

# 卒業研究報告

## 題目

誘電体上補助電極による  
バリア放電の発光効率向上

---

## 指導教員

八田章光 助教授

---

## 報告者

学籍番号：1030168

氏名：朝山淳哉

---

平成 15 年 1 月 27 日

高知工科大学 電子・光システム工学科

# 目次

第1章 序論	1
第2章 バリア放電の原理と補助電極の効果	
2-1 バリア放電の原理	3
2-2 PDP におけるバリア放電	5
2-3 補助電極の効果	6
第3章 バリア放電実験装置	
3-1 放電セルの作製	10
3-2 補助電極の作製	12
3-3 ガス供給と排気	13
3-4 電源と電流電圧測定	15
3-5 発光測定	16
第4章 バリア放電の電圧電流と発光測定	
4-1 放電電流の圧力依存性	19
4-2 放電電流の補助電極パターン依存性	21
4-3 放電電力の補助電極パターン比較	24
4-4 発光の測定	25
第5章 結論	27
謝辞	28
参考文献	29

## 第 1 章 序論

誘電体バリア放電とは、放電空間が誘電体に囲まれていて、直接プラズマに電極がさらされない放電方法である。放電電流が誘電体上の蓄積電荷によって制限されるため、アーク放電への移行を防ぐことができるなどのメリットがある。この特性を利用して、エキシマランプや古くからはオゾンを生成する方法としても使用されていて、現在でもオゾンを用いた浄水処理に使われている<sup>(1)</sup>。最近では、PDP (プラズマディスプレイパネル Plasma Display Panel) でも誘電体バリア放電が利用されている。本研究では PDP への応用を念頭に誘電体バリア放電の効率改善を検討する。

情報化に伴って、人と電子情報を繋ぐ表示デバイスが、生活の中に無くてはならないものとなっている。現在利用されている表示デバイスの主流は、CRT(Cathode Ray Tube), と LCD(Liquid Crystal Display)であるが、PDP は最近急速に普及し始め、また新しいディスプレイ方法である FED(Field Emission Display)も実用化に目処がついたと発表されている。

表 1 LCD, PDP, FED, CRT の比較

	CRT	LCD	PDP
画面サイズ	中	中	大
精細度			
輝度			
コントラスト			
表示色			
視野角		~	
表示速度		~	
消費電力			
体積/重量	×		

表 1 はこれらのディスプレイを比較したものである<sup>(2)</sup>。PDP の利点としては大

型化や薄型化の実現が容易である点があげられる。薄型化により CRT と比べて 1/6 程度の重量ですみ、視野角は 160° 以上と CRT 並の広視野角を実現している。また、自己発光による高画質であり、磁気の影響を受けにくいいため、歪みのない鮮明表示が可能である<sup>(3)</sup>。

PDP のデメリットは製造コストが高いことと、消費電力が大きいことがあげられる。LCD の製品が数 V で駆動できるのに比べ、PDP の放電を発生される為には、100V 以上を要するため、高価な高耐圧スイッチング素子が必要となりパネル駆動用の回路の製造コストが高い<sup>(4)</sup>。また、現在の PDP は CRT や LCD 等に比べ消費電力が大きく CRT の発光効率が約 5.0lm/W なのに対して PDP では 1.2lm/W 2.0lm/W と悪い<sup>(1)</sup>。これらのデメリットが現在の PDP の普及を妨げる要因となっている。本研究では、誘電体バリア放電の発光効率の向上を目標とする。

本来、誘電体バリア放電では放電空間に電極が無いが、内側の誘電体表面に補助電極をつけることによって電界集中が起き、放電開始が容易になることで放電効率が向上し、発光効率をあげることができるのではないかと期待される。

本研究の目的は、補助電極の効果を調べ、放電効率の確認と、光の強さを比較することとする。

## 本論文の構成

第 2 章では誘電体バリア放電の原理、補助電極による効果と、PDP でのバリア放電の利用について述べる。第 3 章では放電セルの作製や、測定装置について述べる。第 4 章では、作製した装置での電圧電流の測定について述べる。最後に第 5 章で結論を述べる。

## 第2章 バリア放電の原理と補助電極の効果

### 2-1 バリア放電の原理

一般によく用いられる放電は、放電空間の中に電極を有する放電方法で、この場合は電極間に電圧をかけることにより、ガスを絶縁破壊させる。蛍光灯やネオンサイン、ネオン管などで採用されて、電極が放電空間に出ている為、電極部分がスパッタされ、寿命が短くなる。

誘電体バリア放電は、放電空間が誘電体で囲まれており、放電電極が放電空間に露出していない。誘電体の外側に電極をつけ、電圧を加えていくことにより誘電体の間で電界をつくり、絶縁破壊をして放電をさせる。誘電体は、コンデンサ状態となるため、電荷を蓄えておくことが可能であるが、放電電流は蓄積される電荷によって制限される。誘電体バリア放電での電荷移動のモデルを図 2.1 に示す<sup>(4)</sup>。

(1)で誘電体に電荷が溜りはじめ、それにより放電が引き起こされ電荷が移動して、(2)の状態になると考えられる。その後可変電圧  $V_0$  が増え続けるとさらに誘電体には電荷が溜り(3)、 $V_0 - V$  が放電電圧に達すると、もう一度放電が起こり(4)の状態になる。可変電圧が下降すると、誘電体にかかる電界が弱まり(5)、その後(6)、外部印加電圧が 0 となっても、誘電体内側表面には、電荷が残っている。誘電体内側表面に蓄積されていた電荷と差である  $V_0 - V$  がまた放電電圧に達し(7)放電が起こる。

(7)のように、外部印加電圧の極性が反転した瞬間に、今まで  $V_0 - V$  だったところが  $V_0 + V$  となり、誘電体内側表面に蓄積されていた電荷によって放電を起こす<sup>(4)</sup>。逆の極性で放電でも(1) (6)の放電過程をくり返す為、速い場合には、人間の目には連続して発光しているように見える。これは放電開始時の電荷移動で、放電が安定している時は、ほぼ電圧の極性転換に伴い放電が起こる。そして、光の量はこの貯えられていた電荷量にほぼ比例する。

(1) (7)の状態を外部印加電圧と放電電流の関係を図 2.2 に示す

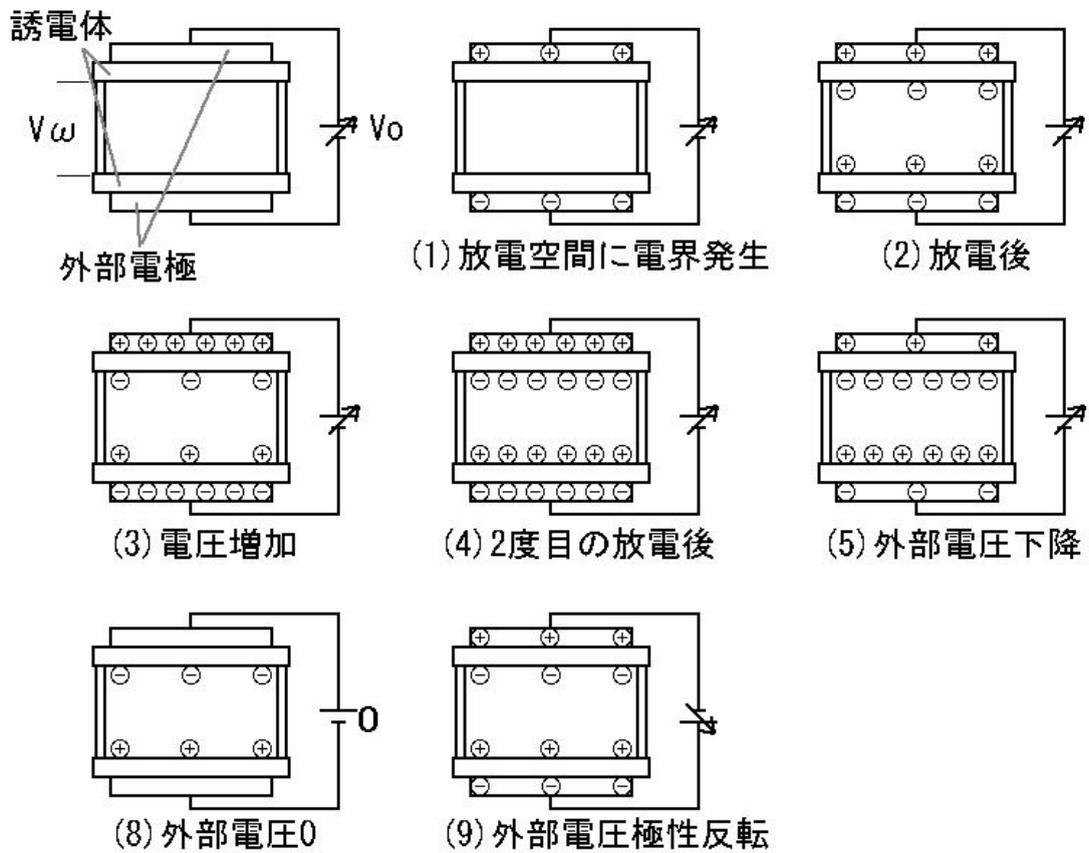


図 2.1 放電による電荷移動

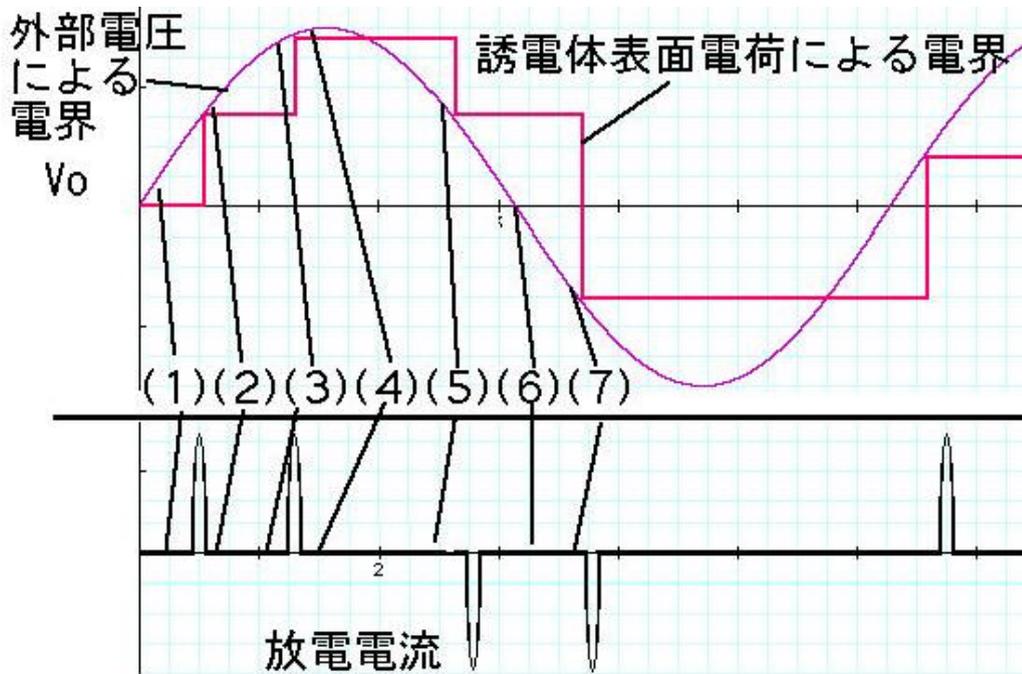


図 2.2 放電開始時のバリア放電の放電空間内電圧波形と放電電流の関係

## 2-2 PDP におけるバリア放電

PDP の放電セルの構造には、AC 型と DC 型の二つがあり、その名称の通り AC 型が交流で動作し、DC 型は直流で動作する。大きな違いとしては、AC 型は 2-1 で述べた誘電体バリア放電を利用しているが、DC 型は有電極の放電を利用している。DC 型は陽光柱を利用して高効率の発光が期待はされているが、製造工程が複雑であるなどの理由で、実用化されていない。現在実用化されているのは、AC 面放電型 PDP である<sup>(4)</sup>。本研究では、AC 型 PDP の誘電体バリア放電を考える。

AC 面放電型 PDP は、セル内の放電で発生した紫外線を R,G,B(赤、緑、青)いずれかの蛍光体に照射することにより、三原色を表示している。AC 面放電型 PDP の構造を図 2.3 に示す。背面基板上にデータ電極、及び高さ約 0.1mm の障壁(リブ)を垂直方向に設ける。そして、このデータ電極、及び障壁側面上に蛍光体を塗布する。この構造をとるメリットとして蛍光体に対するイオン衝撃を防ぐことができ、寿命を伸ばすことになる<sup>(3)</sup>。

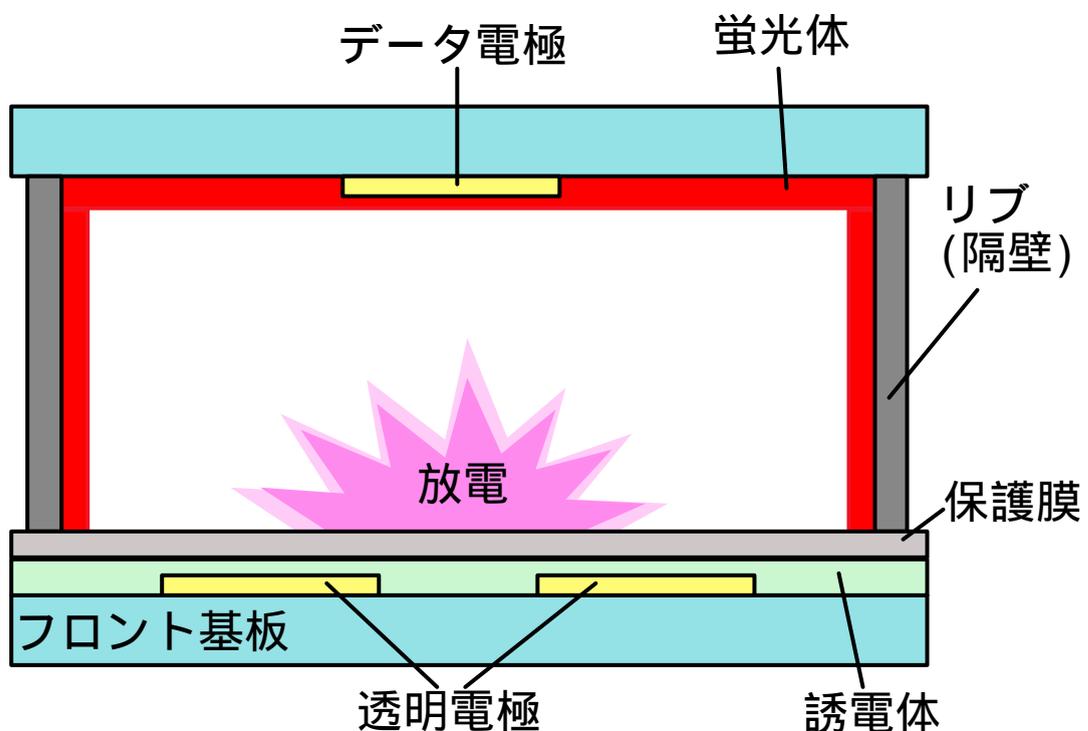


図 2.3 AC 面放電型放電セルの構造

AC型は、DC型に比べるとコントラストが低く、電圧をかけてから放電し発光までの時間がかかるという問題がある。しかし、DC型に比べると構造が単純で、リブ構造がストライプ状のため高精細化が比較的容易である。このため、現在のところ AC 面放電型のみが実用化されており、すでにハイビジョン（1024 画素 × 768 画素）対応のものが市販されている。

前面の基板には、透明で導電性を有する ITO (Indium Tin Oxide) を用い 2 つの電極を形成している。この電極を放電から守るために、保護膜として、MgO 膜が利用されている<sup>(4)</sup>。また、この MgO を利用するメリットとしては、他に放電電圧が低く、透明であることが考えられる<sup>(4)</sup>。

PDP に封入するガスを選択するにあたって考慮することとしては、紫外線放射強度の強いことが重要であり、また可視光強度は弱いことが求められる、可視光が発生すると、蛍光体の 3 原色の発光に、可視光が交じり色の純度が低下してしまうからである。また、蛍光体は、紫外線の波長が長いほうが、劣化が比較的少なく、励起発光効率も優れている。パネル材料の寿命を考えると、気体が化学的に安定である必要があり、希ガスが望ましい。分子ガスを用いると放電で分解したり、パネル材料と反応してしまうおそれがある<sup>(4)</sup>。

実用化されている PDP では、パネル内部に封入するガスは希ガスである、Xe と Ne の混合気体を用いる。混合気体を用いるのは、放電セルに放電電流が流れると、イオンが誘電体に衝突し材料スパッタが起きる。イオンの質量が大きいほど、また圧力が低いほどイオンのエネルギーが大きくなるのでスパッタは激しくなる。Xe は紫外線の発光が優れているが、分子量が大きい為、圧力を増やしてエネルギーを下げる為にバッファガスとして Ne ガスを加えている。すなわち、紫外線を放射するのに適している Xe と、そのスパッタを軽減する為のバッファガスとして、Ne を混合して用いている<sup>(4)</sup>。

混合気体を利用するメリットとして、ペニング効果がある。このペニング効果は、Xe と Ne など 2 種類のガスを混ぜることにより放電開始電圧が単体の場合より減少するという現象で、放電開始電圧だけでなく、グロー放電発生中の電極間電圧も低下させることが可能である<sup>(4)</sup>。

PDP での輝度を変更する方法は、一画像内での放電回数の変化により行う。長さ 2 の階乗ごとの放電時間を組み合わせで、 $2^8$  で 256 階調で輝度を表現する<sup>(4)</sup>。

## 2-3 補助電極の効果

本来の誘電体バリア放電では、誘電体内部には電極が存在しない<sup>(3)</sup>。この状態では、電気力線は図 2.4 のように、コンデンサと同じように描くことができる。

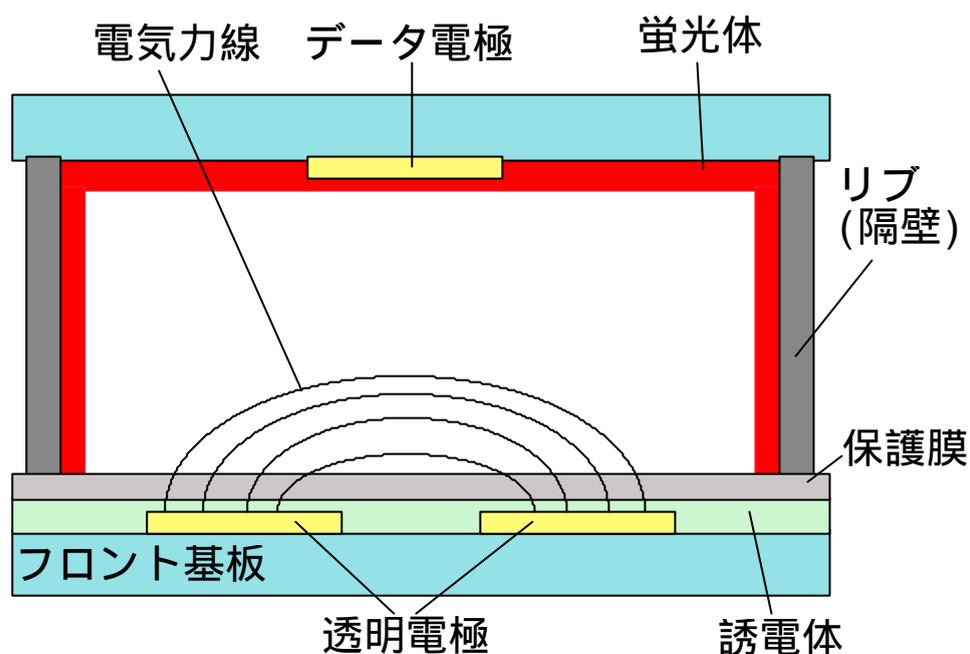


図 2.4 AC 面放電型セルの電気力線図

本研究では、あえて誘電体上に補助電極を設け電界分布を不均一にすることで電界を集中させ、放電開始電圧を下げることや電荷の貯蓄量を増やし、放電電圧を下げることを試みる。

放電空間内に導体を置くことにより、図 2.5 に示すように、電界は導体近くに集中する。放電開始に必要な電界が局所的に、低電圧で得られる。一部でも放電が開始すれば、周囲へも広がる為放電開始電圧を下げることはできないかと考えられる。

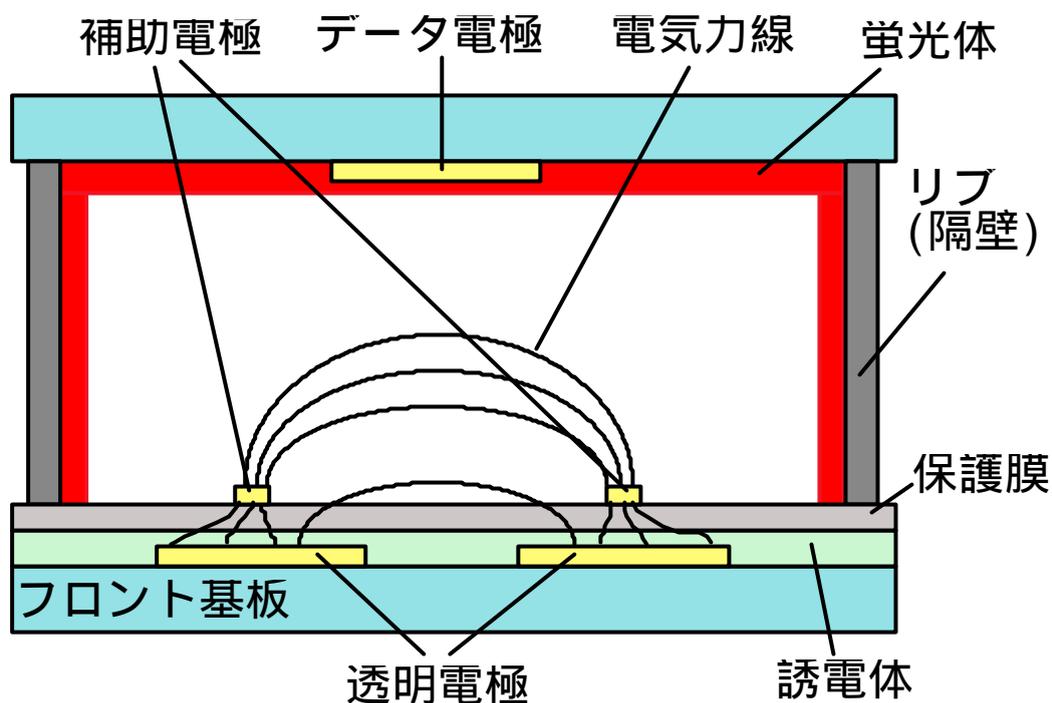


図 2.5 誘電体上補助電極付き放電セルの電気力線図

同様のアイデアは、NEC が過去に報告している。図 2.6 に示すように、誘電体の中に補助電極を設ける方法である。1lm/W くらいであった発光効率が、誘電体中に補助電極を設けたことにより 2.5lm/W と 3 倍近く向上した。42 型の大画面では、ブラウン管とほぼ同様の消費電力が実現されている。補助電極を設けることにより、従来の構造では不安定な放電となっていた高濃度 Xe を含む放電ガスでも、安定な放電の維持が可能と報告されている<sup>(4)</sup>。本研究ではより単純な方法としてとり誘電体層の内側表面に補助電極を設け、補助電極のパターンを変えることにより放電を行うことでその効果を調べる。

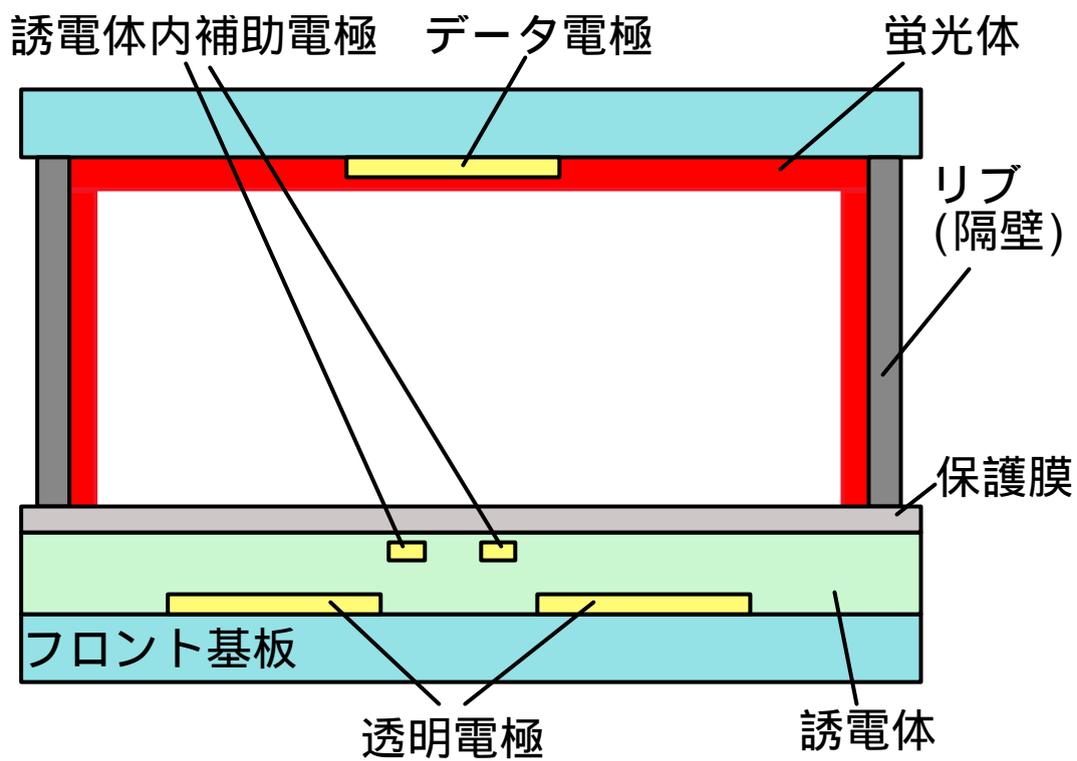


図 2.6 NEC で開発された誘電体中補助電極付き放電セル

## 第3章 バリア放電実験装置

### 3-1 放電セルの作製

作成する放電セルの電界を考えた図を補助電極ありと無しにわけそれぞれ、図 3.1 と図 3.2 に示す。このセルでは実際の PDP で使われている面放電型構造とせず、対向電極型とした。市販の PDP のストライプ状電極間距離が約  $200\ \mu\text{m}$  なのに対し、本研究で用いた放電セルでは対向電極間距離は  $8.2\text{mm}$  と電極間距離で考えると、約 40 倍に拡大したモデルとなっている。

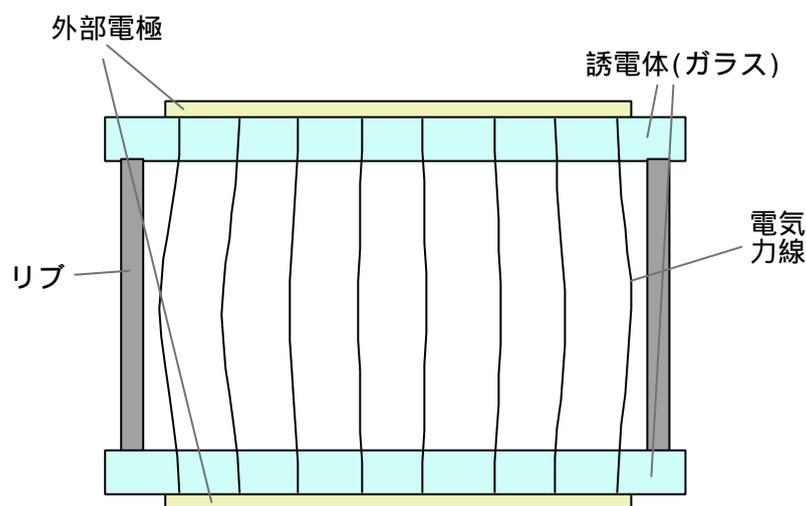


図 3.1 補助電極なしの放電セルの電気力線図

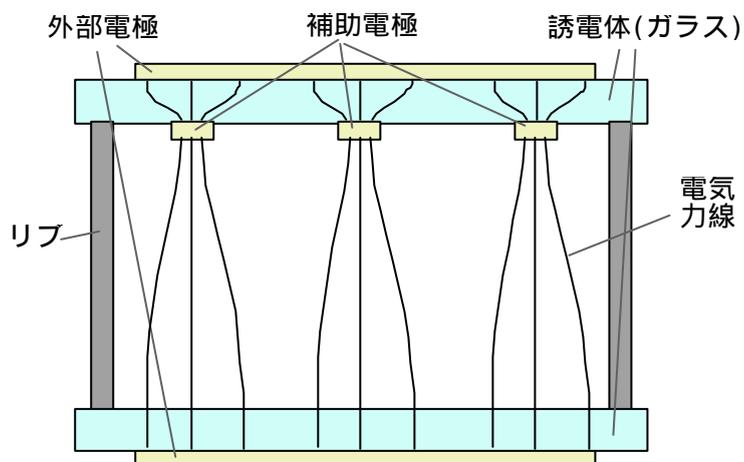


図 3.2 補助電極ありの放電セルの電気力線図

放電セル全体の構造と、完成した放電セルの写真それぞれ、図 3.3 と図 3.4 に示す。セルは厚さ 1.6mm のフェノール樹脂板 2 枚に 25mm の穴を空けて接着し側面をリブとした。フロント基板と背面基板の誘電体には、厚さ 2mm で直径 30mm のガラス板を使用し、フェノール樹脂の片側にトールシール（真空接着剤）でガラスを接着する。他方は補助電極付きガラスを変更できるように、フェノール樹脂との間にゴム板を載せて大気圧で押さえて真空に引く。外側電極には銅テープを 17mm×17mm の大きさに切って張る。真空の引き口には、1.5mm のセラミック管をトールシールにて接着した。ガス供給及び、真空計接続のために、セラミック管からロータリーポンプには、穴を空けたゴムパッキンで、真空で封止した。

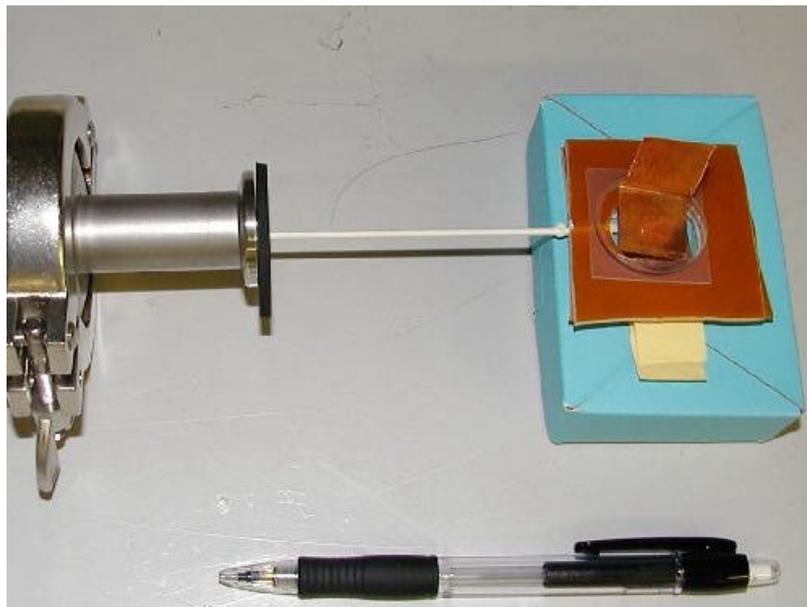


図 3.3 放電セル写真

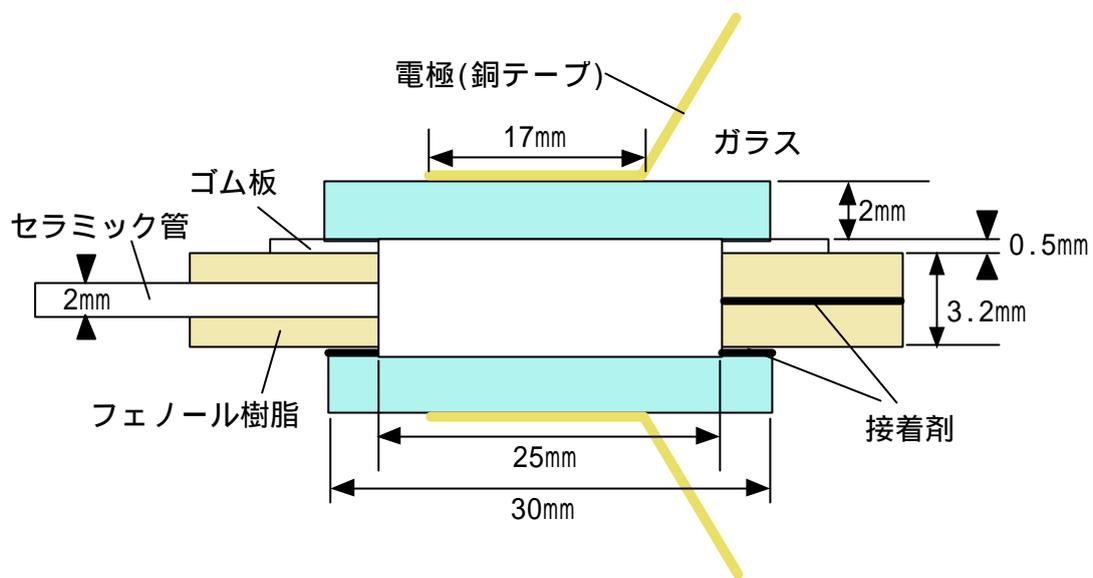


図 3.4 放電セルの構造とサイズ

### 3-2 補助電極の作製

誘電体内側の補助電極は、真空蒸着装置にて、Al をつける。補助電極のパターンによる違いを検討するため、幾つかのパターンを作成した。パターンは、アルミ箔を加工してマスクとして作成した。作成したパターンは、直径約 0.2mm のドットを 1mm 間隔で 15 列×15 列のものと、同じく直径約 0.2mm のドットを 3mm 間隔で 5 列×5 列に並べたもの、半径 10mm の円板状のもの、幅 1.5mm 長さ 15mm のラインを 2mm 間隔に 4 本並べたものの 4 つを用意した。写真と、マスクパターンサイズを以下図 3.5、図 3.6 に示す

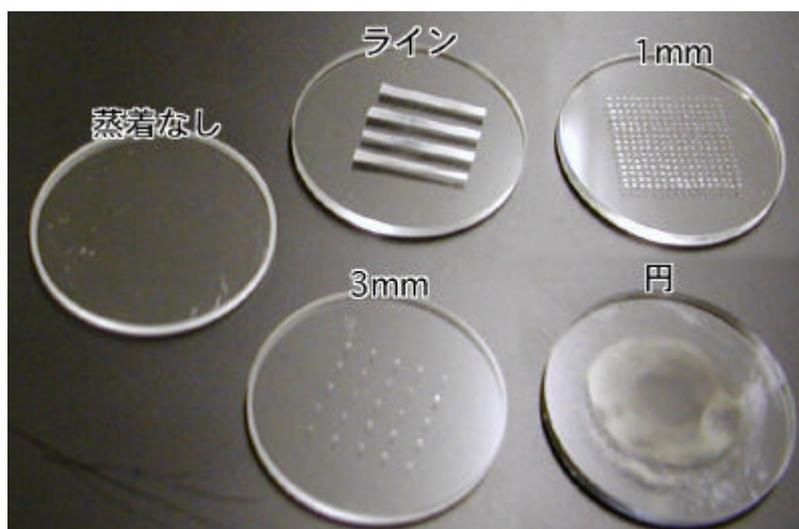


図 3.5 Al 蒸着ガラスと無しのガラス

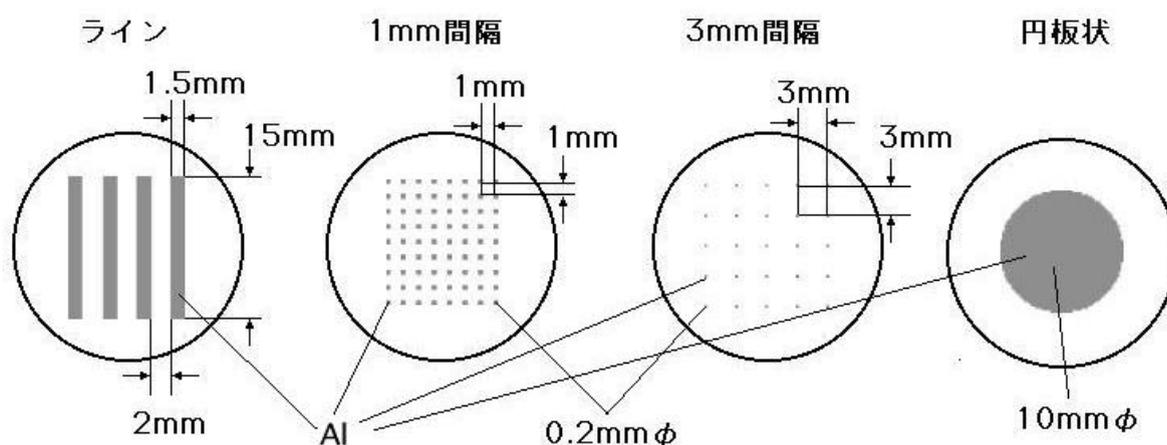


図 3.6 Al 蒸着パターンのサイズ

### 3-3 ガス供給と排気

本研究で供給するガスには、空気及び Ar を使用した。Ar ガスは不活性ガスであるため、電球や蛍光灯、ネオンサインなどの封入ガスとして利用されていて、放電しやすいガスである。また Ar ガスは人間に無害のため、安全性の面でも優れている。補助電極のスパッタが考えられるが、放電時間が短いため、実験上の影響は小さいと考えられる<sup>(4)</sup>。

CVD(Chemical Vapor Deposition)などの実験装置では、業者から購入したガスボンベから直接配管して供給するが、本実験では卓上で行うため、小型ポンペ（直径 50mm×長さ 200mm）に Ar ガスを 3 気圧に詰め、これを卓上に置いて減圧してガスを供給する。空気をを用いての実験では、排気のみを行うようにセラミック間が 1 本だけの放電セルを利用した。この場合の配管図を図 3.7 に示す。

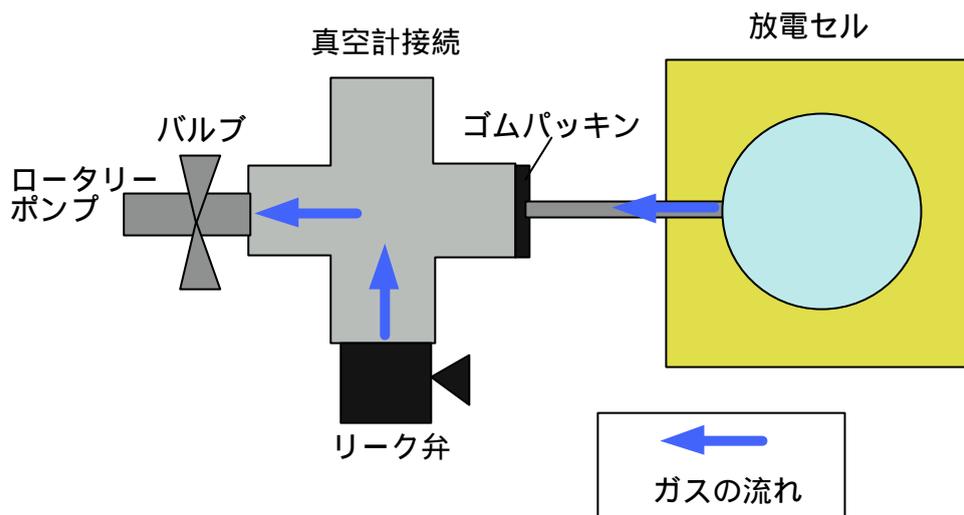


図 3.7 空気をを用いた放電でのガスの流れ

Ar ガスを利用する配管を図～に示す。この場合は、放電セル内に Ar ガスの供給と、真空計の接続、ロータリーポンプでの排気を行うため、3 つのセラミック管の接続口が必要となる。図 3.8 に示す。

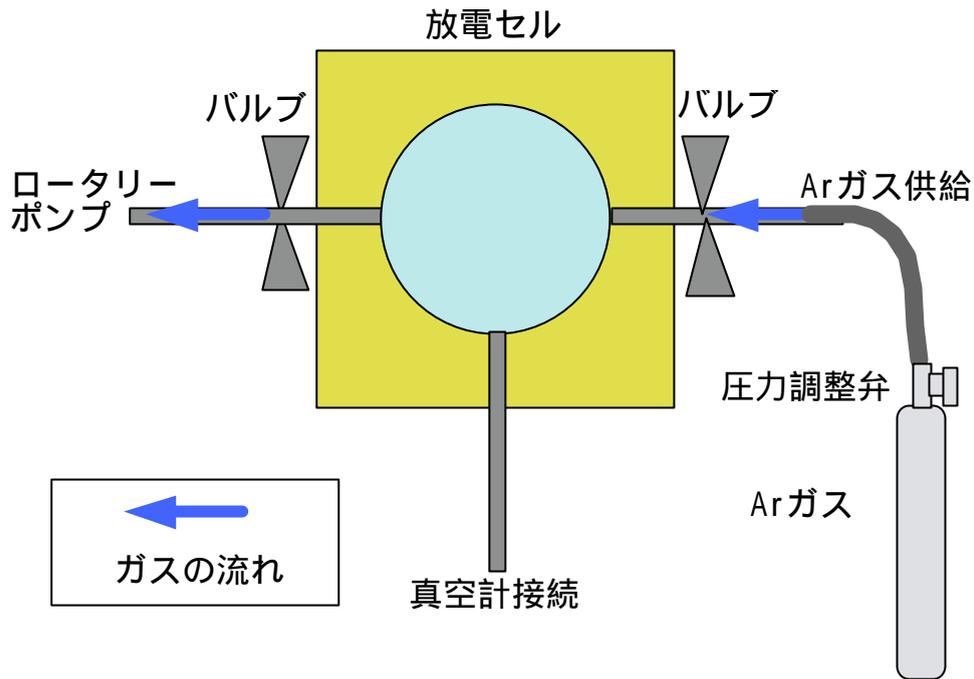


図 3.8 Ar ガスを利用した放電でのガスの流れ

パッシェンの法則により放電に適切な圧力と電極間距離は反比例するため、本研究のように、PDP にくらべ放電セルの電極間距離が約 40 倍の場合、通常の PDP セル内圧力である 50kPa の約 1/40 が適していると考えられる<sup>(4)</sup>。本研究では主に 1kPa 前後での測定を行い、他に、500Pa と 100Pa でも比較のために測定する。

### 3-4 放電用電源装置

放電電源には 36kHz の交流電源を用いた。この電源は冷陰極管インバータ電源セットで、AC100V から DC24V を作るスイッチング電源と、DC24V から 36kHz の高圧を発生する交流電源からなる。冷陰極管とは、フィラメントを熱することなく放電させる蛍光灯のことで、ノート型パソコンの LCD などのバックライトとして利用されている。一般的に PDP に用いられている電源も 30kHz 程度<sup>(4)</sup>ということなので本研究ではこの電源をそのままバリア放電に利用する。電源写真を図 3.8 に示す。

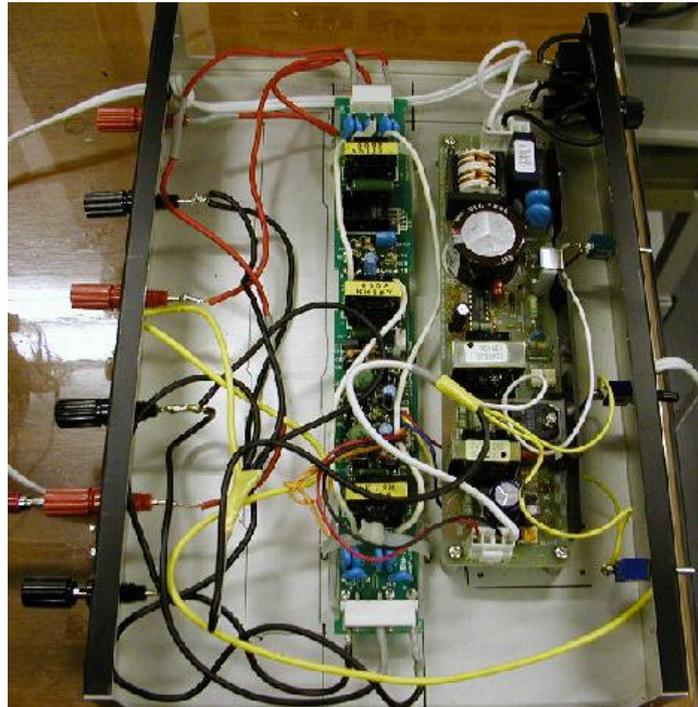


図 3.8 放電電源

電圧電流の測定回路を図 3.9 に示す。測定はデジタルオシロスコープを用いて行い、電流測定には 100  $\Omega$  の抵抗を使用して測定を行った。

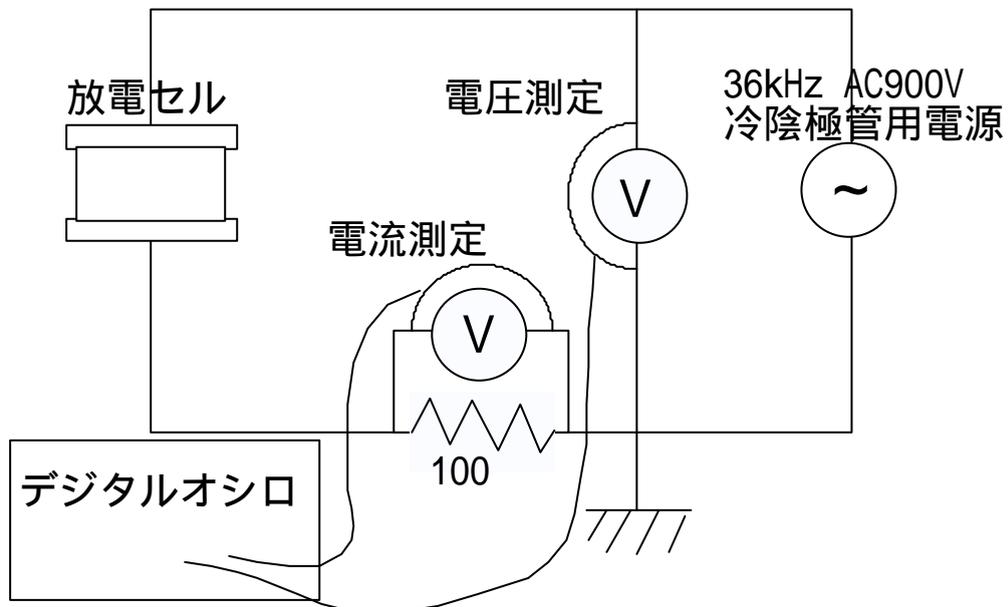


図 3.9 電圧電流測定回路

### 3-5 光測定器

放電からの発光の測定は、フォトダイオードを用いた時間分解測定と、ファイバー型マルチチャンネル分光器を用いた発光スペクトル測定を行った。

フォトダイオード（メーカー：浜松ホトニクス 品番：S1190-03）を用いた測定では、電流波形と発光の時間波形を比較することにより、補助電極のパターンの違いによる発光効率などの比較を行う。非常にノイズが入りやすい為、アルミボックスに入れ、放電セルの底面に設置した。フォトダイオードを用いた測定回路を図 3.9 に示す。測定回路の電源には 9V の乾電池を使用した。このため、電池の内部抵抗により光の測定による電流の流れに伴う電圧の低下が見られた為、電源と並列に  $0.1\mu\text{F}$  のセラミックコンデンサと  $1\mu\text{F}$  の電界コンデンサをいれた。また、ダイオードの電流測定用に、 $47\text{k}$  の抵抗を使用し、抵抗部分の電圧をオシロスコープにて、測定するために、BNC 端子から出力した。

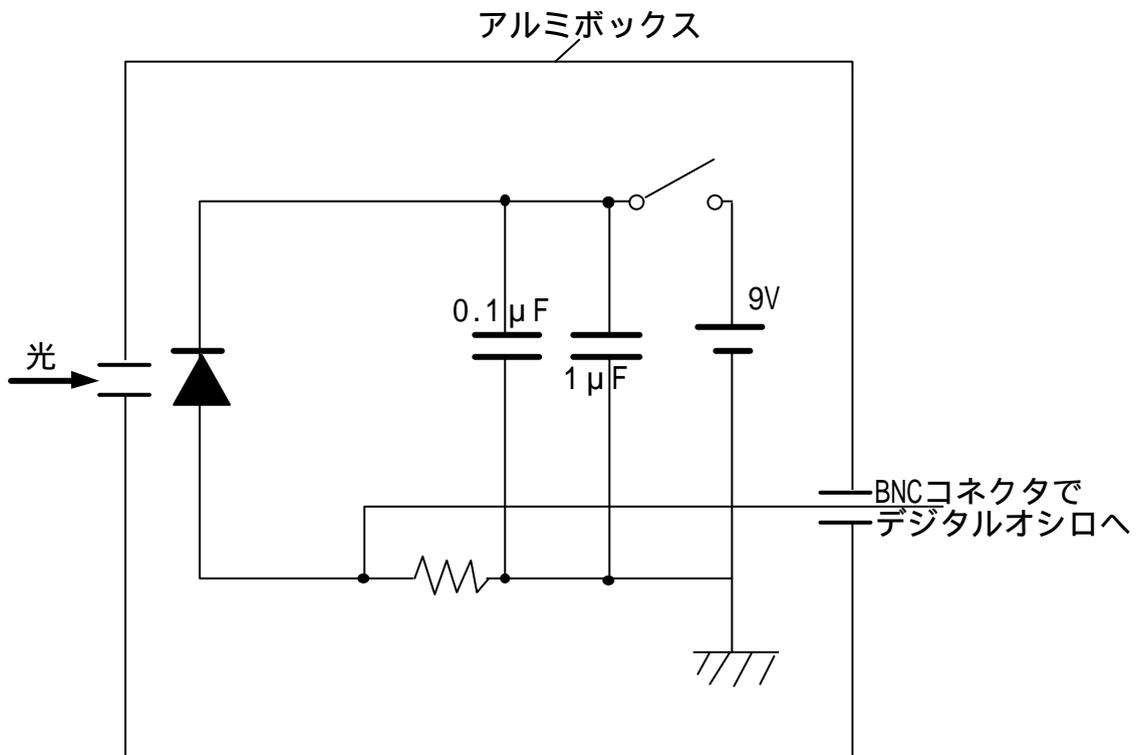


図 3.9 光測定図

スペクトル分析はファイバー型マルチチャンネル分光器(メーカー：Ocean Optics Inc 品番：USB2E1406)のファイバー部分を、放電セルの近くで固定し、測定を行う。

マルチチャンネル分光器とは出口に CCD を設置し回折格子によって分けられた光の一定範囲を一度に測定できる分光器である。この仕組みを図3.10 に示す。入射した光は、ミラーによって収束され、その光を回折格子にて、波長毎に分散されその光をフォーカスミラーで反射し CCD ポートで測定を行う。CCD とは光の明暗に比例して電流を発生する素子である<sup>(6)</sup>。

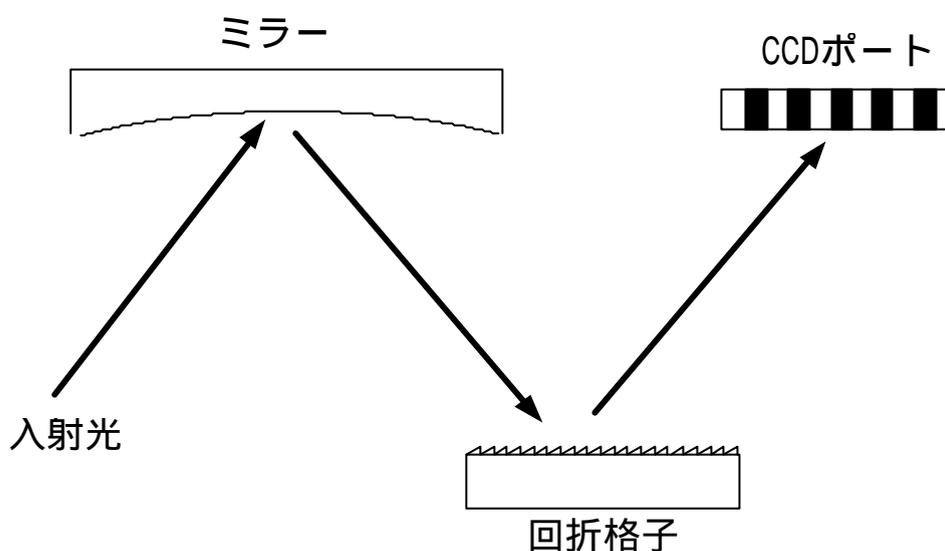


図 3.10 マルチチャンネル型分光器の仕組み

## 第4章 バリア放電の電圧電流と発光測定

### 4-1 放電電流の圧力依存性

本研究では、圧力を 100Pa, 500Pa, 1kPa の 3 つの場合において、電圧電流測定を行った。図 4.1 は、補助電極無しの場合の圧力比較である。

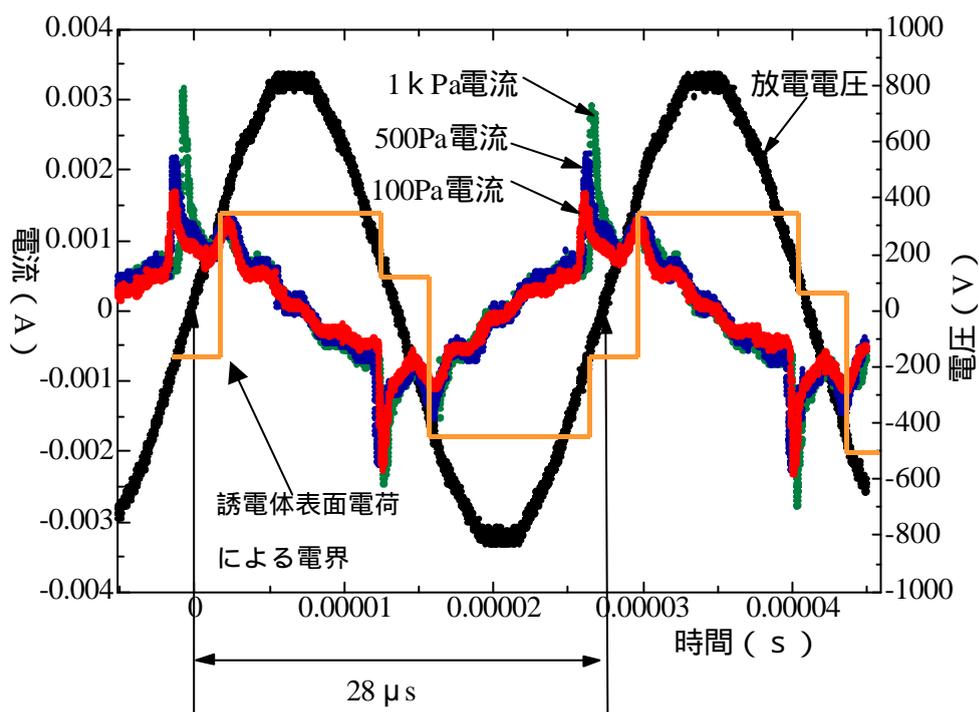


図 4.1 補助電極無しでの圧力比較グラフ

このグラフからわかるように、電流は圧力が大きくなるほど増えている。しかし、放電の繰り返しの再現性が悪いため 1kPa では周期によって、放電開始時の電流が変化する。放電開始電圧となる、誘電体表面電荷による電界が 100Pa のときが低いことが確認できた。この結果は圧力比較においては、補助電極の有無やパターンに関係なく、共通して見られた。

電流波形は、放電セルがコンデンサとなって、電圧の微分波形が表れるため、大気圧での電流波形をさし引くことで消去し、放電開始のピーク電圧を測定することが可能となる。図 4.3 に、放電セル内が大気圧で、放電していないときの電流波形を示す。この電流波形を図 4.1 の 1kPa での放電電流から、引き算した

後の放電開始電圧を図 4.4 に示す。

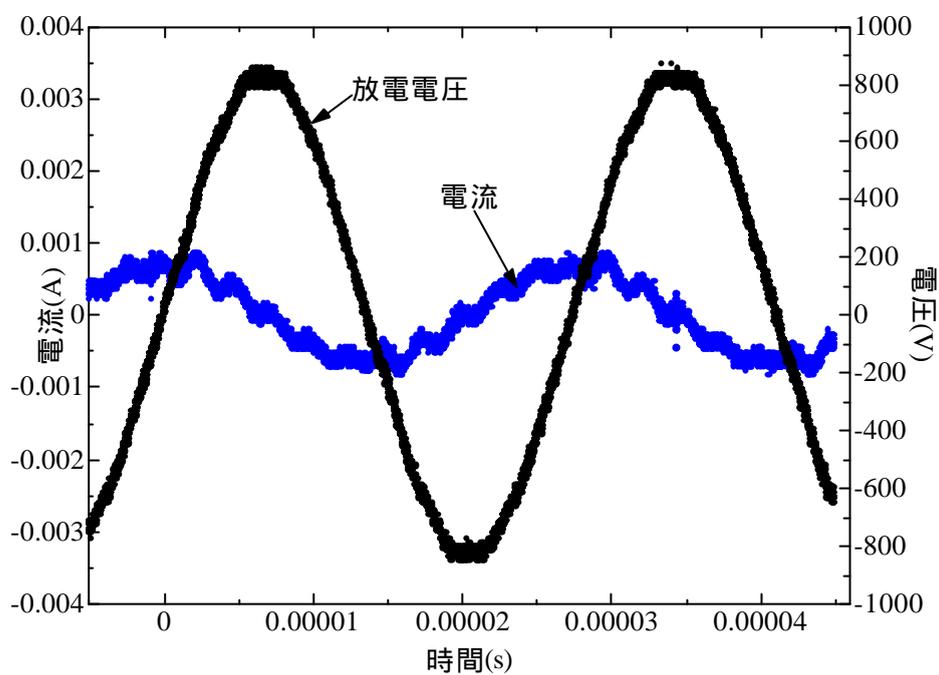


図 4.2 補助電極無し大気での IV 時間変化グラフ

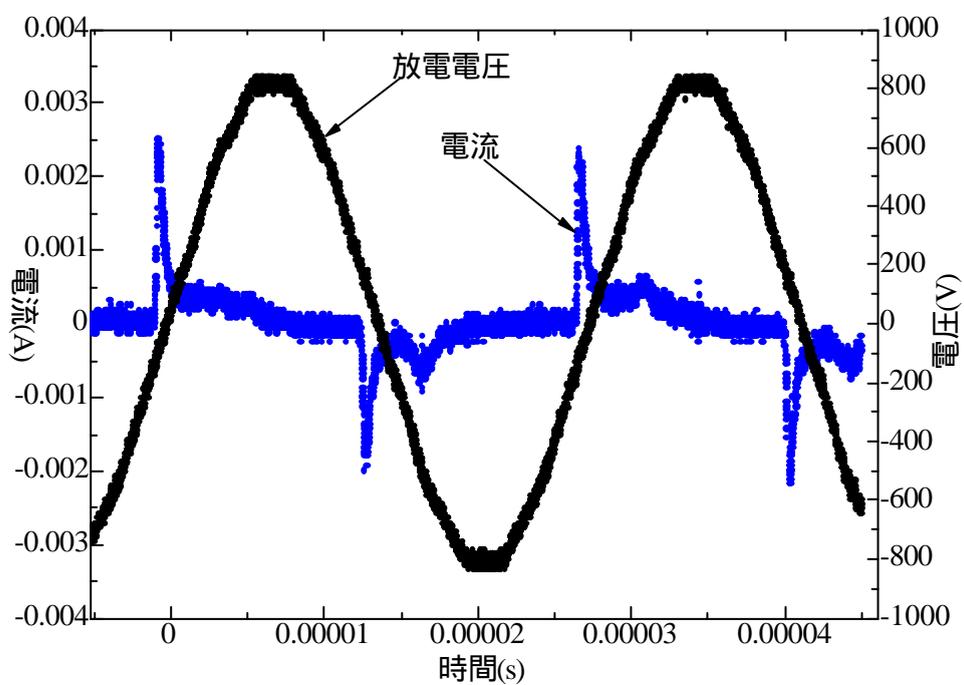


図 4.3 補助電極無し 1kPa の電流から大気圧での電流を引いた IV 時間変化

測定結果では、放電電流は 100Pa の場合が放電電流の繰り返しの再現性がよく、500Pa、1kPa と増えるにつれて繰り返しによる電流の大きさのばらつきができた。

PDP で行われている誘電体バリア放電での比較の為に最適である 1kPa くらいでの放電電流の測定は、電流の再現性が悪い為、比較は難しい結果となった。

放電圧力による電流比較では、電流の最大値であらわされる放電開始電圧の比較を行う。放電開始電圧では、放電開始電圧の比較では 100Pa の時が一番低い結果となった。蒸着のあるガラスについても同様の現象がみられ、電流は 100Pa が一番安定していた。これらのことから、放電圧力としては 100Pa が一番安定していると考えられる。

#### 4-2 放電電流の補助電極パターン依存性

補助電極の有無、またパターンの違いにおいて、放電開始電圧と、放電電流の違いを測定する。測定圧力は 1kPa で行う。測定結果のグラフを図 4.4～図 4.8 に示す。

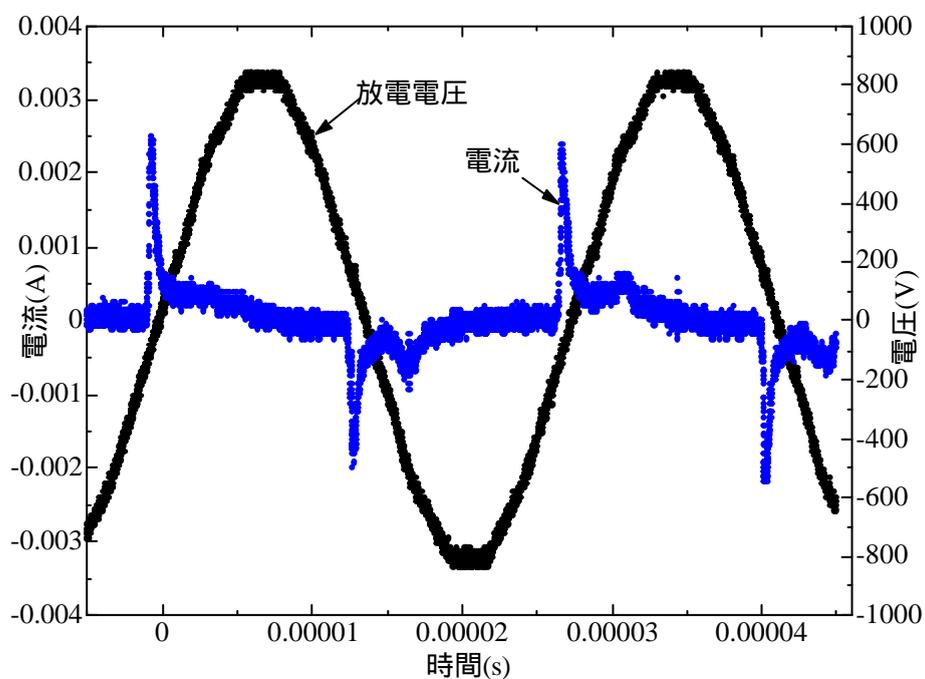


図 4.4 補助電極無しでの 1kPa の電圧電流グラフ

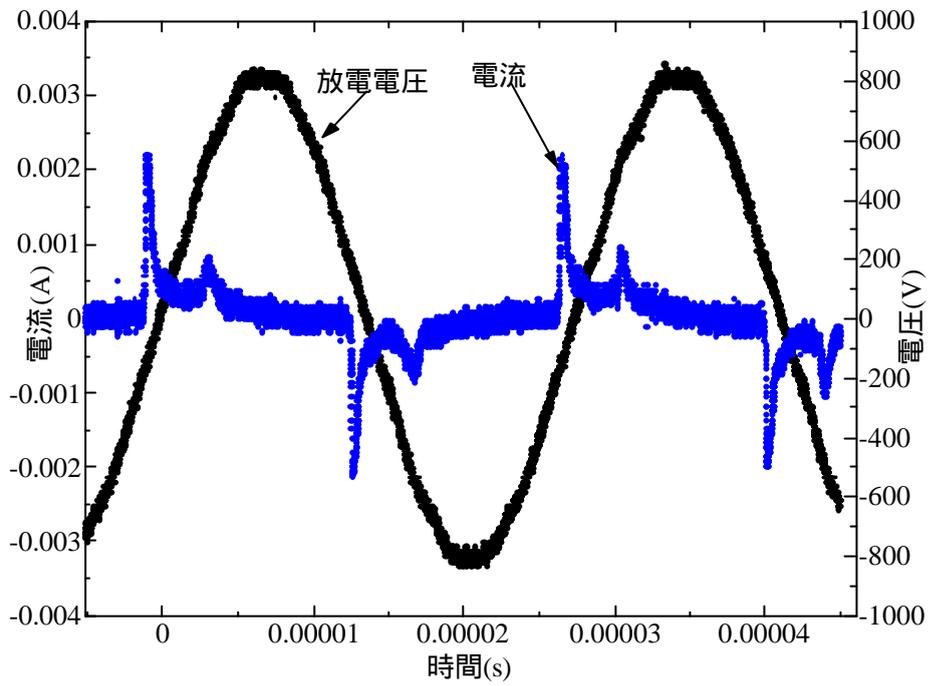


図 4.5 補助電極パターン 1mm 間隔での 1kPa の電圧電流グラフ

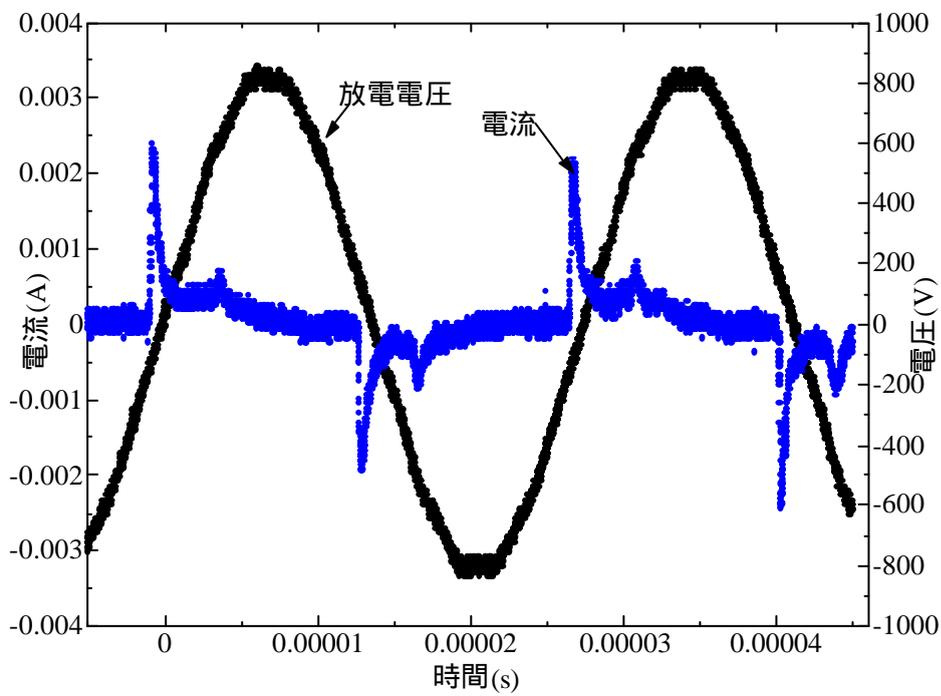


図 4.6 補助電極パターン 3mm 間隔での 1kPa の電圧電流グラフ

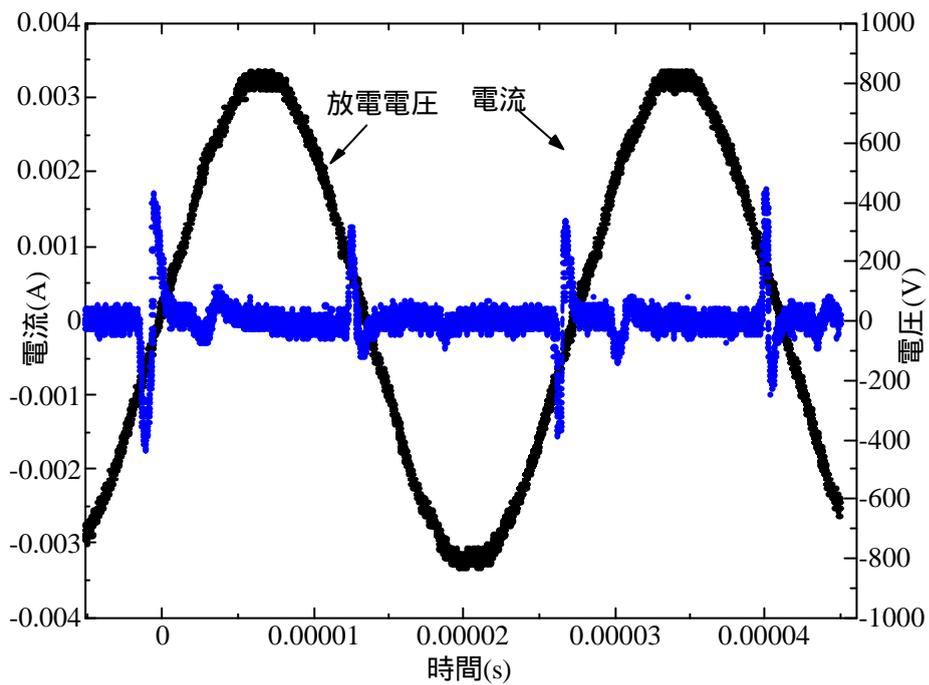


図 4.7 円板状補助電極での 1kPa の電圧電流グラフ

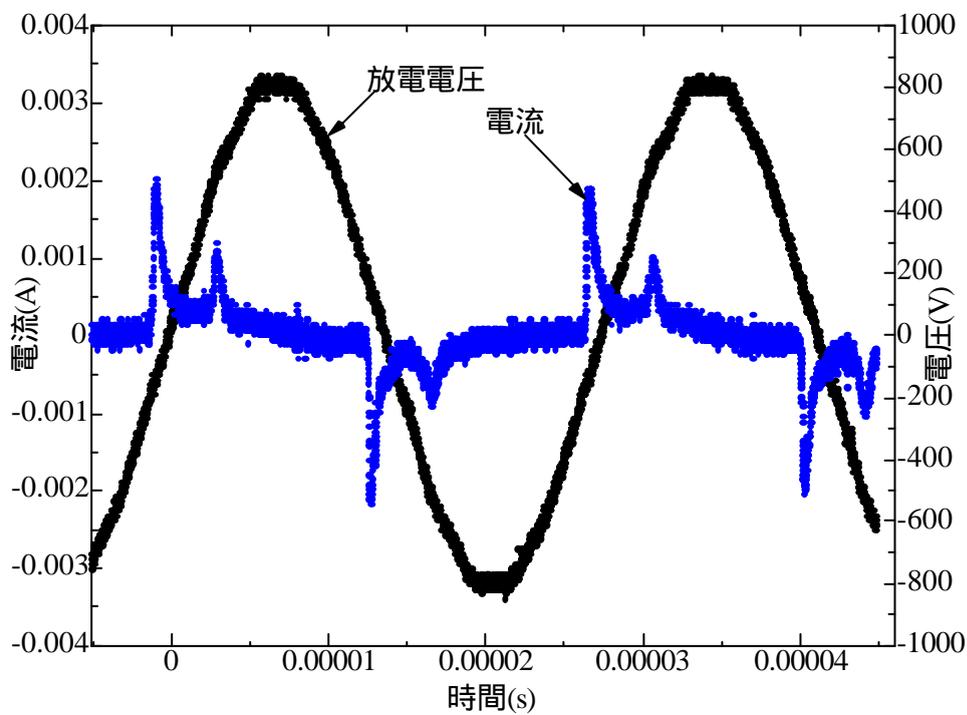


図 4.8 ライン状補助電極での 1kPa の電圧電流グラフ

1kPa による電流比較を補助電極パターン別にみると、陽極側でのピーク電流はライン状補助電極が、他に比べて 30mA ほど低い結果となった。

陰極側では円板状が低い結果となった。また、補助電極が陽極側になっている時は、ライン状と、1mm 間隔で 2 度目のピークを確認でき、補助電極が陰極側となる場合では、補助電極をつけた 4 パターン全てで、2 度目のピークを確認することができた。このことから、補助電極側が陰極になる時に、放電状態の変化があることが確認できた。

放電開始電圧では、補助電極付きの部分が陽極側の時は、円板状が補助電極の時が一番低く、次に早いのがライン状となり 3mm, 無し, 1mm という順に高くなっていく。また、補助電極側が陰極側の時は、3mm, 円, ライン、補助電極無し, 1mm という順に高くなっている結果となった。

#### 4-3 放電電力の補助電極パターン比較

放電電流と電圧のグラフから、1 周期の平均電力を求める。補助電極の形状と測定圧力毎の電力を表 2 に示す。

表 2 電力と圧力

	1 k Pa	500Pa	100Pa
補助電極無し	1.16 W	1.14 W	1.34 W
1mm	1.17 W	1.15 W	1.28 W
3mm	1.20 W	1.14 W	1.39 W
円板状	1.23 W	1.07 W	1.25 W
ライン状	1.19 W	1.12 W	1.30 W

この表からわかるとおり、放電電流では、500Pa の場合に電力消費が少ない結果となった。1 k Pa では円板状の補助電極が一番電力を消費し、補助電極をつけない電極が電力消費は少ない結果となった。

#### 4-4 発光の測定

フォトダイオードの感度があまりよくないために、47 k と大き目の抵抗をいれたことで、時定数が大きくなり、波形の応答速度が遅くなった。この結果を、補助電極の有無と、パターンの違いによる光強度を測定したものを図 4.9 に示す。

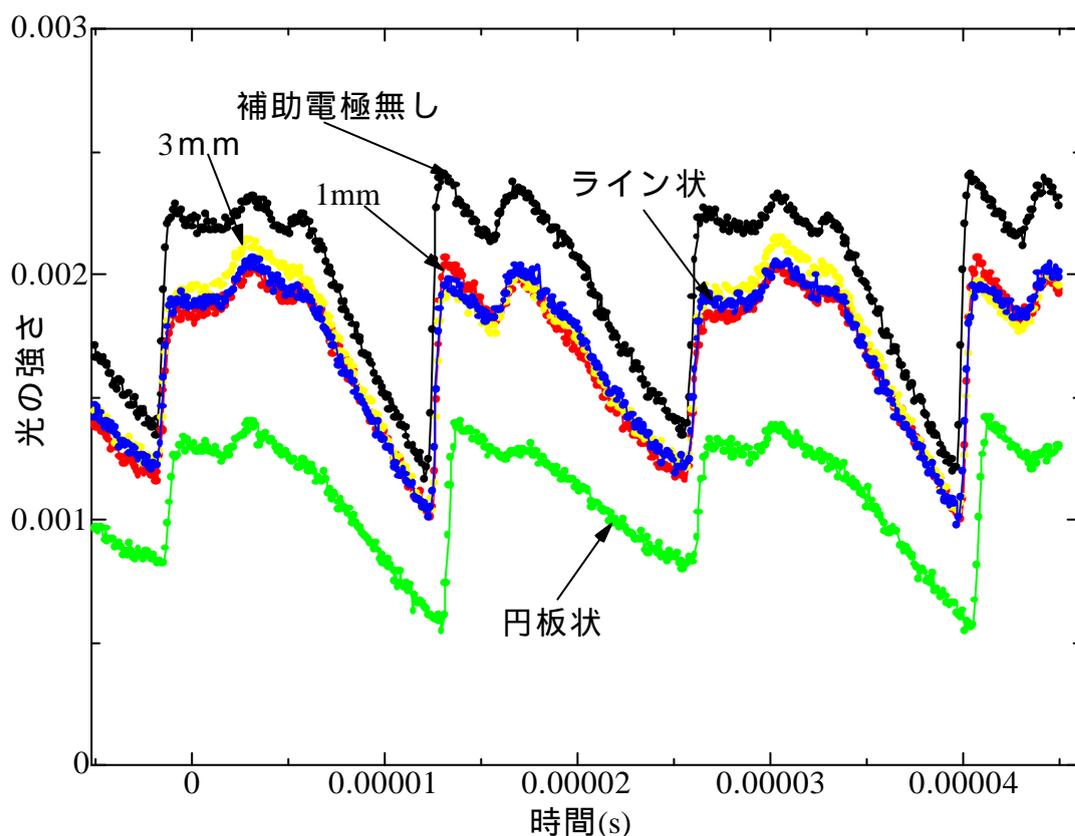


図 4.9 光の強度

この結果、円板状電極では、かなり光が弱いことがわかる。光の強度は、補助電極無し、3mm、ライン状、1mm、円板状という結果になった。本来補助電極をつけることで、光の強度が強くなると考えていたが、補助電極がないときが一番光が強いということになった。この原因として、光の測定方法に問題があると考えられる。放電管の底から測定を行ったが、補助電極ある時と、無しでは、外側電極の銅テープが見えていることによって、銅テープによる光の反射

量の違いがあると、考えられる。

また、本来の PDP では紫外線を利用しているが、この実験では Ar による可視光での測定を測定波長 320nm ~ 1100nm のフォトダイオードを用いて行った。

Ar ガスを使用した放電での発光スペクトルを図 4.10 に示す。

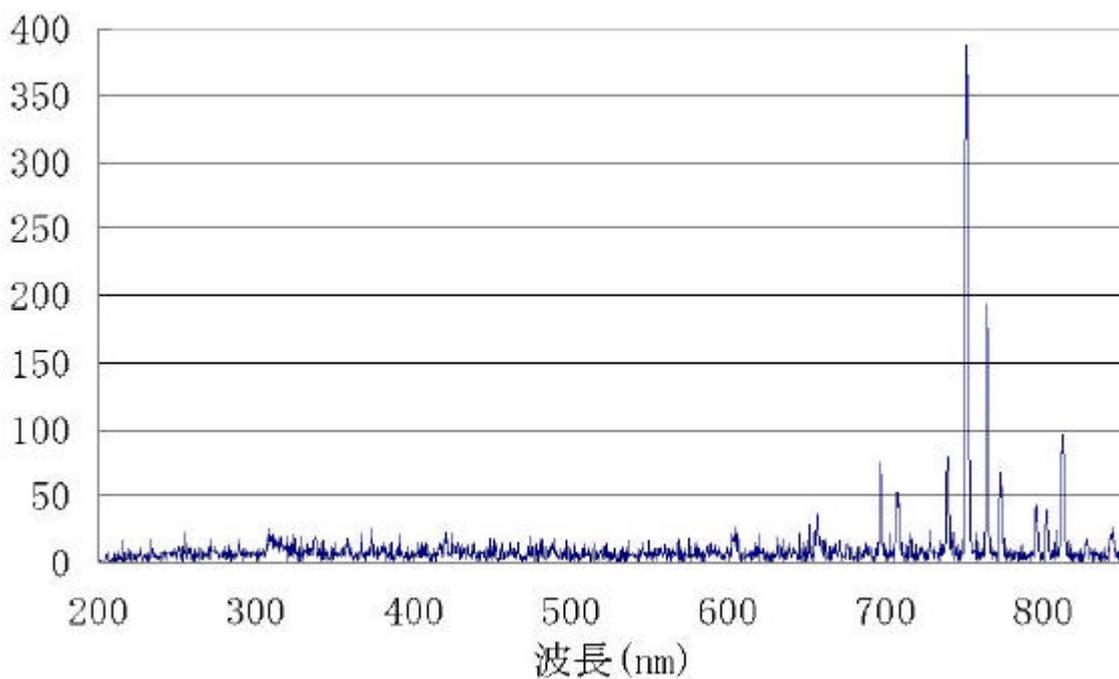


図 4.10 Ar ガスを供給した放電での放電スペクトル

この放電では 750nm あたりで Ar のスペクトルを確認できる。空気放電で見られる窒素などのスペクトルでの光がほとんど見られないことから、空気のリークはないと考えられる。

## 第5章 結論

本研究では、誘電体バリア放電における、補助電極の効果を確認する為に、放電セルを作成し、放電実験を行った。ここに、本研究で得られた結果および知見を以下に要約し、本論文の結論とする。

- (1) 100Pa の放電安定時には、蒸着ガラスが陰極の場合に電流が多く流れていることが確認でき、補助電極の効果はあると考えられる。また、補助電極のある時の方が、誘電体内表面電荷による電界が低い状態で放電が開始するので、放電開始電圧も低いことが確認できた。
- (2) 1 k Pa での電流測定では、補助電極を設けた場合、放電回数が増えていることが確認でき、補助電極の効果は、補助電極側の電極が陰極になるときが、効果が強いことが確認できた。
- (3) 本研究では、補助電極を用いた放電効率の向上を確認することができなかった。

## 謝辞

今回の論文を結ぶに当たり、御親切な御指導、御鞭撻を賜りました高知工科大学工学部電子・光システム工学科八田章光助教授に深い感謝の意を表します。常日頃から数々の御助力、御助言を頂いた高知工科大学大学院工学研究科基板工学専攻電子・光エレクトロニクスコース修士課程の富士敬司氏、吉村紘明氏、大橋渉氏に感謝の意を表します。

高知工科大学工学部電子・光システム在学中に御指導を賜った原央学科長に心から感謝いたします。

高知工科大学工学部電子・光システム在学中、本研究の実験遂行、各課程で終止御厚志、御協力を頂いた高知工科大学工学部電子・光システム工学科、平木昭夫教授、河津哲教授、神戸宏教授、綿森道夫助教授、野中弘二助教授、武田光由実験講師、その他の先生方に重ねて感謝の意を述べさせていただきます。

また本研究を遂行するにあたり御協力頂いた高知工科大学工学部電子・光システム工学科、青木祐典氏、窪内健介氏、松久治可氏、その他学部の方々に重ねて感謝の意を述べさせていただきます。

## 参考文献

- (1) 松野博光 “エキシマランプとその応用” 照明学会誌 第 81 巻 第 7 号  
17 ページ (1997)
- (2) 電子情報ディスプレイハンドブック 培風館 10 ページ (2001)
- (3) 和泉志伸 “プラズマディスプレイビジネス最前線” 工業調査会 57 ページ  
93 ページ (1999)
- (4) 内池平樹、御子紫茂生、プラズマディスプレイのすべて 工業調査会 56  
ページ 85 ページ 120 ページ 122 ページ 186 ページ (1997)
- (5) T.Yoshioka A.Miyakoshi A.Okigawa E.Mizobata K.Toki NEC Corp. “A high  
luminance and high luminous efficiency AD-PDP using high Xe-content gas  
mixture” IDW (2000)
- (6) 鈴木範人 “光の検出器とその使い方” 学会出版センター 80 ページ  
(1991)