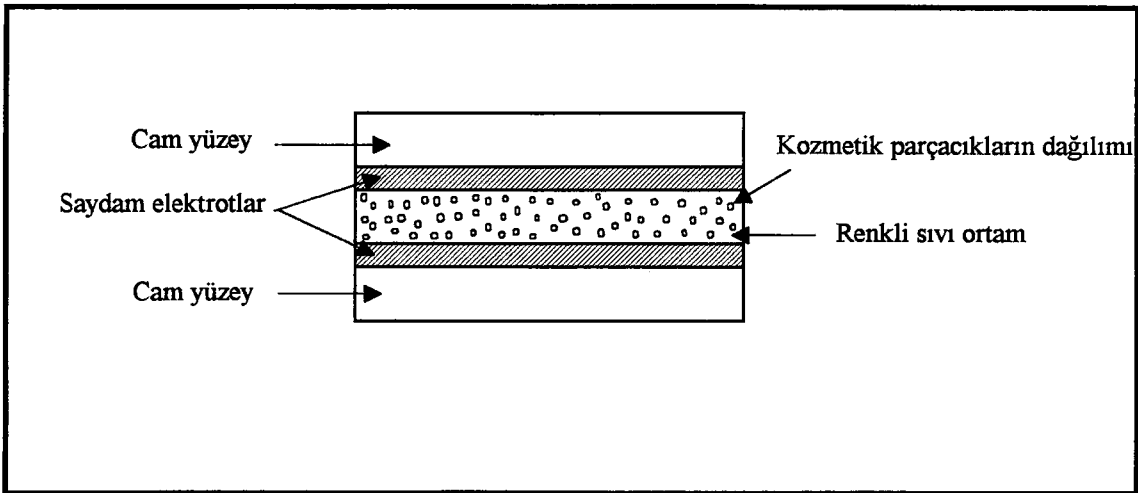


Temel ECD yapısı, (amorf molibden oksit kullanılmışsa) üzerinde saydam elektrotlar bulunan ön cam yüzey, $0.3 - 1\mu$ kalınlığında WO_3 film, karşı elektrotların bulunduğu arka cam yüzey ve gözenekli beyaz zeminden oluşmuştur. Cam yüzeylerin arasındaki boşluk sülfürik asit veya lityum perklorat gibi bir elektrolit çözeltiyle doldurulmuştur. ECD hücresinin ön yüz elektrotlarına negatif bir potansiyel uygulandığında WO_3 film maviye döner. Bu renklenme proton ve elektronların WO_3 içerisine aynı zamanda enjeksiyonunun neden olduğu tungsten bronz (H_XWO_3 , $0 < X < 1$ için) oluşumu sebebiyledir. Renklenme gerilim kesilse bile kalır ters potansiyelde bir gerilim uygulanarak ortadan kaldırılabılır. ECD' in yapısı Şekil 2.3.de verilmiştir.

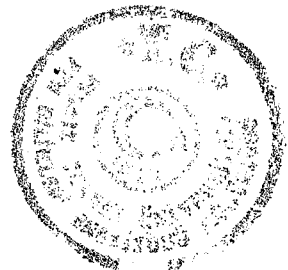
2.1.3. Electroforetik Görüntü Displayleri (EPID)

Bir sıvı içine dağılmış ince parçacıkların homojen karışımında çift elektrik katmanı dağılmış parçacıkların ya negatif ya da pozitif olarak yüklenmesine göre oluşur. Böyle bir homojen karışıma eğer bir dc gerilim uygulanıyorsa asılı parçacıklar Coulomb kuvveti nedeniyle karışım içine göç edecektir. EPID elektriksel göç olayını kullanır.

Bir EPID hücresinin temel yapısı şöyledir, en az bir tanesi saydam olan iki elektrot yüzeyinin arası yaklaşık $50\mu m$ kalınlığında homojen karışım ile doldurulmuştur. Örneğin maviye boyanan bir organik solventte dağılmış mikrometre boyutundaki beyaz pigmentler. Bu hücreye bir dc gerilim uygulandığında yüklenen beyaz parçacıklar yükün polaritesine göre elektrot yüzeylerinden birine gider ve yüzeye yapışır. Böylece displayin gerilim uygulanan parçaları beyaz olacak gerilim uygulanmayan parçaları ise mavi kalacaktır. Tersi renklerde display yapmakta olasıdır. Bu display gerilim kesildikten sonra da uzun süre değişmeden kalır. EPID'in yapısı Şekil 2.4.deki gibidir.



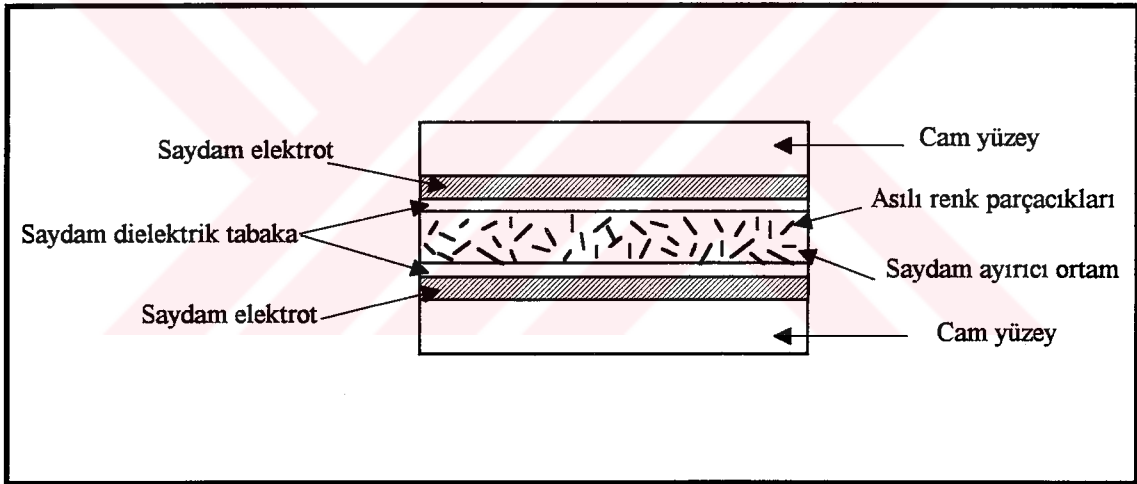
Şekil 2.4. Elektroforetik şekil displayinin yapısı [3].



2.1.4. Asılı Parçacık Displayi (SPD)

Bu tip display üzerlerine ince dielektrik film kaplanmış iki saydam elektrot yüzeye sahiptir. Bu yüzeylerin arası yaklaşık 50 μm kalınlığında bir homojen karışım ile doldurulmuştur. İğne veya düzlem şeklinde renkli parçacıklar renksiz sıvı içinde asılıdır.

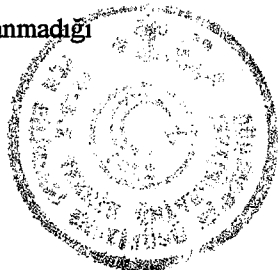
Gerilim uygulanmadığında asılı parçacıklar Brownian hareketi nedeniyle rastgele yönlere sahiptirler ve yüzeye düşen ışık ya soğurulur ya da saçılmaya uğratılır ve bu durumda hücre ışık geçirmez. Eğer gerilim uygulanırsa asılı parçacıklar dielektriksel olarak kendilerinin uzun eksenleri boyunca kutuplanırlar ve yönleri elektrik akımının yönündedir. Bu durumda hücre yüzeyine düşen ışığı geçirir. Uygulanan gerilim AC'dir ve bellek özelliği yoktur. Aslında asılı parçacık olarak iğne şeklindeki metal parçacıklar kullanılmıştır, fakat günümüzde mavi, organik iyodid kristalleri kullanılmaktadır. Bu displayin yapısı Şekil 2.5.de gösterilmiştir.



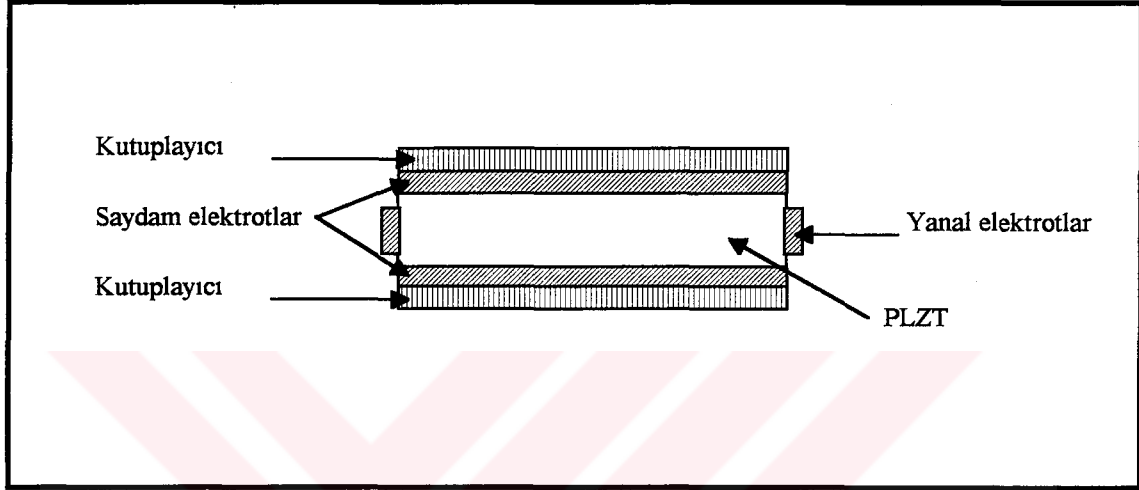
Şekil 2.5. Asılı parçacık displayinin yapısı [3].

2.1.5. Saydam Seramik Display (PLZT)

Saydam ferroelektrik seramik PLZT $[(\text{Pb}, \text{La})(\text{Zr}, \text{Ti})\text{O}_3]$, normalde rastgele alan yönelimine sahiptir ve bu nedenle optik olarak tümüyle izotropiktir. Bununla beraber eğer bir gerilim uygulanırsa kendi alanlarında elektrik alan yönünde sıralanırlar ve optik eksenleri de düzenlenir. Böylece tek eksenli kristalde üretilene (Pockels etkisi) benzer şekilde çift kırılma meydana gelir. 25-100 μm kalınlığında PLZT seramik yüzey üzerinde saydam elektrotlar oluşturulmuş ve elektrotlar üzerine çapraz kutuplama elemanları yerleştirilmiştir. Bu şekilde oluşturulmuş hücre, üzerine düşen ışığı gerilim uygulanmadığı



zaman geçirmez, gerilim uygulandığında ise geçirir. Böylece kalıcı display fonksiyonu üretilir ve displayi silmek için PLZT tabakasının her iki kenarında özel silme elektrotları oluşturmak gereklidir. PLZT display yukarıda tanımlanan Pockels etkisinden başka elektrooptik saçılma etkisini de kullanır. Bu displayin yapısı Şekil 2.6. da verilmiştir.

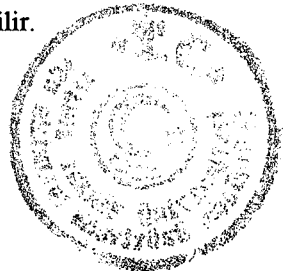


Şekil 2.6. Saydam seramik displayin yapısı [3].

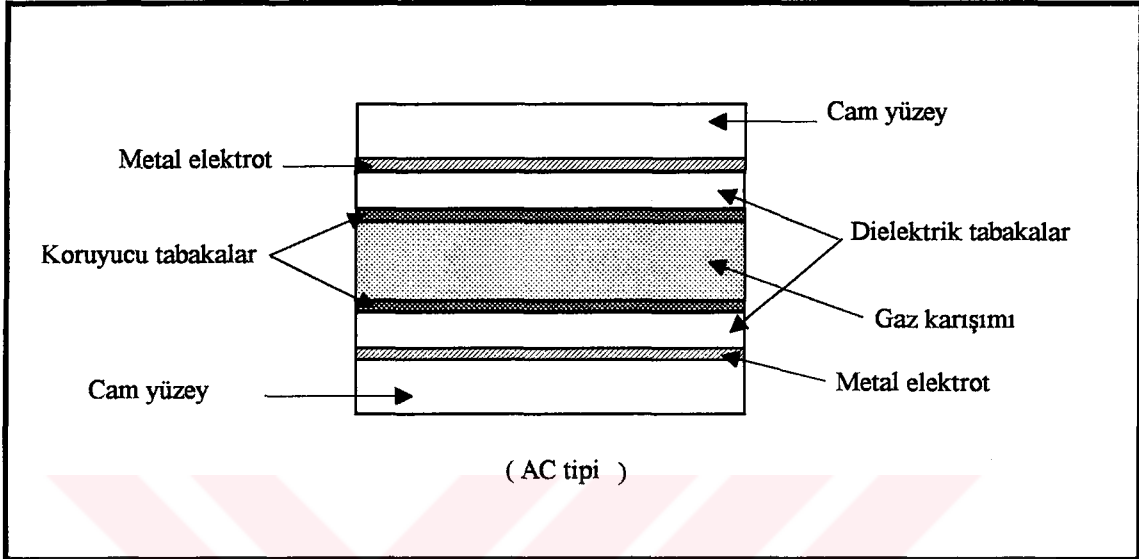
2.1.6. Plazma Display Panel (PDP)

Plazma display cihazı matris elektrotların kesişme noktalarında gazdaki plazma deşarj vasıtasıyla üretilen ışığı kullanır. Temel yapısı üzerlerinde satır ve sütun elektrotlarının oluşturulduğu iki cam yüzeyden oluşmuştur. Bu iki yüzey arasındaki boşluk bir kaç yüz Torr basıncında gaz ile doldurulmuştur. Gaz olarak genellikle neon veya neon temelli bir karışım kullanılır. Plazma displayin iki tipi vardır. Biri elektrotların deşarjın olduğu gaza temas ettiği DC (doğrudan deşarj) tipidir, diğer tip olan AC (dolaylı deşarj) tipinde ise elektrotların üzeri dielektrik tabaka ile kaplanmıştır. Displayin rengi her iki tipte de kırmızı-portakaldır.

AC tipinde deşarj sonrasında dielektrik tabaka üzerinde kalan elektrik yükü, deşarjı başlatmak için gereken gerilimden daha düşük bir gerilimde deşarjın sürdürülmesini sağlar. Böylece aynı zamanda bellek fonksiyonu da elde edilmiş olur. Bu kapasitif etki nedeniyle AC tip plazma displayin çalışma gerilimi DC tipinden daha düşüktür. Fakat ışık veriminde azalma olmaz. Diğer taraftan DC tipin yapısı daha basit tir ve taramalı sürücü devre ile çalışır ve ışık deşarj akımı ile kolayca kontrol edilebilir.



Deşarj sonucunda çıkan UV ışığın display yüzeyine kaplanan fosforu uyarması ile çok renkli display gerçekleştirilebilir. AC plazma displayin yapısı Şekil 2.7.de gösterilmiştir.



Şekil 2.7. Plazma displayin yapısı [3].

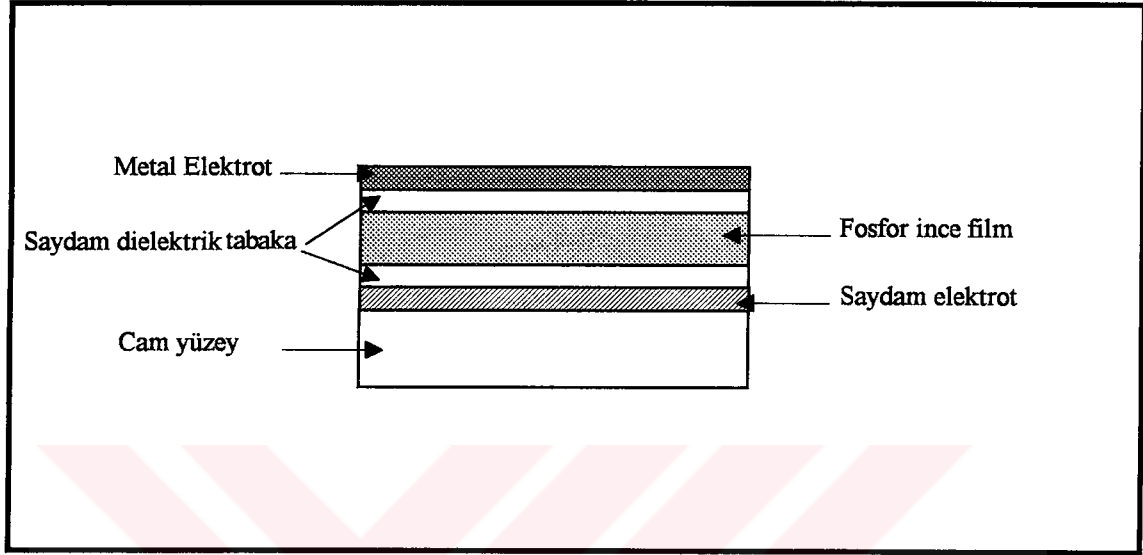
2.1.7. Elektroluminesans Display (ELD)

Çinko sülfür (ZnS) ve katalizör olarak eklenen mangan (sarı-portakal rengi), bakır (kırmızı), veya terbiyum florid (yeşil) gibi matris malzemeleri kapsayan fosfor tabakasına gerilim uygulandığında ışımaya merkezleri oluşur ve böylece katalizör tarafından belirlenen renk elde edilir. Elektroluminesans display varolan elektroluminesans etkiyi kullanan bir cihazdır. Bu displayin iki tipi vardır. Toz- ELD 'de iki elektrot arasına toz halinde fosfor yayılmıştır. İnce film - ELD'de ise ince film şeklinde fosfor kullanılmaktadır. Bu tip değişken akım ve doğru akım olarak kendi içinde ikiye ayrılabilir.

En bilinen ELD AC tipinde olup üç katmanlı yapıya sahiptir. Toplam film kalınlığı yaklaşık $1\mu m$ dir. İçinde çinko sülfür ve mangan olan fosfor film dielektrik tabakaların arasında iki elektrotun ortasına yerleştirilmiştir. Işıma mekanizması şu şekildedir. Gerilim uygulandığında elektronlar fosfor tabakası ve dielektrik tabaka arasındaki sınırdaki tutulur ve fosfor tabakası içine bırakılır ve yüksek elektrik alanında hızlandırılarak yüksek enerji kazanırlar. Bu elektronlardan bir tanesi ışımaya merkezine direk olarak çarparsa ışımaya merkezi enerjilenir ve enerjilenmiş durumdan temel enerji seviyesine dönerken foton yayar ve ışımaya oluşur. Eğer bir alternatif akım ile sürülüyorsa bu durumda her bir döngüde ışık verir.



Ayrıca fosfor tabakası ve dielektrik tabakası arasındaki sınırdaki depolanan elektronlar vasıtasıyla bellek fonksiyonu sağlanır. Elektroluminesans displayin yapısı Şekil 2.8.de verilmiştir.

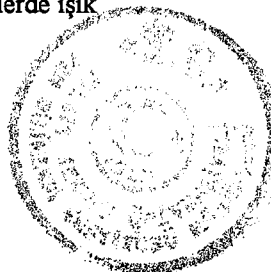


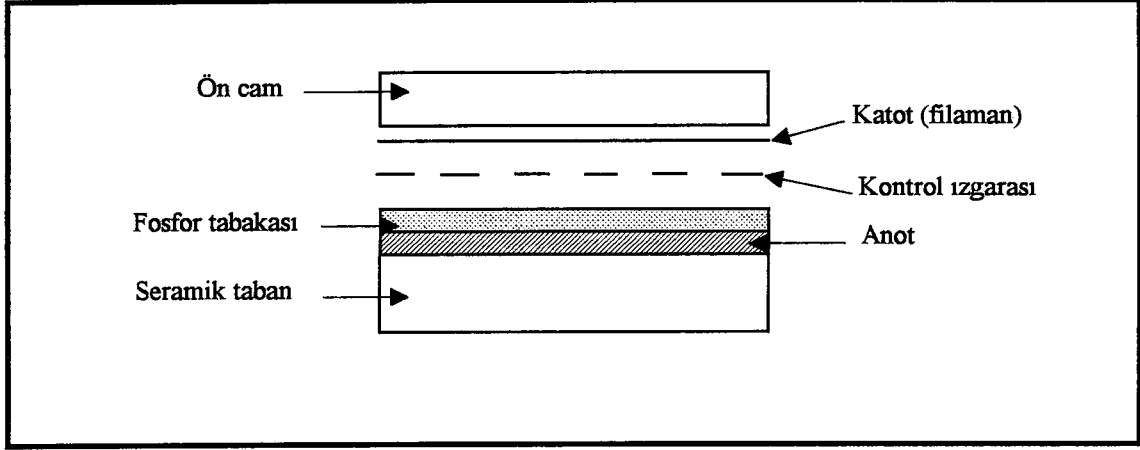
Şekil 2.8. Elektroluminesans displayin yapısı [3].

2.1.8. Vakum Floresan Display

Vakum floresan display düşük hızlı elektron demetiyle fosforun uyarılması durumunda oluşan ışıma etkisini kullanan displaydir. CRT ile aynı katod ışını nın ışık üretme etkisini kullanır, fakat CRT elektron demeti ile tarayarak görüntü oluşturur. Halbuki VFD'nin çalışması oldukça farklıdır, gerilim seçici olarak ızgara ve anoda uygulanır. Yapısı Şekil 2.9.daki gibidir.

VFD'nin temel yapısı triyoda benzer ve bir ön cam, katot (filaman), kontrol ızgarası ve üzerine fosfor bulunan bir anottan ve bu anaotu destekleyen bir taban yüzeyden oluşmuştur. Bir ısıtma akımı, oksit katot malzemesi ile kaplanmış olan katoda doğru geçtiğinde ısıtılan elektronlar serbest kalır. (yaklaşık 650°C) Bu elektronlar önce yayılır ve metal ağ yapısındaki kontrol ızgarası tarafından hızlandırılır. Daha sonra segmentlere ayrılmış ve üzerinde fosfor bulunan anota çarparlar ve fosforun ışımasına neden olurlar. Segmentlerin ışıması için kesinlikle pozitif gerilim uygulanmalıdır. Segmentlere ve buna karşılık gelen grid parçalarına negatif gerilim uygulanırsa görüntü oluşmaz. Fosfor olarak düşük hızlı elektron demetiyle yüksek verim sağlanan mavi-yeşil ışık yayan ZnO:Zn fosfor kullanılır. Ayrıca ışıma verimi düşük olmasına rağmen kırmızı, sarı, mavi ve diğer renklerde ışık yayan fosforlar geliştirilmiştir.



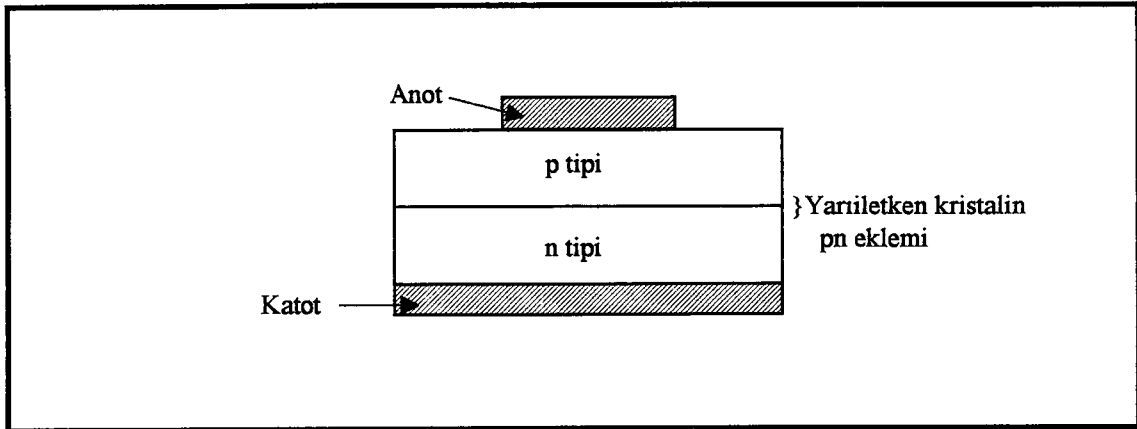


Şekil 2.9. Vakum floresan displayin yapısı [3].

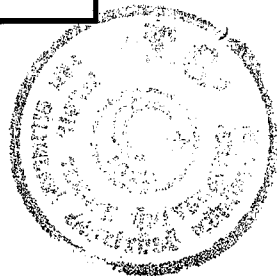
2.1.9. Işık Yayan Diyotlar (LED)

LED bir yarıiletken optoelektronik dönüştürücüdür. Yük taşıyıcıları ve elektronları barındıran n tipi bir yarıiletken kristal ve pozitif deliklere sahip bir p tipi yarıiletken kristal ekleminden oluşmuştur. p tipi kristal üzerindeki anota pozitif gerilim ve n tipi kristal üzerindeki katoda negatif gerilim uygulanır. Bundan sonra, n bölgesi için azınlık yük taşıyıcıları olan pozitif delikler p -tipi bölgeden n-tipi bölgeye geçtiği zaman (aynı zamanda elektronlarda n- tipi bölgeden p- tipi bölgeye geçer.) böylece çoğunluk yük taşıyıcıları olan elektronlarla birleşirler. Bu birleşme enerjisi ışığa dönüşür.

Bu birleşmeden oluşan ışığın rengi LED yarıiletken kristalin geçiş bandına bağlıdır. LED kristalleri genellikle III-V grubu bileşik yarıiletken kristalleridir.Örneğin, GaP (kırmızı), GaP (yeşil), GaAsP (sarı-turuncu) ve GaAlAs (kırmızı) [3]. Yapısı Şekil 2.10.daki gibidir.

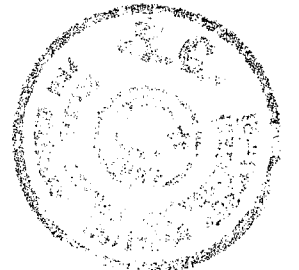


Şekil 2.10. Işık yayan diyotun yapısı [3].



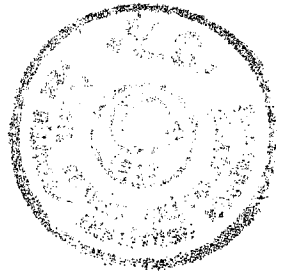
Tablo 2.2. Elektronik displaylerin karakteristik ve performansları [3].

Display Özellikleri	LCD	ECD	EPID	SPD	PLZT	AC-PDP	DC-PDP	ELD	VFD	LED
Çalışma gerilimi (V)	A.c. 2-5	D.c. 0.5-3	D.c. yaklaşık 50	A.c. 5-10	A.c. 50-100	90-150	180-250	A.c. 160-220	D.c. 12-40	D.c. 2-5
Akım tüketimi (uA/cm)	1-10	>5 mC/cm	yaklaşık 10	1-10	yaklaşık 50	1-10 mA/cm	1-10 mA/cm	1-10 mA/cm	Birkaç mA/cm	yaklaşık 10 mA/cm
Kontrast	10-20	yaklaşık 15	10-25	10-30	yaklaşık 10	yaklaşık 30	yaklaşık 35	yaklaşık 40	yaklaşık 50	yaklaşık 40
Cevap süresi (ms)	30-150	yaklaşık 500	50-200	100-300	1-10	10-20 μ s	yaklaşık 100 μ s	yaklaşık 10 μ s	120	< μ s
Işık / parlaklık (fL)	Orta derecede	İyi	İyi	İyi	Orta derecede	30-40	40-50	20-30	120	yaklaşık 50
Işık verimi (lm/W)	—	—	—	—	—	0.3	0.1	0.3-1.5	yaklaşık 10	0.1-1.5
Display renkleri	Siyah-beyaz tek renkli , çok renkli	Mavi,kırmızı -leylek	Tek renkli	Mavi, vs.	Siyah ve beyaz	Kırmızı-turuncu	Kırmızı-turuncu, vs.	Sarı-turuncu, vs.	Yeşil,vs.	kırmızı, sarı turuncu,yeşil
Bellek fonksiyonu	Bazen	Evet	Evet	Hayır	Evet	Evet	Hayır	Evet	Hayır	Hayır
Çalışma ömrü	İyi	Orta	Orta	Orta	İyi	İyi	İyi	Oldukça iyi	İyi	İyi



Tablo 2.3. Elektronik displaylerin elektronik karakteristiklerinin karşılaştırılması [3].

Karakteristikler	LCD	ECD	EPID	SPD	PDP	ELD	VFD	LED
Tam renkli display	Evet	Hayır	Hayır	Hayır	Evet	Hayır	Oldukça iyi	Orta
Geniş display alanı (cm)	Evet (270)	Evet	Evet	Evet	Evet (280)	Evet (120)	Orta (110)	Orta (200)
Büyük display kapasitesi (pikseller)	oldukça geniş (1.6x10)	Hayır	Hayır	Orta	Evet (2.6x10)	Evet (1.3x10)	oldukça geniş (7.7x10)	oldukça geniş (7.7 x10)
Yüksek çözünürlük(piksel aralığı,mm)	Evet (0.3)	Orta	Orta	Orta	oldukça iyi (0.33)	iyi (0.3)	oldukça iyi (0.38)	orta (0.5)
Display kapasitesi	Orta	İyi	İyi	İyi	oldukça iyi	iyi	oldukça iyi	oldukça iyi
Display kalınlığı (mm)	Yaklaşık 10	—	—	—	Yaklaşık 90	Yaklaşık 30	yaklaşık 40	—



Yapıları, malzemeleri ve temel prensipleri yukarıda anlatılan displaylerin karakteristik ve performansları açısından karşılaştırılmaları Tablo 2.2.de verilmiştir. Bu displaylerin elektronik karakteristikleri açısından karşılaştırılmaları ise Tablo 2.3.de yapılmıştır.

DISPLAY PAZARI

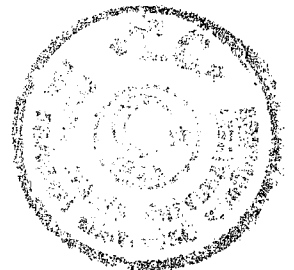
Günümüzde elektronik display endüstrisi milyonlarca dolarlık bir endüstridir. 1995'te düz panel displaylere yaklaşık 10 milyon dolar harcanmıştır. 2000 yılında bu endüstrinin 22 milyon dolara ulaşacağı düşünülmektedir.

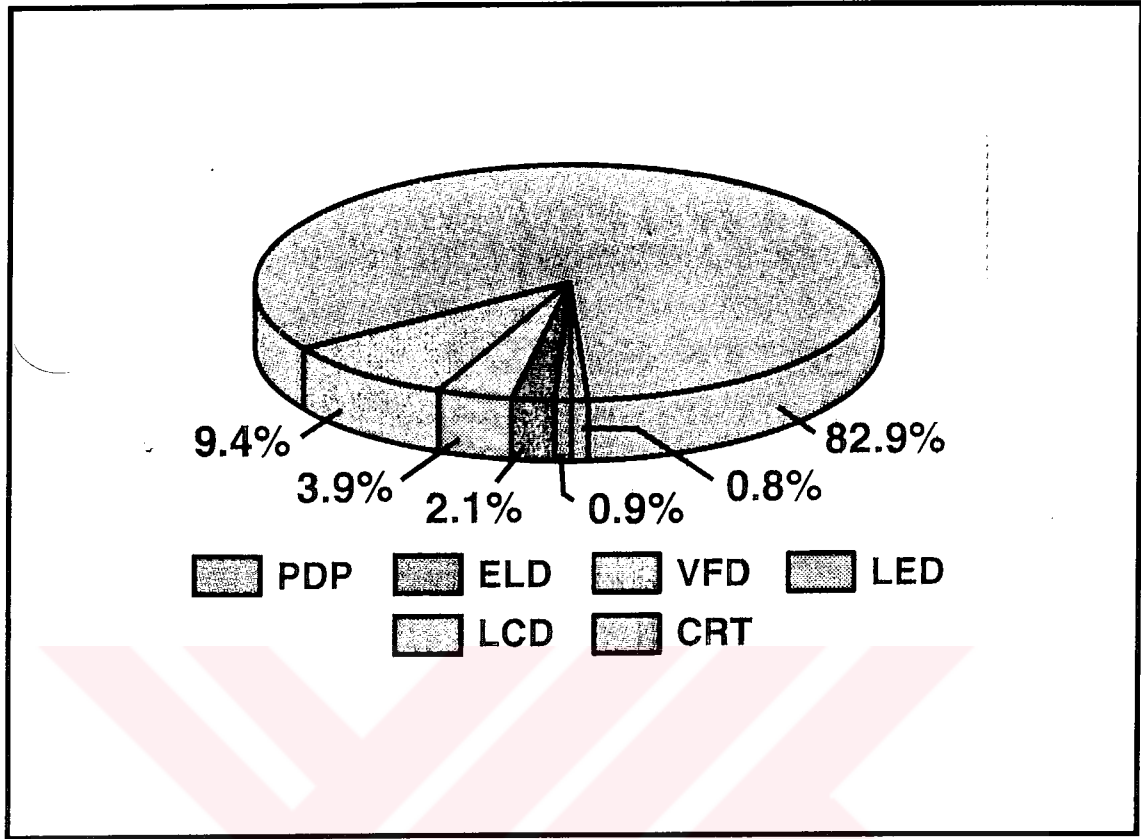
Avrupa display pazarı dünya pazarında %16 lık paya sahiptir ve bu yaklaşık olarak 3 milyar dolara karşılık gelmektedir. CRT hakim teknoloji olarak kalmıştır ve halen %80 pazar payını elinde tutmaktadır.

Display teknolojisi, field emission displayler (FED), elektroluminescent displayler (ELD), plazma display paneller (PDP), likid kristal display (LCD) ve katod ışın tüpü (CRT)' yi kapsamaktadır. Bu displayler sayesinde daha küçük ve taşınabilir komputer, terminal ve bilgi işleme sistemleri yapılabilecektir [3].

Bunların arasında ümit vadeden teknoloji, hafifliği ve büyük boyutlarda (yaklaşık olarak 30 inch'den daha büyük) yapılabilmesi nedeniyle PDP teknolojisidir. 1993 yılında PDP'lerin yaklaşık 120 milyon dolarlık satış rakamına ulaştığı rapor edilmiştir, bu rakam 1995'de 258 milyon dolara ulaşmıştır. 1998'de 393 milyon dolar olacağı tahmin edilmektedir. Renkli PDP'ler henüz piyasaya çıkmış bulunmaktadır ve 20 inch'lik bir renkli displayin fiyatı yaklaşık 5000 dolardır. Duvara asılabilen 1-2 metrelik PDP' lerin ticari gelişiminden önce, displaylerin ışık çıkışının, verimi ve ömrünün artırılması yönünde yoğun çalışmalar sürmektedir. Bu teknolojik yarışta, büyük ekran display tasarım teknolojisindeki üstünlükleri display piyasasında üstün bir yer edinmesini sağlayacaktır [5].

ABD display konsorsiyumu (USDC) düz paneller açısından ABD'deki tüm şirketlerin %95 ini temsil eder. Aşağıdaki tablo düz panel teknolojisini geliştiren ve \veya üreten şirketlerin profilini verir. USDC (United States Display Consortium) üyelerinin kalanları genellikle düz panel kullanıcılarıdır. Örneğin AT&T, Xerox, Apple, Sun, HP, Compaq, IBM, Digital, GM, Crysler, Rockwell, Honeywell ve Litton'a ilave olarak malzeme üreticilerinin de katabiliriz [4].





Şekil 2.11. Avrupa display pazarı [5].



Tablo 2.2. USDC (United States Display Consortium) Üretici ve Geliştiricileri [2]

Firma	Çalışan sayısı	İmkânı ft ²	Teknolojisi	Faaliyeti	Kapasitesi
AT&T	50-60	10.000 araştırma	Büyük alanlı TFT AMLCD	Prototip aşamasında	Araştırma miktarında
Coloray	35	25.000pilot 175 gelecekte	Field emitter display	R&D ve üretim	500000 disp/yıl
Electroplasma	60	69000	AC Plasma	Üretim	12000 panel/yıl
Kent display systems	30	21,500	LCD	Ürüngeliştirme ve üretim	120000 disp/yıl
Kopin	90	25000 +75000	Tek kristalli silicon AM display	R&D ve üretim	Üretim yok
Motif	15	30,000	Aktif adreslemeli LCD	R&D	Prototip
Westinghouse-Norden	40	15,000	Yüksek performanslı TFEL	R&D ,prototip ve üretim	5000 disp/yıl
Optical Imaging System (OIS)	230	110,000	Yüksek rezolusyonlu TFT AMLCD	R&D ve üretim	40000 panel/yıl
Photonics Imaging	40	40,000	Büyük alanlı, yüksek rezolusyonlu renkli ve monokrom ACPDP	R&D ve üretim	5000 20 inch monitör/yıl
Plasmaco	29	60,000	Büyük alanlı, yüksek rezolusyonlu ACPDP	R&D ve üretim	10000 disp/yıl
Planar	400 ün üzerinde	83,500+90000 +27,500	Renkli ve monokrom EL ve CRT	R&D ve üretim	12500 üzerinde disp/yıl
SI Diamond	70	35,000	Diamonds FED	R&D	üretim yok
Silicon Video	85	30000 araştırma 70000 pilot	İnce CRT	R&D ve ürün geliştirme	Araştırma miktarında
Standish Industries	300	55,000	Pasif STN-LCD	R&D ve üretim	23 milyon display/yıl
Three-Five Systems	1,400	yaklaşık 95000	Pasif LCD, matris ve segment display	Dizayn,geliştirm e ve üretim	1-2 milyon disp/ay
Xerox	100+	henüz çalışmıyor	TFT AMLCD	R&D	Pilot üretim



3. BÖLÜM

PLAZMA DISPLAYLERİN FİZİĞİ

3.1.GAZ DEŞARJI

Gazdeşarjı terimi bir gaz ortamında akan elektrik akımını tanımlamak için kullanılır. Böyle bir akımın geçebilmesi için gaz parçacıkları iyonlarına ayrılmış olmalıdır ve akımı oluşturan yüklü parçacıkları sürmek için bir elektrik alan bulunmalıdır.

Gazdeşarjı çok geniş bir aralıktaki gaz basıncında oluşur ve taşınan akımın ölçülebilen değerleri nA'lerden Amperlere kadar uzanır. Bunlar kararlı durum işlemleri veya çok kısa süreli geçişler olabilir. Gazdeşarjının davranışı genellikle elektriksel devrenin özelliklerinden etkilenir.

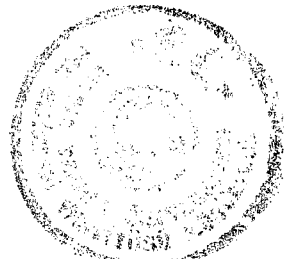
Plasma, pozitif ve negatif parçacıklar içeren fakat net yük içermeyen gaz olarak tanımlanır. Bütün gazdeşarj displayleri, gazın plasma halinden yararlanır ve bu nedenle **plasma displayler** olarak adlandırılırlar [1].

Kararlı durumdaki gazdeşarjı taşıdığı akıma göre üç bölgeye ayrılabilir. Bunlar;

1. Townsend veya karanlıkdeşarj, 10^{-6} A kadar akım taşır.
2. Işımadeşarjı, yaklaşık 10^{-6} ila 10^{-1} A kadar akım taşır.
3. Arkdeşarjı, 10^{-1} A ve yukarısında akım taşır.

Townsenddeşarjı çok küçük akımlar tarafından karakterize edilir ve gözle görünmez. Uyarılan atomların yoğunluğu az olduğundan buna karşılık olarak görülebilir ışık da azdır. Kendisi tamamen iyonlaşma sağlayamadığından ve negatif elektrottan elektronları üretmek için bir dış etkiye gereksinim duyduğundan kendiliğinden devam eden (self- sustaining)deşarj değildir. Elektron üretmek için gereken bu etkiler ultraviyole ışık, X ışını veya kozmik ışın olabilir. Gaz gerçekten kırılmaz. Bu tipe örnek, bir yüklü iletkenin çevresindeki gaza doğru oluşan kaçaktır. Townsenddeşarjı, birkaç milimetre civa basıncındaki gaz içinde bulunan iki elektrot arasına 100 V civarında bir potansiyel uygulayarak ve akan akımı ölçmek için yeterince hassas cihazlar kullanılarak kolayca gözlenebilir.

Eğerdeşarj tüpü boyunca Townsenddeşarjı oluşturan gerilim artırılırsa akım, ani olarak birkaç mertebe artar. Akımın ani olarak arttığı bu noktaya **kırılma noktası** denir. Kırılma noktası elektrodların arasındaki uzaklığa, gazın basıncına ve kullanılan gaza bağlı olarak iki veya üç yüz volt üzerindeki bir gerilimde meydana gelir. Bir kez kırılma meydana gelincedeşarj kendinden sürer (self -



sustaining), gaz ve devre koşullarına bağlı olarak ışıma veya arkdeşarjı şeklini alır. Her iki durumda da gaz ışık verir.

Eğer basınç birkaç milimetre civadan daha fazla değilse çoğunlukla kırılmanın olduğu noktanın biraz üstünde ışımadeşarjı oluşur. Gaz daha sonra birkaç farklı bölgeyi karakteristik renklerini yayar ve birkaç miliamper akım geçer, potansiyel farkı kırılma bölgesindekinden çok farklı değildir. Eğer gaz basıncı atmosferik basınca yakınsa, ve dış devrenin direnci oldukça düşükse o zaman kırılmanın ardından arkdeşarjı oluşur. Bu durumda oluşan ışık şiddeti fazladır. Akım dış devre tarafından belirlenir,deşarj boyunca gerilim düşüktür ve genellikle bir kaç on volt seviyesindedir.

Bununla beraber atmosferik basıncın çok altındaki basınçlarda da arkdeşarjı oluşabilir (mesela, civalı ark doğrultucular). Ayrıca ışımadeşarjını atmosferik basınç veya daha üzerindeki bir basınçta sürdürmek ve bir amperden daha fazla akım taşımak zordur. Fakat oluşan ışımadeşarjı basınç, akım ya da her ikisi de artarsa arkdeşarja dönüşmeye eğilim gösterir. Bu değişim ışımadeşarjından arkdeşarjına geçiş olarak adlandırılır. Aniden meydana gelir, fakat oluşumu için kesin şartlar genellikle önceden kestirilemez [6].

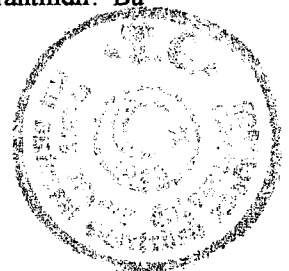
Bir DC plazma displayin hücreleri normal ışımadeşarjı ile anormal ışımadeşarjı arasındaki bölgede çalışır. Bu nedenledeşarjın başlangıcından anormaldeşarja kadar olandeşarj olayı ayrıntılı olarak incelenecektir.

2.KIRILMA

3.2.1.Townsend Deşarjı

Herhangi bir gaz örneğinin normal şartlar altında çok sayıda iyon ve elektron bulundurması beklenir. Toprak seviyesinde atmosfer ultraviyole, kozmik radyasyon ve radyoaktivite sonucunda ortalama cm^3 başına 1000 pozitif ve negatif iyon bulundurur. İyonlaşma hızı $2 - 10/\text{cm}^3\text{s}$ seviyesindedir. Eğer iki elektrot bulunuyorsa aynı nedenlerden bir miktar elektron yayarlar. Gazdaki iyonlaşma oranı ve elektrotlardaki üretim yeterli frekansta bir radyasyon kaynağı kullanılarak daha da artırılabilir.

Elektrik alanın olmaması durumunda, yüklü parçacık üretim hızı yeniden birleşme hızı tarafından dengelenir. Eğer elektrotlar arasına 1 V/cm lik elektrik alanı oluşturacak şekilde küçük bir gerilim uygulanırsa, daha önceden var olan iyon ve elektronların hareketi ile akım akar. Eğer akım yeterince küçükse aniden denge bozulur, akımın değeri sadece elektrotlara hareket eden iyon ve elektronların hızı ile orantılıdır. Bu koşullar altında yük taşıyıcılarının (elektron ve iyonlar) hareket yetenekleri (mobility) hemen hemen sabit olduğundan akım yoğunluğu i , elektrik alan kuvveti E ile orantılıdır. Bu



durumda gaz, iletkenliği elektron ve iyon üretim hızı, yeniden birleşme hızı ve parçacıkların hareket yeteneğine bağlı olan bir omik iletkenidir. E ve i artarken elektrotlara ulaşan ve daha sonra nötr olan bir kaç iyon ve elektron tarafından denge bozulur. Bu efektif yeniden birleşme hızını artırır ve bu nedenle de mevcut yüklü parçacık toplamı azalır. Sonuç olarak akımın gerilimle artış oranı düşer. Eğer iyon ve elektron üretim hızı sabit kalırsa, birleşmeden önce iyon ve elektronların tümü elektrotlara ulaştığı zaman E artarken bir sınır koşuluna erişilir. Elektrotlara ulaşan yüklerin toplam sayısı böylece üretilmiş olan toplam yük sayısına eşit olur, öyleki;

$$i = dq \frac{dn}{dt} \quad (3.1)$$

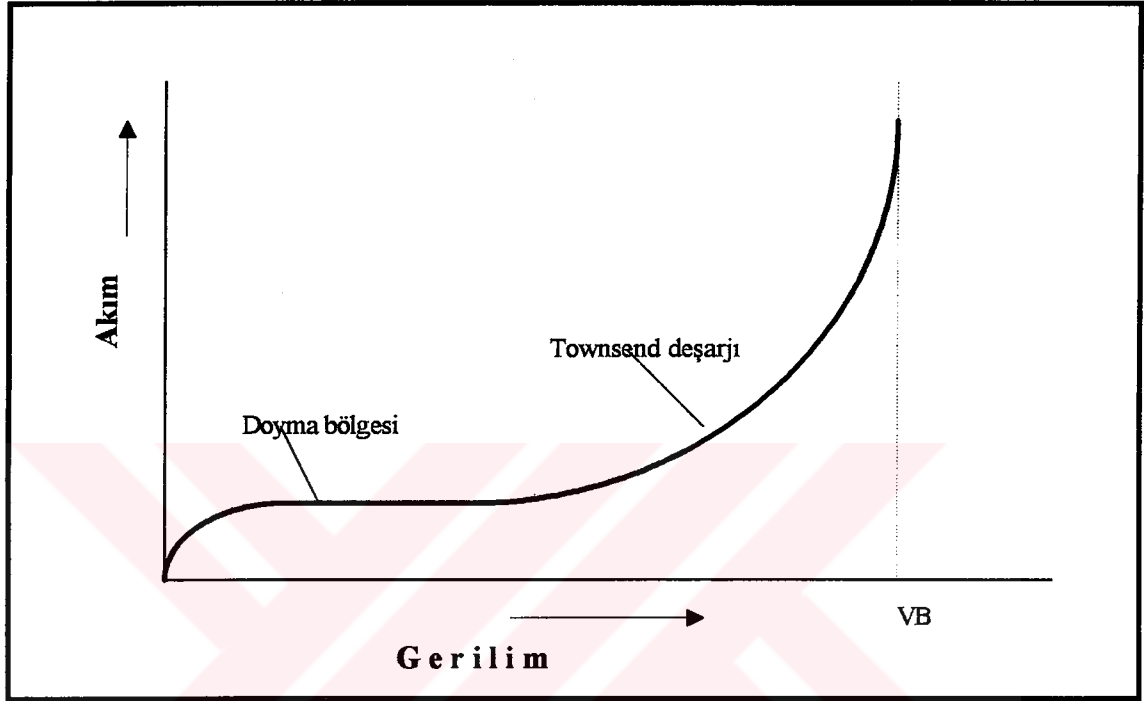
Burada d, elektrotlar arasındaki uzaklık, q elektronik yük ve dn/dt tümünün tek yüklü olduğu varsayılarak birim hacim başına toplam yüklü parçacık üretim hızıdır. Bu yoğunluk ne E' ye ne de hareketliliğe bağlıdır ve **doyma akım yoğunluğu** olarak adlandırılır. Normalde bu koşullar altında akım yoğunluğu çok küçüktür (güçlü yapay bir kaynaktan radyasyon uygulandığı zaman bile 10^{-9} A/cm² den daha azdır.) ve elektrotlar arası gerilim 10-20 V olabilir. Deşarj oldukça karanlıktır, iyonlaşma hızı uyarma hızına oranla düşük olduğundan sonuçtaki ışıma görülemeyecek kadar zayıftır. Deşarjın bu türü kendiliğinden devam etmez, dışardan radyasyona bağlı olduğundan yüklü parçacıklardan kaçığa neden olur. Ancak diğer birçok deşarj türünün başlangıç noktasıdır. Elektronları sağlamak için ısıtılmış katod kullanarak, dış etkenlerden bağımsız şekilde bu tür deşarjı mükemmel olarak üretmek mümkündür. Eğer doyuma ulaşıldıktan sonra elektrotlar arasındaki gerilim daha da artırılırsa, akımın tekrar arttığı bir aşamaya gelinir. Artış gaz basıncına bağlıdır ve burada düşük basınç durumu ele alınmıştır. Basınç tipik olarak birkaç mmHg dir.

Gerilimin artmasıyla akım V_B gerilimine ulaşana kadar belli bir artış oranıyla yükselir. Burada akım dış devre direnci tarafından belirlenir. Bu noktaya bağlı karakteristik Şekil 3.1.de verilmiştir. V_B , **kırılma gerilimi** olarak adlandırılır ve değeri gaz koşullarına, elektrotlar arasındaki uzaklığa, elektrotun malzemesine ve şekline bağlıdır. Genellikle yüz voltlar seviyesindedir. V_B ' den sonraki akımın değeri, yaklaşık 1µA' den fazla olabilir. Doyma bölgesi ile kırılma noktası arasındaki karakteristik **Townsend Deşarj Bölgesi** olarak tanımlanır.

İlk önce aralarındaki uzaklığa oranla büyük boyutlu düz elektrotlara sahip, düzgün alanlı ve düşük basınçlı deşarjı ele alalım. Elektronların üretildiği katot üzerine dışarıdan sabit radyasyon uygulanmaktadır. E artarken, katottan ayrılan elektronlar, nötr atomlarla çarpışarak hızlandırılır ve enerjileri iyonlaşma değerinin üzerine çıkar. Bazı elektronlar böylece katoddan anota sürüklenmeleri sırasında atomları iyonlaştırırlar, pozitif iyonlar ve elektronlar oluşur. Bu elektronlar da kendileri iyonlaşma çarpışmaları yapabilirler ve olay bu şekilde devam eder. Bu olay akımdaki doyma değerinden sonraki artışın nedenidir. Saniyede anota ulaşan elektron sayısı katottan ayrılan elektron



sayısından daha fazladır ve ayrıca pozitif iyonlar katoda ulaşır. Artışı açıklamak için Townsend α büyüklüğünü tanımlamıştır. α , Townsend'in birinci iyonlaşma katsayısı olarak bilinir ve bir elektronun elektrik alan yönünde bir santimetrelilik hareketi sırasında yaptığı ortalama iyonlaşma çarpışması olarak tanımlanır.



Şekil 3.1. Townsend bölgesindeki deşarjın karakteristiği [6].

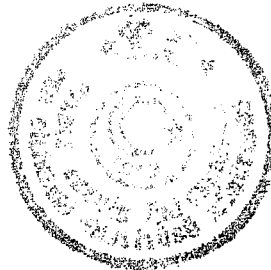
dx mesafesi üzerinden, katottan x uzaklıktaki bir düzlem kesidinden saniyede geçen elektron sayısındaki artış,

$$dn = \alpha n dx \quad (3.2)$$

olarak yazılabilir. Katottan bu düzleme integre edilirse,

$$\int_{n_0}^n \frac{dn}{n} = \int_0^x \alpha dx \quad (3.3)$$

veya, eğer α , x den bağımsız ise;



$$n = n_0 e^{\alpha x} \quad (3.4)$$

ifadesi ile verilir, burada n_0 saniyede katottan ayrılan elektron sayısıdır. Eğer elektrotların arasındaki uzaklık d ise ve difüzyon ile elektron kaybedilmediği varsayılırsa o zaman tüpteki akım yoğunluğu,

$$i = n_0 q e^{\alpha d} = i_0 q e^{\alpha d} \quad (3.5)$$

Burada i_0 , katottaki elektron akımıdır ve sadece dışardan uygulanan radyasyonun fotoelektrik etkisine bağlıdır. $(i_0 - i)$ farkı katottaki pozitif iyon akım yoğunluğudur ve gazdaki elektronlar tarafından yapılan tüm iyonlaşma çarpışmalarının sonucudur. Pozitif iyon akım yoğunluğu i_0 'dan çok daha büyük olabilir. i_0 'ı oluşturan elektronlar birincil elektronlar ve i_0 'da birincil akım yoğunluğu olarak adlandırılır. i için diğer bir ifade, katotta dış radyasyon etkisinin olmadığı fakat gaz içinde fotoiyonizasyon durumu için elde edilebilir. Alan yönünde birim uzunlukta saniyede n_i iyon çifti üretildiğini varsayalım. O zaman dx uzaklığında, katoddan x mesafede saniyedeki elektron akışındaki artış, kısmen hacim elemanı içindeki atomların iyonlaşması kısmen de elemana giren (saniyede n) elektronlar tarafından yapılan iyonlaşma sonucudur. Bu nedenle,

$$dn = \alpha n dx + n_i dx \quad (3.6)$$

ve buradan,

$$\int_0^n \frac{dn}{\alpha n + n_i} = \int_0^x dx \quad (3.7)$$

veya buradan ,

$$\alpha n + n_i = n_i e^{\alpha x} \quad (3.8)$$

$$n = \frac{n_i}{\alpha} (e^{\alpha x} - 1) \quad (3.9)$$

ve akım yoğunluğu,

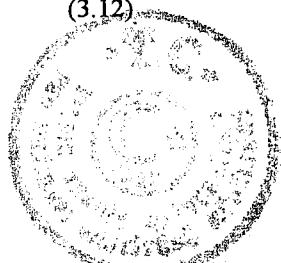
$$i = \frac{n_i q}{\alpha} (e^{\alpha d} - 1) \quad (3.10)$$

Eğer çarpışma ile iyonlaşma yoksa yani $\alpha d \ll 1$ ise,

$$e^{\alpha d} \cong 1 + \alpha d \quad (3.11)$$

olacağından ve (3.5) ifadesi ile benzerliğinden yararlanarak doyum akım yoğunluğu,

$$i_0 = n_i q d \quad (3.12)$$



yazılabilir. Sonuç olarak,

$$i = \frac{i_o (e^{\alpha d} - 1)}{\alpha d} \quad (3.13)$$

olarak ifade edilir.

i_o , d ve α' nın sabit değeri için, birincil elektronlar hacim içinde üretildiğinden ve sadece katot yakınındakiler iyonlaşma çarpışması yaptığından bu durumdaki akım yoğunluğu daha azdır. (3.13) eşitliği, Gaz atomlarının fotoiyonizasyonu metal yüzeyden fotoemisyon için gerekli olandan daha yüksek frekansta (daha yüksek enerjili) fotonlar gerektirir bu nedenle (3.13) eşitliği genellikle kullanılmaz.

Toplam akım yoğunluğu için yukarıdaki ifade yalnızca i nin α katsayısına ve d uzaklığına bağlantısını göstermek için verilmiştir. Şekil 3.3' deki karakteristik sabit gaz şartları ve sabit d uzaklığı içindir ve E alan kuvveti ile α nın değişimine bağlıdır. Prensip α , iyonlaşma için çarpışma kesiti biliniyorsa, elektron davranışı doğru ise p ve E cinsinden hesaplanabilir.

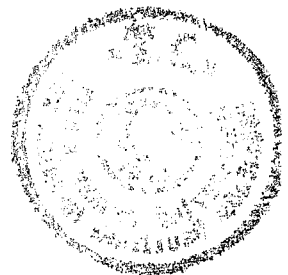
Eğer atomlarla bütün çarpışmalar arasında alan yönündeki bir elektronun ortalama serbest yolu (gaz içindeki bir parçacığın çarpışmalar arasında katettiği ortalama yol) λ ise, o zaman çarpışmalar arasında bu elektron tarafından kazanılan ortalama enerji λeE dir. Alan yönünde bir santimetrede yapılan iyonlaşma çarpışmasının sayısı olarak tanımlanan α , herhangi bir şekilde bu enerjiye bağlı olmalıdır ve aynı zamanda atomlarla bütün diğer parçacıkların bir santimetrede yaptıkları çarpışma sayısı ile orantılı olmalıdır. İkinci koşula göre α , sabit sıcaklıkta ve gaz basıncı ile orantılıdır. Buradan,

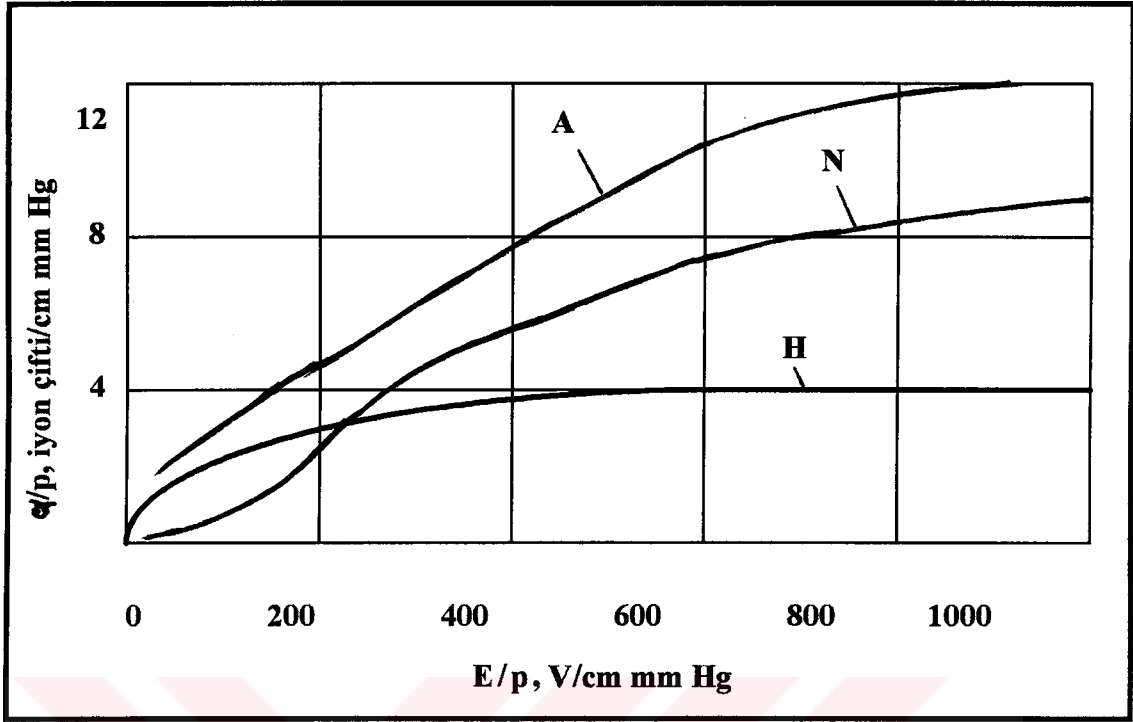
$$\alpha/p = A \exp [-B(p/E)^{1/2}] \quad (3.14)$$

yazılabilir. A ve B kullanılan gaza bağlı sabitlerdir. Bu sabitlerin değerleri Tablo 3.1.de verilmiştir. Bu eşitlik E/p nin sınırlı değeri üzerinden deney ile iyi uyum sağlar. Çeşitli gazlar için α/p eğrileri Şekil 3.2. de verilmiştir [6].

Tablo 3.1. Yoğun olmayan gaz sabitleri [3].

	He	Ne	Ar	Kr	Xe
$A(\text{cm}^{-1} \cdot \text{Torr}^{-1})$	4.4	8.2	29.2	35.7	65.3
$B(\text{V}^{1/2} \cdot \text{cm}^{1/2} \cdot \text{Torr}^{1/2})$	14	17	26.6	28.2	36.1



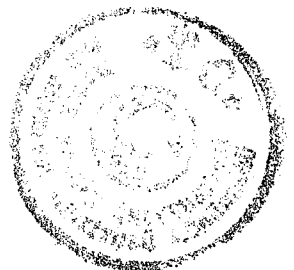


Şekil 3.2. Birinci iyonlaşma katsayıları [6].

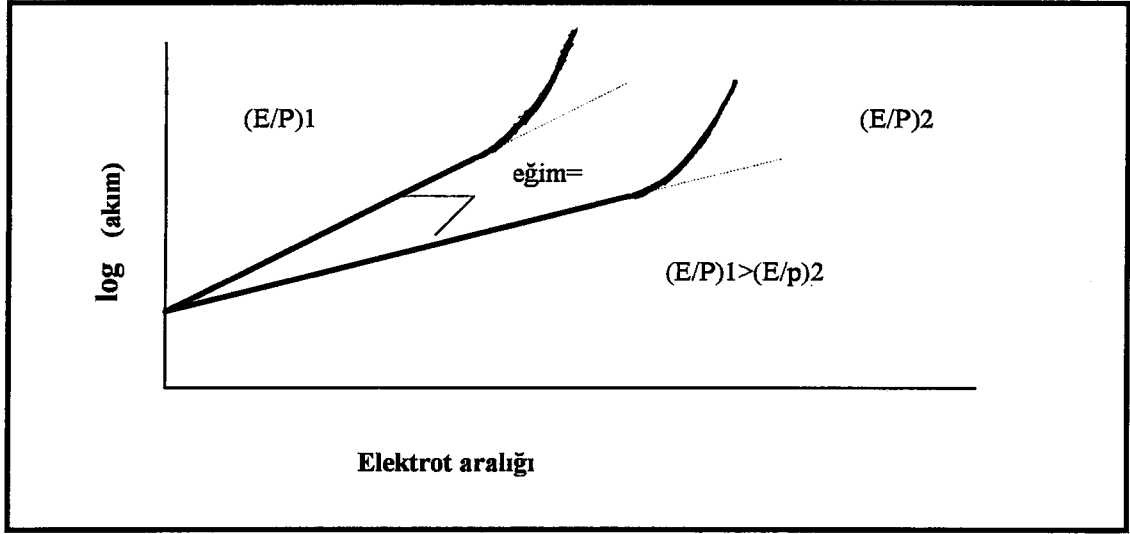
3.2.2 İkincil Üretimin Etkisi

(3.9) eşitliğinde d ye karşı $\log i'$ nin grafiği E 'nin düzgün ve sabit olduğu durumda, α eğimli bir düz çizgi verir. Böyle bir grafik, i ve d nin yüksek değerlerinde doğrusallıktan ayrılır ve bu şekilde i , gitgide beklenenden daha fazla olur. Bu noktada yüklü parçacıkların fazladan üretimi ikincil etkiler tarafından açıklanabilir. Gereken enerji daha küçük olduğundan katoddaki pozitif iyon bombardımanı elektron üretimi mümkündür.

Metal yüzeye ulaşan pozitif iyonun toplam enerjisi (kinetik+ iyonizasyon) elektron koparmak için gerekli olan enerjiye sahip ise, bu durumda bir elektron iyonu nötr hale getirirken bir diğer elektron koparılır. Pozitif iyonun yüzeyden kopan elektronu alıp nötr hale gelmesi sırasında elektronun daha yüksek enerji seviyesinden daha düşük enerji seviyesine geçmesi sonucunda foton oluşur. Bu fotonlarda yüzeyden elektron koparabilirler. Bundan başka iyonların yavaş elektronlarla birleşmesi sonucunda ortaya çıkan atomlar eğer toplam enerjileri katot malzemesinin iş fonksiyonunu aşacak seviyede ise katot yüzeyine çarparlar ve katottan elektron koparılır. Fakat ikincil üretimin asıl kaynağı pozitif iyonlardır. Bu gözlenen sonucu Townsend ikinci iyonlaşma katsayısı γ ile açıklamıştır. γ , katod yüzeyine düşen iyon başına koparılan elektron (Euger emisyonu) sayısı olarak tanımlanabilir ve değeri



iyon hızı ile artar. Ayrıca deşarjın meydana geldiği gazın cinsine ve elektrot malzemesine bağlıdır.



Şekil 3.3. Düzgün alan için elektrot boşluğu ile Townsend akımının değişimi [6].

n_o = Dışardan uygulanan radyasyon sonucu katottan saniyede üretilen elektronlar.

n_a = Bütün kaynaklardan saniyede anota ulaşan elektronlar.

n_+ İkincil üretim ile katotta saniyede üretilen elektronlar.

$n_o + n_+$ = katotta saniyede üretilen toplam elektron.

olarak verilmiştir. Gazdaki elektron çarpışması (3.5) eşitliğini izlemektedir bu nedenle,

$$n_a = (n_o + n_+)e^{\alpha d} \quad (3.15)$$

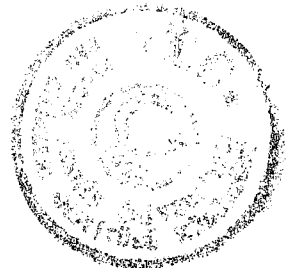
Fakat kararlı durumda , katottan ayrılan elektron sayısı ve anota ulaşan elektron sayısı arasındaki farkın katota ulaşan iyon sayısına eşit olması gerekir. Buradan,

$$n_a - (n_o + n_+) = \frac{n_+}{\gamma} \quad (3.16)$$

yazılabilir. Bunların birleştirilmesi ile anota ulaşan elektron akısı,

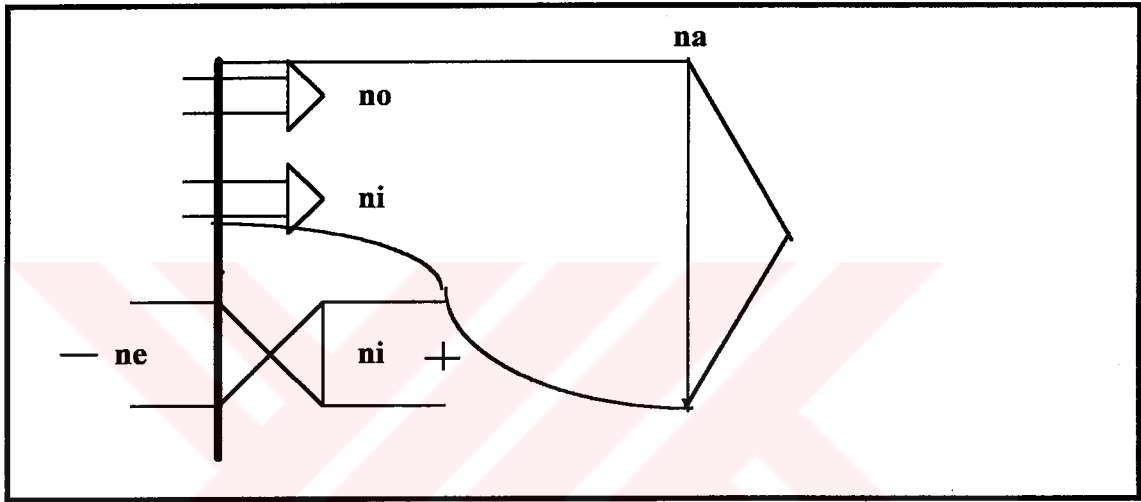
$$n_a = n_o \frac{e^{\alpha d}}{1 - \gamma(e^{\alpha d} - 1)} \quad (3.17)$$

ve toplam akım yoğunluğu,



$$i = i_0 \frac{e^{\alpha d}}{1 - \gamma(e^{\alpha d} - 1)} \quad (3.18)$$

ifadeleri ile verilmektedir. Akım böylece d 'nin daha yüksek değerlerinde $\gamma(e^{\alpha d} - 1)$ terimi nedeniyle artış gösterir. Sabit basınca karşılık elektrotlar arasındaki uzaklıkla akımın değişimini gösteren eğri Şekil 3.3.de verilmiştir.

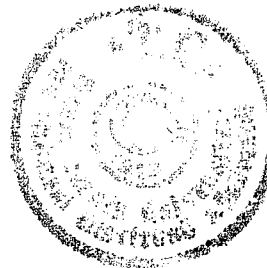


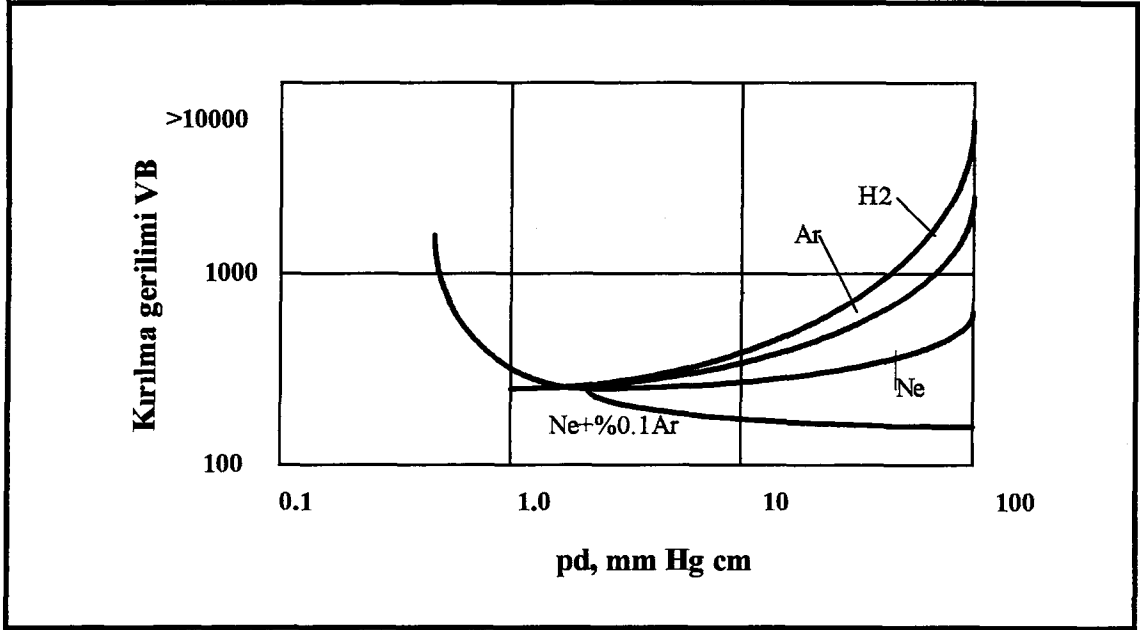
Şekil 3.4. Anotta oluşan ikincil üretim.

Townsend deşarjında diğer bir elektron üretim işlemi fotonlarla katotta oluşan fotoelektrik üretimdir. Bütün bu üretim işlemleri gazda üretilen her pozitif iyon için katotta üretilen eşdeğer sayıdaki elektron olarak tanımlanabilir. γ tüm bu ikincil etkilerin bir gösterilimidir. γ 'nın değeri elektrot malzemesi kadar gazın doğasına bağlı olarak da değişir, fakat daima birden küçüktür genellikle 10^{-2} civarındadır. Genellikle γ 'da α ile aynı tarzda E/p nin bir fonksiyonu olarak çizilir [6].

3.3.PASCHEN KANUNU

V_B kırılma gerilimi, sadece gaz basıncı ve elektrotlar arasındaki uzaklığın çarpımına bağlıdır ve düzgün alanlar için $V_B = f(pd)$ olarak yazılabilir. Bu ifade Paschen kanunu olarak bilinen deneysel ilişkiyi ifade eder. Herhangi bir gaz bileşimi ve elektrot malzemesi için pd çarpımına karşılık çizilen V_B 'nin eğrisi tek bir minimuma sahiptir. V_B 'nin en küçük değeri minimum yakma gerilimi veya minimum kırılma gerilimi adını alır ve birkaç yüz volt seviyesindedir. Bazı deneysel eğriler Şekil 35.de gösterilmiştir. [6]





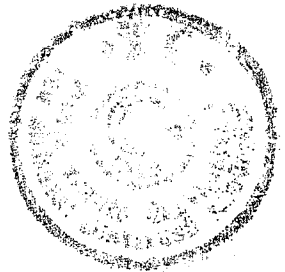
Şekil 3.5. Düzgün alan için kırılma geriliminin değişimi [6].

3.4. IŞIMA DEŞARJI

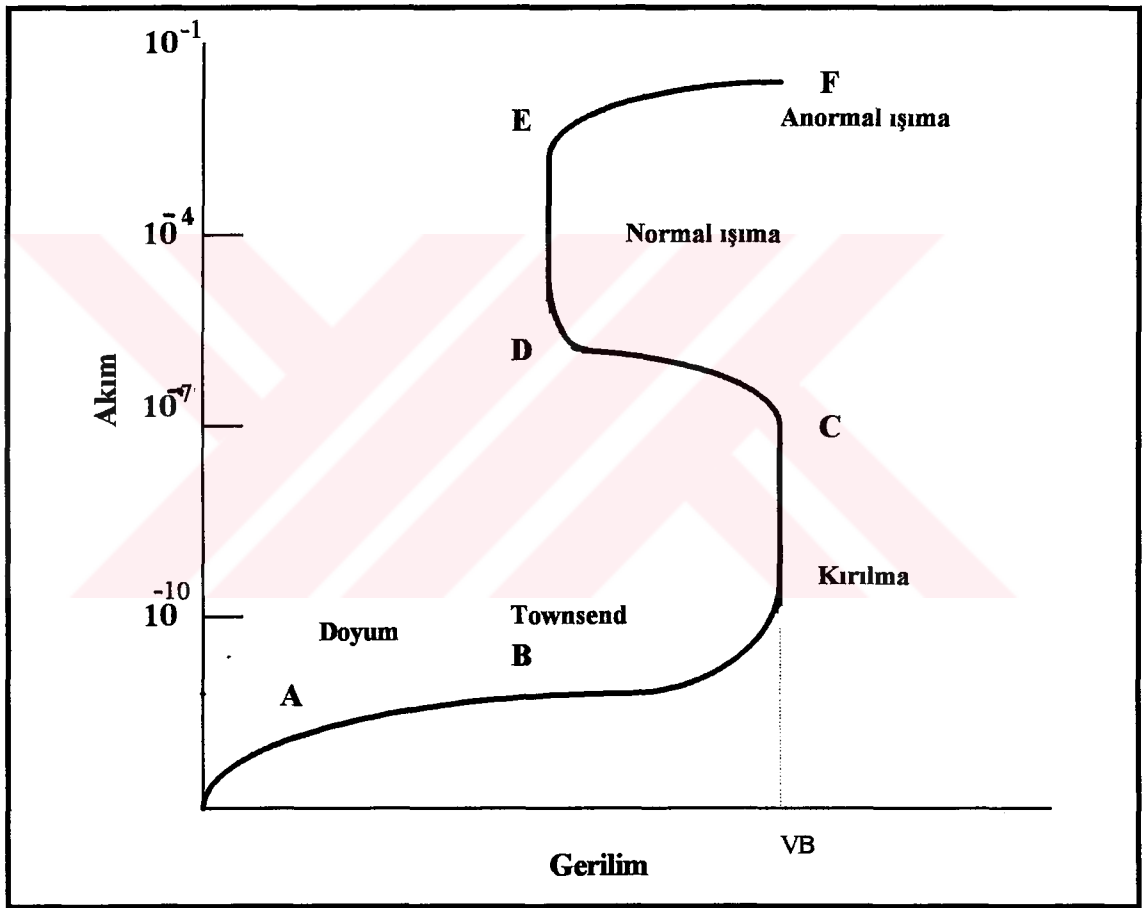
Kırılma değerinden sonra akımdaki keskin artışı izleyen kendiliğinden devam eden deşarj (self sustaining discharge) karakteristiği değişik bölgelerde oluşmaktadır. Eğer DC bir kaynaktan beslenen elektrotların arasındaki gaz, 1 mmHg civarındaki basınçta kırılıyorsa ve devre değişken seri direnç ve gerilim ile kontrol ediliyorsa, tipik akım-gerilim karakteristiği Şekil 3.6.daki gibidir. Şekilde Townsend deşarj bölgesindeki akım ihmal edilebilecek kadar küçük genlikte olduğundan görülebilmesi için akım logaritmik olarak ölçeklendirilmiştir.

Düşük basınçtaki ışıma deşarjı gaz deşarjlarının en bilinenlerinden birisidir. Üretilmesinin ve sürdürülmesinin kolay olması ve kullanılan basınca bağlı olarak gaz deşarjının diğer türlerinden farklı görünüşü sebebiyle yaygın olarak kullanılır. Bu tür deşarjın bölgeleri Şekil 3.7.de gösterilmiştir. Deşarj, isimleri şekil üzerinde gösterilen birçok bölgenin bileşiminden oluşmuştur. Deşarj boyunca gerilim, elektrik alan kuvveti, net uzay yükü yoğunluğu, akım yoğunluğunun değişimi de şekilde verilmiştir.

Plazma displayler, daha önce de bahsedildiği gibi normal ışıma bölgesinde çalışırlar. Bu cihazlarda elektron ve iyon bombardımanının olası etkileri dışında, elektrodlar soğuktur, termoiyonik üretim rol oynamaz. Elektronlar pozitif iyon ve UV-foton bombardımanı vasıtasıyla katoddan ayrılır. Deşarj olayı



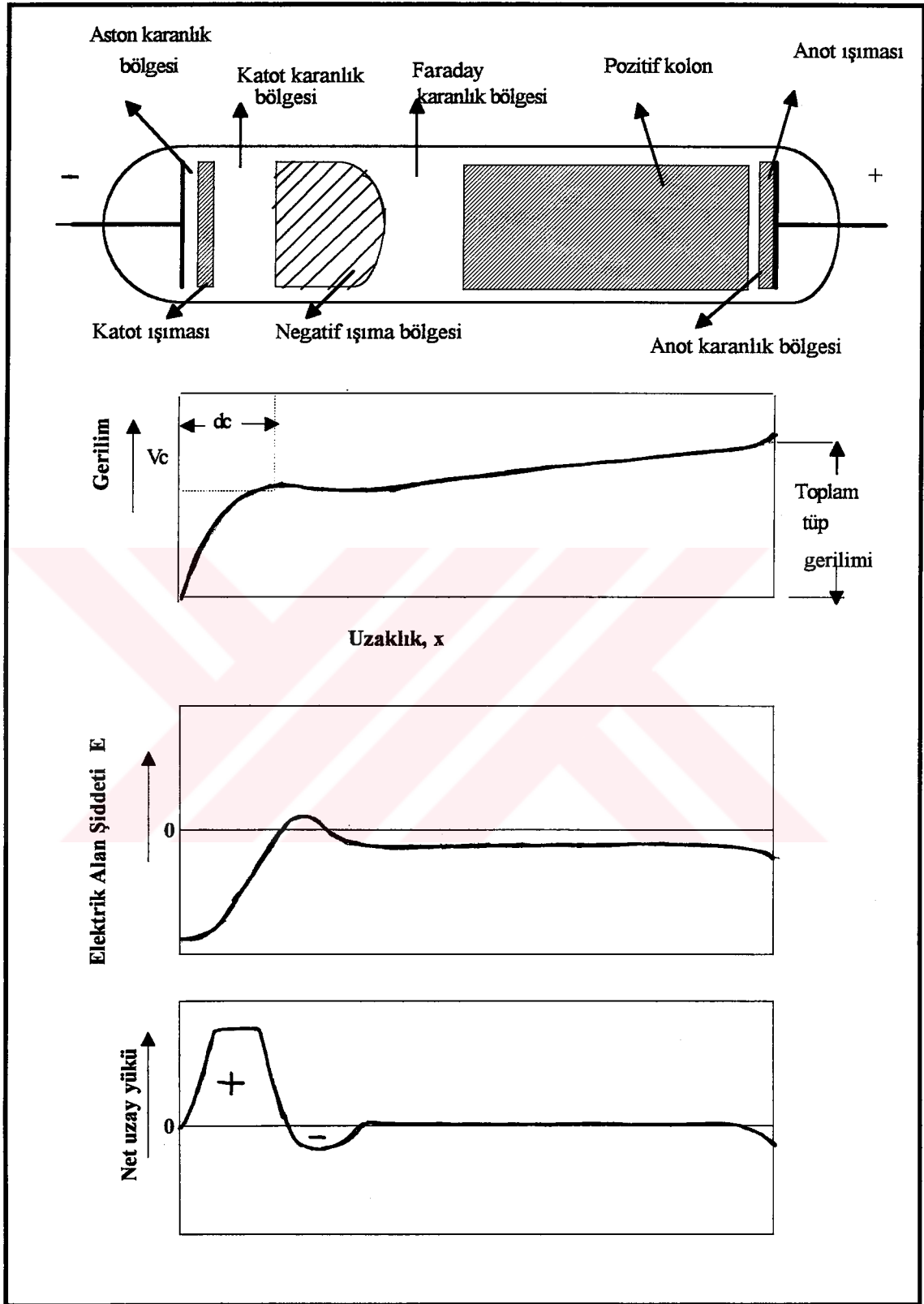
derhal gerçekleşir. Katod civarında pozitif iyon bulutu vardır. Elektronlar elektrotlara uygulanan gerilim vasıtasıyla katot ve bu pozitif yük ekranı arasındaki boşluk boyunca hızlandırılır ve böylece gaz moleküllerini iyonlarına ayırmak için gereken enerjiyi kazanırlar. Bu iyonlaşma, daha fazla iyon ve ışığın üretildiği yer olan katot çevresindeki bir bölgede katot ısımasını meydana getirir. Katot ısımasının sonunda Faraday karanlık bölgesi olarak bilinen nisbeten karanlık bir bölge vardır. Bu kısmı pozitif kolon takip eder [6].



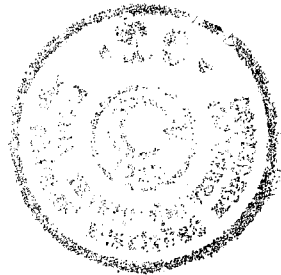
Şekil 3.6. DC deşarjın karakteristiği [6].

Eğer bu şekildeki deşarjda basınç sabit tutulup elektrotlar arası uzaklık azaltılırsa, uzunluktaki azalmanın tamamen pozitif kolonu etkilediği yapının kalan kısmının hemen hemen hiç değişmeden kaldığı gözlenir.





Şekil 3.7. Işıma deşarjının yapısı [6].



kaldığı gözlenir. Pozitif kolondaki elektrik alan düşük olduğundan, deşarj gerilimindeki düşüş çok azdır. Bu işlem anot negatif ışıma bölgesi içinde yeralana kadar sürdürülürse bu noktadan itibaren kararlı deşarjı sağlamak için gereken gerilim yükselmeye başlar. Bu gözlem gösterir ki, pozitif kolon önemli değildir ve deşarj işleminde kesinlikle gerekli değildir.

Pozitif kolon esasen nötrdür ve plazma az miktarda iyonlaşmıştır. Elektronlar iyonlardan daha hareketli olduğundan plazma içinde akım büyük oranda elektronlar tarafından sağlanır. Elektronların ve iyonların duvarlarda kaybolması ve iyonlaşma vasıtasıyla üretilen çok sayıdaki yüklü parçacığın onların yerini alması nedeniyle bu bölge boyunca iyonlaşma ve yeniden birleşme (rekombinasyon) vardır.

Gaz deşarj displaylerin çoğu ışık kaynağı olarak negatif ışıma bölgesini kullanırlar. Ayrıca pozitif kolon floresan lambalardaki gibi verimli ışık üretmek için kullanılabilir. Şimdiye kadar tanımlanmış en verimli gaz deşarj displayler fosforu uyarmak amacıyla mor ötesi ışınları üretmek için civadaki pozitif kolonları kullanmaktadırlar. Fakat yüksek gerilim ve yüksek çalışma sıcaklığı gibi dezavantajlara sahip olduğundan pozitif kolon displayler ticari olmaktan uzaktır.

Eğer deşarj Şekil 3.6 ' da gösterilen DE bölgesinde çalışıyorsa katot ışıması sadece katot yüzeyinin bir kısmını kaplayacak ve bu kısmın alanı akan akımla orantılı olarak artacak veya azalacaktır. Bundan başka, tüp boyunca gerilimin akımla yükselmeye başladığı E noktasında tüm yüzey katot ışımasıyla kaplanacaktır. Katottaki akım yoğunluğu sabit olmaya yönelir ve tüp gerilimi de sabit kalır. Fakat akım artmaya zorlanırsa gerilim de artar. Katot ışıması bazen ek yüzeylerde de kendiliğinden oluştuğu için (mesela elektrotların arkasındaki metal destekler üzerinde) bu etki pratikte daima açıkça tanımlanamaz. DE bölgesi **normal ışıma bölgesi** ve EF bölgesi **anormal ışıma bölgesi** olarak adlandırılır. Basıncın değişmesinin belirgin etkisi vardır; katot karanlık bölgesinin uzunluğu basınçla ters orantılıdır. Diğer bölgelerin uzunluğu da, pozitif kolon dışında (pozitif kolon tüp uzunluğu boyunca devam ettiği için) aşağı yukarı aynı şekilde değişir. Basınç çok düşükse katot karanlık bölgesi tüpün tamamını kaplar, deşarj elektron ışınına (electron beam) çok benzer. 1 μmHg veya daha altındaki basınçlarda, gerilim çok yüksek değilse pozitif iyon bombardımanı ile sağlanan elektronlar akımı sürdürmeye yetmez [6].

3.4.1.Katot Bölgesi

Katotta deşarjı sürdürmek için gerekli elektronlar pozitif iyon bombardımanı vasıtasıyla üretilir. Katot yüzeyinin yakınında farkedilir derecede hız kazanmadan önce, elektronlar negatif uzay yükü şeklindedir. Fakat elektronlar elektrik alan tarafından hızlandırıldığından ve her durumda akım çoğunlukla bu bölgedeki pozitif iyonların sonucu olduğundan, katot yakınında bulunan uzay yükü



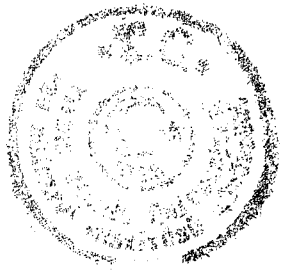
pozitif olur ve katot karanlık bölgesinde baştan başa pozitif kalır. Önce Aston karanlık bölgesinden katot karanlık bölgesini ayıran katot ışıması, kırmızımsı renktedir ve yeniden birleşme katsayısı yüksek olan yavaş elektronlarla gelen pozitif iyonların yeniden birleşmesi sonucunda oluşur. Katot karanlık bölgesini şekillendiren net pozitif uzay yükü büyük bir gerilim düşmesine neden olur sonuçta tüp geriliminin çoğu burada düşer. Elektronlar yoğun iyonlaşma ve çarpışma oluşturmak için yeteri kadar hızlandırılır. Katot karanlık bölgesinin sonunda akımın hemen hemen hepsi sayıları çok fazla olan elektronlar tarafından taşınır. Onların yüksek ortalama hızlarına rağmen net pozitif uzay yükünü önemli ölçüde azaltmıştır.

d_c uzunluğundaki katod bölgesi boyunca oluşan potansiyel farkı (katottan karanlık bölgenin sonundaki anoda kadar) V_c , katot düşmesi olarak bilinir ve daima daha az olmasına rağmen, aynı gaz ve elektrot malzemesi için minimum kırılma gerilimi ile ilişkilidir. Eğer tüpteki kırılmadan önce, pd çarpımı (düzgün alan varsayılarak) Paschen minimum değerine uyuyorsa o zaman kırılmadan sonra katod bölgesinde şekillenen pozitif uzay yükü, tüp uzunluğundan daha kısa olan d_c uzunluğu boyunca uygulanan gerilimin çoğunu oluşturur. Bu bölgedeki koşullar bu nedenle katottan d_c kadar uzaklıkta bir efektif anod üretir. Bu uzaklık ile tüp basıncı p 'nin çarpımı aşağı yukarı Paschen minimuma karşılık gelir. Bu şekilde varsayılan deşarj, katod bölgesinde, en az güç harcayarak akımı sürdürmek için gerekli iyonlaşmayı üreten optimum konfigürasyondur. d_c , p ile ters orantılı olarak değişir böylece p ve d_c çarpımının sonucu optimum değerde sürdürülür.

Buradan şu sonuca varabiliriz ki $pd > (pd)_{min}$ olan bir tüpteki ışıma deşarjı Şekil 3.6' daki biçimdedir ve $pd = (pd)_{min}$ olan tüp için yaklaşık optimum uzunluk katot bölgesi olarak adlandırdığımız bölgeye tamamen yerleşecektir. Eğer $pd < (pd)_{min}$ ise belli ki mevcut gerilimde azalma olmaz ve yanma geriliminin kırılma değerinin çok altına düşmesi beklenemez. Bu daha önce bahsedilen gözlemlerle uyumludur. Normal ışıma deşarjında anot negatif ışıma bölgesinin içine girdiği zaman tüp gerilimi yükselmeye başlar.

Normal ışıma katot bölgesinde bulunan sabit akım yoğunluğu elektron çarpmasıyla iyonlaşmanın optimum koşulları cinsinden açıklanabilir. Verilen bir basınç için bu koşul sadece net uzay yükü tarafından belirlenen katot karanlık bölgesinde E elektrik alan şiddetinin sabit bir dağılımını gerektirir. Akım yoğunluğu E ve p tarafından beraberce belirlenir ve böylece normal ışıma toplam akımın sabit değeri önemsizdir. Fakat eğer akım yoğunluğu yukarıda tanımlandığı gibi artmaya zorlanırsa o zaman E veya p veya her ikisinde artmalıdır.

Bununla beraber, katot karanlık bölgesindeki en uygun koşullar hala Paschen eğrisi üzerindeki noktaya karşılık gelir ve artan E için bu nokta minimumun solunda bulunur. Bu nedenle zorlanmış akım yoğunluğuna karşılık gelen her yerde E ve p 'nin değerlerine kadar V_c artar, DC azalır. Anormal ışıma tam olarak şu etkileri gösterir; katot bölgesinde kırılma geriliminin değerinin Paschen minimumun solunda bulunduğu durumdaki şartlar geçerlidir.. Basınç değişirken akım yoğunluğunun p^2 ile değiştiği bulunmuştur. Bu ilişki teorik olarak da çıkartılabilir, V_c ve d_c 'nin değerlerini Townsend katsayıları, iyon hareketliliği ve akım yoğunluğu cinsinden kestirmek mümkündür. d_c , 1 mA/cm^2 akım yoğunluğu ve 1 mmHg civarındaki basınç için d_c 1 cm civarındadır [6].



3.4.2.Negatif Işıma ve Faraday Karanlık Bölgesi

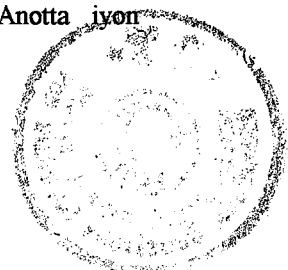
Katot karanlık bölgesinin sonunda elektronların yoğunluğu net uzay yükünü negatif yapmak ve tüm akımı taşımak için yeterli olacak şekilde artar. Bu gerilim gradyeni az miktarda negatif olmadan hemen önce uzay yükünün işaretini değiştiren bir negatif maksimuma erişilir. Bunun sonucunda katod karanlık bölgesinde ortaya çıkan hızlı elektronların daha da hızlandırılması gerekmez, onların enerjisi esasen yoğun uyarma ve iyonlaşma ile soğurur. Negatif ışımının parlaklığı böylece oluşur. Elektronlar yavaşlatılırken negatif uzay yükü bir maksimuma erişir, uyarma ve iyonlaşma için varolan enerji tükenmiştir ve Faraday karanlık bölgesi başlar. Burada kesin sınırlar yoktur. Elektron yoğunluğu, net uzay yükü tekrar sıfır olana kadar karanlık bölge içindeki difüzyon ve yeniden birleşme ile azalır. E, pozitif kolonun başladığı noktada küçük sabit bir değere erişir [6].

3.4.3.Pozitif Kolon

Pozitif kolon bir plazma oluşturur, yani net uzay yükü içermeyen iyonlaşmış bir gazdır. Pozitif kolon, sadece katod bölgesinde elektronlar vasıtasıyla oluşturulan akımın sürdürülmesine hizmet eder. Elektrik alan şiddeti E küçüktür, tipik olarak 1 V/cm civarındadır. Elektrik alan şiddeti, sabit basınçta plazmanın yoğunluğunun ve iletkenliğin artması sonucu ($i = \sigma E$) akımın artmasıyla azalır, ve sabit akımda basınçla artmaya yönelir. E ayrıca tüp yarıçapı ile de değişir, deşarjın yapısı gradyeni artırır. Herhangi bir koşul altında E, akımı taşımak için gereken katod ucundaki iyonlaşma derecesini kolon uzunluğu boyunca sürdürmek için yeterli bir değerde varsayılır. Bu nedenle sadece difüzyon ve yeniden birleşmeyle oluşan kayıpları karşılamak için pozitif kolonda yeterli iyonlaşma oluşur. Bunun önemi tüpün yarıçapına, gazın basıncına ve akan akıma bağlı olmasıdır. Elektronlar iyonlaşma için yeterli enerjiye sahiptir ve kolon parlaktır. Pozitif kolon genellikle uzunluğu boyunca ayrı ve düzgün parlaklık bantları (hareketli ve durağan) gösterir. Bunlar elektron ve iyon konsantrasyonundaki düzensiz değişimlerle ilgilidir ve bazı bakımlardan negatif ışım ve Faraday karanlık bölgesinin şartlarını tekrarlar [6].

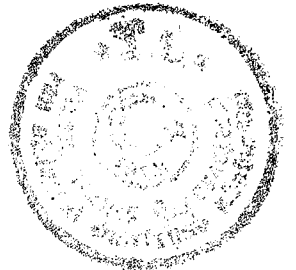
3.4.4.Anot Düşmesi

Pozitif kolon ve anot alanındaki şartlar deşarj akımına bağlı olarak elektrik alan şiddetinde ve anota komşu ince bir tabaka şeklindeki net uzay yükü yoğunluğunda değişimler olabilir. Uzay yükü normalde negatiftir ve E'ye bağlı olarak artar. Bölgedeki pozitif anot düşüşünün varlığına genellikle bir anot karanlık bölgesi ve bir anot ışıması eşlik eder. Anot düşmesinin gözlenen özellikleri şu şekilde yorumlanabilir: Anot pozitif kolondan elektronları çeker, bir uzay yükü tabakası oluşturur, bu tabaka kolondaki elektron ve iyon akım yoğunluklarını ayarlamaya yardım eder. Buradaki elektron ve iyon akım yoğunluk değeri deşarj akımını anot yüzeyine taşımak için gereklidir Anotta iyon



akım yoğunluk değeri deşarj akımını anot yüzeyine taşımak için gereklidir. Anotta iyon üretilmediğinden kolondaki küçük iyon akımı anod düşmesinde hızlandırılan elektronlarla çarpışmalardan kaynaklanır.

Buraya kadar anlatılanlarda hep DC potansiyel ele alınmıştır. Fakat aynı prensipler AC ile aktif edilen yapılarda da uygulanır. Problem AC potansiyel sürme gerilimi altına düştüğü zaman hücrenin sönmemesini sağlamaktır. Bu, yapının bir kapasite içermesi ile etkin olarak sağlanır. Hücre bir kez yandığında kapasite, herbir yarım periyodda hücrenin yanması için gerekli yükü sağlar [6].



4. BÖLÜM

PLAZMA DISPLAYLER

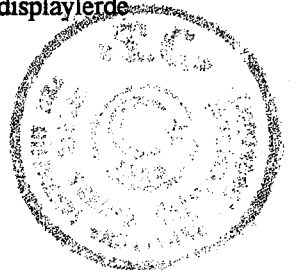
Plazma display, elektriksel işareti optik işarete dönüştürmek için gaz deşarjı vasıtasıyla üretilen ışıktan yararlanılan düz displayler için kullanılan genel tanımdır. Displayin içerisine neon veya temel bileşeni neon olan bir gaz karışımı doldurulur. Plazma displaylerde renk oluşturmak için fosfordan yararlanılır. Fosforlar ya gazdeşarjında üretilen UV ışık ile ya da gazdaki düşük enerjili elektronlar tarafından uyarılır [8].

Düz panel displayler, gerek karakter displayi gerekse grafik ve resim displayleri alanında CRT ile rekabet halindedir. Bu alanlarda plazma displayler CRTye iyi bir rakip olarak görülmektedir. Bunun sebepleri şu şekilde sıralanabilir:

1. CRT'ler küçük kontrast oranı gösterirler (yaklaşık 3-7) ve pixel kararlılığı istenilenden çok daha kısa sürede kaybolur. Bu iki faktör göz yorgunluğuna neden olur.
2. Pixel sayısı 10^6 seviyelerine çıktığı zaman , taranan alanın tazelenmesinin zorluğu nedeniyle titreşim problemi ortaya çıkar. Bu problem önlenemez, fakat maliyet önemli derecede artar.
3. CRT'ler geometrik olarak kare şeklindeki displaylerin maliyet açısından en uygun olanıdır. Fakat görüş açısı yükseldiğinde verimli çalışmaz.
4. CRT 'ler yapısal olarak büyüktür ve bu nedenle benek saptırma tekniği sınırlıdır. Yüzey alanı arttıkça üçüncü boyutta orantılı bir artış gerektirir.
5. Son olarak CRT'de dikey yönde inch başına satır sayısını artırmak zor olduğundan, yüzey boyutunun artması ile bu yöndeki inch başına satır çözünürlüğü (resolution) azalır.

Plazma displayler, yüksek kontrast oranları (25-30), matris adreslemesi nedeniyle çok kararlı pixel yerleşimi, bellekli yapısı nedeniyle titreşimsiz görüntüye sahiptir. Bunlardan başka, görüş açısı çok geniştir, her iki boyutu da problemsiz olarak artırılabilir [9].

Plazma displayler elektrot yapılarına göre dolaylı deşarj tipi, AC-PDP (Alternating Current -Plasma Display Panel) ve doğrudan deşarj tipi, DC-PDP (Direct Current -Plasma Display Panel) olarak ikiye ayrılır. AC plazma displaylerde elektrotların üzeri dielektrik ile kaplanmıştır. DC plazma displaylerde



ise elektrotlar doğrudan gaza temas ederler. Görüntüleme yöntemine göre ise bellekli ve tazelemeli (refresh) olmak üzere iki sınıfa ayrılırlar [3].

4.1. AC PLAZMA DISPLAY

Bir AC-PDP display birbirine paralel iki cam yüzeyden oluşmuştur. Her bir yüzey üzerinde birbirine paralel, çubuk şeklinde elektrotlar bulunmaktadır. Bu iki yüzey üzerindeki elektrotlar birbirine dik olarak yerleştirilmektedir. Bir yüzey üzerindeki elektrotları X, diğer yüzeydeki elektrotları Y olarak tanımlarsak, X ve Y elektrotlarının kesişimi bir ışıma noktası oluşturur. Display üzerinde bir milyondan fazla ışıma noktası bulunabilir. Cam yüzeylerin arası plazma oluşturmak üzere, bir gaz veya gaz karışımı ile doldurulur. Yüzeyler arasındaki plazma elektrotlar arasına gerilim uygulanarak üretilir ve sonuç olarak elektronlar anoda doğru hareket eder. Bu elektronlar gaz atomlarına çarparak iyonlar ve ikincil elektronlar üretirler. Bu elektronlar da diğer atomları iyonlaştır veya uyarırlar. Gaz atomlarının veya moleküllerinin daha düşük atomik veya moleküler seviyelere geçmesi ile görülebilir veya mor ötesi (UV) ışık oluşur. Tek renkli (monokrom) displaylerde plazmada üretilen görülebilir ışıktan yararlanılır. UV ve VUV (Very Ultraviolet) ışık ise renkli displaylerde, renk oluşturmak için kullanılan fosforları uyarmakta kullanılır [4].

4.1.1. AC- plazma displayin yapısı

AC plazma displayin yapısı basittir. Kolon ve satırları matris tipinde düzenlenmiş panel Şekil 4.3. de verildiği gibi, günümüzde pratik olarak kullanılan bir yapıya sahiptir. Displayin temel malzemesi camdır. Elektrotlar bu cam yüzeylerin iç kısmında oluşturulmuştur. Elektrod malzemesi, (Cr-Cu-Cr, Al-Cu-Al) gibi üç katmanlı veya (Cr-Al) gibi iki katmanlı olabilir [3].

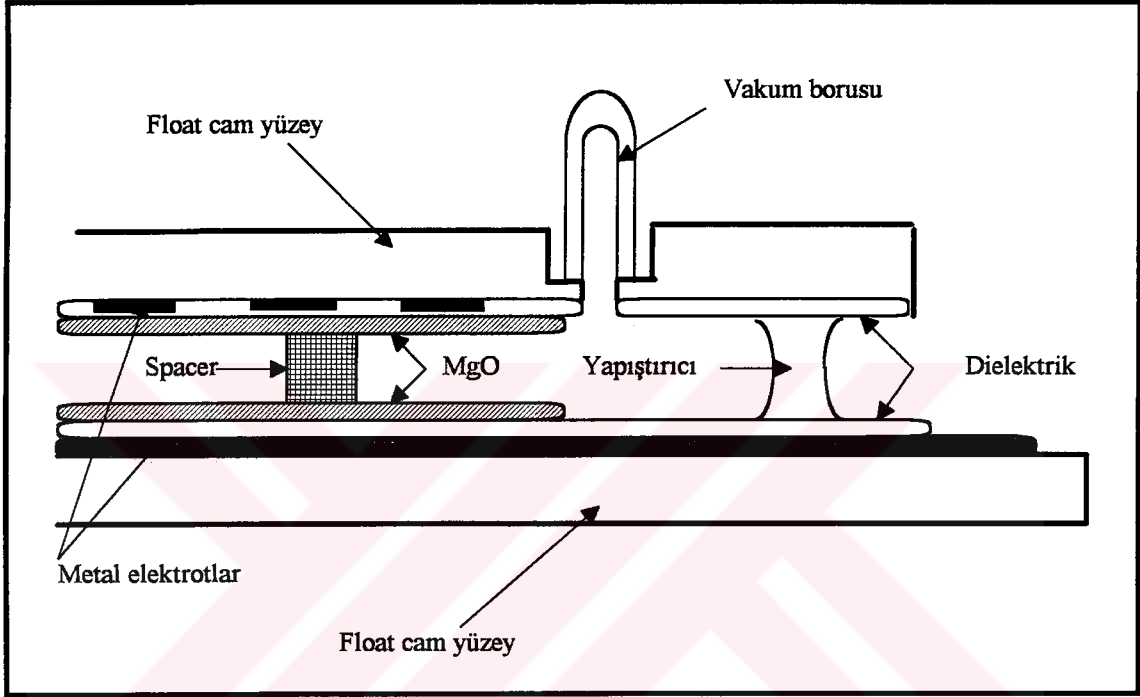
Displayin temel özelliği, kolon ve satır elektrotlarının dielektrik tabakayla kaplanmış olmasıdır. Dielektrik tabakalar kapasitif etki gösterir ve üzerlerinde biriktirdikleri yük sayesinde display hücrelerinin daha düşük gerilimde yanmasını sağlarlar. Dielektrik malzeme olarak SiO_2 kullanılır ve kalınlığı yaklaşık $6 \mu\text{m}$ 'dir. Dielektrik tabakanın kalınlığı arttıkça sürdürme gerilimi artar.

Bu tip displaylerde dielektrik tabakanın üzerine oksit tabakası kaplanır. Bunun için en uygun malzeme magnezyum oksittir ve yaklaşık olarak $0.2 - 0.3 \mu\text{m}$ kalınlıkta kaplanır. Sürdürme gerilimi MgO kalınlığı ile de doğru orantılı olarak artar.

Dielektrik tabaka üzerine kaplanan MgO 'in iki yararı vardır. Biri MgO 'in ikincil üretim katsayısı (ikinci Townsend katsayısı, γ) ile ilgilidir ; zira MgO 'in ikincil üretim katsayısı yüksektir. Bu nedenle yakma



gerilimini azaltır. İkinci yararı ise elektrotlarda iyon bombardımanı ile oluşan aşınmayı ortadan kaldırmasıdır [10]. Bu oksit tabaka koruyucu olarak işlev görmekle birlikte küçük iş fonksiyonu, yüksek ikincil üretim katsayısı ve düşük deşarj gerilimi gibi uygun karakteristiklere sahiptir. Bu karakteristikler plazma displaylerin çalışma süresini, uzatır, gelişmesini ve pratik uygulamalarını mümkün kılar [11].

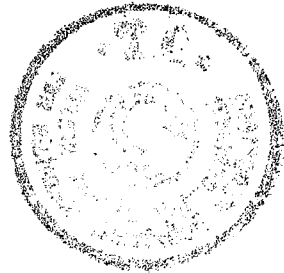


Şekil 4.1. AC plazma displayin yapısı [12].

Deşarj hücreleri kapasitif olarak yüklendiğinden, darbe şeklindeki AC gerilim ile sürülür. Çalışma türleri tazelemeli (refresh) ve bellekli olmak üzere ikiye ayrılabilir. Işık, deşarjın tekrarlanma sayısı yani darbe gerilimin frekansı ile orantılıdır. Tazelemeli çalışmada, büyük kapasiteli displaylerde ışık verimi düşer bu nedenle, bu çalışma yöntemi çoğunlukla küçük kapasiteli displaylerde kullanılır [3].

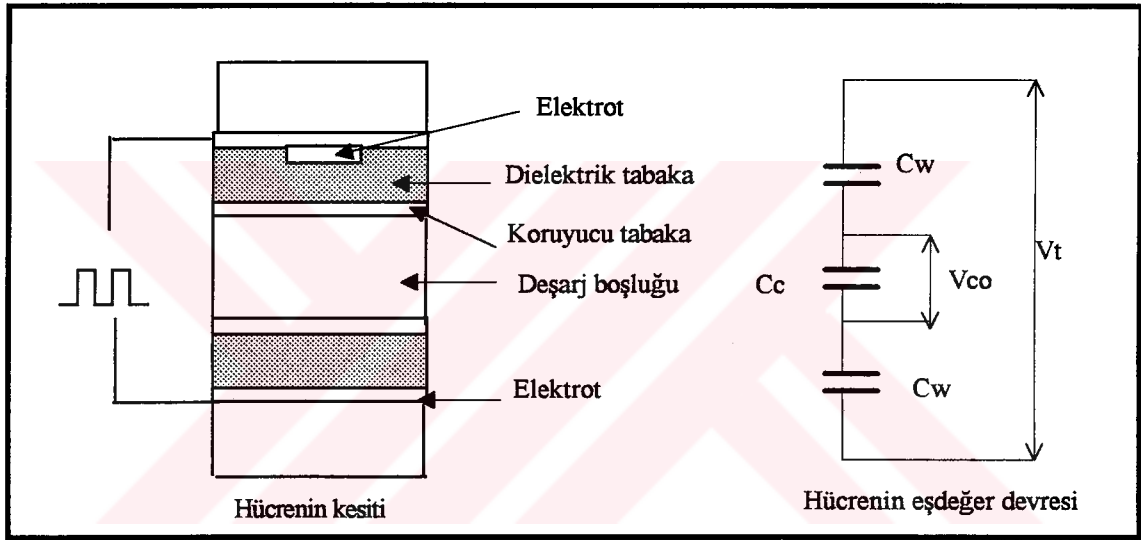
4.1.2. AC plazma displayin çalışması.

AC-PDP' de deşarjın oluştuğu gaz ortamı, elektrotlara dielektrik tabakalar üzerinden kapasitif olarak bağlanmıştır. Bir deşarj hücresinin ideal eşdeğer devresi Şekil 4.2. de görülmektedir. C_w dielektrik tabakanın, C_e ise deşarj alanının elektostatik kapasitesidir. V_t elektrotlara uygulanan gerilim, V_c ise deşarj hücresi üzerine düşen gerilimdir. Eğer V_c değeri deşarj hücresinde yüklü parçacıklar olmadığı zaman V_{∞} olarak alınırsa, bu durumda ,



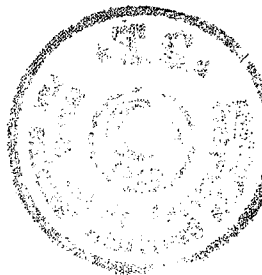
$$V_{\infty} = \frac{V_t C_w}{2C_c + C_w} \quad (4.1)$$

olarak yazılabilir. Deşarj hücreğine düşen gerilim (4.1.) eşitliğinden bulunur. V_{∞} yakma gerilimini aştığı zaman deşarj başlar ve hücre içinde elektronlar, pozitif yüklü iyonlar ve uyerılmış atomlar oluşur. Kapasitif hücre, elektriksel yüklerine göre her iki taraftaki dielektrik tabakanın iç duvarlarına birikmiş olan elektronlar ve iyonlar nedeniyle yüklenir. Bu dışardan uygulanan gerilime ters yöndeki duvar potansiyelini (V_w) yaratır, bu nedenle deşarj bitene kadar hücre içindeki elektrik alan azalır. Çünkü dielektrik tabaka yüksek direnç değerine sahiptir ve iç duvarlardaki yük dışarı kaçamaz.



Şekil 4.2. AC-PDP'nin deşarj hücresi ve eşdeğeri [3].

Bir display hücresinin elektrotları arasındaki potansiyel farkı, gazın yanma gerilimine eşit olduğu veya bu değeri aştığı zaman gaz kırılır ve ışık oluşur. Bu durumda gazdan akım akar, hücre kapasitesi üzerinde uygulanan gerilime ters yönde gerilim oluşur ve deşarj söner. Hücre kapasiteleri çok yavaş olarak deşarj olur, bu şekilde hücrenin bellek özelliği göstermesini sağlar. Gerilim ters polaritede uygulandığı zaman, genlik değeri yakma geriliminden daha düşük olabilir. Bir önceki darbe süresince hücre duvarlarında biriken yük tarafından hücre içinde oluşan ilave gerilim bu gerilime eklenerek hücrenin yanmasını sağlar. Bu daha düşük genlikli gerilim sürdürme gerilimi (sustaining voltage) olarak adlandırılır [13]. Bu işlem bu şekilde sürer. Deşarj bir kez başlatıldığında yakma geriliminden daha düşük bir gerilimle sürdürülebilir. Hücrenin iç duvarlarında biriken yük bellek fonksiyonu sağlar. Bu özellik yazma, silme ve bellek fonksiyonlarını yerine getirmekte kullanılabilir. Böyle bir dalga şekli Şekil 4.3.te gösterilmiştir.

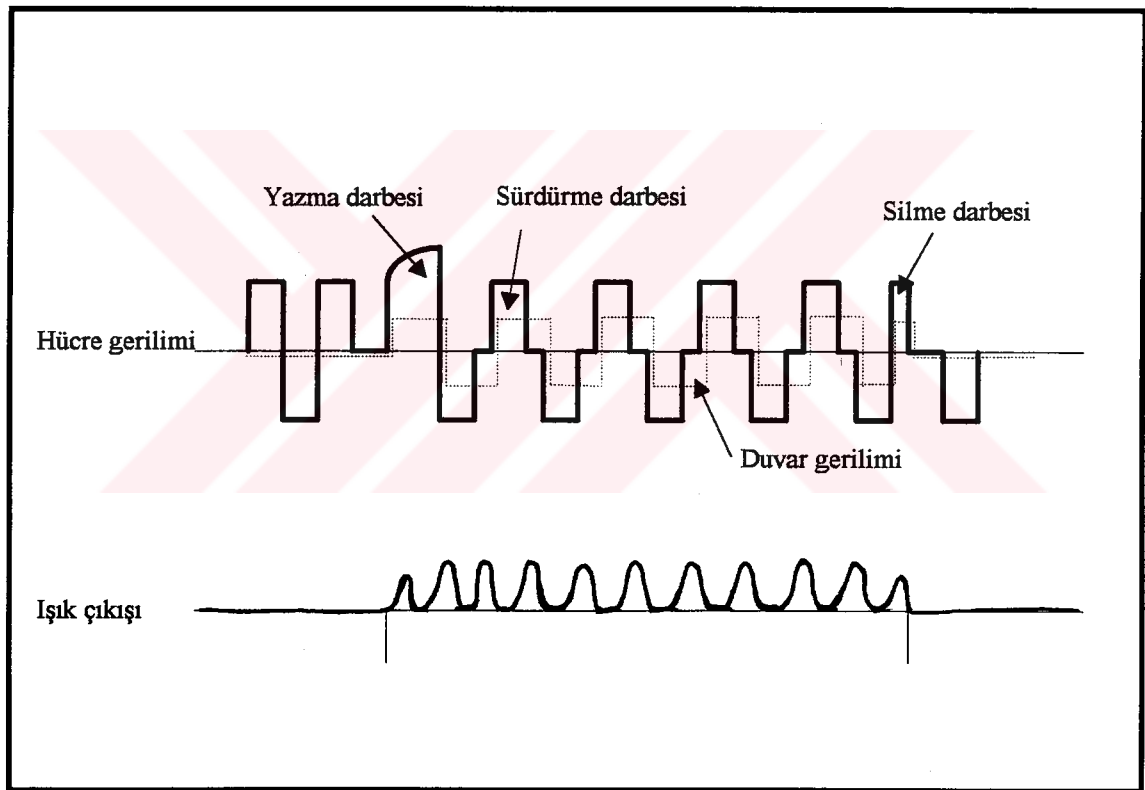


Bellek karakteristiği duvar yükü tarafından belirlenir fakat onu araştırmak zordur. Bu sebeple, gerçek bellek karakteristiğini ifade etmek için aşağıdaki eşitlik kullanılır.

Bellek katsayısı M , yakma gerilimi V_f ve deşarj sürdürmek için gerekli minimum gerilim V_{em} 'in bir fonksiyonudur.

$$M = \frac{V_f - V_{em}}{(1/2)V_f} \quad (4.2)$$

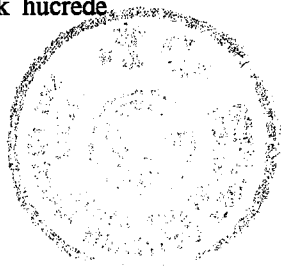
AC-bellekli display ; yüksek parlaklık, yüksek kontrast, geniş görüş açısına, uzun ömüre sahiptir, ayrıca titreşimsizdir ve parlaklık kaybı olmaksızın geniş ekran display yapılabilir.



şekil 4.3. AC-PDP'nin çalışma dalga şekilleri

4.2. DC PLAZMA DISPLAY

Elektrotları deşarj alanına doğrudan temas eden ve doğru akım deşarj durumunda çalıştırılan plazma displaye DC plazma display (DC-PDP) adı verilir. DC plazma displaylerde gerilimin uygulandığı anda hemen deşarj oluşmaz, belli bir gecikme vardır. Bunu önlemek için, deşarj oluşturulacak hücrede

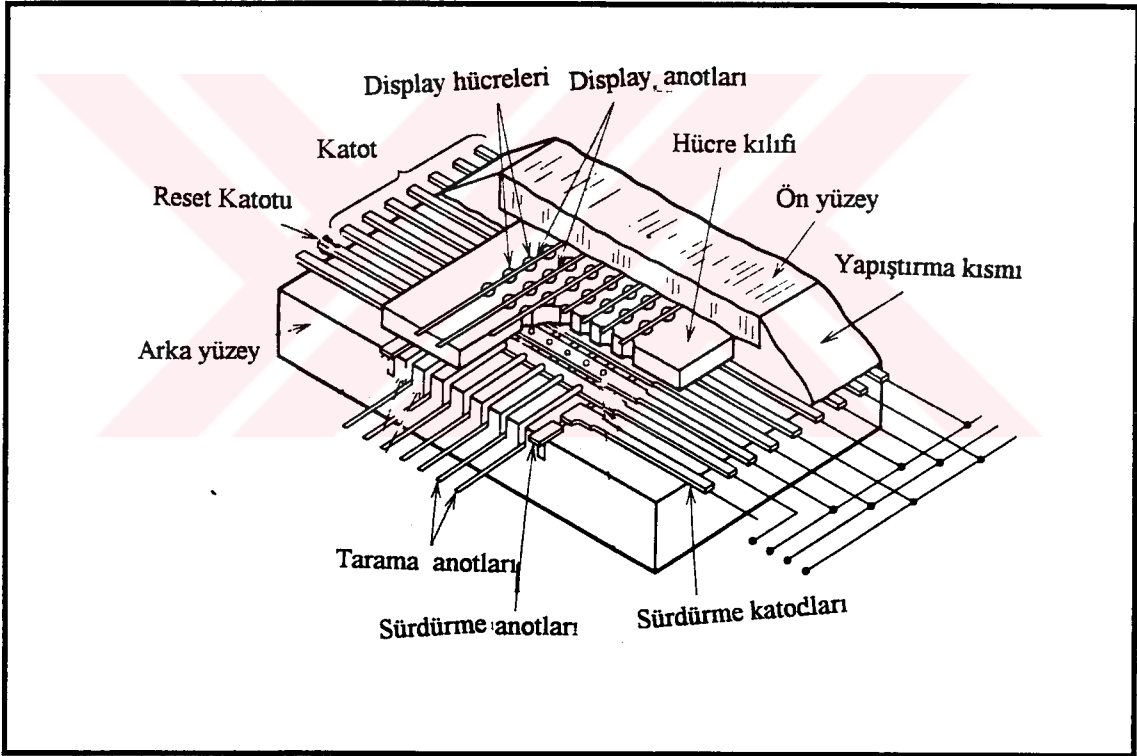


önceden yüklü parçacıklar ve uyarılmış atomlar sağlayarak kararlı çalışması sağlanır. Buna hazırlama deşarjı (priming discharge -priming effect) adı verilir.

Renkli displaylerin gerçekleştirilmesinde ve televizyon uygulamalarında DC plazma displayler kullanılmaktadır.

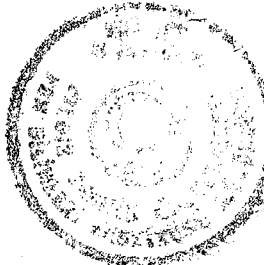
4.2.1. DC Plazma Displayin Yapısı

Genellikle plazma displaylerin yapıları karmaşıktır, fakat esnek bir yapıya sahip olduklarından şekilleri istenildiği gibi değiştirilebilir. Çeşitli tipleri pratik olarak gerçekleştirilmektedir. Şekil 4.4.de kendinden taramalı (self-scanning) bir DC plazma display örneği görülmektedir.



Şekil 4.4. DC plazma display yapısının bir örneği [3].

DC plazma displaylerin temel özelliği, satır ve kolon elektrodlarının direk olarak gaz ile temas halinde olması ve deşarjda etkin olmasıdır. Deşarj hücreleri, küçük deliklere sahip yalıtkan tabakalar veya engeller tarafından birbirinden ayrılabilir. Bölmeler, deşarjın yayılmasını veya renkli displaylerde renk



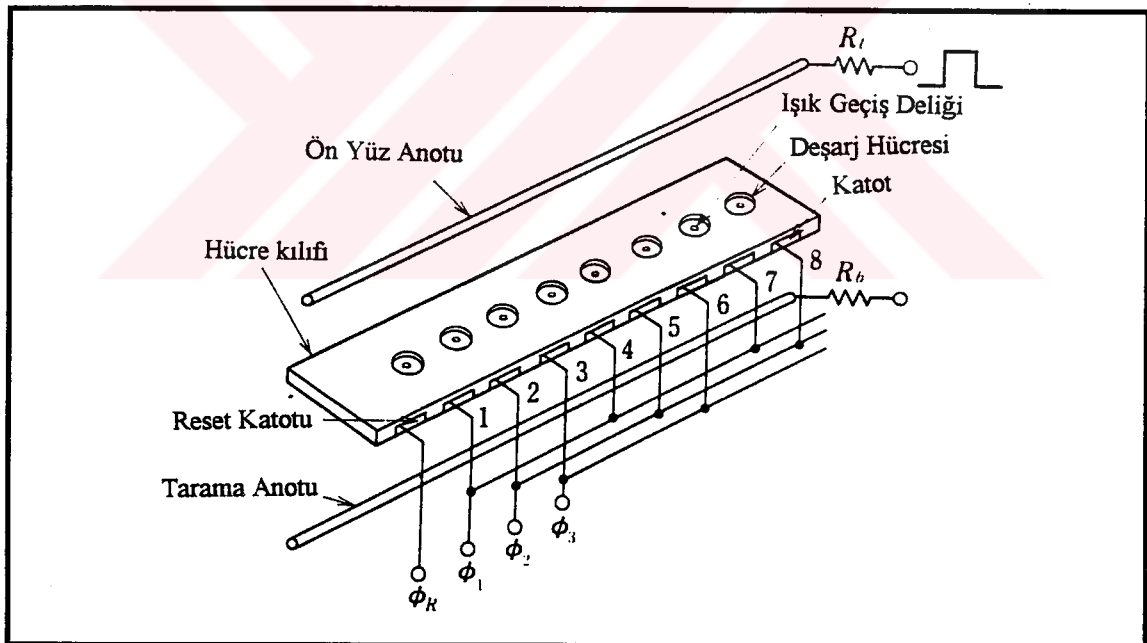
karişmasını önlemekte etkilidirler. DC displaylerde de, AC plasma displaylerdeki gibi temel bileşeni neon olan gaz kullanılır.

Panelin temel malzemesi olarak yine cam kullanılır. Elektrod malzemesi olarak Ag, Ni, Fe- Ni alaşımı vs. kullanılır. Deşarj hücrelerini ayırmak için , üzerinde delikler oluşturulmuş photosensitive cam, delikli mika gibi malzemeler kullanılmaktadır.

DC plasma displayler daha çok televizyona yönelik araştırmalarda kullanılmaktadır. Bunun nedenleri plasma displaylerin uygulamaları kısmında incelenecektir.

4.2.2. DC- Plazma Displayin Çalışması

Elektrotların kesişim noktalarına DC gerilim uygulandığında deşarj hemen oluşmaz ve yanmadaki istatistiksel zaman gecikmesi sebebiyle ışık düzgün dağılmaz. Bunu önlemek için hazırlama deşarjı kullanılır. Buna bir örnek kendinden taramalı panel display (self-scan panel display, SSPD) dir.



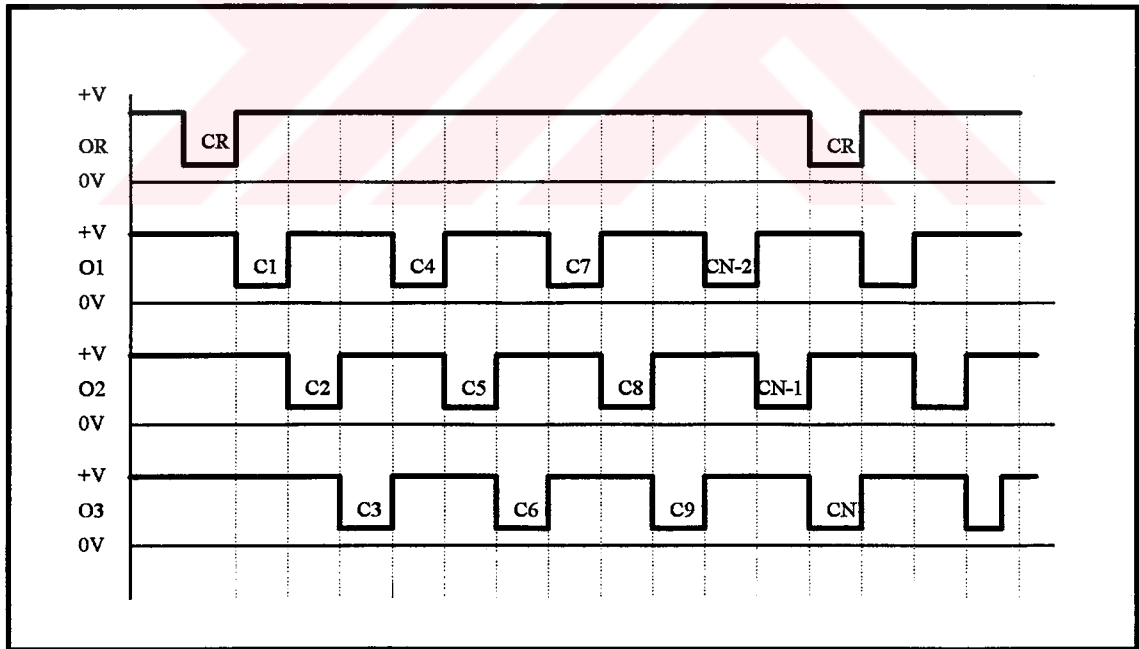
Şekil 4.5. Kendinden taramalı panel displayin çalışma prensibi [3].

Burada pozitif display elektrotları deşarj hücrelerini ayıran hücre kılıfındaki küçük deliklerin satır yönünde çalışırlar. Ters yöndeki şerit şeklindeki birbirine paralel olarak düzenlenmiş ve üzerlerinde çok küçük delikler bulunan çok sayıdaki katot da kolon yönünde çalışır. Deşarj hücreleri bunların kesişim



noktalarından oluşur. Deşarj hücresinin diğer tarafında bulunan çok sayıdaki tarama anodu da satır yönünde bir diğerine paralel olarak düzenlenmişlerdir ve her biri bir direnç ile güç kaynağına bağlıdır. Katotların bağlantı şekli şöyledir, bir uçtaki reset katodu R, ayrıdır, diğerleri üç gruba ayrılarak bağlanmıştır. Şekil 4.6.da gösterilen darbe gerilimleri bu grupların her birine uygulanır. Deşarj olan hücrelerin ters yönündeki ışıma deşarjı, ilkönce tarama anodu ve reset katodu arasında üretilir. Bu ışıma deşarjı üç fazlı saat darbesi uygulanarak kaydırılır. Işıma deşarjı panelin sonuna transfer edildikten sonra deşarj tekrar reset katotunda üretilir ve önceki gibi transfer edilir. Ters taraftaki katotlarda üretilen ışıma deşarjı ile aynı zamanlamaya sahip bir pozitif gerilim displayin ön yüzündeki anoda uygulanırsa, ışıma deşarjı şerit şeklindeki katotun içindeki çok küçük deliklerden geçer ve hücrenin ön yüzünde display noktası oluşturur. Ters tarafta ışıma olmadığı zaman gerilim uygulansa bile display noktası görünmez. Bu tipteki sürücü yönteminde kolon yönünde adresleme display anodu (ön yüz anodu) tarafından gerçekleştirilir, fakat satır yönünde özel bir adres yoktur.

DC plazma displayler çok değişik yapılarda gerçekleştirilebildiği için, yukarıda anlatılandan başka çok değişik sürme ve adresleme yöntemleri kullanılmaktadır.



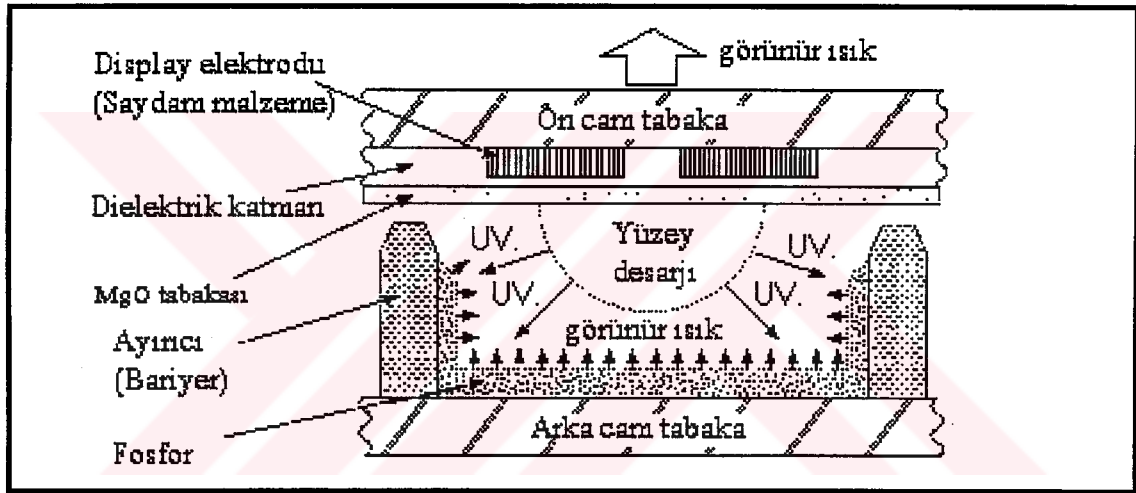
Şekil 4.6. SSPD'nin katotlarına uygulanan üç-fazlı darbe dalga şekli [3].



4.3. RENKLİ DİSPLAYLER

Bunlar genellikle yoğun olmayan gaz deşarjında oluşan UV ışınlarına karşılık uyarılan fosforun ışımasını kullanır. Renkler CRT'deki gibi karışmaz. Fakat ışığın zayıflaması problemi vardır. Fosfor üzerindeki çalışmalar hala sürmektedir.

Renkli display üretmenin diğer bir yöntemi de gaz karışımları kullanmaktır. Farklı kırılma gerilimlerine sahip ve farklı dalga boylarında ışıyan gazlar karışım halinde displaye doldurulmaktadır. Hangi renkte ışıma isteniyorsa, o rengi veren gazın kırılma gerilimine eşit bir gerilim seviyesinde darbe elektrotlara uygulanmaktadır. Fakat bu sürücü devre karmaşıklığını ve maliyetini artıracığından çok tercih edilen bir yöntem değildir [3].

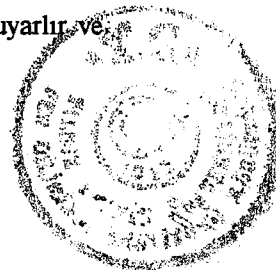


Şekil 4.7. Yüzey deşarjını kullanan renkli PDP [14].

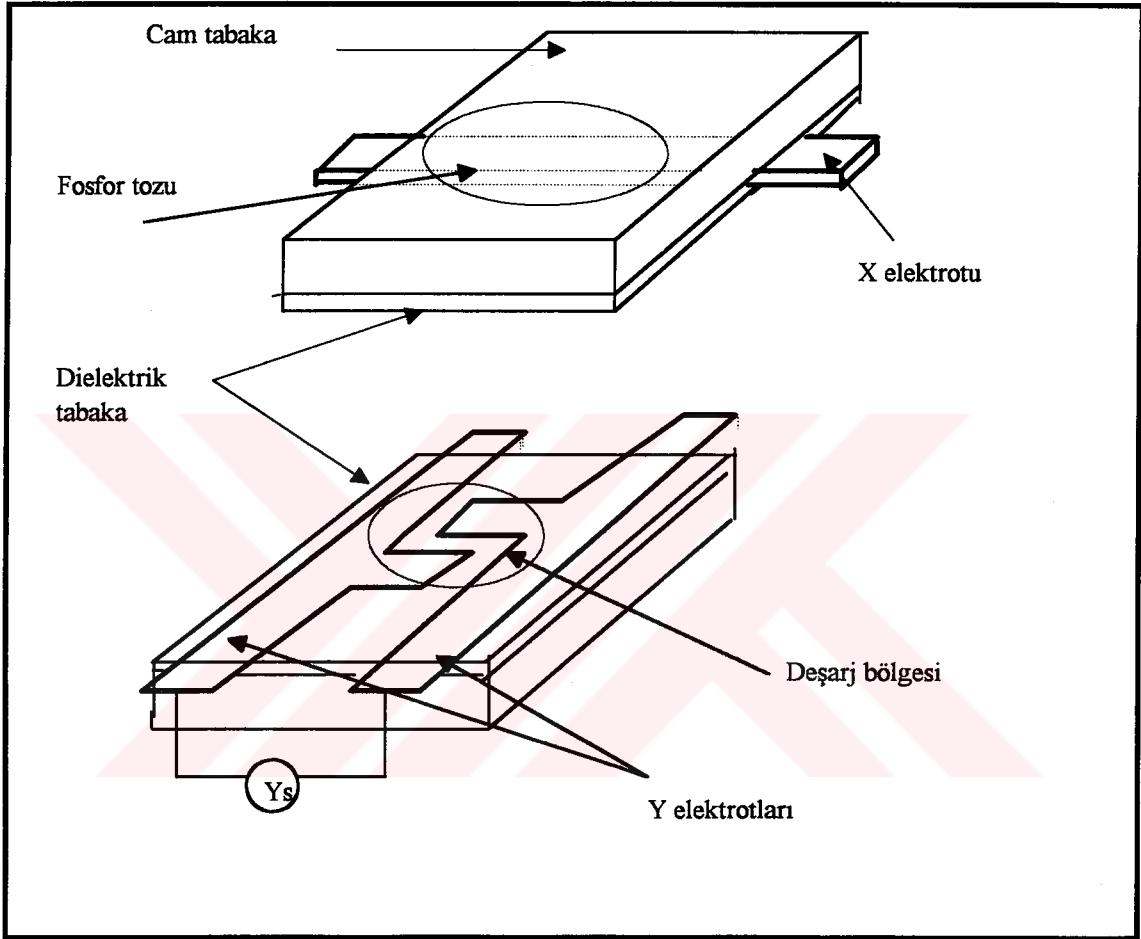
Renkli displaylerin temel prensibi fosforu uyarmak için deşarj yoluyla oluşan UV yayılımı kullanmaktır.

Fosforun kullanıldıkça bozulmasını önlemek ve displayin ömrünü uzatmak için yüzeysel deşarj kullanılmaktadır. Bu tip yapılarda deşarj alt tabakada oluşturulurken fosfor üst tabaka üzerine kaplanmaktadır.

Şekil 4.7. de yüzey deşarjını kullanan renkli plazma display panel görülmektedir. Yüzey deşarj yöntemiyle daha yüksek seviyede parlaklık ve daha uzun ömür sağlanır. Displayin ön cam yüzeyi üzerinde birbirine paralel olarak yerleştirilmiş bir çift saydam elektrot bulunmaktadır. Aradaki boşluk neon-xenon gaz karışımı ile doldurulmuştur. Elektrotlar arasına gerilim uygulandığı zaman, MgO tabaka üzerinde bir yüzey deşarj oluşur ve UV ışık yayılır. Fosfor bu UV ışık tarafından uyarılır ve



görülebilir ışık üretilir. Renkli display üç ana rengi veren fosforun ışığının kontrol edilmesi ile gerçekleştirilir[14].



Şekil 4.8. S^3 - PDP renkli displayin yapısı [15].

Basit bir yapıya sahip olan S^3 -PDP Şekil 4.8.de verilmiştir. Arka cam yüzey üzerine Y elektrotları (Y_s, Y_{as}) yüzeysel sürdürme deşarjı oluşturmak için yerleştirilmiştir. X adresleme elektrotları ise ön cam yüzey üzerinde dik bulunmaktadır. Bütün elektrotlar dielektrik tabaka ile kaplanmıştır. Fosfor tozu renkleri oluşturmak üzere ön yüzün üzerine kaplanmıştır. Aynı yapı tek renkli display için de kullanılabilir.



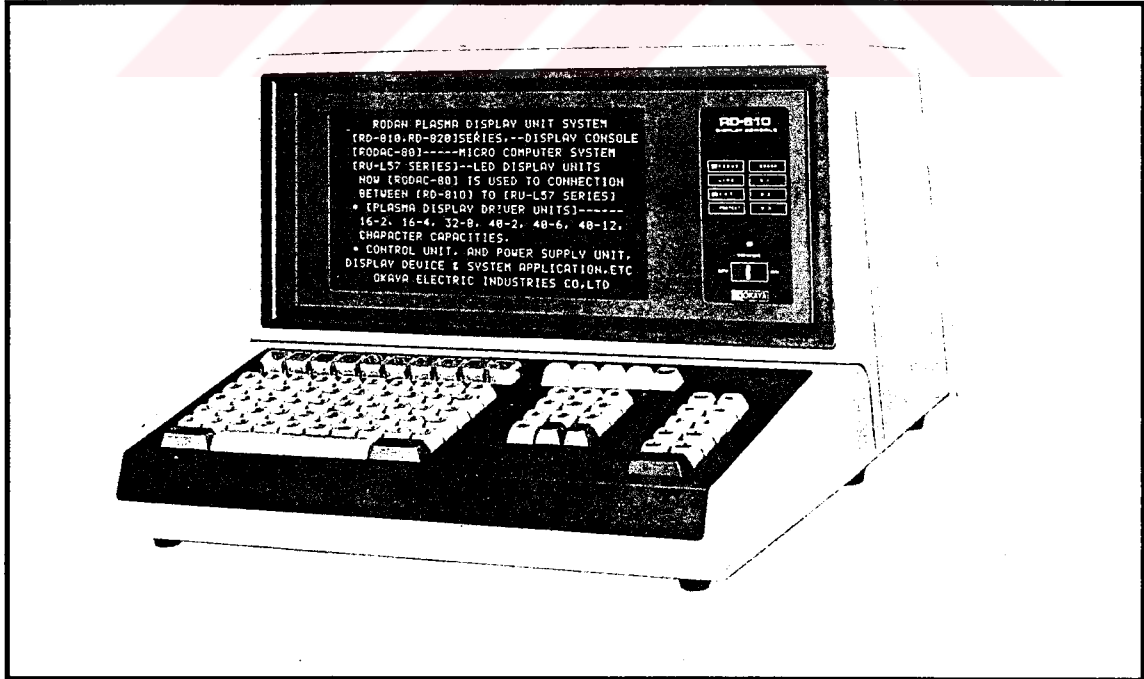
4.4. PLAZMA DISPLAYLERİN UYGULAMALARI

Çok miktardaki bilginin görüntülenmesinde hala çoğunlukla CRT (Cathode Ray Tube)'ler kullanılmaktadır. Fakat bilgi işleme teknolojisindeki son yıllardaki gelişmelerle CRT'lerle elde edilemeyen işlev ve özelliklere sahip displaylere olan talep artmıştır. Bunlardan biri olan plazma display panellerle diğer panel displaylerle elde edilemeyen, büyük ölçekli paneller yapmak mümkündür. Renkli displayler de yapılabilir ve CRT'deki gibi karışmalar olmaksızın renk saflık dereceleri elde edilebilir. Ayrıca bu tip displayler ekran boyutu ve display modu ile değişmeyen karakteristik üstünlüklere sahiptir. Tüm bu nedenlerle plazma display paneller geniş uygulama alanına sahiptir. Temel uygulama alanları aşağıda anlatılmıştır.

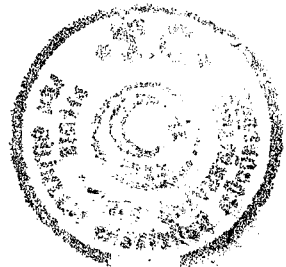
4.4.1. Karakter Displayleri

Display panellerin bu tipleri, 5x7 dot veya 7x9 dor formatında olup, sayısal veya alfabetik display olarak kullanılır. Orta ve küçük display alanında (~10-500 karakter sağlayan) plazma displayler CRT'lerden daha üstündür, çünkü CRT'ler küçük display kapasitesine rağmen büyük hacime sahiptir.

Ayrıca son yıllarda yagınlaşan minibilgisayarların kullanıldığı ofis otomasyonu alanında, kendinden ışık üretmesi ve kompakt yapısı nedeniyle plasma displayler avantaja sahiptir.



Şekil 4.9. PDP kullanan bir bilgisayar terminali [3].



10-50 karakter sağlayan küçük paneller yazar kasalar, satış terminalleri ve ölçüm cihazlarının displayleri gibi yaygın kullanım alanına sahiptir. 50-500 karakter görüntüleyebilen orta ölçekli paneller, minibilgisayar sistemleri, bilgisayar terminalleri, nümerik kontrollu makinelerin monitörleri ve fabrika ölçüm cihazları gibi yerlerde kullanılır. Şekil 4.9. da bu tür bir plasma display panel görülmektedir.

500-2000 karakterli büyük display paneller CRT'lerle rekabettir. CRT'lerdeki bozulma ve dalgalanmaların bulunmamasının yanında plazma displayler bazı üstünlüklere de sahiptir. Bu nedenle bilgisayar terminalleri, trafik sistem terminalleri, kontrol panel terminalleri alanlarda kullanılmaktadırlar. 2000 ve daha üzerinde karaktere sahip displayler, büyük terminaller ve kontrol konsolları olarak kullanılmaktadırlar ve ileride bu alanda gelişmeler beklenmektedir [3].

4.4.2. Grafik Displayleri

Grafik display paneller, uygulama alanlarında farklılıklar gösterir. Onlar grafik ve diyagramların her ikisini de görüntüleyebilen çok yönlü displaylerdir. 3000'den daha az dot sağlayan küçük paneller sembol ve grafik görüntülemeye uygundur. Bu nedenle haberleşme terminalleri, güç kaynakları ve dönüştürücüler için kontrol terminalleri gibi alanlarda kullanılabilir. 3000-30000 dot bulunduran paneller dilbilimi eğitime yönelik cihaz, tıbbi cihaz terminalleri, minibilgisayar sistem terminalleri, fabrika ölçüm cihazları gibi alanlarda grafik ve diyagram displayleri olarak kullanılabilir.

30000-300000 dot sayısına sahip orta ölçekli paneller kelime işlemcilerle birlikte, teletype monitörleri, nümerik kontrollu makineler ve üretim cihazlarının monitörleri olarak kullanılır. 300000'den daha fazla dot sayısına sahip büyük paneller diyagram işleme terminalleri, bilgisayar terminalleri ve radar vs. de kullanılır[3].

4.4.3. Parçalı (Segment) Displayler

Bunlar genellikle çizgi şeklinde düzenlenmiş parçalardan oluşmuştur. 20-40 mm yüksekliğindeki küçük paneller, çeşitli tipteki ölçüm cihazlarında, elektronik yazar kasalarda, satış terminallerinde kullanılır. 400 mm üzerindeki yüksekliğe sahip paneller gittikçe yaygınlaşan alanlar bulmaktadırlar.[3]

4.4.4. Resim Displayleri

Bu tip displayler kullanım aşamasına ulaşmamasına rağmen, özellikle renkli televizyon displayleri oluşturmak amacıyla araştırmalar sürmektedir. AC tip displayler genellikle bilgisayar displayi olarak



kullanım alanı bulmaktadırlar. AC plazma displaylerde gray skalayı gerçekleştirmekte birtakım zorluklar bulunduğu için TV displayleri olarak genellikle DC tip plazma displayler tercih edilmektedir. DC tip displaylerin TV' lerde kullanılmasının bazı sebepleri şunlardır;

a) Sürücü devrenin basitliği: Bir AC display ile gray skalanın oluşturulması için karmaşık ve çok büyük hacimli devreler gerekmektedir. Bunun için iki farklı teknik vardır. Ya farklı tekrarlama hızında yakılan çok sayıdaki hücrenin birleştirilmesi, ya da yeterince yüksek hızdaki binary resmi çoğullamak. DC tip panelin en çekici özelliği, display hücresindeki akımın genliğini veya süresini değiştirerek gray skala kolayca gerçekleştirilebilmesidir. Bunun sonucu olarak da devre basitleşir.

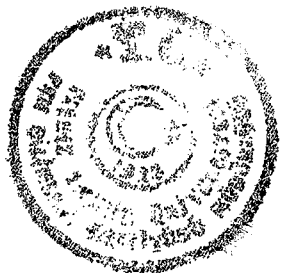
b) Büyük boyutlu displaylerin fabrikasyonunun kolaylığı: Gerçekleştirilen panellerin yapısı basittir. Sadece iki cam yüzeyden ibarettir. Bu nedenle büyük boyutlu displayler kolayca üretilebilir.

c) Renkli displayin gerçekleştirilme imkanı: Filtrelenmiş tungsten lamba kullanılarak yapılan büyük boyutlu displayler verimsizdir. LCD displayler ise kendiliğinden ışık üretmediğinden dışardan bir ışık kaynağına gereksinim gösterir. Ayrıca görüş açıları (viewing angle) dardır. Tam renkli displayler uygun fosfor malzemeleri kullanılarak plazma displaylerle gerçekleştirilebilir [9].

Televizyon displayi için ardışıl satır taramalı sistem kullanılmaktadır. Bu yöntemde resim işareti önce bellekte saklanır ve sonra herbir yatay periyod için eşzamanlama işareti olarak dönüştürülür. Display cihazı, işaretin işlenmesi için bir işleme birimi ve display paneli sürmek için bir panel biriminden ibarettir. İşleme birimi PCM işaret üretmek için televizyon işaretinin kodunu çözen bir A/D dönüştürücü kullanır. Display panelin tek bir satırındaki pixellere (deşarj hücreleri) karşılık gelen veri herbir yatay satır bir satır belleğe yüklenir. Bu yüklenen veri daha sonra bir darbe süresi modulatörüne iletilir. Modüle edilen işaret kendisini oluşturan işaretlere ayrılır ve televizyon resmini görüntülemek üzere display anodlarını sürer. Şekil 4.10. NHK Giken Firması tarafından renkli televizyon alıcısı için kullanılan bir plazma display paneli göstermektedir[3].

4.4.5. Genel Bilgi Displayleri

5x7 ve 16x16 dot matris displayler paneller genel bilgi displayleri olarak kullanılmaktadır. Her bir durumda karakter yüksekliği 40-15 mm dir. Bu iki tip displayin ilki benzin istasyonlarında, büyük sayısal saatlerde, fabrikalarda kontrol panosu olarak ve skor panosu olarak kullanılmaktadır. İkinci tiptekiler ise otobüs, bina ve otellerde yön gösteren displayler olarak kullanılmaktadır.



7x30-100 dot ve 16x70-150 dot ve 40-150 mm yüksekliğe sahip matris displayler de genel bilgi displayleri olarak kullanılmaktadır. Bu tip displayler duran ve kayan yazı displayleri olarak ikiye ayrılır. Bunlar süpermarketlerde , otobüs rotası bildiren displaylerde , haber, anons ve reklam displayleri olarak kullanılır [3].



Şekil 4.10. Altı inch renkli televizyon ekranı [3].

4.4.6. Askeri Amaçlı Displayler

Plazma display paneller genellikle askeri amaçlara yönelik araştırmalara konu olmuştur. Bunun nedenlerinden biri, çok büyük boyutlarda, duvar tipi displaylerin parça parça yapılaıp eklenmek suretiyle kolayca gerçekleştirilebilmesidir. Diğer bir nedeni ise saydam olmasıdır. Bu şekilde arkasına harita yerleştirilebilir ve üzerinde hareket planları gerçekleştirilebilir. Askeri amaçlı üretim ve araştırmalar hala Fransa'da Thomson firmasında sürmektedir. Bu amaçla kullanılan display şekil 4.11.de verilmiştir.





Şekil 4.11. Askeri amaçla kullanılan harita üzerine yerleştirilmiş plazma display [16].



5. BÖLÜM

PLAZMA DISPLAYİN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Deneysel amaçla TÜBİTAK KUEL (Kuantum Elektronığı Labotatuvarı)'de 7x9 cm boyutlarında , karakter display tipinde bir DC plazma display gerçekleştirilmiştir. Displayin yapımı şu aşamalardan oluşmuştur:

1. Cam yüzeylerin temizlenmesi.
2. Elektrot malzemesinin kaplanması.
3. Elektrot modelinin metal kaplama üzerinde oluşturulması.
4. Metalin elektrot modeline göre aşındırılması.
5. İki cam yüzeyin arasında belli bir boşluk bırakılarak birleştirilmesi.
6. Aradaki boşluğun vakumlanması.
7. Ne veya Ne+%0.1 Ar gaz karışımı ile doldurulması.

5.1.Cam Yüzeylerin Temizlenmesi:

Displayin taban malzemesi olarak genellikle soda-lime cam (pencere camı kullanılır). Bu amaçla kullanılan cam yüzeyler 7x9 cm boyutlarında ve 4-5 mm kalınlığındadır, bu boyutlar laboratuvardaki teknik koşullar gözetilmesine alınarak saptanmıştır. Bu camın bileşimi; %71 – 73SiO₂, %10 – 12Na₂O, %8 – 10CaO, %1.5 – 3.5MgO, %0.5 – 1.5Al₂O₃ dür [17]. Displayin yapımında kullanılan iki cam yüzey birbirinin aynısıdır. Aralarındaki tek fark bir tanesine vakum yapmak ve gaz doldurmak amacıyla delik delinmiş olmasıdır.

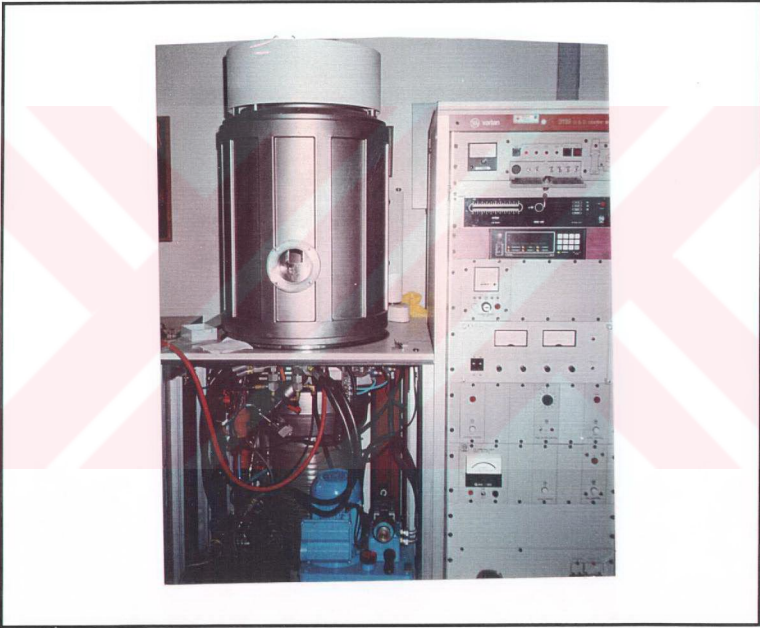
Camların temizliği son derece önemlidir. Çünkü cam üzerinde bulunan herhangi bir kirlilik metalin cam üzerine yapışmasını önler. Metalin yapışmaması durumunda, elektrotların oluşturulması aşamasında metal tümüyle soyulup kalkar. Eğer yapışmama problemi bölgesel ise, elektrod yapısında bozukluklar ve kopmalar oluşur. Bu bozulmaları önlemek için camlar aşağıda belirtilen işlemlerden geçirilerek temizlenmelidir.

- Deterjanlı su ile yıkama.
- Azot ile kurutma.
- Üzerindeki yağın temizlenmesi amacıyla 10 dakika ultrasonik temizleyicide Triklor Etilen (TCE) ile yıkama.
- 10 dakika ultrasonik temizleyicide aseton ile yıkama.
- Etil alkol ile yıkama.
- 130 °C sıcaklıktaki fırında kurutma.



2.2.Elektrot Malzemesinin Kaplanması:

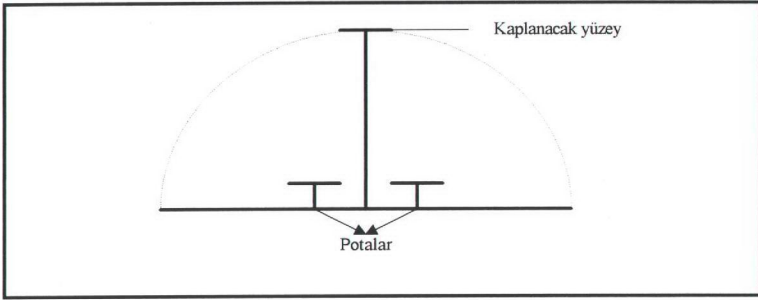
Bu aşamada daha önce temizlenmiş cam yüzeyler üzerine elektrot malzemesi olan metal kaplanır. Displayin yapımında buharlaştırma (evaporation) tekniği kullanılmıştır. Kaplama için kullanılan cihaz Varian 3119 R&D kaplama sistemidir. Cihaz şekil 5.1. de gösterilmiştir. Cihazın içinde iki tane pota bulunmaktadır. Kaplanacak yüzey potalardan belli bir yükseklığe yerleştirilmektedir. Vakum altında



Şekil 5.1. Varian 3119 R&D kaplama sistemi.

kaplanacak malzeme sırasına göre, potalardan akım geçirilerek metal malzemenin buharlaşması sağlanır. Buharlaşan malzeme yüzey üzerine birkir ve yüzeyi kaplar. Cihazın içinde küresel dağılım olduğu varsayılır. Bu küresel dağılımdan yola çıkılarak yüzey üzerine istenen kalınlıkta malzeme kaplanması için gereken malzeme miktarı bulunabilir.





Şekil 5.2. Kaplama cihazındaki küresel dağılım.

$$V = 2\pi r^2 d \quad (5.1)$$

$$m = V \quad (5.2)$$

Burada d yüzey üzerine kaplanacak malzemenin kalınlığı, r kaplanacak yüzeyin cihaz tabanında yüksekliği ve ρ , malzemenin özgül ağırlığıdır. Örnek olarak 1000 Å° kalınlığında krom ve 5000 Å° kalınlığında bakırdan oluşan iki katlı kaplama için gerekli olan krom ve bakır miktarları şu şekilde hesaplanabilir. Kaplanacak yüzeyin tabandan yüksekliği 40 cm.dir.

$$\rho_{Cr} = 7.2 \text{ gr/cm}^3$$

$$\rho_{Ag} = 10.5 \text{ gr/cm}^3$$

1000 Å° Cr için;

$$m = 2\pi r^2 d \rho$$

$$m = 2 \times 3.14 \times (25)^2 \times 1000 \times 10^{-8} \times 7.2 = 282 \text{ mgr}$$

5000 Å° Ag için;

$$m = 2 \times 3.14 \times (25)^2 \times 5000 \times 10^{-8} \times 10.5 = 2.02 \text{ gr}$$

5000 Å° Au için;

$$m = 2 \times 3.14 \times (25)^2 \times 5000 \times 10^{-8} \times 19.32 = 3.8 \text{ gr}$$



Kaplama yüksekliği 25 cm veya 40 cm seçilebilir, 40 cm seçildiğinde kaplama kalınlığı daha düzgün olur. Kaplanacak yüzeyimiz küçük olduğundan çok fazla kalınlık değişimi olmadığı için ve daha az kaplama malzemesi kullanılacağı için kaplanacak yüzey tabandan 25 cm yükseğe yerleştirilmiştir.

Bu şekilde hesaplanan miktarlarla yapılan kaplamaların kalınlıkları yükseklik ölçüm cihazında çok yaklaşık sonuçlar vermiştir. Kaplanacak malzeme miktarı bu şekilde saptandıktan sonra tartılan malzemeler üzerlerindeki oksit tabakasından temizlenerek potalara yerleştirilir. Kaplanacak yüzey de yerleştirildikten sonra cihaz kapatılır ve önce mekanik pompa ile daha sonra difüzyon pompası ile vakumlanır. Yaklaşık $10^{-6} - 10^{-7}$ mbar'lık vakuma erişildiğinde potalar akım geçirilerek sırayla ısıtılır. Potanın sıcaklığı malzemenin buharlaşma sıcaklığına eriştiğinde malzeme buharlaşarak cam yüzey üzerinde birikir. Çeşitli malzemeler için kaplama sıcaklıkları ve basınçları Tablo 5.1. de verilmiştir.

Tablo 5.1. Çeşitli malzemeler için kaplama sıcaklıkları, basınçları ve yöntemleri.[18]

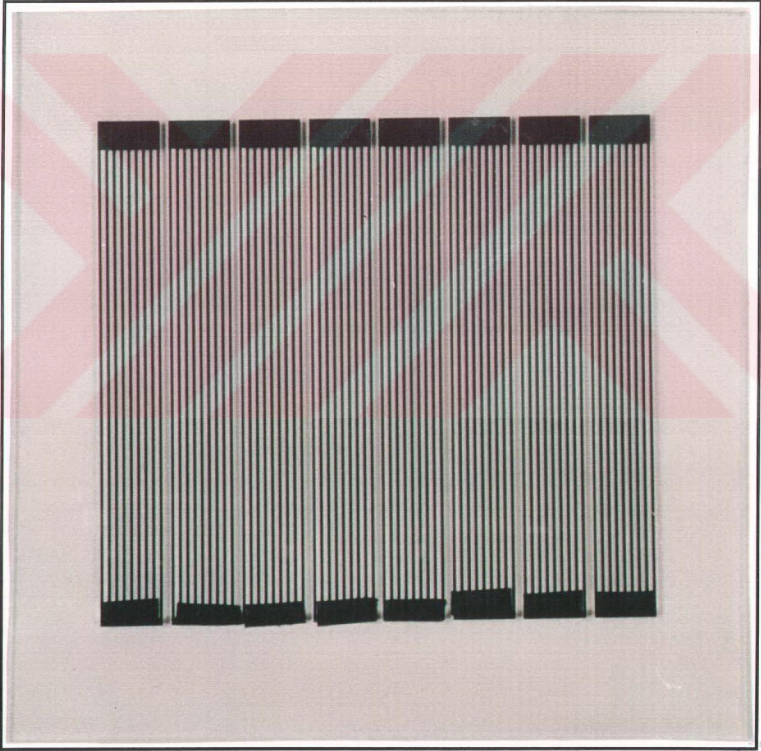
Sembol	Erg.sıcaklığı	Yoğunluk	10^{-8} torr	10^{-6} torr	10^{-4} torr	Kaplama tekniği
Al	660	2,70	677	821	1010,0	RF,DC
Cr	1890	7,20	837	977	1157,0	Elektron beam,RF,DC
Cu	1083	8,92	727	857	1017,0	DC,RF
Au	1062	19,32	867	947	1132,0	DC, RF
Ag	961	10,49	847	958	1105,0	DC,RF
SiO ₂	1610 – 171	2,2-2,7	bileşime bağlı	-	1025,0	RF
MgO	2800	3,58	--	-	1300,0	RF

Elektrot malzemesi olarak çeşitli metaller kullanılmaktadır. Kullanılacak malzeme olarak metal film cama iyi yapışmalıdır. Oksitlenmeye ve korozyona karşı dirençli ve tüm bu özelliklerine ek olarak iyi bir iletken olmalıdır. Kolay işlenebilmesi, bol bulunabilmesi ve iyi iletken olması nedeniyle bakır iyi bir seçim olarak düşünülebilir. Fakat bakırın cama yapışkanlığı kötüdür ve aynı zamanda oksitlenme direnci zayıftır. Bu nedenle bakır yapışkanlık ve oksitlenme özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla başka bir metalle birlikte sandviç şeklinde (Cr-Cu-Cr gibi) kullanılır. Fakat daha sonra ayrıntılı olarak anlatılacağı gibi bu durumda bazı aşındırma problemleri ile karşılaşmaktadır.

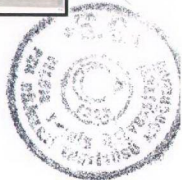


Diğer bir yöntem bakırı Berilyum, Silisyum ve Alüminyum gibi metallerle alaşım yaparak kullanmaktır. Cu-Al alaşımı kolayca elde edilebilen ve kullanılabilen bir bileşimdir. Oksijen içinde 700°C 'ye kadar ısıtıldığında oksitlenme olmamıştır. Diğer özelliklerinin incelenmesi ile de panel fabrikasyonunda kullanıma uygun olduğu sonucuna varılmıştır [19].

Kaplama tekniği açısından problemler olduğundan bu tez çalışmasında alaşım kullanılmamıştır. Altın oksitlenme problemi olmadığından ve iyi bir iletken olduğundan tercih edilmiştir. Dezavantajı pahalı olmasıdır bu nedenle seri üretimler için uygun değildir. Ayrıca gümüş de elektrot malzemesi olarak kullanılmış ve iyi sonuç alınmıştır. Her iki metalin de cama yapışması için ince bir krom tabakası kullanmak gerekmektedir.

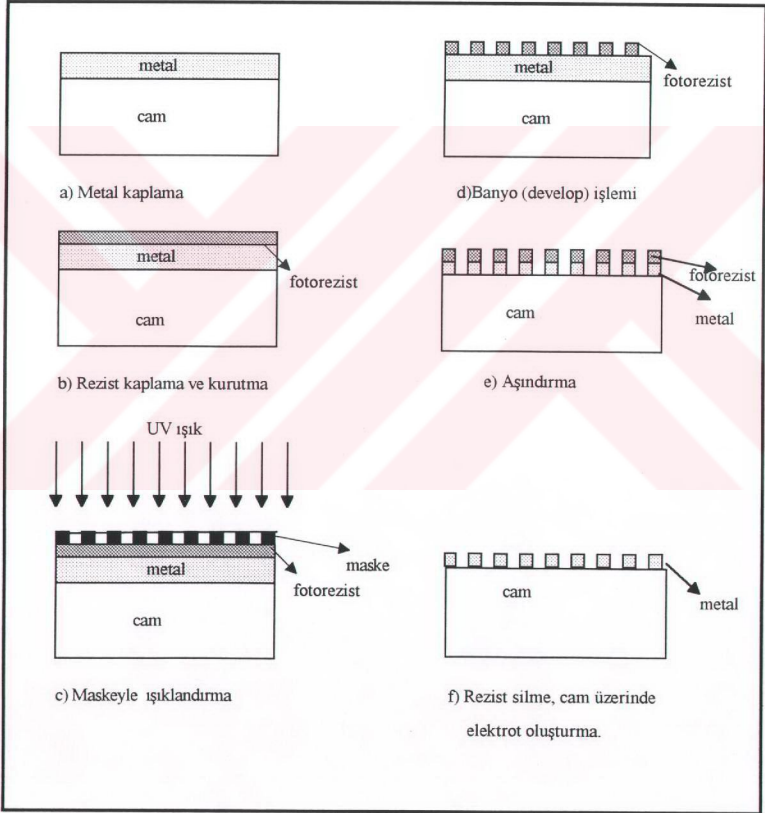


Şekil 5.3. Elektrotları cam yüzey üzerinde oluşturmak için kullanılan maske.



5.3. Elektrot Modelinin Oluşturulması

Elektrotları oluşturmak için cam yüzey üzerine metal kaplandıktan sonra saptanan elektrot modelinin kaplanan metal üzerine geçirilmesi gerekmektedir. Bu amaçla ilk önce saptanan modele uygun maske oluşturulmalıdır. Maske istenilen elektrot modeline uygun olarak TÜBİTAK YİTAL laboratuvarında Cyrex cihazında yapılmıştır. Kullanılan maskenin yapısı Şekil 5.3. de ve elektrotların cam yüzey üzerinde oluşturulması için yapılan işlem adımları Şekil 5.4. de verilmiştir.



Şekil 5.4. Pozitif fotorezist kullanarak elektrotların oluşturulması



Maskedeki modelin metal yüzeye geçirilmesi için ışığa duyarlı bir malzeme olan fotoresist kullanılır. Burada AZ 4110 pozitif fotoresist kullanılmıştır. Bu işlemde pozitif 20 ile de iyi sonuçlar alınmıştır. Bu malzeme metal kaplı cam yüzey üzerine damlatılır ve 1600 d/d de 30 s spinderde yayılır. Böylece rezistin yüzey üzerinde eşit kalınlıkta kaplanması sağlanır. Bu işlemden sonra yüzey 90 C de 15 dakika kurutulur (soft bake). Maske yüzey üzerine konularak 3- 3.5 dakika UV lamba altında ışıklandırılır. Yüzey 130 C de 15 dakika ısıtılır (hard bake). Son işlem banyo (develop) işlemidir. Ya KOH yada rezistin kendi developeri kullanılarak yüzey yıkanır. Pozitif fotorezist kullanılan litografi tekniğinde ışıklandırılan bölgeler kaldırılmış olur ve rezistle korunan desenler alt katmana aktarılır. Maskedeki model metal yüzey üzerinde oluşur.

5.4. Metalin Modele Uygun Olarak Aşındırılması

Resist işleminden sonra metalin elektrod modeline göre aşındırılması gerekmektedir. Bunun için her metale uygun olan aşındırıcılar saptanmıştır.

Krom için;

9 ml doymuş CeSO_4 ve 1ml HCl karışımı 800A/dak ile iyi sonuç vermektedir. Ayrıca derişik HCl de krom için iyi bir aşındırıcıdır.

Altın için;

4 gr KI, 1 gr I_2 , 40 ml H_2O , 0.5-1 $\mu\text{m}/\text{dak}$ ile iyi sonuç alınmıştır.

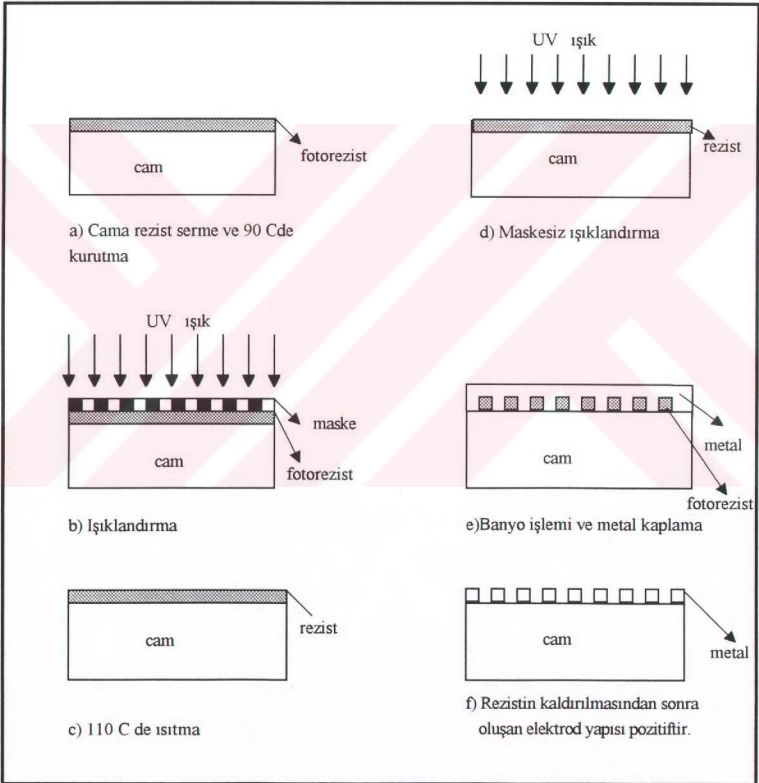
Gümüş için;

CH_3COOH ve H_2O_2 , 1:1 kullanılmıştır. Tüm bu aşındırıcılar fotoreziste zarar vermemektedir [20].

Cr-Cu-Cr üç katmanlı kaplamada aşındırma işlemi ile ilgili birtakım problemlerle karşılaşmıştır. Bu krom için kullanılan tüm aşındırıcıların bakırı daha çabuk aşındırmasından kaynaklanmaktadır. En üstteki krom tabakası aşındırılırken alta sızan aşındırıcı yanlardan girerek bakırı aşındırmakta ve kenarlarda kırılma ve çökme şeklinde deformasyonlar oluşmaktadır. Bu nedenle Cr-Cu-Cr üçkatmanlı kaplamada lift-off (soyma) tekniği kullanılarak elektrot oluşturulabilir. Bu amaçla AZ 5218E Image Reversal Resist kullanılabilir. Bu resist sıcaklıkla negatife dönüşmektedir. Bu teknik kısaca şöyle özetlenebilir.



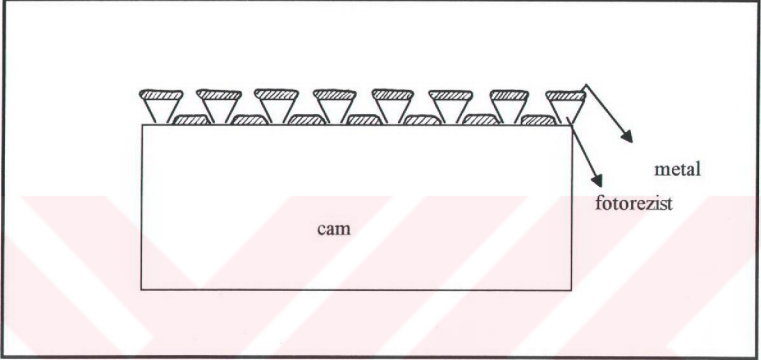
Fotorezist öncekinin tersine metal üzerine değil metalin altına yani cam yüzeyin üzerine yayılır. 90 C de kurutulur ve maske ile ışıklandırılır. Yüzey maske ile yapılan bu ışıklandırma işleminden sonra 110 C de 10 dakika ısıtılıp maskesiz olarak tekrar ışıklandırılır. Banyo işleminden sonra negatif fotorezist elde edilir. Yani ışık gören yerlerde fotorezist kalır görmeyen yerlerde silinir. Bu işleminden sonra fotorezistli yüzey üzerine metal kaplanır. Kaplanan yüzey çözücü (genellikle aseton) içine atılır. Aseton fotorezisti çözdüğü için üzerindeki metalde fotorezistin çözülmesiyle soyulur. Bu şekilde metal elektrotlar oluşur.



Şekil 5.5. Image Reversal Resist ile soyma (lift off) tekniği kullanılarak elektrot yapısının oluşturulması



Bu teknikte resistle oluşturulan modelin kenarlarının kaplanan metalin kenarlarında kırılma ve çökmelere yol açmaması için, negatif eğime sahip olması gerekir. Bu ışıklandırma süresi ile ayarlanır.

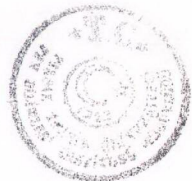


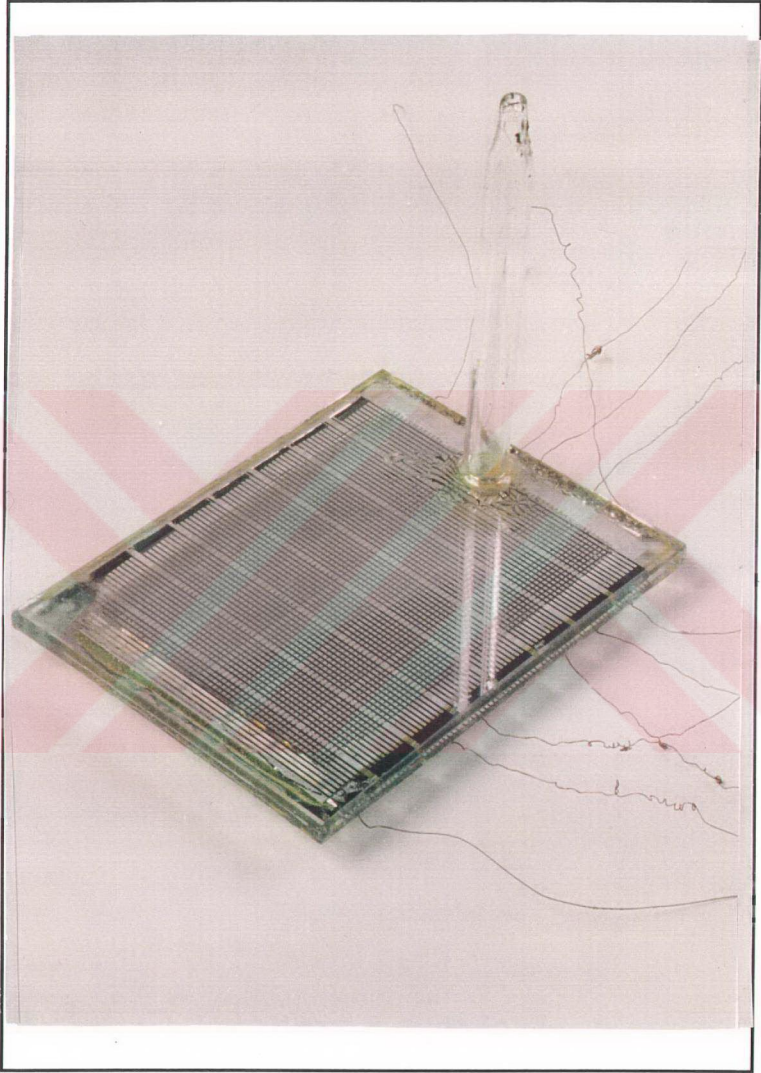
Şekil 5.6. Resistte oluşan negatif eğim.

5.5. Cam Yüzeylerin Birleştirilmesi

Yukarıda anlatılan yöntemlerden biri ile elektrot yapısı oluşturulur. Bundan sonra iki yüzeyin aralarında belli bir boşluk kalacak şekilde birleştirilir. Fakat birleştirme işleminden önce oluşturulan elektrotların uçlarına iletken teller lehimlenerek dışarı alınmalıdır.

Camların arasındaki boşluğu sağlamak için (spacer) teflon kullanılmıştır. Teflon yalıtkan olması ve ısıya dayanıklılığı ve vakumu etkilememesi açısından en uygun malzeme olduğu için seçilmiştir. İki yüzeyi birleştirdikten sonra yapıştırmak için epoxy türü yapıştırıcılar tercih edilmiştir. Bunun nedeni bu tür yapıştırıcıların ısıya ve vakuma dayanıklı olmasıdır. Son olarak yüzeylerden birinin üzerindeki deliğin üzerine vakum yapmak ve gaz doldurmak amacıyla ince bir cam boru yapıştırılır. Böylece displayin yapısı tamamlanmış olur. Displayin elektrot yapısı Şekil 5.7.de, tamamlanmış hali Şekil 5.8. de verilmiştir.



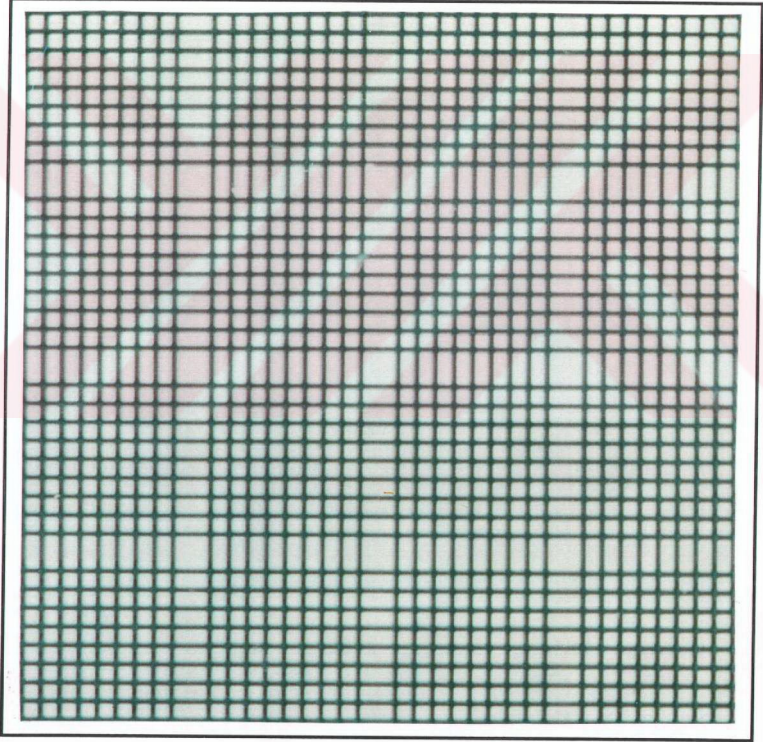


Şekil 5.7. Gerçekleştirilen plazma displayin yapısı.



5.6. Displaye Gaz Doldurulması

Daha önceki bölümlerde anlatıldığı gibi, plazma displayler gaz içinde oluşturulan ışıma deşarjından yararlanarak görüntü oluştururlar. Bu nedenle oluşturulan displayin içi mekanik ve difüzyon pompaları yardımıyla iyice boşaltıldıktan sonra, içine gaz doldurulmuştur. Kullanılan gaz neon ve neon+% 0.1 argondan oluşan Penning karışımıdır. Bir sonraki bölümde çeşitli gazlar, display aralıkları ve elektrot kalınlıklarına göre deşarj karakteristiklerinin çıkarılması ve minimum yanma gerilimlerinin saptanması incelenecektir.



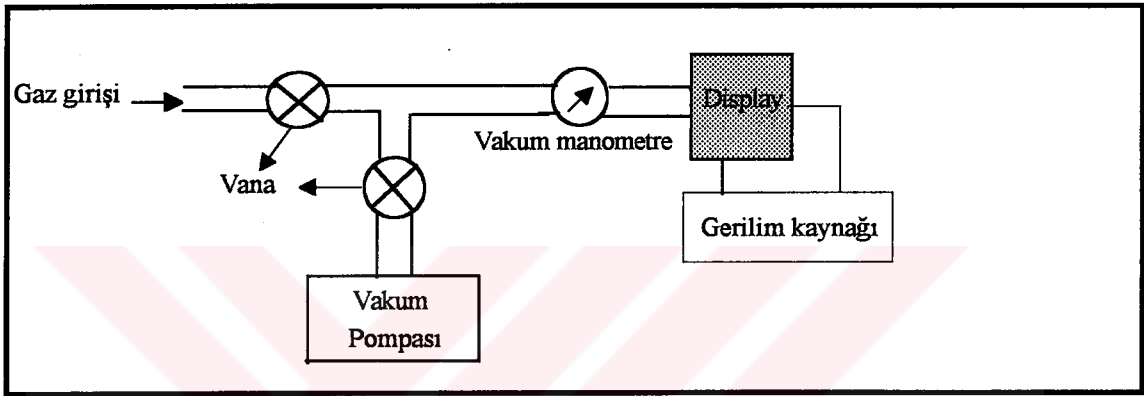
Şekil 5.7. Displayin elektrot yapısı.



6. BÖLÜM

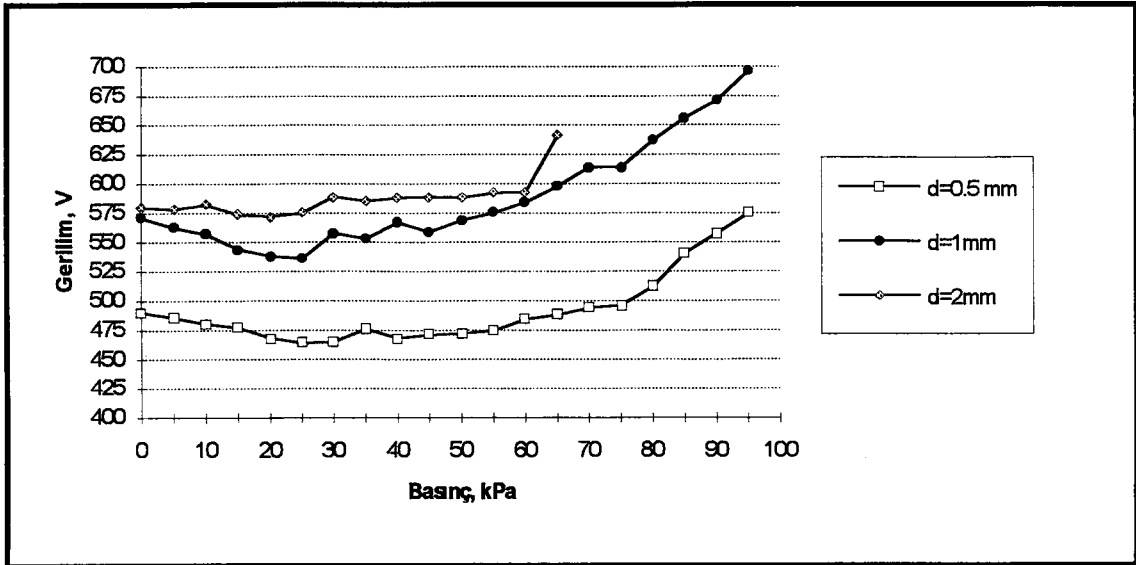
YAKMA GERİLİMİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Elektrodlar arası uzaklıkları (d); 0.2 mm, 0.5mm, 1mm ve 2 mm olan displayler yapılmıştır. Bu displayler vakumlandıktan sonra sırayla neon ve neon+% 0.1 argon (Penning karışımı) olmak üzere iki tip gaz ile doldurulmuştur. Bu örnekler üzerinde ölçümler yapılmıştır. Ölçümler için kullanılan düzenek Şekil 6.1. deki gibidir.



Şekil 6.1. Ölçüm düzeneği.

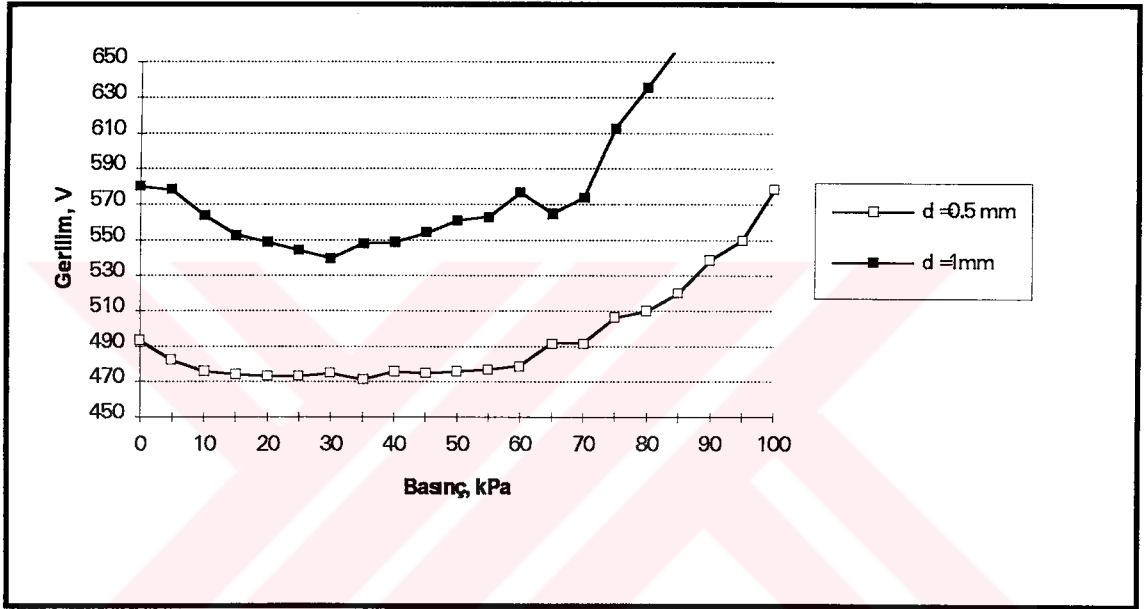
Elektrotlar arası uzaklıkları farklı olan displaylerin yakma gerilimlerinin basınca bağlı olarak değişimleri ölçülmüş ve grafikleri çizilmiştir. Displayler ilkönce sürekli bir DC gerilim ile sürülmüştür.



Şekil 6.2. Sürekli DC gerilim altında yakma geriliminin basınçla değişimi. (Neon için)

Elektrotlar arası uzaklıkları farklı olan displaylerin basınca bağlı olarak yakma gerilimlerinin değişimi gözlenmiştir. Yapılan ölçümlerin sonuçları grafiklerle ifade edilmiştir.

Sürekli DC gerilim ile sürülen farklı elektrotlar arası uzaklığa sahip displayler için bulunan minimum yakma gerilimleri ve bu gerilimlerin elde edildiği basınç değerleri şunlardır. $d=0.5$ mm için 30 kPa basınçta 465 volt, $d=1$ mm için 25 kPa basınç altında 536 volt ve $d=2$ mm için 20 kPa basınçta 572 voltur. Displaylerde kullanılan gaz neondur.



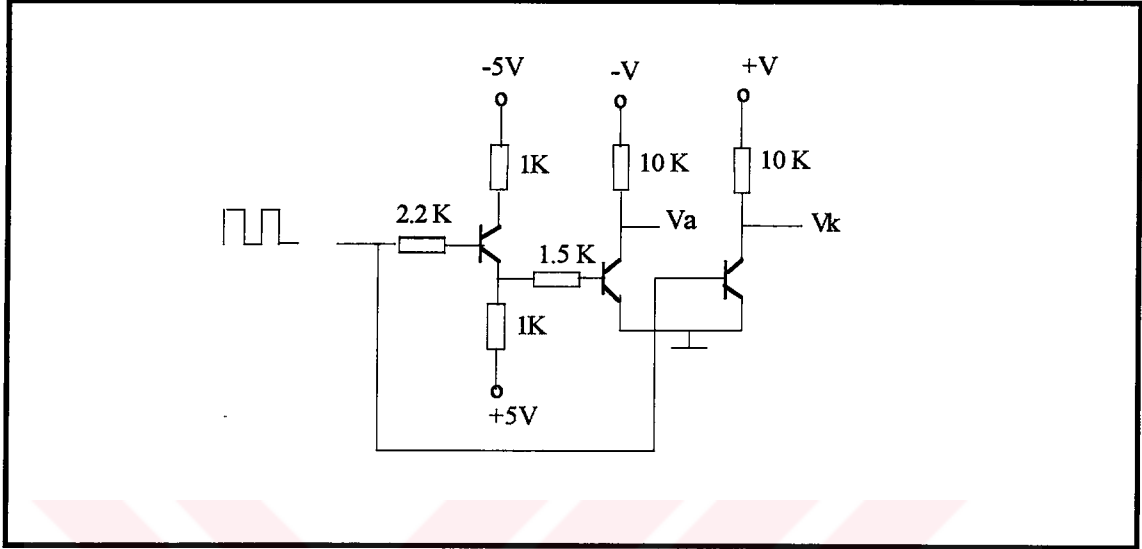
Şekil 6.3. Sürekli DC gerilim altında yakma geriliminin basınçla değişimi. (Neon-argon karışımı için)

Şekil 6.3. de neon+%0.1 argon gaz karışımı doldurulmuş ve elektrotları arasında 0.5 mm ve 1 mm uzaklık olan iki display için yakma geriliminin basınçla değişimi gösterilmiştir. $d=0.5$ mm için minimum yakma gerilimi 35 kPa basınçta 471 volt iken $d=1$ mm için 30 kPa basınçta 540 voltur.

İkinci aşamada displaylerin anot ve katoduna aynı faz ve frekansta fakat ters polariteye sahip kare dalga uygulanmıştır. Ölçümlerde kullanılan sürücü devre Şekil 6.4. de verilmiştir.

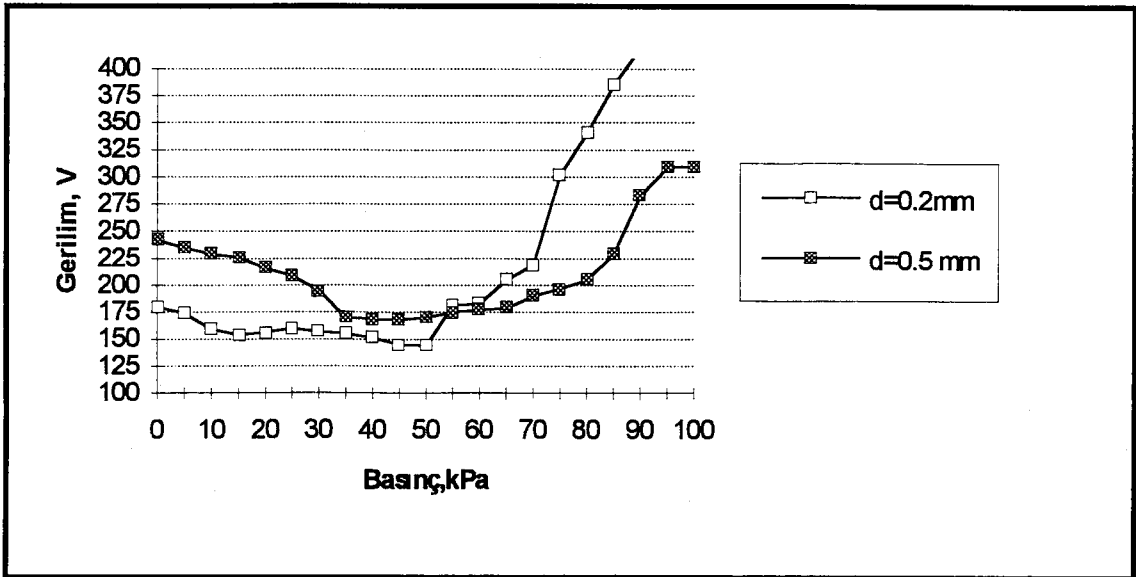
Displayin anot ve katoduna kare dalga uygulanarak istenilen noktalar yakılmaktadır. Display üzerinde bir nokta seçilerek anoduna 0-300 V veya 0-400 V arasında değişen sabit gerilim , katoduna buna ters yönde bir gerilim uygulanarak yakma gerilimi ölçülmüştür.

$d=0.2$ mm ve 0.5 mm için basınç ile yakma geriliminin değişimi Şekil 6.5. de verilmiştir. Kare dalgaının frekansı 1 kHz dir. Displayler neon gazı ile doldurulmuştur ve elektrot malzemesi olarak krom-gümüş kullanılmıştır.



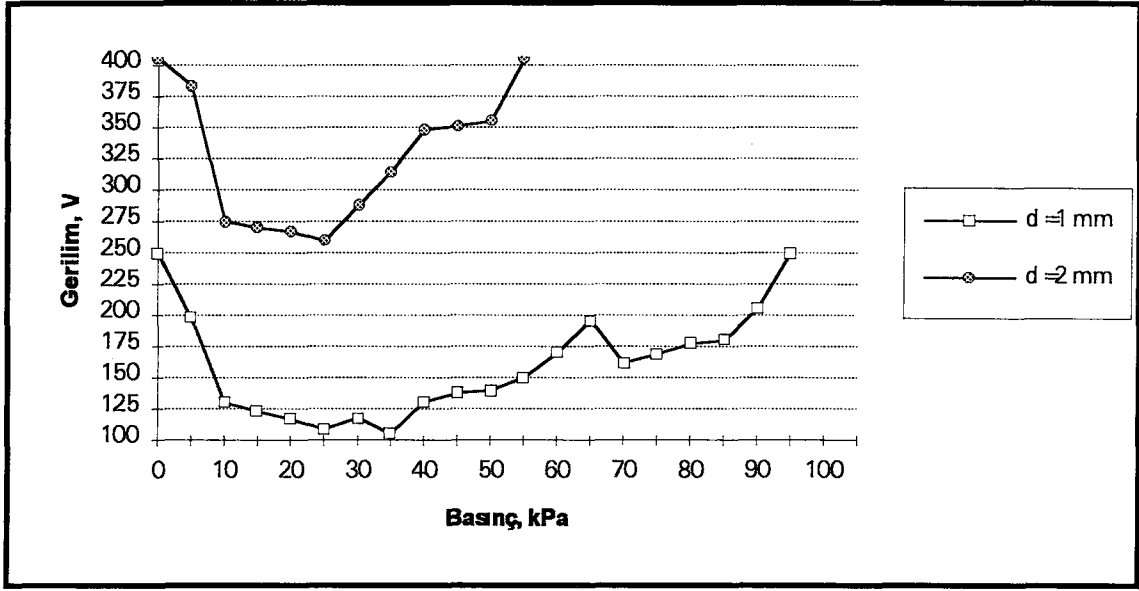
Şekil 6.4. Sürücü devre.

Displayin anot gerilimi $0-300$ volt arasında değişen kare dalgadır. Bu durumda bulunan en düşük katot gerilim değerleri elektrotlar arası uzaklığı 0.2 mm olan display için 50 kPa basınçta 144 volt, elektrotları arasında 0.5 mm olan displayde ise 45 kPa basınçta 168 voltur.



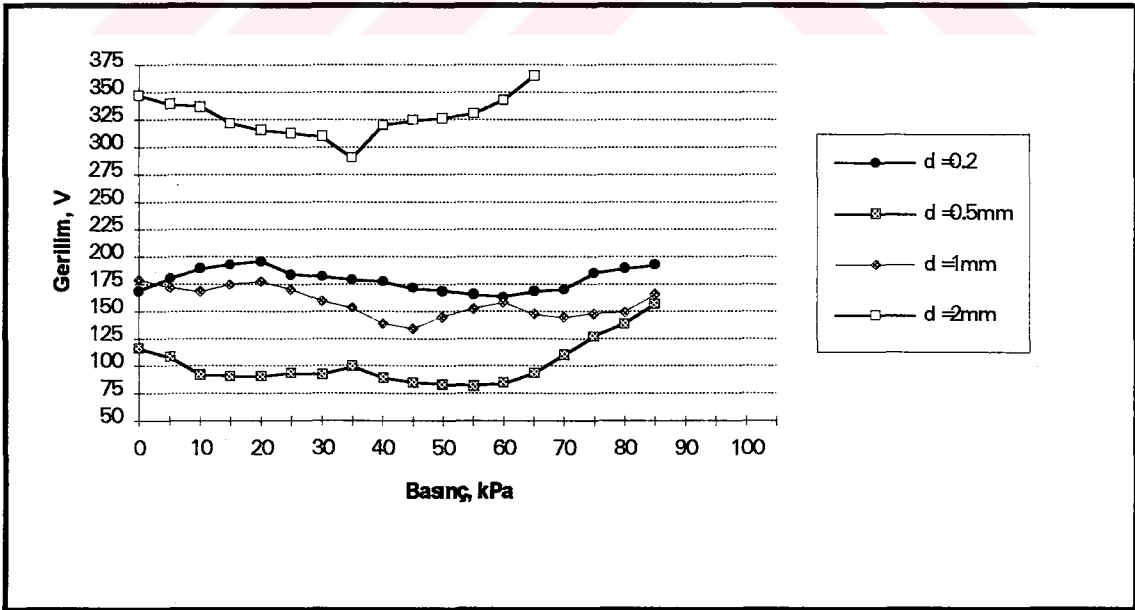
Şekil 6.5. Elektrotlar arası uzaklığı 0.2 mm ve 0.5 mm olan displaylerin yakma gerilimlerinin basınçla değişimi. Anot gerilimi $V_a=300$ V.





Şekil 6.6. $d=1$ mm ve 2 mm için yakma gerilimlerinin basınçla değişimi. $V_a=400$ V

Elektrotlar arası uzaklıkları 1mm ve 2 mm olan displayler için yakma geriliminin basınçla değişimi Şekil 6.6. da gösterilmiştir. Bu displayler için anot geriliminin tepe değeri 400 volta çıkarıldığı için grafikleri diğer ikisinden ayrı çizilmiştir. Yapılan ölçümler sonucunda en düşük katot gerilimleri, $d=1$ mm olan display için 35 kPa basınçta 105 volt ve $d=2$ mm olan displayde ise 25 kPa basınçta 260 voltur.



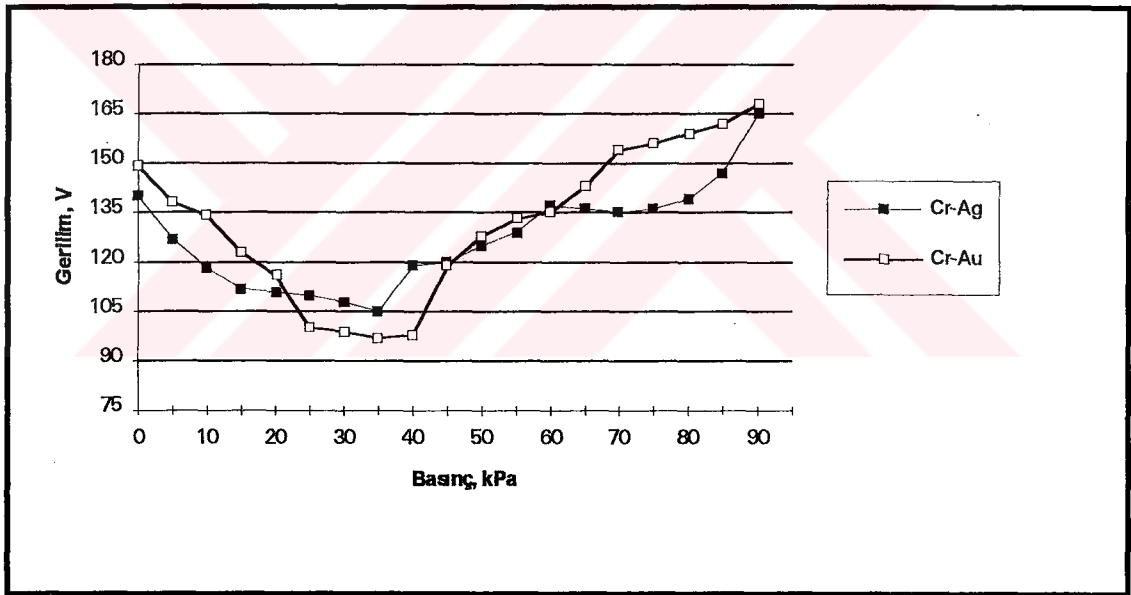
Şekil 6.7. Neon-Argon karışımı için yakma gerilimi grafikleri. $F=1$ kHz



Aynı ölçümler displaylerin içine neon ve % 0.1 argondan oluşan gaz karışımı doldurularak tekrarlanmıştır. Bu gaz karışımına Penning karışımı adı verilmektedir

Neon-argon gaz karışımı ile doldurulmuş displayler için yapılan ölçümler sonucunda çizilen grafikler şekil 6.7.te verilmiştir. Burada $d=0.2$ mm, $d=0.5$ mm, $d=1$ mm, $d=2$ mm için elde edilen en düşük katot gerilimleri sırasıyla, 60 kPa basınçta 163 volt (anota uygulana gerilimin tepe değeri 300 V), 55 kPa basınçta 82 volt, 45 kPa basınçta 134 volt ve 35 kPa basınçta 290 voltur.

Displayler yapılırken elektrot malzemesi olarak altın ve gümüş olmak üzere iki tür malzeme kullanılmıştır. Aynı elektrotlar arası uzaklığa sahip olan biri altın diğeri gümüş elektrotlu iki displaye neon gazı doldurularak basınca bağlı olarak yakma gerilimleri ölçülmüştür. Ölçümlerden yararlanarak çizilen grafik şekil 6.8. de verilmiştir. Anot ve katoda uygulanan kare dalganın frekansı 10 kHz 'dir.

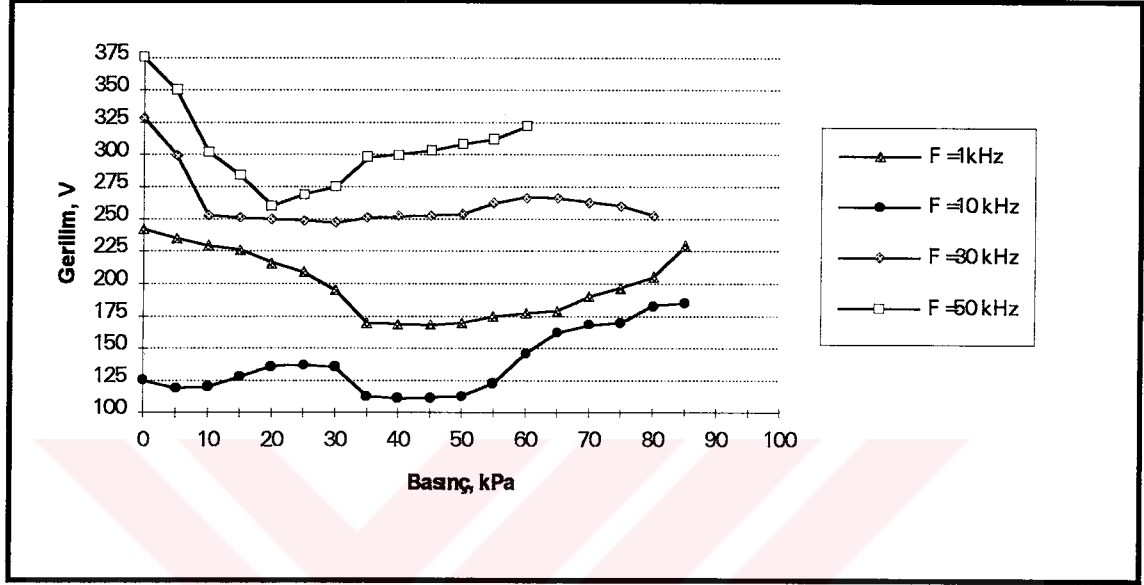


Şekil 6.8. Değişik elektrot malzemeleri için yakma geriliminin basınçla değişimi.

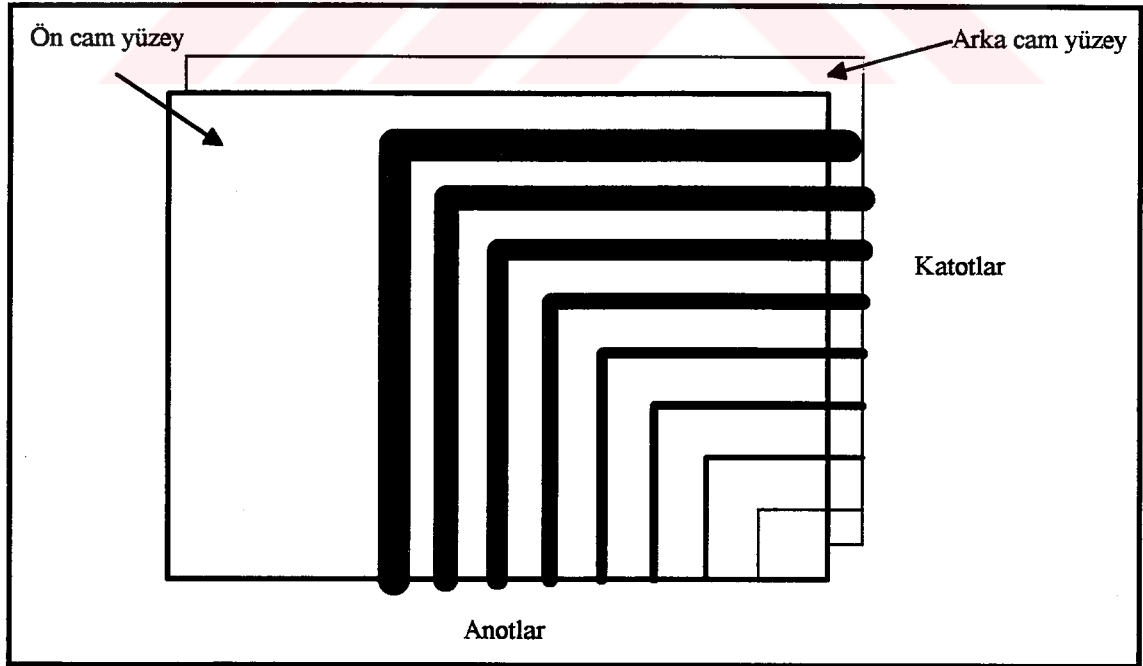
Her iki displayin de en düşük yakma gerilimleri 40 kPa basınçta elde edilmiştir. En düşük katot gerilim değerleri gümüş için 105 volt ve altın için 97 volt olarak bulunmuştur.

Elektrotlar arası uzaklığı 0.5 mm olan krom-gümüş elektrotlu displaye neon gazı doldurulmuştur. Bu displayin anot ve katotuna uygulanan kare dalganın frekansı değiştirilerek yakma geriliminin basınca bağlı olarak değişimi gözlenmiştir. Elde edilen sonuçlar şekil 6.9.da grafik olarak verilmiştir. 1 kHz

için yapılan ölçümlerde anot gerilimi 0-300 volt arasında değişirken diğer frekanslarda 0-400 volt arasında değişen bir kare dalgadır. Buna göre 1 kHz için elde edilen katot gerilimi 45 kPa basınçta 168 volt, 10 kHz için 40 kPa basınçta 111 volt, 30 kHz için 30 kPa basınçta 247 volt ve 50 kHz için 20 kPa basınçta 260 voltur.



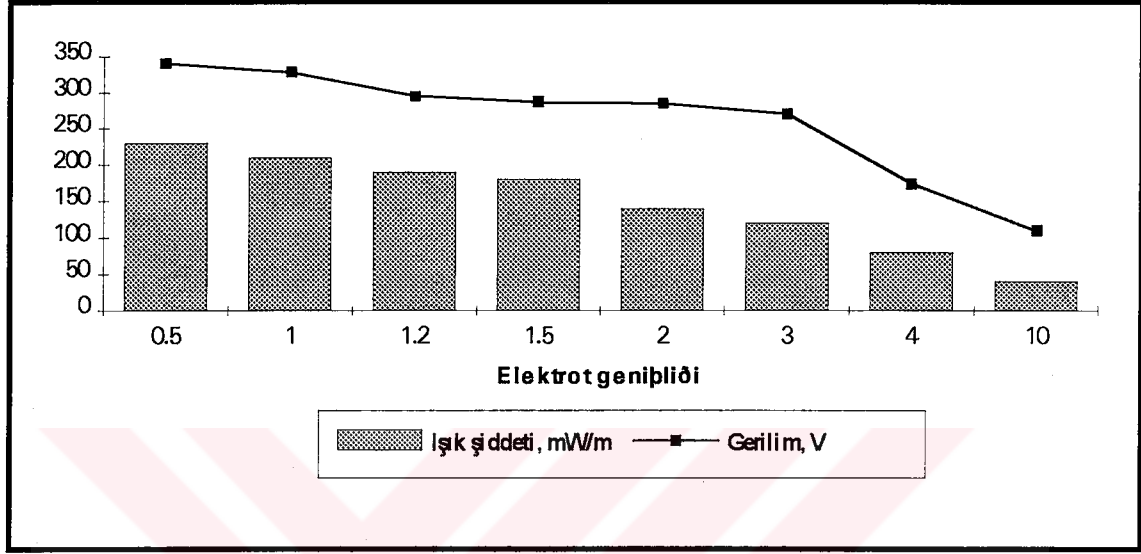
Şekil 6.9. Yakma geriliminin frekansla değişimi.



Şekil 6.10. Farklı elektrot genişliklerine sahip displayin yapısı.

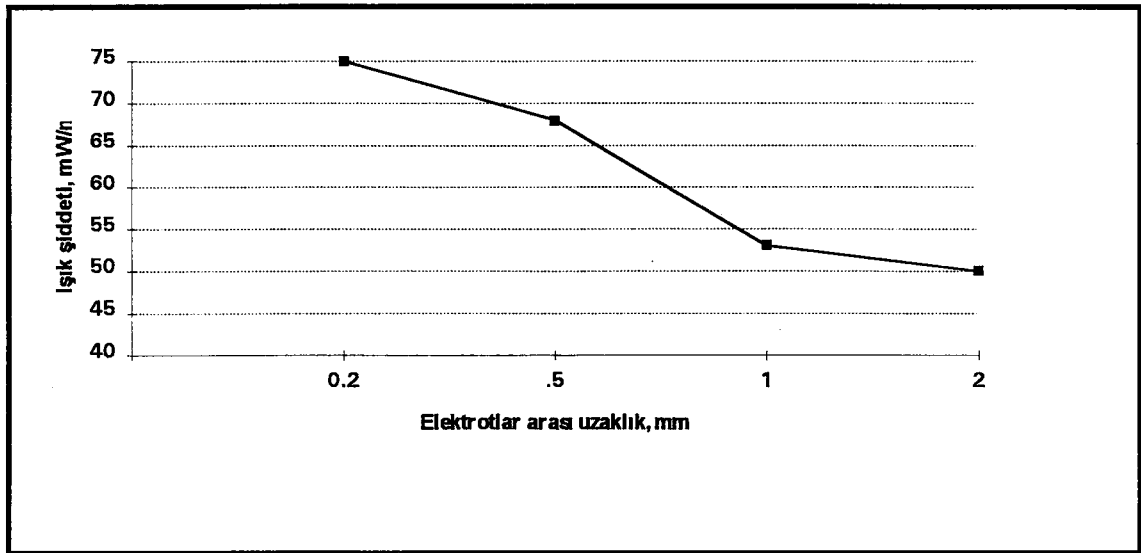


Şekil 6.10. da görüldüğü gibi farklı elektrot genişliklerine sahip bir display yapılmıştır. Bu displayde elektrot genişlikleri sırasıyla 0.5 mm, 1 mm, 1.2 mm, 1.5 mm, 2 mm, 3 mm, 4 mm ve 10 mm'dir. Bu display ile elektrot genişliğinin yakma gerilimine etkisi incelenmiştir. Aynı zamanda her bir elektrot genişliği için ışık şiddeti ölçülmüştür. Yapılan ölçümler Şekil 6.11. deki grafikte gösterilmiştir.

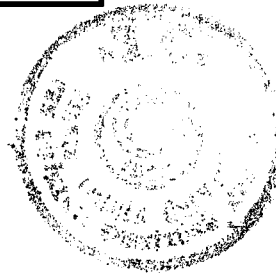


Şekil 6.11. Elektrot genişliğinin yakma gerilimine ve ışık şiddetine etkisi.

Şekil 6.12. deki grafik elektrotlar arası uzaklığı (d), 0.2 mm, 0.5 mm, 1 mm ve 2 mm olan displayler için ışık şiddetinin değişimini verir.



Şekil 6.12. Elektrotlar arası uzaklıkla ışık şiddetinin değişimi.



7. BÖLÜM

DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRMESİ

Bu çalışmada yapılması planlanan 7x9 cm boyutlarında DC plazma displayler gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın en büyük parçası olan displayin yapım tekniği beşinci bölümde anlatılmıştır. Display boyutları sabit kalmak üzere elektrotlar arası uzaklık, elektrot genişliği, elektrot malzemesi, displaye doldurulan gaz ve basıncın yakma gerilimine etkisi ayrı ayrı incelenmiştir. Ölçüm değerleri altıncı bölümde grafiklerle verilmiştir.

Displaylerin anot ve katot elektrotları arasında 0.2 mm, 0.5 mm, 1mm ve 2 mm uzaklık bulunmaktadır. Elektrot malzemesi olarak altın ve gümüş seçilmiştir, bu metallerin cam yüzeye yapışması için krom kullanılmıştır. Displayler 7x5 resim elemanından oluşmuştur, her resim elemanında 81 display hücresi (elektrot kesişim noktası) bulunmaktadır. Yapılan ölçümlerde resim elemanı temel alınmıştır. Elektrot genişlikleri 0.4 mm ve elektrotların arasındaki boşluk 0.6 mm'dir. Dokuz elektrot bir resim elemanını oluşturmak üzere grup oluşturmuştur. Bir resim elemanında oluşan deşarjın komşu resim elemanlarını etkilemesini önlemek için elektrot grupları arasında 1.2 mm aralık bırakılmıştır. Resim elemanı 8.5 mm² dir.

7.1. Basınc ve elektrotlar arası uzaklığın yakma gerilimine etkisi

Elektrotlar arası uzaklığı 0.2 mm, 0.5 mm, 1mm ve 2 mm olan displaylerin, yakma gerilimlerinin basınçla değişimi sabit elektrot genişliği için incelenmiştir. Elektrotlar arası uzaklığın her değeri için en düşük yakma gerilimleri ve bu gerilimlerin elde edildiği basınç değerleri saptanmıştır. İlk önce sürekli DC gerilim için ölçümler alınmıştır. Kullanılan displaye neon gazı doldurulmuştur, neon - argon ile doldurulan display için de yaklaşık sonuçlar elde edilmiştir. Ölçümler sonucunda bulunan değerler Tablo 7.1.de verilmiştir.

Tablo 7.1. Neon gazı ile sürekli gerilim uygulandığında elde edilen en düşük yakma gerilimleri

d (mm)	P (kPa)	V (V)
0.5	30	465
1	25	536
2	25	572

Displayin elektrotları arasına sürekli DC gerilim uygulandığında elektrotların çok çabuk yandıkları ve bozuldukları gözlenmiştir. Bu durumda ilk anda ışık verimi ve kararlılık iyi olsa bile belirli bir süre



sonra resim elemanından aynı verim elde edilememektedir. Akımı sınırlamak için resim elemanlarına büyük değerli dirençler bağlandığında ise hem yakma gerilimi artmakta hemde deşarj bölgesi değişmektedir.

Bu nedenle elektrotlara kare dalga uygulanmıştır. Displayin anotuna yerine göre 0-300 V veya 0-400 V arasında değişen kare dalga uygulanmıştır. Katoduna ise yakma gerilimini saptamak üzere deşikengenlikli kare dalga uygulanmıştır.

Sürücü devrede anot gerilimi sürdürme gerilimi olarak sabit değerde tüm anotlara uygulanırken katod gerilimi yakma darbesi olarak işlem görerek displayi adreslemek için kullanılabilir. Şekil 6.4.de gösterilen devre yardımıyla anot ve katoda aynı fazda fakat ters polaritede kare dalga uygulandığında elde edilen sonuçlar Tablo 7.2. ve 7.3. de verilmiştir.

Tablo 7.2. Neon gazı ile kare dalga uyarımında elde edilen en düşük yakma gerilimleri.

d (mm)	P (kPa)	V (V)
0.2	50	444
0.5	45	468
1	35	505
2	25	660

Tablo 7.3. Neon-Argon gaz karışımı ile kare dalga uyarımında elde edilen en düşük yakma gerilimleri.

d (mm)	P (kPa)	V (V)
0.2	60	463
0.5	55	482
1	45	534
2	35	690

Ölçüm sonuçları incelendiğinde, elektrotlar arası uzaklığı daha az olan displaylerin daha düşük gerilimde ve daha düşük basınçta yandığı görülmektedir. Basınç olarak vakum basıncı ölçülmüştür. d uzaklığı arttıkça buna bağlı olarak yakma gerilimi ve minimum yakma geriliminin oluştuğu basınç değeri artmaktadır. Paschen minimum noktası elektrotlar arası uzaklıkla değişmektedir. Yapılan ölçümler bunu doğrular niteliktedir. Elektrotlar arasındaki uzaklık arttıkça iyonlaşma için gerekli alan şiddetini sağlamak için gerilim artar.



7.2. Kullanılan gazın yakma gerilimine etkisi

Plazma displaylerde ışık veriminin iyi olması nedeniyle neon gazı kullanılır. Temel bileşen neon olmakla birlikte bazen az miktarlarda ksenon veya argon gibi diğer gazlar eklenebilir. Neon gazına %0.1 oranında argon gazı eklenerek oluşturulan gaz karışımı Penning karışımı olarak adlandırılır. Penning karışımı displaylerde yaygın olarak kullanılan bir gaz karışımıdır. Bu karışım gerilimi düşürmek amacıyla kullanılır.

Neon-argon karışımı ile yapılan ölçümlerde gerilimin azalmayıp aksine yükseldiği gözlenmiştir. Bu duruma Türkiye'de gaz karışımı yapılırken oranın iyi ayarlanamamasının veya gaz saflığının bozulmasının neden olduğu düşünülmektedir. Bu nedenlerden dolayı saf neon gazı ile daha iyi sonuçlar alınmıştır.

Ölçülen minimum yakma gerilimleri ve bu gerilimlerin elde edildiği basınç değerleri neon gazı için Tablo 7.2.de, neon-argon karışımı için ise Tablo 7.3. de verilmiştir.

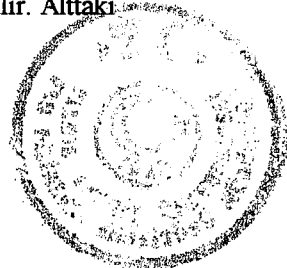
7.3. Elektrot malzemesinin yakma gerilimine etkisi

Beşinci bölümde açıklanan nedenlerden dolayı displaylerde gümüş ve altın olmak üzere iki tür elektrot malzemesi kullanılmıştır. Bu malzemelerin cam yüzeye yapışmasını sağlamak için ince bir tabaka krom kullanılmıştır.

Elektrotlar arası uzaklıkları, elektrot genişlikleri aynı olan ve neon gazı ile doldurulmuş biri gümüş diğeri altın elektrotlu iki displayden ölçümler alınmıştır. 1 mm elektrotlar arası uzaklığa sahip displayde Cr-Ag için elde edilen minimum yakma gerilimi 505 volt, Cr-Au için minimum yakma gerilimi ise 497 voltur. Minimum yakma geriliminin elde edildiği basınç her ikisinde de 35 kPa'dır.

Sonuçlara bakıldığında altının minimum yakma geriliminin daha düşük olduğu görülmüştür. Bunun nedeni altının daha iyi iletken olması ve oksitlenmemesidir. Gümüş elektrotlar üretim sırasında oksitlenmektedir, buna rağmen gümüş ile de iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Altın ve gümüşün problemi pahalı olmalarıdır. Özellikle seri üretimde bu metallerin kullanılması display maliyetini artıracığı için tavsiye edilmez. Bunun yerine en az altın kadar iyi sonuçlar verecek olan bakır kullanılabilir. Bakır hem kolay bulunabilen hem de ucuz bir malzemedir. Bakırın tek problemi çok çabuk oksitlenmesidir. Bunun önüne geçmek için bakır mutlaka iki metal tabakasının arasında kullanılmalıdır. Elektrotlar krom-bakır-krom şeklinde üç katmanlı olarak kaplanabilir. Altındaki



krom bakırın cama yapışmasını sağlarken, üstte bulunan krom tabakası bakırın oksitlenmesini önleyecektir.

Burada karşılaşılabilecek problem aşındırma sırasında bakırın kromdan daha hızlı bir şekilde aşınmasıdır. Bu sorun da beşinci bölümde anlatılan soyma (lift-off) tekniği ile ortadan kaldırılabilir. Bundan başka e-beam buharlaştırma ile kaplama sırasında oluşturulan alüminyum-bakır alaşımları da iyi sonuçlar vermektedir.

7.4. Elektrot genişliğinin yakma gerilimine etkisi

Ölçümlerde kullanılan displayin elektrot genişliği 0.4 mm'dir. Elektrot genişliğinin yakma gerilimine etkisini incelemek üzere şekil 6.10.da gösterildiği gibi bir display yapıldı. Display üzerinde bulunan elektrotların genişlikleri sırasıyla, 0.5, 1, 1.2, 1.5, 2, 3, 4 ve 10 milimetredir. Elektrotlar arası uzaklık ve basınç sabit olmak üzere her bir elektrot genişliği için yakma gerilimleri ölçüldü.

Bu ölçümlerden elde edilen verilere dayanarak, yakma geriliminin elektrot genişliğinin artması ile azaldığı söylenebilir. Elektrot genişliği ile yakma gerilimi ters orantılıdır. (Elektrik alan dağılımının etkisi ile)

Elektrot genişliğinin artması gerilimi düşürmekle beraber, ışık verimini de düşürdüğü için uygun değildir. Çünkü geniş elektrotlar ışık çıkışını maskeler. Ayrıca geniş elektrotlarda ışık düzgün bir şekilde yanmaz, önce hücrenin bir köşesinde yanmaya başlar, daha sonra elektrot alanına yayılır.

7.5. Işık verimi

Ölçümlerden elde edilen diğer bir sonuç ışık şiddetinin elektrot genişliği ve elektrotlar arası uzaklıkla değişmesidir. Işık şiddeti hem elektrot genişliği hem de elektrotlar arası uzaklıkla ters orantılı olmasıdır. Akım ve frekans arttıkça ışık şiddeti de artmaktadır.

7.6. Frekansın yakma gerilimine etkisi

Displayin anot ve katotuna uygulanan kare dalganın frekansı arttıkça akım ve yakma gerilimi artmaktadır. Şekil 6.9. da sabit elektrot uzaklığına sahip displaye uygulanan kare dalganın frekansı 1 kHz, 10kHz, 30kHz ve 50 kHz olarak değiştirilerek elde edilen ölçümler grafik olarak ifade edilmiştir. Görüleceği üzere frekans arttıkça minimum yakma geriliminin değeri artmaktadır. Elektrotlar arası uzaklık, $d=0.5$ mm'dir. 1 kHz, 10kHz, 30kHz ve 50 kHz frekansları için elde edilen

minimum yakma gerilimleri sırasıyla 468 V, 511 V, 647 V ve 660 V'tur. Bunun sebebi frekans arttıkça displayin kapasitif etkisinin artmasıdır. Kapasitif empedans arttıkça uygulanan gerilimde artmaktadır.

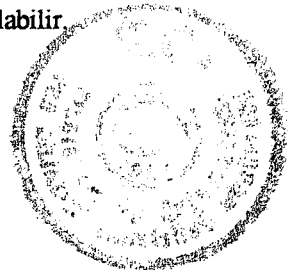
DC displaylerde bir resim elemanında deşarj oluşturulduğunda bu deşarjın komşu resim elemanlarına atlamaması için, elektrotlar arasına deşarjı sınırlandıran delikli bir yalıtkan malzeme yerleştirilmektedir. Bu çalışmada yalıtkan malzeme kaldırılmıştır. Deşarjın bitişik resim elemanlarına yayılmaması için resim elemanları arasında 1.2 mm'lik boşluk bırakılmıştır. Bu yapı resim elemanı sayısının az ve çözünürlüğün önemli olmadığı bu tip displaylerde kullanılabilir. Yüksek çözünürlüklü display gerçekleştirilmek istendiğinde AC display tipi tercih edilmelidir. AC plazma displayde elektrotlar daha az aralıklarla yerleştirilebilir. Elektrotların üzerine yalıtkan malzeme olarak SiO_2 kaplanabilir. Bu durumda deşarjın atlaması söz konusu olmayacağı gibi kapasitif etkiden yararlanılarak daha düşük gerilimlerde çalışılabilecektir. Eğer dördüncü bölümde bahsedildiği şekilde yalıtkan malzemenin üzerine MgO kaplanırsa çalışma geriliminin daha da düşmesi sağlanacaktır.

Gerçekleştirilen DC plazma displayde optimum çalışma koşullarının saptanması için incelemeler yapılmıştır. Bu incelemeler sonucunda displayin elektrotlar arası uzaklığının $d=0.2$ mm seçilmesi uygun olacağı görülmüştür. Bu çalışmada elektrotlar arası uzaklığı sağlayan madde (spacer) olarak teflon kullanılmıştır. Teflon ısıya dayanıklılığı ve en önemlisi vakum ortamında kirlilik yaratmaması nedeniyle uygun bir malzemedir. $d=0.1$ mm ye kadar teflon ile iyi sonuçlar alınmıştır. $d=0.1$ mm için denemeler yapılmış, ancak yeterince düzgün bir aralık sağlanamamıştır. Spacer için düşük ergime sıcaklığına sahip bir cam bulunabilirse bu durumda 0.1 mm inmek mümkün olacak, hemde yapıştırma işlemi bu malzeme ile yapılabilecektir.

Elektrot genişliği olarak 0.4 mm seçilmiştir. Bu uygun bir değerdir, daha ince elektrotlar ışık verimi, iletkenlik, aşındırma sorunları ve yakma geriliminin artması dolayısıyla kullanılmamıştır.

Elektrot yapısı tek renkli ve matris adreslemeli displayler için uygundur. Büyük displaylerde matris adresleme yerine daha basit sürücü devre yapısı gerektiren ve daha az maliyetli ötelemeli adresleme kullanılabilir. Bu durumda elektrot yapısı kıvrımlı (meander) olarak gerçekleştirilebilir. Renkli displaylerde ise renk elde etmek için kullanılan ve displayin yüzeyine kaplanan fosfor tozunun ömrünü uzatmak için yüzey deşarjı kullanılmalıdır. Bu durumda elektrot yapısı örnekleri dördüncü bölümde verildiği gibi yüzey deşarjına uygun seçilmelidir.

Elektrot malzemesi olarak altın ve gümüş ile iyi sonuçlar alınmıştır ancak bu malzemeler maliyeti önemli derecede artıracığı için seri üretimde kullanılamaz. Daha önce de sözedildiği gibi soyma (lift-off) tekniği ile üç katmanlı Cr-Cu-Cr elektrot yapısı düşük maliyeti ve iyi iletkenliği nedeniyle uygundur. Eğer bu mümkün olmazsa Al-Cu alaşımları da elektrot malzemesi olarak kullanılabilir.



Displaye doldurulacak gaz neon olabilir. Eğer sağlıklı bir karışım elde edilebilirse daha düşük yakma gerilimi sağlayacağı için Penning karışımı ($\text{Ne} + \%0.1 \text{ Ar}$) tercih edilmelidir.

Gerçekleştirilen display, uygun sürücü devreler tasarlanarak karakter display olarak kullanılabilir. Displayler ard arda eklenerek yürüyen ışık tipinde reklam amaçlı display olarak yararlanılabilir.



KAYNAKLAR

- [1] Sol Sherr, " Electronic Displays",1976.
- [2] Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry. Vol.A8, 1987.
- [3] Matsumoto Shoichi " Electronic Display Devices," 1990.
- [4] University of Toledo Plasma Display Research Group, Web Page,1996
- [5] Semiconductor International, February 1995, P. 20,87
- [6] Howatson A. M." An Introduction to Gas Discharge," 1992.
- [7] Sobel Alan" Gas Discharge Displays: The State of the Art," IEEE Trans. Electron Devices, vol ED.24, pp.835-847, July 1977.
- [8] Anadan M., Andreakis N."Self-Shift Characteristics of Single Substrate AC Plasma Display Incorporating Suspended Electrodes" .,IEEE Trans. on Device Vol-ED 37,No.5,1990
- [9] Reisman A., Park K. C.,"Ac gas Discharge Displays:Some General Consideration", IBM J. Res. Develop. Vol. 22. No. 6, November,1978
- [10] Aboelfotoh M. O., Sahni O.," Aging Characteristics of AC Plasma Display Panels", IEEE Trans. on Electron Devices, Vol. ED-28, No.6, June 1981.
- [11] O'Hanlon J.F., Park K. C., "Electrical and Optical Characteristics of Evaporable Glass Dielectric AC Gas Display Panel", IBM J. Res. Develop. Vol. 22. No. 6, November,1978
- [12] Pleshko P., Apperley N., "Design of A Plasma Flat Panel Large Screen Display For High Volume Manufacture", Displays, January,1984.
- [13] Short Form Catalog Plasma Display Panels,Fujitsu Mikroelektronik GmbH,1995.
- [14] Göymen H.,S.G. Burlan, Bakır S. , Atilla O.,"AC Plazma display-Teknoloji ve Uygulamaları", 3. Elektrik Müh. Kongresi,1991
- [15] Amano, Yoshifumi, "A flat panel TV display system in monokrom and color," IEEE Trans. on Electron Devices, vol. ED-22,pp. 1-7,Jan.1975.
- [16] Thomson Tubes Electroniques "Ac Plasma Panels", 1990
- [17] Shand E.B."Glass Engineering Handbook",1958.
- [18] " Vacuum Deposition of Thin Films" CERAC incorporation , 1975
- [19] Brusic V."Al-Cu alloy for gas panels," IBM J. RES. Develop. Vol.22.No.6, November 1978.
- [20] Vossen L.M., Kern W. "Thin Film Processes", 1978

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Sevgi BAKIR AKGÜN

Doğum Tarihi : 9 Mart 1962

Doğum Yeri : Tunçbilek

İlköğrenim : 1968-1973 Kütahya Azot İlkokulu.

Ortaöğrenim : 1973-1979 Kütahya Maltepe Lisesi.

Yüksek Öğrenim : 1979-1983 Yıldız Üniversitesi, Kocaeli Mühendislik Fakültesi,
Elektronik ve Haberleşme Bölümü.

Yüksek Lisans : 1986-1988 Yıldız Üniversitesi F.B.E. Elektrik Bölümü.

Çalıştığı Yer : 1985-1992 Kocaeli Üniversitesi Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği
Bölümü , Araştırma Görevlisi. 1992 den beri Öğretim Görevlisi olarak çalışmaktadır.