

絶縁体 MgO へのイオン照射

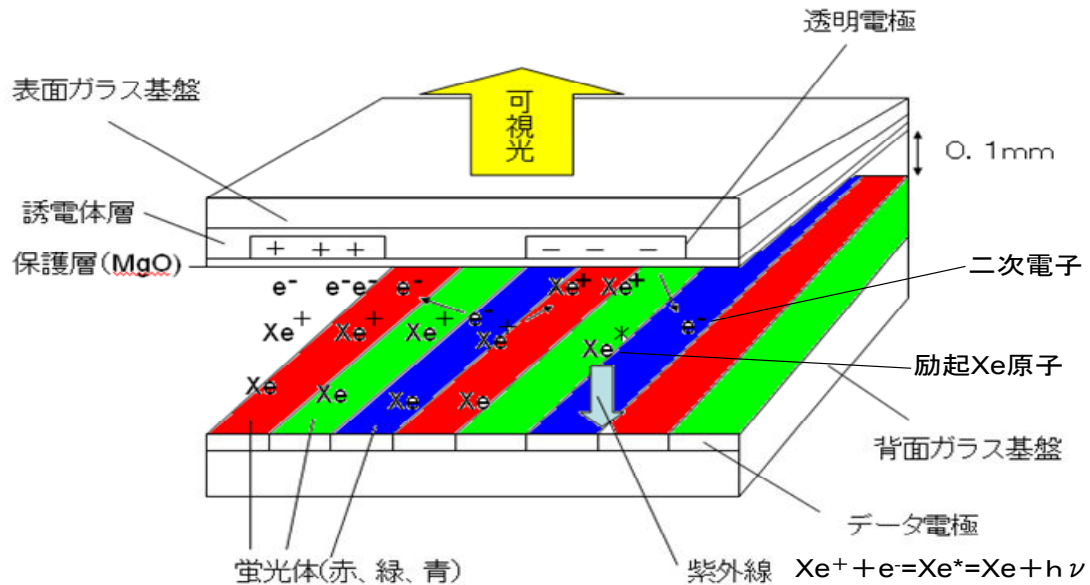
吉安信雄研究室 塩川将人

原理と背景

プラズマディスプレイは気体放電を用いた表示デバイスである。プラズマとは放電で発生する電離した気体を意味する。プラズマディスプレイは PDP と略称される。テレビやコンピューターの画像を表示するためには、まず光がなくてはならない。非発光型と呼ばれる液晶ディスプレイにも、室内光やバックライトが必要である。物質が発光する原理について説明すると、ある原子が何らかの方法でエネルギーを吸収すると、励起状態となる。しかしこの状態は不安定なため長続きせず、複雑な過程を経ながら再びもとの基底状態に戻る。この過程の途中で、先ほど吸収したエネルギーを可視光の形で放出することがある。これが発光現象である。

プラズマディスプレイは DC 型(直流)AC 型及び AC/DC ハイブリット型に分類することができる。本研究室では AC 型 PDP について理解を深め、絶縁体 MgO をターゲットとして用い、放電に用いる気体として Xe を用いた。Xe を使う理由は気体自身が化学的に安定していなければ放電により解離してしまうためである。放電電流が流れるとイオンが陰極に衝突するが、このイオンは陰極物質を外に叩き出す。この現象をスッパタリングといい、スッパタはイオンの質量が大きいほど、また圧力が低いほど激しい。以上のことを踏まえて Xe を用いるのが最も適当である。MgO 表面を研磨の有無により nm スケールの範囲で 10 倍ほどの凹凸の差があった(AFM 原子間力顕微鏡による)。二次電子放出率 γ について、さまざまな温度条件で実験を行った。Xe を放電により電離させ Xe イオンとしてターゲットに照射させターゲットからの二次電子をコレクタ電流として、計測しこれをイオン電流との比をとることにより二次電子放出率が求められる。本実験ではどの温度で γ の収率が高くなり、どの程度の値を計測するかをテーマにおいて実験を行った。次ページの AC 型 PDP の図は放電により電離した Xe イオンが誘電体層の陰極側に加速し保護層 (MgO) に衝突し、二次電子が放出され、二次電子と Xe イオンと二次電子が衝突し、励起 Xe 原子が誕生する様子を表している。この励起 Xe 原子が紫外線を放出し、紫外線が蛍光体に当たり、蛍光体が赤、青、緑などの様々な色をもつ波長の光を放出する。放出された光が可視光として我々の眼に入ってくる。イオン電流を計測するときにはターゲットに Ta を用いた。イオン電流は電導性の良い Ta にイオンを照射して測定した。イオン電流 $A_i = A_p - A_c$ で算出した。

AC型PDPの構造と原理



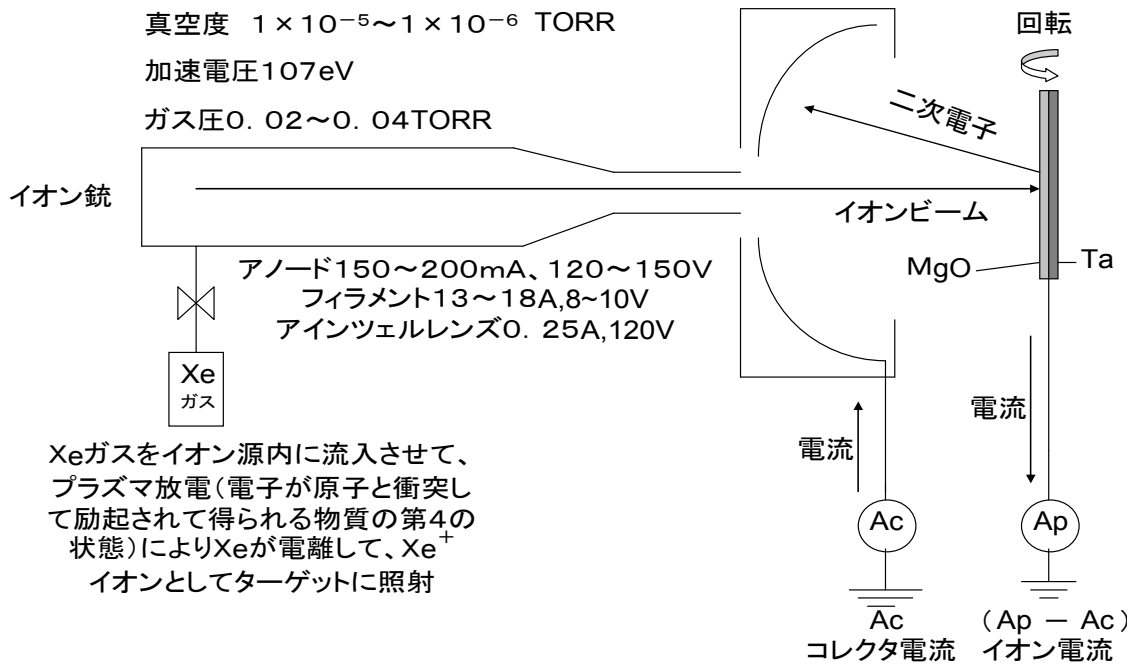
- ・放電により Xe が電離し Xe イオンと電子に分かれる反応が起こる。
- ・電子は誘電体層の陽極に加速し、Xe イオンは陰極側に加速する。
- ・陰極に加速した Xe イオンは保護層の MgO に衝突し二次電子が放出される。
- ・放出された二次電子が Xe イオンと衝突し励起 Xe 原子が誕生する。
- ・励起 Xe 原子は非常に不安定な状態にあるので Xe 原子に戻り、紫外線を放出する。
- ・放出された紫外線は蛍光体に当たり、様々な色の波長を持つ光(赤、青、緑)が発生する。
- ・可視光は透明電極 MgO とガラス基盤を通して我々の目に入ってくる。

実験方法

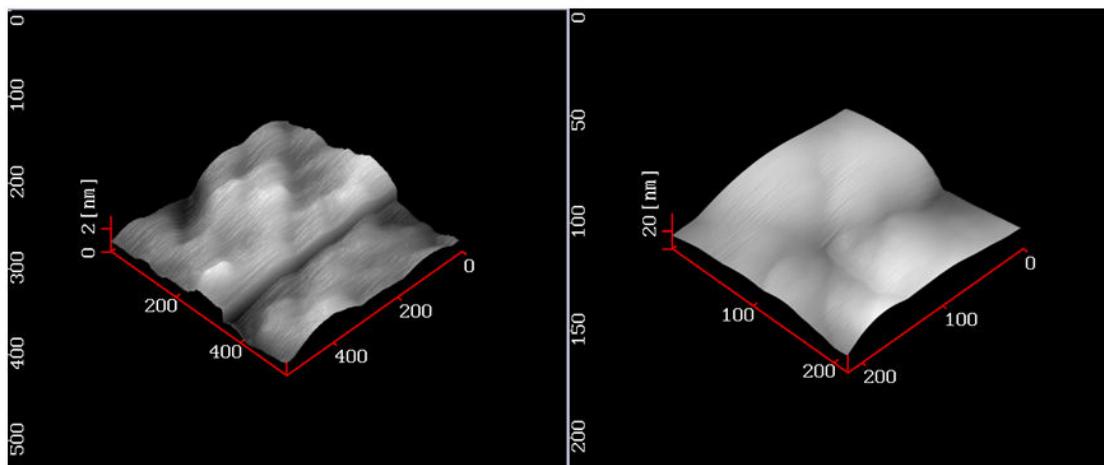
- ・ガス圧が約 0.03 torr くらいになるまで Xe ガスをイオン源に流入させる。
- ・アノードとフィラメントに流れる電流と電圧を調整する。
- ・アインツェルレンズの電源を入れる。
- ・温度調整はスライダックスを使用。
- ・温度測定にはクロメル・アルメル熱電対を使用した。
- ・イオンを照射して Ta のイオン電流 $A_i = (A_p - A_c)$ を計測する。
- ・MgO に Xe イオンを照射させてコレクタ電流 (A_c) の時間変化を計測する。
- ・MgO が放電により徐々に帯電するので、実験終了後、帯電解除温度 600°C に試料を 15 分程度保った。

- ・二次電子放出率 $\gamma = A_c/A_i$ 、ただし A_i は Ta にイオンを照射したときに測定した値、 A_c は MgO に照射したときの値。

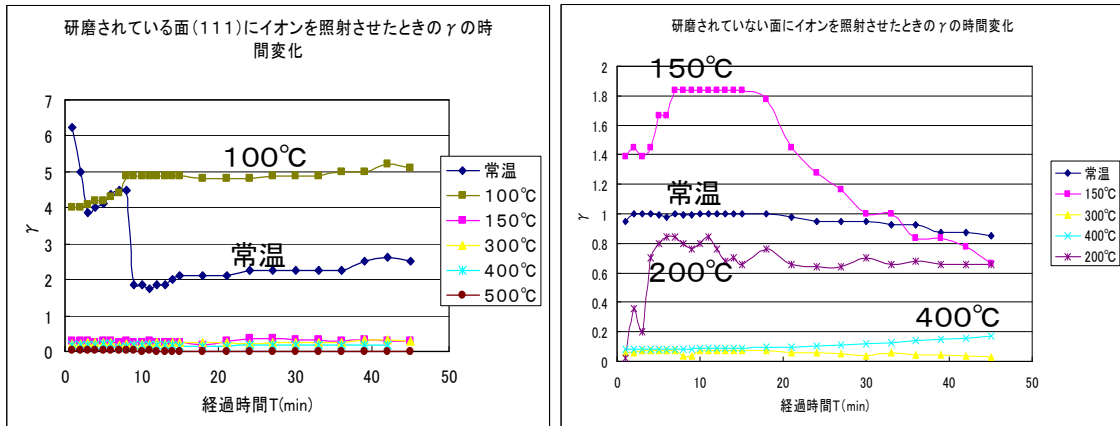
実験装置概略図



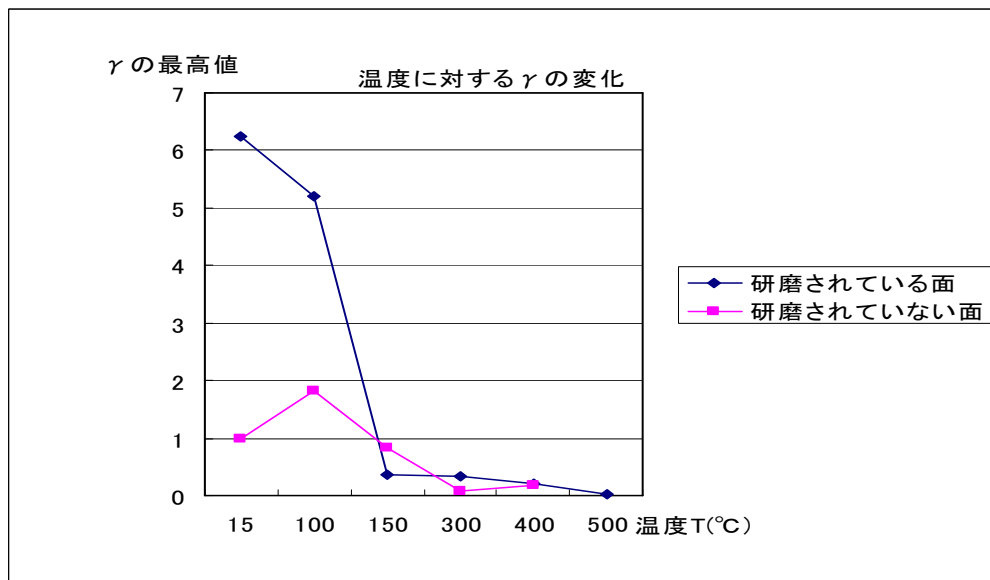
以下の図はMgOの(111)面について研磨されている面(左) 研磨されていない面(右)のAFM(原子間力顕微鏡)による画像である。左の図のほうが凹凸が激しく感じられるがスケールが10倍の差があるので実際は左の図の方が凹凸がすくないのである。



実験結果と考察



- 常温に関しては研磨されている面にイオンを照射させたときの方が γ の収率が高かった。
- 300°Cを越える温度では γ の収率がどちらの面でも低かった。
- 研磨されている面では100°Cでの γ の収率が他の温度でのそれよりも異常に大きかった。
- 研磨されていない面では常温、150°C、200°Cのとき40分以上の時間経過で γ が(0.8)に近くなった。
- 相対的に研磨されている面の方が γ の収率が高かった。(常温 $\gamma \approx 2$, 100°C $\gamma \approx 5$)



- 150°C未満の γ は研磨されている面の方が研磨されていない面より大きくなった。
- 温度が高温になれば γ の値も小さくなることも分かった。
- 二次電子放出率 γ は温度の上昇とともに小さくなるのが分かった。

面指数をかえたり、パルス的に照射させて帯電を防ぐのが、今後の課題である。