

卒業研究報告

題目

プラズマディスプレイパネルを 模擬した放電の電力測定

指導教員

八田章光助教授

報告者

横谷公仁

平成 13 年 2 月 9 日

高知工科大学 電子・光システム工学科

目次

第一章 序論	1
1-1 研究の背景	1
1-2 PDP の原理	2
1-3 PDP の課題	5
1-4 研究の目的	5
参考文献	5
第二章 実験装置の作製	6
2-1 放電セルの作製	6
2-2 電源の作製	8
2-3 測定方法	9
2-4 PDP 用ガスに求められる条件	10
2-5 ガスの選択	11
参考文献	11
第三章 測定方法・測定結果	12
3-1 放電の実験	12
3-2 電流測定	12
3-2-1 測定回路	12
3-2-2 測定結果	13
3-3 分圧回路に放電電圧測定	14
3-3-1 分圧回路による電圧測定	14
3-3-2 直流分圧回路の周波数特性	15
3-3-3 オシロスコープの入力容量の計算	16
3-3-4 交流分圧回路の作成	19
3-3-5 交流分圧回路の周波数特性	20
参考文献	23

第四章 考察	2 4
参考文献	2 5
第五章 結論	2 6
謝辭	2 7
付録	2 8

第一章 序論

1.1 研究の背景

マルチメディアの進展に伴い、ディスプレイは人間とコンピュータをつなぐインターフェースとしての重要度を増している[1]。重くて場所をとるブラウン管(CRT)に比べて、場所をとらない薄型のディスプレイが実用化され、急速に普及している。例えば、液晶ディスプレイ(LCD)は、軽量、低消費電力という特徴を活かし、他の薄型ディスプレイに先行して市場を拡大している。特に高画質タイプのTFTは、携帯型パソコン用ディスプレイの主流になっている。

一方、ブラウン管の大型テレビと競合する大画面、薄型ディスプレイとしては、プラズマディスプレイパネル(PDP)の実用化が進んでいる[2]。CRT、LCDと比較しながら、PDPの特徴を表1.1に示す。

表1.1 PDP、LCD、CRTの比較

比較する特徴	PDP	LCD	CRT
大画面化			
軽量化			×
薄型化			×
視野角		~	
磁気の影響			×
価格		~	

PDPは、据置での用途を中心に、大型で視野角が広く、しかもCRTよりも薄型・軽量のディスプレイとして期待が高まっている。

1.2 PDP の原理

PDP とは、「放電による発光を利用したディスプレイ」のことであるが、「小さな蛍光灯をたくさん並べたもの」とよく表現される。PDP では、微小化した蛍光灯すなわち放電セルが数十万集まっている[1]。PDP の構造を図 1.1 に示す。

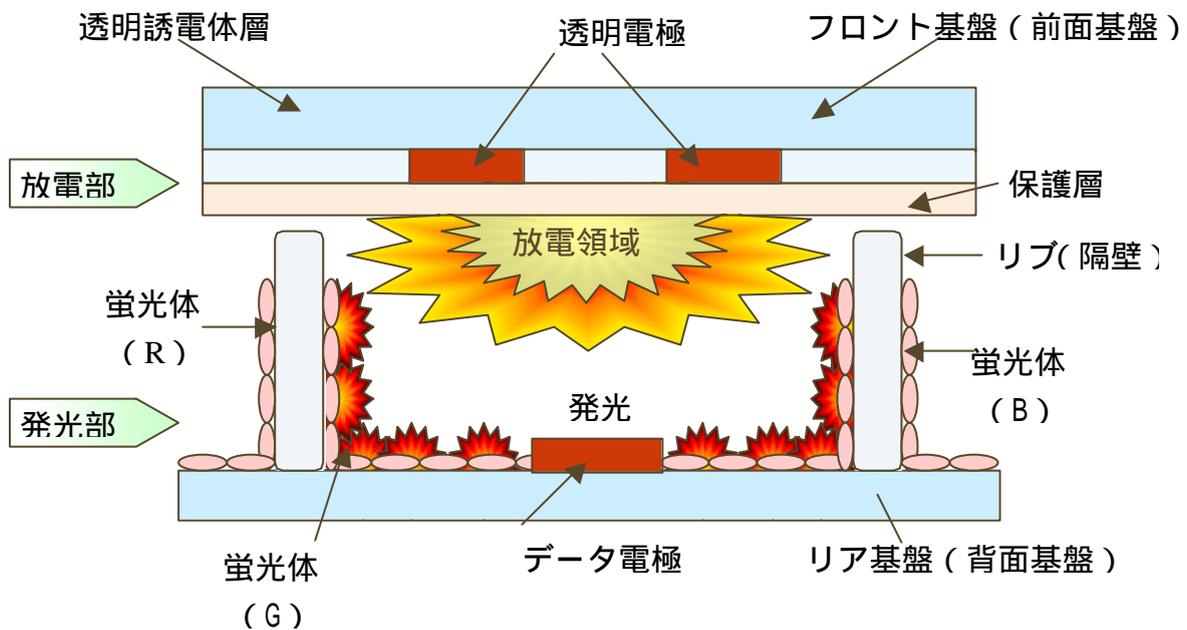


図 1.1 PDP の構造

放電空間の中に封入されるガスは、Ne (ネオン) と Xe (キセノン) を混ぜたものや、He (ヘリウム) と Xe を混ぜたものである。放電セルの内側に塗られる蛍光灯が発する光は白ではなく、光の 3 原色の R,G,B である。これら 3 色はストライプ状に、あるいはモザイク状に配される。放電セルに電圧をかけると中で放電が起こり、このときに発生する紫外線がセルの内側の蛍光体に当たって、可視光を発光する。3 色の光は微妙に混ざり合って、見る者の目に様々な色として映るのである[1]。

ちなみに、放電セルを光らせるか否かは、電極にかける電圧とタイミングにより制御される。

PDP は放電を起こす際の電圧のかけ方により、AC 型と DC 型に大別することができる。AC 型 PDP と DC 型 PDP の特徴を表 1.2 に示す[1]

表 1.2 AC 型 PDP と DC 型 PDP の特徴

比較項目	AC 型 PDP	DC 型 PDP
構造	交流 (AC)	直流 (DC)
長寿命化	リブをライブ状に形成するために単純 高精細化への対応が比較的容易	リブをセル状に形成するため複雑
コントラスト	DC よりも低く、課題となっている	高い
立上り	やや時間がかかる	速い 補助放電セルがあるため
初期投資費の大小	DC よりも大きいといわれる 半導体に使われる成膜方法やフォトリソグラフィ工程が多いため	AC よりも小さいといわれる。 印刷工程が中心となるため
採用している PDP メーカー・団体	日本電機 パイオニア 日立製作所 富士通 松下電器産業 三菱電機	NHK 放送技術研究所 松下電子工業

PDP の放電空間は大変小さいとはいえ、エネルギーが発生する。電極を保護するための保護層を持つ構造のものが AC 型 PDP、蛍光灯と同様、電極がむき出しになっている構造のものが DC 型 PDP である[3]。

AC 型 PDP のセル構造を図 1.2 に DC 型 PDP のセル構造を図 1.3 に示す

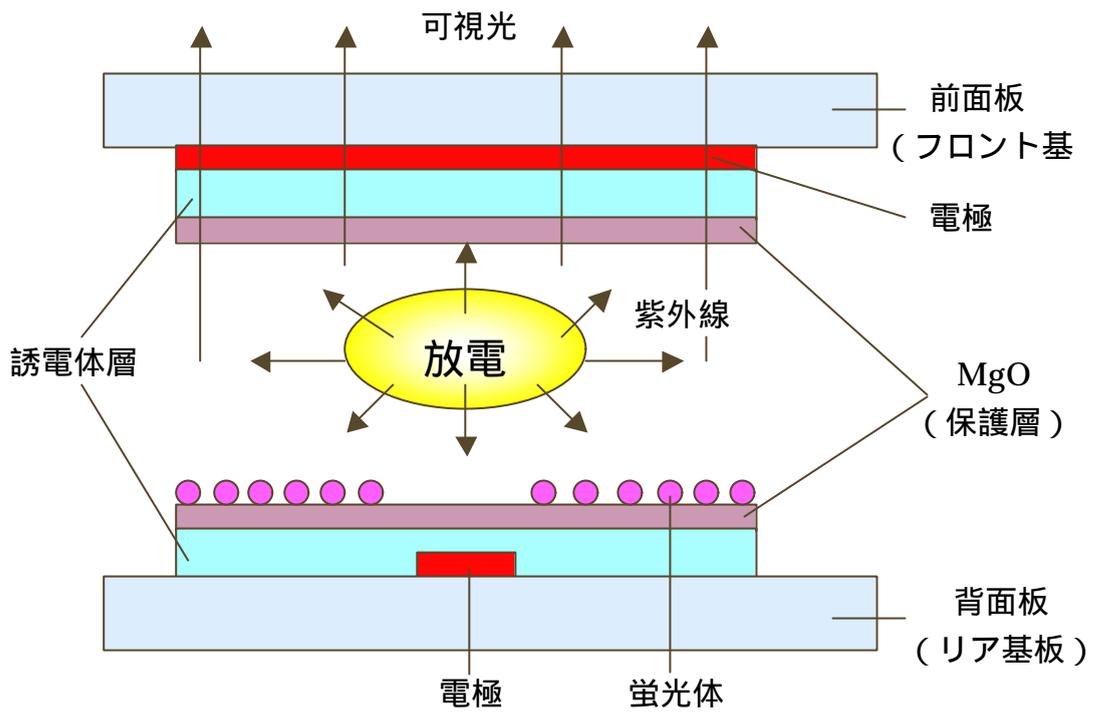


図 1 . 2 AC 型 PDP のセル構造

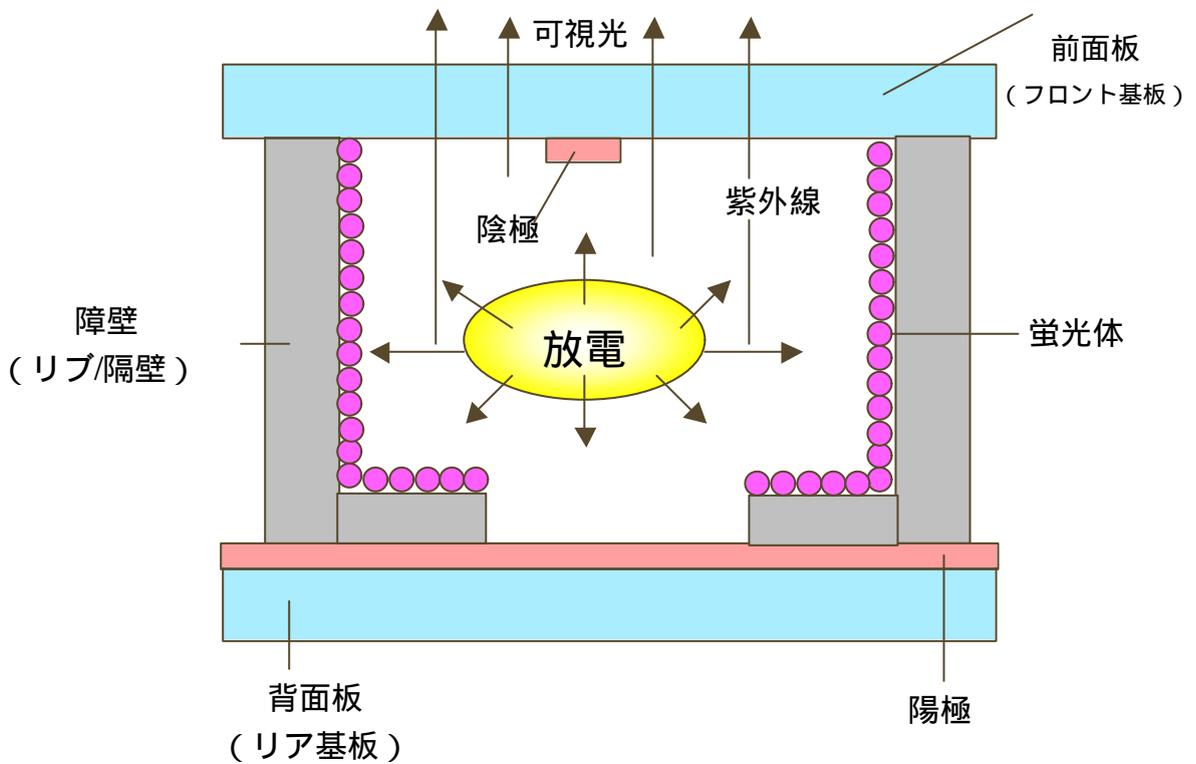


図 1 . 3 DC 型 PDP のセル構造

1.3 PDP の課題

現在、発光効率向上は大変重要な課題となっている。発光効率向上は、消費電力低減させるために不可欠である。PDP は消費電力が大きいため、競合する低消費電力の LCD に比べ、現状では不利である。

発光効率は現在、DC 型で 0.4lm/W、AC 型で 0.8 ~ 1.0lm/W である。

1.4 研究の目的

本研究では、PDP の発光効率評価の予備実験として放電の消費電力を測定する。消費電力を評価するため、PDP を模擬した放電セルを作製し、放電の電流・電圧を測定し、電力を計算する。

参考文献

- [1] 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 (1999)
- [2] 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 (1997)
- [3] 佐藤光世、最新プラズマディスプレイ製造技術 プレスジャーナル (1998)

第二章 実験装置の作製

2.1 放電セルの作製

現在、PDP 用ガラス基板には、ソーダライムガラスが使用されている。これは窓ガラスに使われるものと同じもので、TFT 用の無アルカリガラスよりも低価格である。また、STN 用ガラスは同じくソーダライムガラスだが、高い表面精度が要求されるため、表面研磨が行われる。PDP 用ガラス基板は、表面の平坦性が窓ガラスと同レベルでよいいため、研磨行程は不要である。また、ガラスの厚さは約 3mm と、0.7mm が主流となっている LCD 用ガラスに比べると、かなり厚い[1]。

PDP 用ガラスに求められるのは、高い歪点である。PDP の製造においては、500 度以上の熱をかけるため、高い歪点が必要になる[2]。

図 2・1 は本研究で作製した、PDP を模擬した放電セルの構造を示す。(付録 A)。パネルは 2 枚のスライドガラス板からなり、フロント基盤(前面基盤)とリア基盤(背面基盤)で構成される。フロント基盤には、平行電極としてアルミニウムを 2ヶ所、平行に蒸着した。リブ(隔壁)には、ガラスで絶縁したアルミニウムを備えている。また、真空中に排気しガスを封入するための穴を設け、その穴にステンレスの筒を挿入し、真空用接着剤(メーカー名: Varian)で接着する。

一般の DC 型 PDP は表示電極上に誘電体層と保護層(MgO)を設けるが、本研究では手始めとして保護層を設けていない。この平行電極に交流電圧を印加して面放電を行う構造となっている。

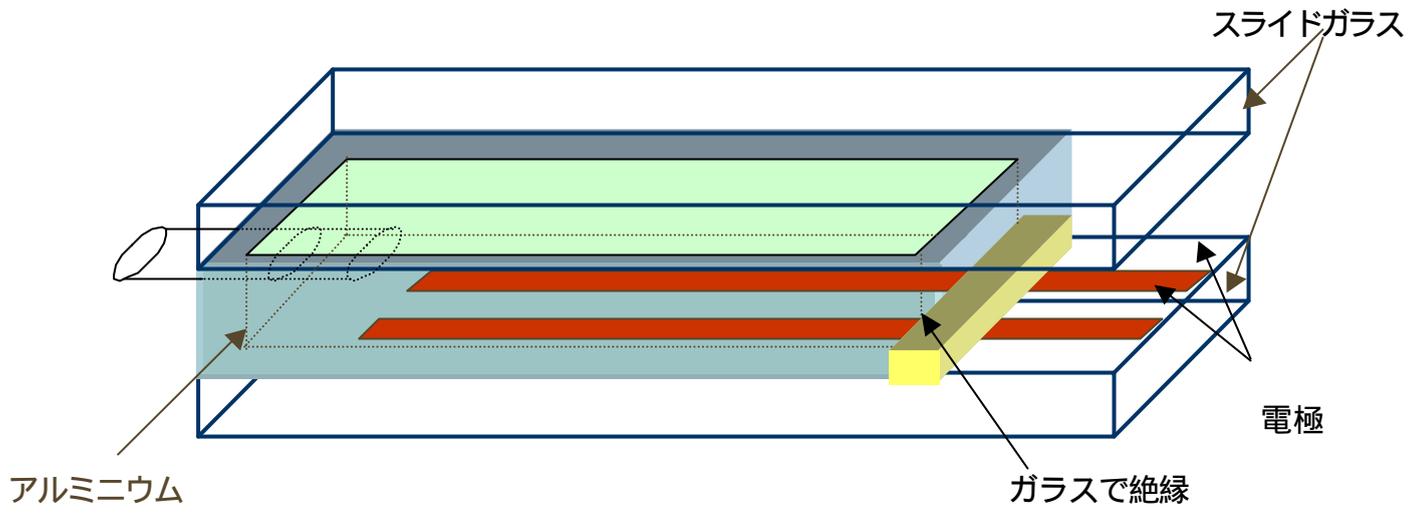


図 2 . 1 放電セルの構造

作製した放電セルの写真を図 2 . 2 に示す。



図 2 . 2 放電セル写真

2.2 電源の作製

作製した電源の構造を図2.3に示す。

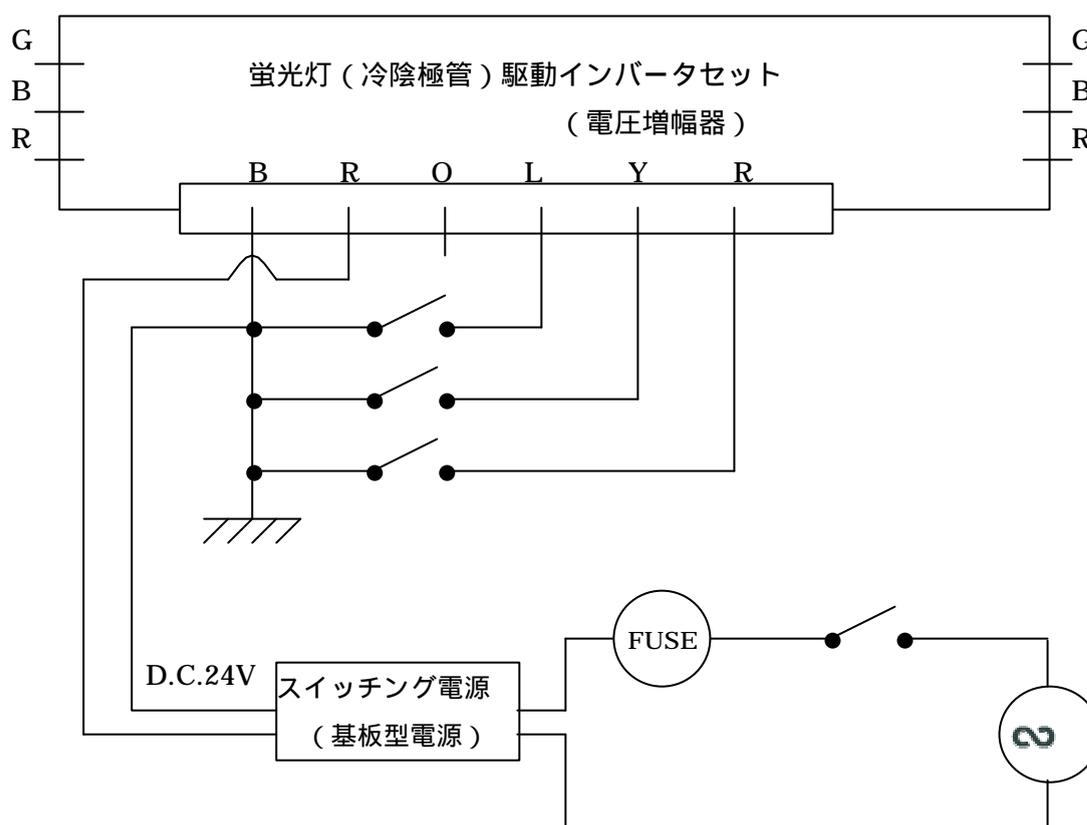


図2.3 電源の構造図

AC100V をスイッチング電源により、DC24V に変換し、蛍光灯（冷陰極管）駆動インバータセット（電圧増幅器）により高電圧(数百 V)・高周波（33KHz）に変換する。この回路はアルミニウムのケースで覆った。この回路は元々、3原色を点灯させるための3本の冷陰極管蛍光灯用回路なので、3系統のスイッチを主電源の他にアルミニウムのケースに設けた。

冷陰極蛍光灯を接続し実際に点灯させ、動作確認をおこなった。図2.2のL端子のスイッチを入れるとBが点灯し、Y端子のON-OFFスイッチを入れるとGが点灯し、Rのスイッチを入れるとRが点灯する。電源電圧はDC16～30V（DC24Vが適当）で、消費電流は、それぞれR：150mA、Y：250mA、L：250mAである。

作製した電源を図 2 . 4 に示す。

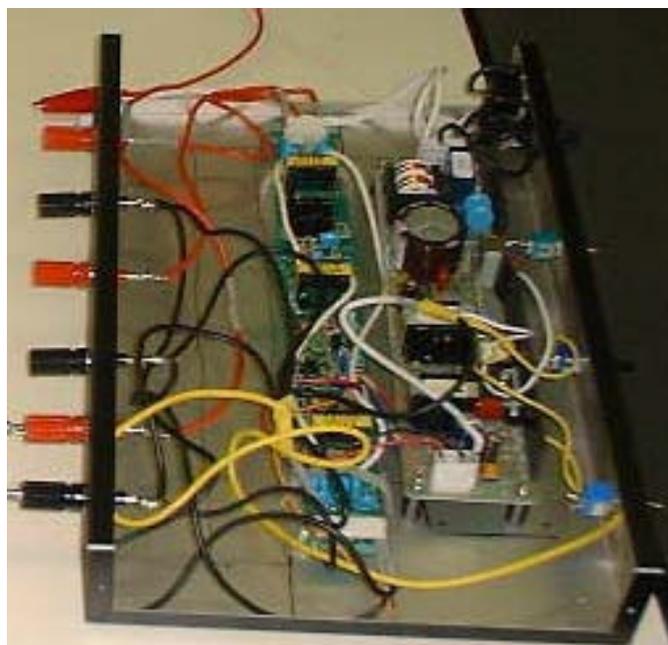


図 2 . 4 電源の写真

2 . 3 測定方法

測定方法は、本研究で作製した放電セル内を真空にし、気体 Ar(アルゴンガス)を封入し、電圧を与え放電させる。セル内の気体を真空にし、Ar を封入しているときの写真を図 2 . 5 に示す。

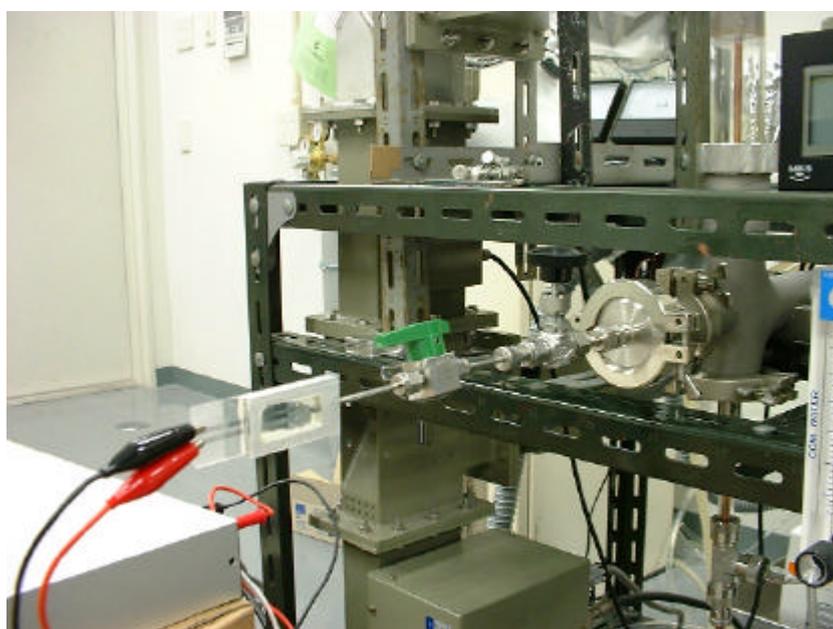


図 2 . 5 Ar を封入しているときの写真

2 . 4 PDP 用ガスに要求される条件

表 2 . 1 に、PDP に封入するガスの条件を示す。

表 2 . 1 PDP に封入するガスの条件

条件	効果
強い紫外線を放射する	高硬度・高効率発光
紫外線波長が長い	蛍光灯のマッチングが良い エネルギー変換効率が高い 蛍光体劣化が少ない
紫外線の飽和が少ない	高輝度・高効率発光
可視光強度が弱い	色純度の低下が少ない
低放電電圧	駆動が容易
化学的に安定	長寿命
スパッタ率が低い	長寿命
封入圧力を高くできる	長寿命

ガスの条件として、まず高輝度・高効率を得るため、強い紫外線を放射することが重要である[1]。しかし、本研究では、紫外線放出が弱く可視光線が強いArを使用した。それは、本研究では電力測定を目的としているため、可視光線の強いArが電流・電圧測定において容易である。

2.5 ガスの選択

表3.2に、Arの共鳴準位電圧、共鳴線波長、電離電圧を示す[2]。

表3.2 Arの共鳴準位電圧、共鳴線波長、電離電圧

ガス	質量	共鳴準位電圧	共鳴線波長	電離電圧
Ar	39.9	11.6V	107nm	15.8V

参考文献

- [1] 佐藤光世、最新プラズマディスプレイ製造技術 プレスジャーナル(1998)
- [2] 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(1999)

第三章 測定方法・測定結果

3.1 放電の実験

作製した放電セル内を真空にし、気体 Ar を封入し、電圧を加えたところ圧力 2.00Torr のときが最も放電領域が大きいことを確認した。

圧力 2.00Torr のときの放電セル写真を図 3.1 に示す



図 3.1 圧力 2.00Torr のときの放電セル

圧力 2.00Torr のときの Ar による放電の色は、青白であることを確認した。アルミニウムの蒸着にむらであるため、放電が均一にできていない。

3.2 電流測定

3.2.1 測定回路

分圧回路を入れると、回路と放電セルとの共振がずれるために、電源電圧が低くなる（電源の容量が足りない）ため放電しないので、分圧回路を除き電流測定のみおこなった。電流測定回路を図 3.2 に示す。抵抗 R_i は 1、10、100、1k、10k、を使用し、放電セルの圧力は 2.00Torr のときを測定した。

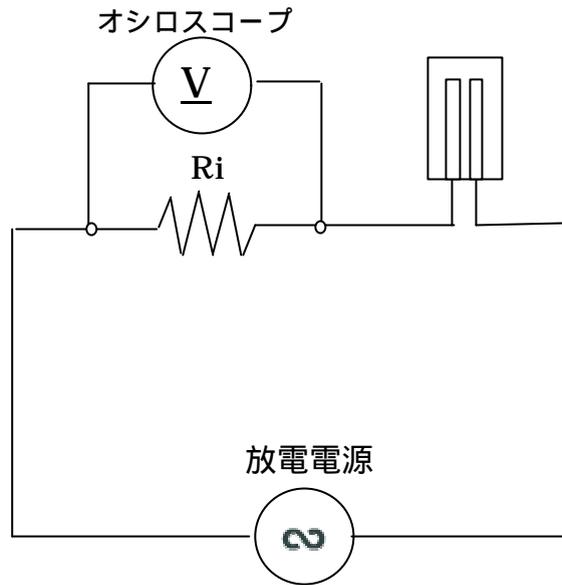


図 3 . 2 放電の抵抗別電流測定

3 . 2 . 2 測定結果

放電の抵抗別電流測定の結果、1 /10 の場合、電圧が小さすぎて、本研究で用いたオシロスコープ（メーカー：Pico Technology Limited 品番：ADC200）では性能上、正確に表示できないため、100 Ω・1k Ω・10k Ω の抵抗を用いたときの電流測定の結果を図 3 . 3 に示す。

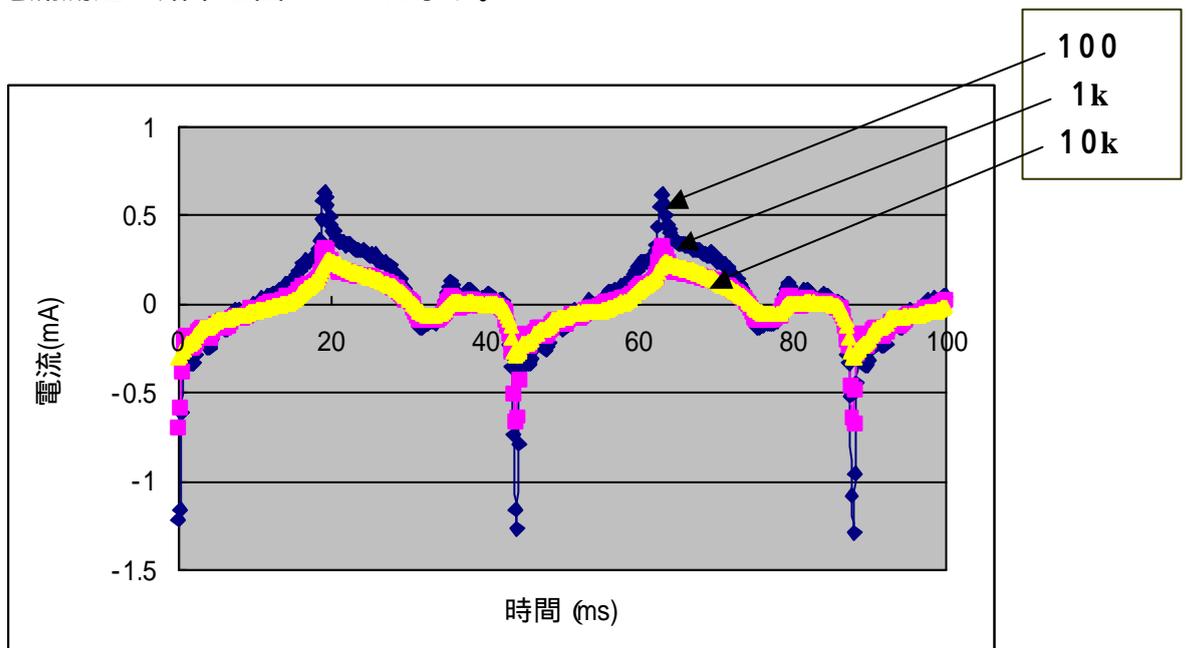


図 3 . 3 抵抗別電流測定

抵抗が $100 \cdot 1k \cdot 10k$ のときの電流波形が微妙に違う。高い抵抗では電流値が小さくなり、できるだけ低い抵抗のほうが回路への影響が少ないので、 100 の抵抗が望ましい。

3.3 分圧回路による放電電圧測定

3.3.1 分圧回路による電圧測定

放電の電流・電圧測定をおこなうための回路を図3.4に示す。電圧を測定する上で、本研究で作製した電源は電圧が高い(数百V)ため、オシロスコープの性能上、耐圧が足りない。そこで、電圧を $1/100$ にするための分圧をおこなった。オシロスコープの内部インピーダンスが $1M$ なので、電圧を $1/100$ にするためには、 $99M$ を使用する必要がある。

本研究では、 $3.3M$ の抵抗を 30 個、直列に接続し、 $99M$ の抵抗を作製した。

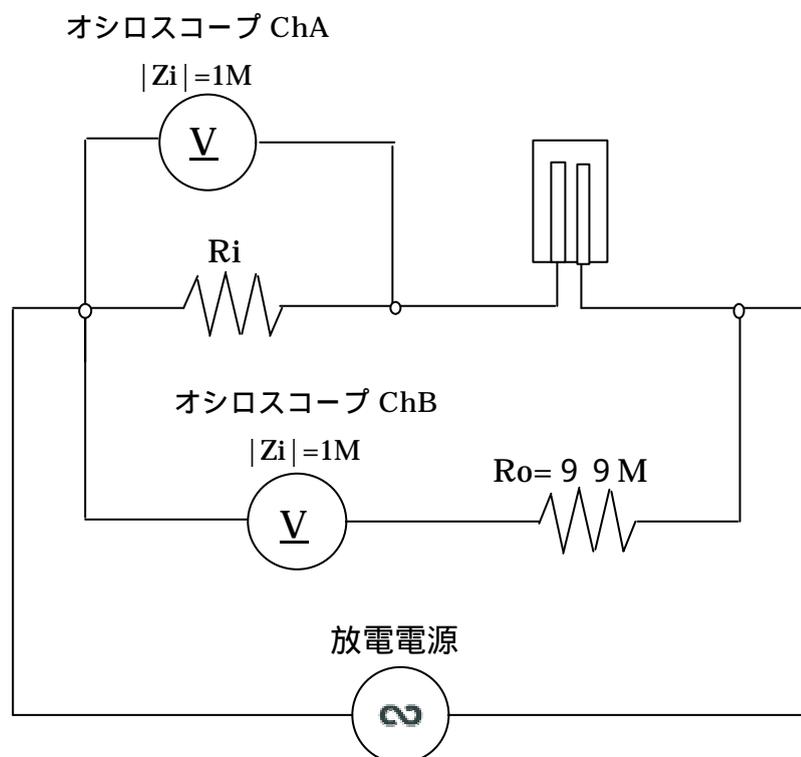


図3.4 直流分圧回路による電流・電圧回路

放電の電圧波形と考えられる信号は計測できなかった。具体的には 1 V (100 倍に換算) 程度の信号が観測されたが、一般に放電電圧は数 100V 程度と考えられるため、正しい分圧測定ができていないと考えられる。

3.3.2 直流分圧回路の周波数特性

直流分圧回路において、周波数による分圧の変化を調べるための回路を図 3.5 に示す。

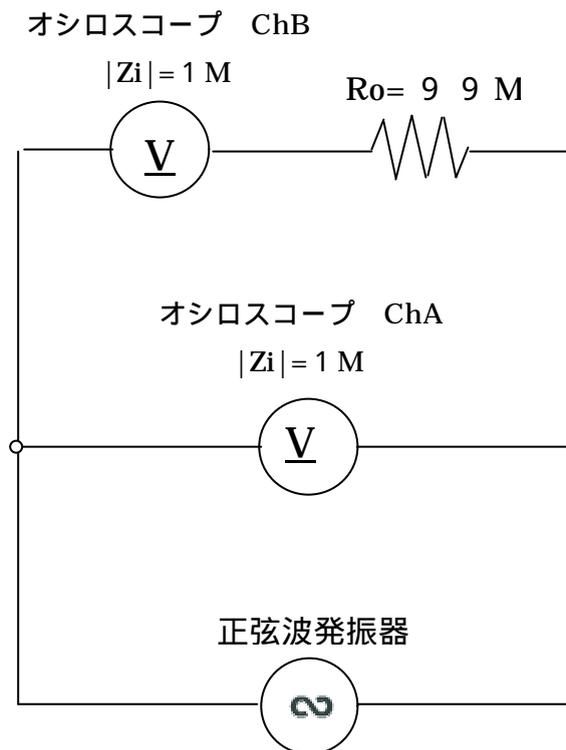


図 3.5 周波数による直流分圧回路の分圧比例測定回路

直流分圧回路において、発振器を用い周波数を変化させて、発振器の信号と分圧出力の信号をオシロスコープで測定した。利得と位相差の周波数依存性を図 3.6 に示す。

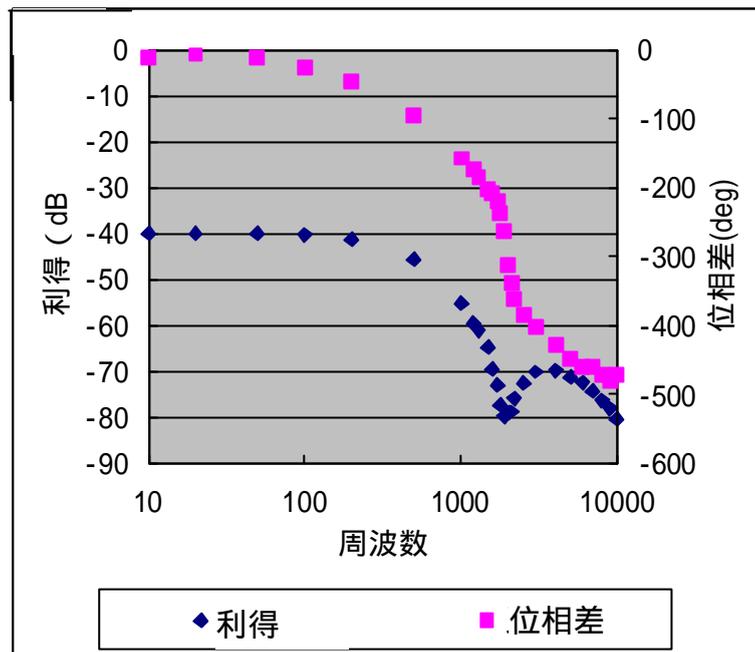


図 3 . 6 直流分圧の周波数依存性

図 3 . 6 からわかるように、高周波数のとき利得は著しく落ち込み、位相差も大きくずれていることがわかる。直流～低周波数では利得は-40dB (1/100) と設計通りであるが、10kHz では-80dB まで低下してしまう。電源の周波数は約 33 kHz という高周波数なので、ほとんど測定できないことが改めて確認できた。

これは、オシロスコープの入力インピーダンス (1 M) は抵抗分以外に容量成分 (コンデンサ) を含んでいるため、高周波数の場合、正確な分圧ができない。よって、次節で示すように分圧回路にもコンデンサを並列につなぎ入れることが必要である。

3 . 3 . 3 オシロスコープの入力容量の計算

直流分圧回路を図 3 . 7 に交流分圧回路を図 3 . 8 にそれぞれ示す。

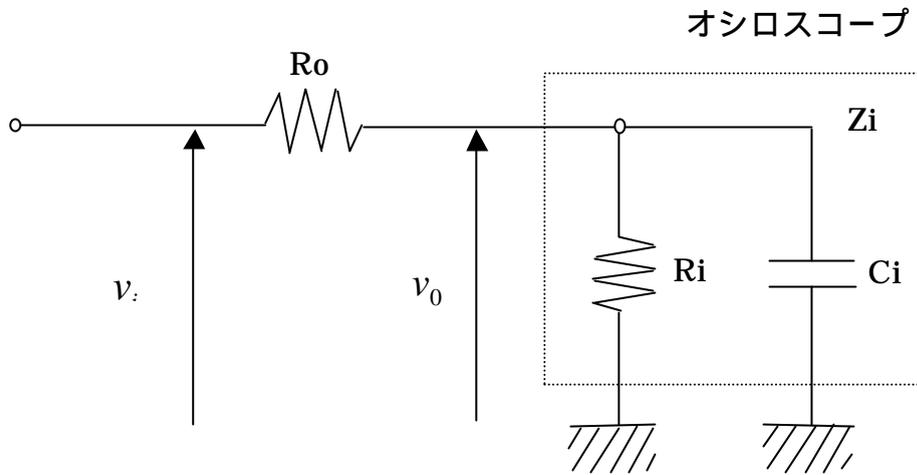


図 3 . 7 直流分圧回路の概要

交流分圧回路にするために、分圧回路に接続するコンデンサの容量を計算する必要がある。これにはオシロスコープの入力容量 C_i を求める必要があるので図 3 . 6 の測定結果を元に計算してみる。図 3 . 7 でオシロスコープの入力を抵抗 $R_i=1M$ 、容量 C_i の並列回路と考えると、

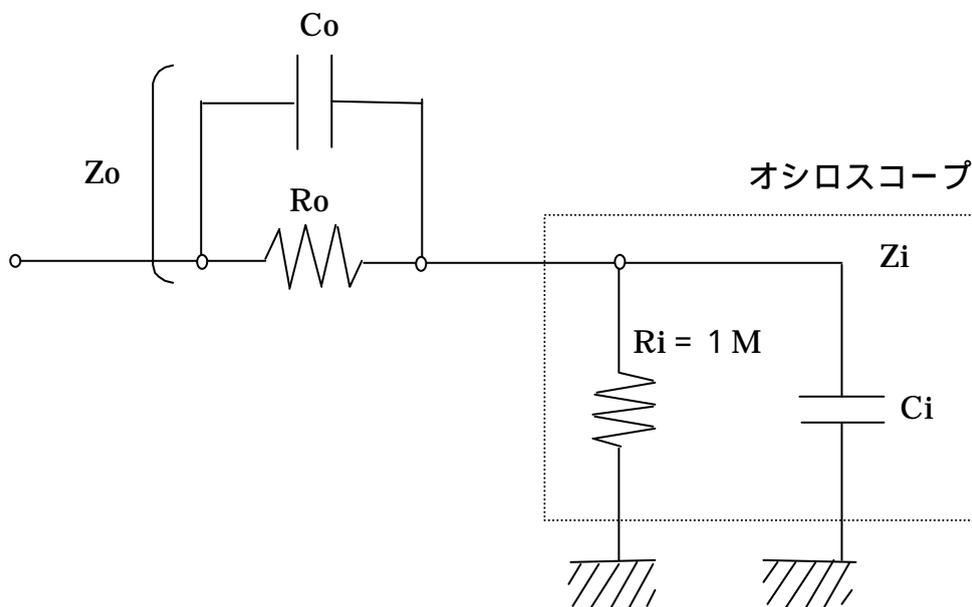


図 3 . 8 交流分圧回路図の概要

オシロスコープの内部インピーダンス Z_i は、

$$Z_i = \frac{1}{\frac{1}{R_i} + j\omega C_i} \quad (3.1)$$

である。図 3.7 の直流分圧回路における電圧利得 $A_v (= v_o / v_i)$ は、

$$A_v = \frac{Z_i}{Z_0 + Z_i} = \frac{\frac{1}{\frac{1}{R_i} + \frac{1}{j\omega C_i}}}{R_0 + \frac{1}{\frac{1}{R_i} + \frac{1}{j\omega C_i}}}$$

$$= \frac{R_i}{R_0(1 + j\omega C_i R_i) + R_i}$$

となる。 $\omega = 2\pi f$ だから $f = 0$ のときは、

$$A_v = \frac{R_i}{R_0 + R_i}$$

である。一方、周波数 f が十分に大きいとき ($f \rightarrow \infty$) は、

$$A_v \rightarrow \frac{1}{j\omega C_i R_0}$$

となる。ここに測定結果より、

$$f = 10\text{KHz}(1 \times 10^4)$$

において

$$A_v = 10^{-4} (-80\text{dB})$$

を代入すると、

$$C_i = \frac{R_i}{R_0 \omega A_v} = \frac{1}{99 * 10^6 * 2\pi * 10^4 * 10^{-4}} = 1.5nF$$

となる。すなわち、実数に使用したオシロスコープの入力容量は約 1.5nF と予想される。

3.3.4 交流分圧回路の作成

交流では、電圧利得 A_v は

$$A_v = \frac{Z_i}{Z_0 + Z_i}$$

なので、

$$Z_0 = (A_v - 1)Z_i$$

となるような CR 並列回路を作成すれば良い。(3.1)式より、

$$Z_0 = (A_v - 1) \frac{1}{\frac{1}{R} + j\omega C_i} = \frac{1}{(A_v - 1)R_i + j\omega \frac{C_i}{(A_v - 1)}}$$

となり、

$$C_0 = \frac{C_i}{(A_v - 1)}$$

となる。よって、

$$C_0 = \frac{1}{99} * 1.5nF = 1.5pF$$

となる。

本研究で作製した分圧抵抗は、3.3M を 30 個直列につないで 99M として
いる。図 3.8 の分圧回路では、 C_0 の耐圧が数 100V 必要となり、入手が容易
でないため、実際には、3 個の抵抗 (9.9M) に対して、コンデンサー一つを並
列に接続することにより、図 3.9 のような等価回路を作製する。

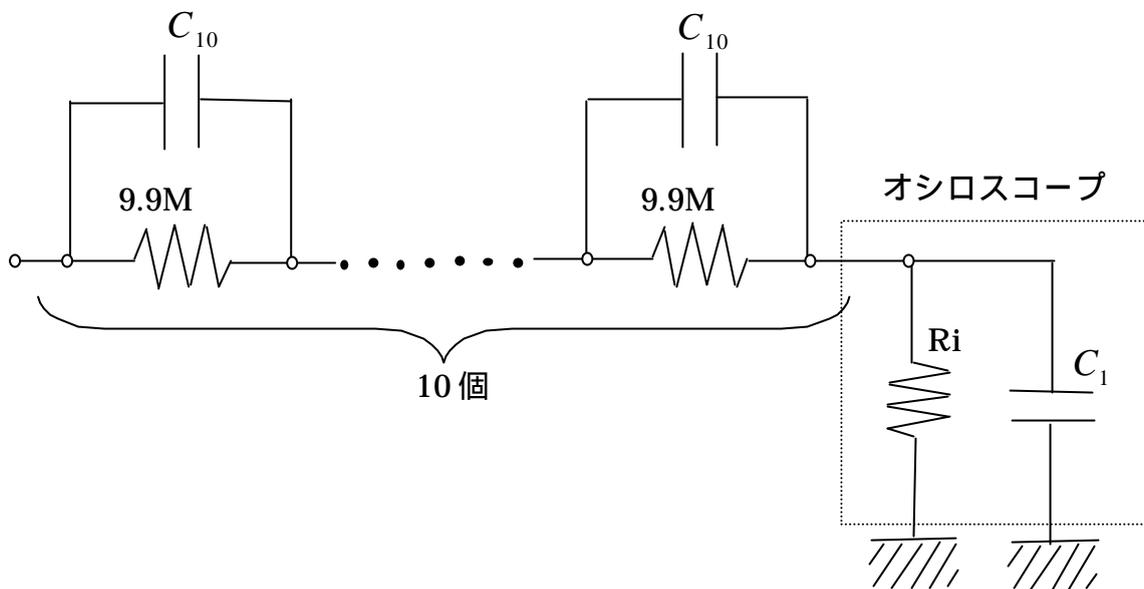


図 3 . 9 作成する等価回路

このとき、

$$C_{10} = 10C_0 = 150 \text{ pF} \quad \text{である。}$$

ゆえに、直流分圧回路の抵抗に 150pF のコンデンサを 10 個、並列に接続して、交流分圧回路における分圧特性を評価するための回路を作成した。

3 . 3 . 5 交流分圧回路の周波数特性

作成した交流分圧回路における分圧特性を評価するための回路を図 3 . 1 0 に示し、直列抵抗と並列コンデンサの写真を図 3 . 1 1 に示す。

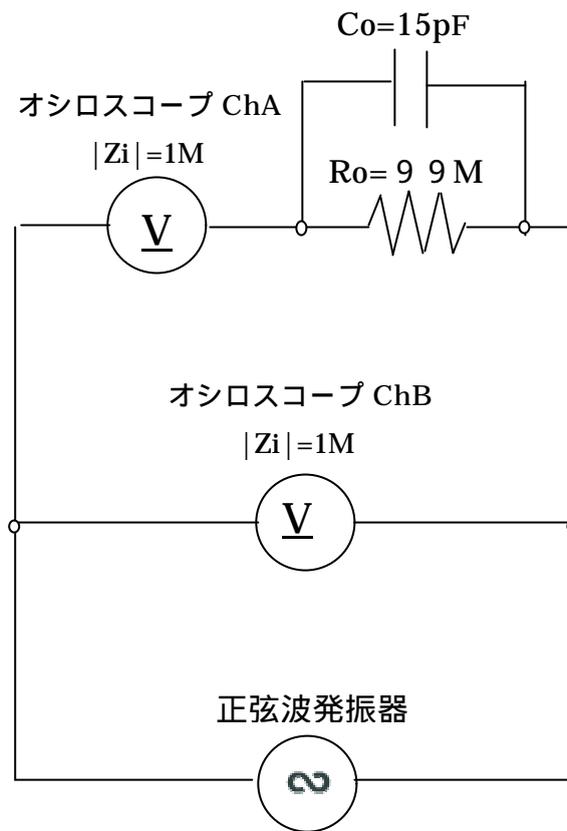


図 3 . 1 0 放電の抵抗別電流測定



図 3 . 1 1 直列抵抗と並列コンデンサ

交流分圧回路における電圧利得と位相差の周波数依存性を図 3 . 1 2 に示す。

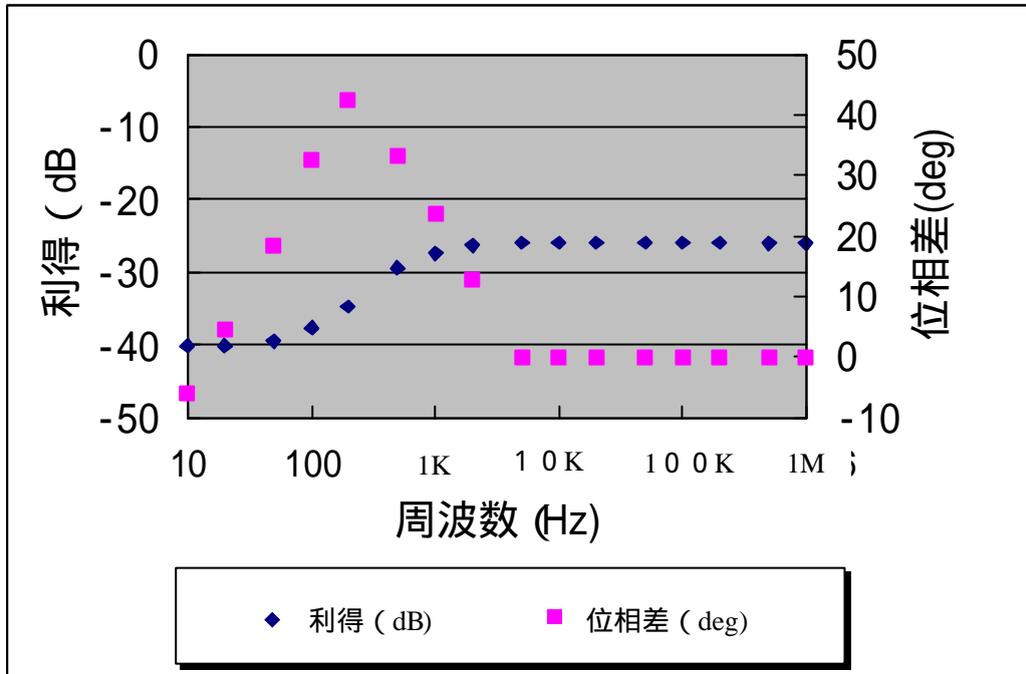


図 3 . 1 2 交流分圧回路の周波数特性

10kHz 以上の高周波において、位相はほとんど変わらなかったが、利得が -26 dB となり、設計値の -40 dB より 14 dB 大きくなった。この結果からオシロスコープの入力容量を再計算すると、390 pF と考えられる。

ゆえに、1/100 に分圧するためには

$$\frac{390}{99} \quad 4PF$$

のコンデンサで分圧しなければならない。

これを 10 コの直列回路にするためには $C_{10} = 40pF$ とすれば良い。

よって、図 3 . 1 2 のような分圧回路により、正しい電圧測定ができると考えられる。

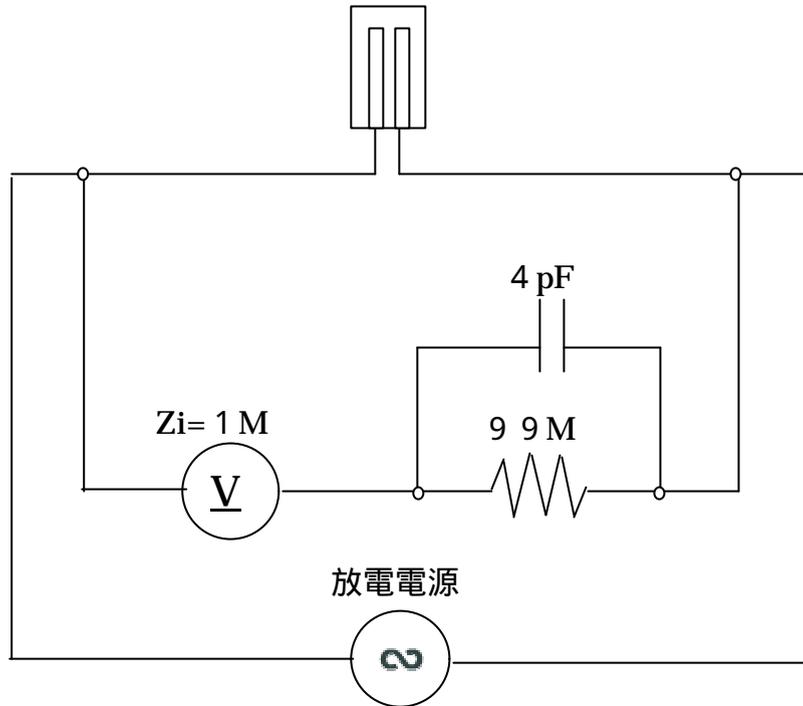


図 3 . 1 2 交流分圧回路における電圧測定回路

測定したところ放電しなかった。これは、分圧回路を入れることにより、回路と放電セルとの共振がずれるため、高周波周波数において、電圧が低くなる（電源の容量が足りない）ため、放電しない。ゆえに、電源を改良する必要があると考えられる。

参考文献

- [1] 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（1999）
- [2] 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（1997）

第四章 考察

本研究で作製したプラズマディスプレイパネルを模擬した放電セルと、作製した電源を用いて、電流・電圧測定を試みた。分圧回路を除いた状態で電圧を与えると、放電を確認することができた。

プラズマディスプレイの輝度および発光効率を改善する方法を表 4 . 1 にあげる。

表 4 . 1 プラズマディスプレイパネルの輝度、発光効率の改善方法

項目	手段
放電の発生	<ul style="list-style-type: none"> ・ 陰極改善による 2 次電子放出係数改善 ・ 電子エネルギー最適化、気体の選択による気体電離効率改善 ・ 放電セル寸法拡大
紫外線の発生	<ul style="list-style-type: none"> ・ 電子エネルギー最適化、気体の選択による気体励起効率改善 ・ 長波長紫外線 (172nm 分子線) の発生
可視光の発生	<ul style="list-style-type: none"> ・ 蛍光体量子効率、色度点、可視光反射率改善 ・ 蛍光体塗布位置、厚さ最適化 ・ 蛍光体の飽和低減 ・ 前面ガラス、AR,IR,EMI フィルタの透過率改善
パネルの駆動	<ul style="list-style-type: none"> ・ 高耐圧駆動回路、ロジック、電源回路効率改善 ・ パネル浮遊容量の充・放電電力回収

電流測定は、直流分圧回路を除くと測定できるが、直流分圧回路を接続すると放電が消えてしまう。これは、交流分圧回路のコンデンサのため、高周波において電圧が急激に下がるのではないかと考えられる。

直流分圧回路の電圧測定をおこなったところ、1 kHz において、すでに急激に電圧が下がっていた。そして抵抗にコンデンサ 15 pF を並列に接続し、交流分圧回路の周波数別の電圧測定をおこなったところ、高周波数 (約 3.3 kHz) において利得が 26 dB であった。

交流分圧回路も用いて、実際にプラズマディスプレイパネルを模擬した放電の電圧測定を行い、測定後に 26 倍すれば電圧が求められると考える。

また、抵抗にコンデンサ 15 pF を並列に接続した場合、高周波数 (3.3 kHz) において電圧は、 $1/26$ なので、オシロスコープのコンデンサは 390 pF と考えられる。ゆえに、 $1/100$ に分圧するためには、約 4 pF のコンデンサを接続した回路で、改良した電源を用いることで電圧測定ができると考える。

電流・電圧測定ができれば目的の電力の計算が達成できる。

参考文献

- [1] 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（1999）

第五章 結論

本研究では、プラズマディスプレイパネルを模擬した放電セルを作製し、電流・電圧測定から電力を計算することを目指した。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) プラズマディスプレイパネルを模擬した放電セルを作製した。
- (2) 作製したプラズマディスプレイパネルを模擬した放電セル内に Ar を封入し電圧を加えることにより、放電を確認することができた。
- (3) 放電回路に直列抵抗を入れてオシロスコープで電流を測定したところ、抵抗値 $1,10$ では、信号が小さすぎ、 $1k$, $10k$ ではピーク電流が観測されなくなった。測定した範囲では 100 が最適であった。
- (4) 抵抗のみの分圧回路では高周波の電圧が小さく、測定できなかった。
- (5) 抵抗にコンデンサ 15 pF を並列に接続する交流分圧回路では、低周波数と高周波数で、電圧利得が変化した。
- (6) 抵抗にコンデンサ 15 pF を並列に接続した場合、高周波数において電圧利得は、 $1/26$ なので、オシロスコープの入力容量は 390 pF と考えられる。ゆえに、 $1/100$ に分圧するためには約 4 pF のコンデンサを接続しなければならない。
- (7) 今後は電源を改良し、電源の容量を増やすことが必要である。

謝辞

今回の論文を結ぶにあたり、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盤工学専攻電子・光エレクトロニクスコース博士課程後期の住友卓氏に感謝の意を表します。

高知工科大学工学部電子・光システム工学科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、各過程で終始御厚志、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、川上悦一氏、富士敬司氏、山中計吾氏に感謝いたします。