

ミニ真空放電管の製作

神奈川県立湘南台高等学校・山本明利@YPC（横浜物理サークル）

0：はじめに

今回は小型高圧電源を利用した実験のオプションパーツとして、ディスプレイ用注射器を使って、ミニ真空放電管を製作します。注射器のピストンを引いていくと真空度が連続的に変化し、管内の電極間の放電が火花放電からグロー放電へと移り変わるようすが観察できます。

1：準備と工作

製作のための材料

ディスプレイ用注射器（50ml、ポリエチレン製）

銅線または釘（太さ1.5～2mm程度、長さ20～25mm程度）

セメダインスーパーX

使用する工具

電動ドリル（スタンド付き）

ドリルビット

ペンチ

ライターまたははんだごて

金工ヤスリ

まず注射器に電極挿入用の穴をあけます。電極になる銅線の太さをノギス等で測り、その8割ぐらいの径のドリルビットを用意して、注射器のできるだけ先端に近いところの側面二箇所をドリルで穴をあけます。真空度の最小値は事実上この電極の位置で決まりますから、穴はなるべく先端ぎりぎりにあけるようにします。

この穴に電極の銅線または釘を差し込みます。釘はあらかじめ頭をペンチで切断しておきます。金工ヤスリがあれば銅線の先端の形状を整えておくといでしょう。

この状態で小型高圧電源を仮接続し、電極の間隔を調節します。1気圧の空气中で自発的に火花放電が起こらないぎりぎりの距離まで両電極の先端を接近させておきます。火花放電が起こるかどうかを確認したら、ただちに電源を切り、配線をとりはずしてから調節作業を行います。感電にはくれぐれも注意してください。

電極間隔が決まったら、接着剤で電極を固定します。ポリエチレンと



金属を接着するにはセメダインスーパーXを用います。硬化時間は24時間と長いものの、接着の相手を選ばない万能接着剤です。

このとき、ピストンは電極すれすれまで押し込んでおきます。この状態で、注射器の先端の管をライター flame またははんだごてで融かしてペンチでつまみ、ふさいでしまいます。このときに注射器の先端部分に閉じこめた空気の体積で真空度の下限値が決定されます。うまく工作すれば、1/30気圧(約3000Pa)程度の真空度を達成できる計算です。これで接着剤が硬化すれば工作は完了です。

2：実験のやり方

小型高圧電源の出力線を写真のように電極に接続します。電極から1cm以内には指を近づけないように注意しながら、電源のスイッチを入れます。電極の間隔が適当であれば、はじめは火花放電は起こらず、コロナ放電の「シー」という音がかすかに聞こえます。ここからは部屋を暗くして観察します。

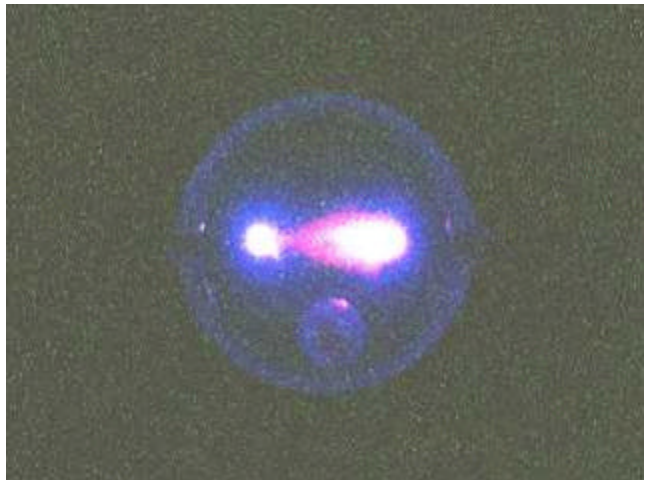
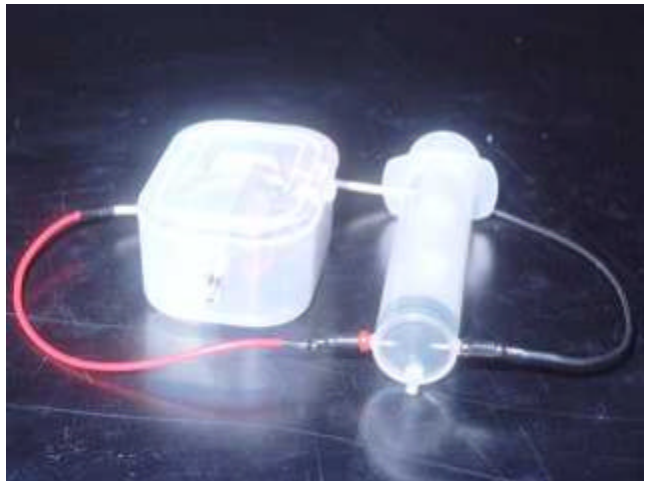
はじめの状態からゆっくりと注射器のピストンを引いていくと、まもなくパチパチという火花放電が始まり、電極間に稲妻のような電光が走るのが観察できます。ピストンを引いて気圧を下げるにつれて、火花放電の間隔がしだいに短くなって音がかん高くなっていくのがわかります。できるだけゆっくりとピストンを引きながら変化を観察してください。

さらにピストンを引いて真空度を上げると、放電はしだいにグロー放電へと移行していきます。パチパチという音がしなくなり、放電の光芒は拡散し、下の写真のように電極付近が紫色の淡い光を放つようになります。この間の変化が連続的に観察できるのがこの装置の特長です。写真は右側が陽極で陽光柱に相当すると思われる光芒がのびています。左の陰極の手前がファラデー暗部に相当する部分でしょうか。

ピストンを戻すときはゆっくりと力をゆるめて逆方向の変化を観察してください。急に手を放すとピストンが勢いよく戻って電極部を衝撃し、装置が壊れます。

内部の真空度は注射器の目盛りを読みとってボイルの法則で計算します。力を加えないときのピストンの位置を1として、体積が2倍なら1/2、3倍なら1/3という具合にあらかじめマジックで書いておくとわかりやすいでしょう。

発展型として注射器の口をつぶさずに三方活栓をとりつけ、内部の気体を置換してグローの違いを観察することもできますが、可燃性気体は爆発の恐れがあるので教えてください。また、注射器自体が可燃材なので酸素も禁物です。



【参考文献】

1) 山本明利「ミニ真空放電」Y P C ニュースNo.144('00/3)