

ガスパフ Z ピンチによる EUV 光源の研究

指導 助教授 高杉 恵一

M3014 山口 義智

1. はじめに

現在半導体集積回路の超微細化にともない、わずか 15nm の空間に MOS 型トランジスタが出来ることが実証されている。このような超微細化の動きを背景に次世代半導体プロセスへ向けた波長 11~14nm の EUV を光源とした光リソグラフィー技術の開発が国際的に盛んになっている。国際的に次世代半導体リソグラフィー用光源としての波長が 13.5nm の極端紫外線 (EUV) 光源とすることが正式に決定した。そのために Sn や Xe を光源とする研究が盛んに行われている。

ガスパフ Z ピンチはエネルギーの注入効率が良く、簡単に高温高密度プラズマを生成することが出来る。当研究室でいままでに Z ピンチプラズマの EUV 光の放射特性が電極物質に依存することが確かめられた。[1]そのことから今回 Sn 電極を用いて Sn の 13.5nm のスペクトルを出すことを試みた。また当研究室で並行して行われてプラズマオープニングスイッチ(POS)の実験をするために POS チェンバーを常設した。そのことにより EUV 放射機構がどのように変化したか Ar をパラメータにとり調べた。

2. 実験装置

我々の研究室で使用している SHOTGUN Z ピンチ装置の電源はコンデンサー容量 $24\mu\text{F}$ からなり、充電電圧 25kV , 充電エネルギー 7.5kJ である。

EUV 領域の光の分光測定には斜入射型分光器を用いた。この分光器では 4~20nm の範囲の EUV 光を測定することが可能である。Sn 電極を用いた実験ではデブリ対策とし、金ミラーチェンバーを製作し取り付けた。EUV スペクトルの記録には Kodak Bi oMax-MS を用いた。図 1 を見ると装置は電源部の他に放電部と POS 部に分けられる。放電部だけの時と POS 部を付けた時では POS 部を付けた時は、POS 部を付けた分中心導体が伸びる。中心導体が

伸びた為、装置の回路インダクタンス L は 106nH から 151nH に増加した。また放電電流も約 20%低下した。

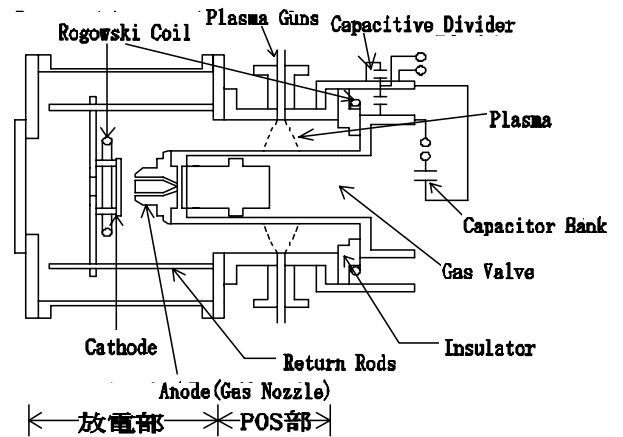
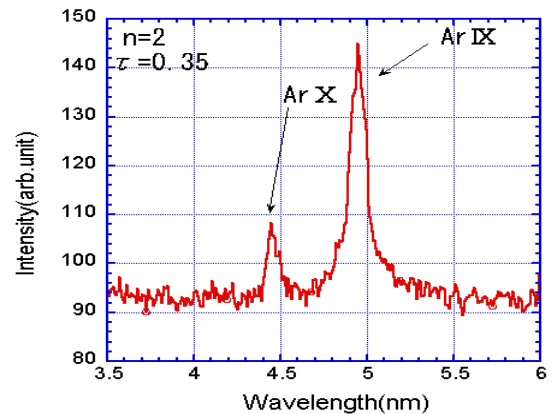
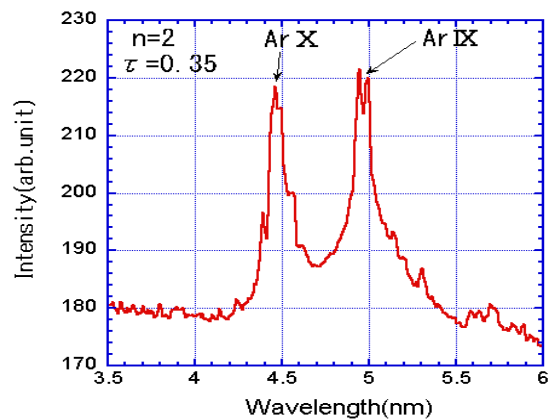


図 1 ガスパフ Z ピンチ装置



(a) POS チェンバーあり



(b) POS チェンバー無し

図 2 Ar イオンの EUV スペクトル

3. 実験結果

Ar の Z ピンチプラズマの EUV 分光スペクトルを図 2 に示す。スペクトルは大きく 2 つの集団となって観測された。ここで、 n は反射の次数であり、実際の波長は n 倍した位置に観測される。図 2 の POS 部有りと図 3 の POS 部無しの Ar イオンのスペクトルを比べると POS 部有りの ArX(4.33~4.50nm) のスペクトルが ArIX(4.87~4.92nm) のスペクトルに比べ弱くなっているのがわかる。局所的熱平衡を仮定した場合の Ar イオンの占有率を考慮するとプラズマの電子温度が低くなったと考えられる。このことから POS 部有りの場合 POS のチャンバーを付けたために、装置の回路インダクタンスが増加し、ピンチ時の電流が減少した為にプラズマの電子温度が低くなり EUV の放射特性が変化した。

次に Sn 電極を用いた He ガスパフ Z ピンチプラズマからの EUV スペクトル計測を行った He は質量が小さいためすぐに励起するため、余ったプラズマへの入力エネルギーが電極物質の電離に使われるため電極物質のスペクトルを出せることが分かっている。[1]この結果をふまえて、分光領域では EUV を放射しない He ガスを媒質にして Sn 電極を用いて現在次世代半導体リソグラフィ光源として必要とされている Sn イオンの Rb 様線 13.5nm 付近のスペクトルを出すことを試みた。今回あまり Sn イオンのスペクトルが詳しくわかっていないので当研究室でよくわかっている Ar イオンのスペクトル写真に重ね撮りすることにより Sn イオンのスペクトルの波長の特定を行った。図 3 は Ar プラズマ 8 ショットに Sn プラズマを 13 ショット重ね撮ったときのスペクトルである。Sn イオンのスペクトルは Ar イオンのスペクトルに弱いながら 13.5nm 付近に Sn イオンの Rb 様線のスペクトルを観測できた。またスペクトル線を観測したことでデブリ対策として今回作製した金ミラーチャンバーの有効性を示せた。

図 3 だけでは、Sn イオンのスペクトルの波長特定に不十分のため Sn 電極の実験単独で 0 次光からの

距離より波長特定を行った。0 次光に直接フィルムを当てるため迷光により多少フィルムが感光してしまったが図 4 に示すように 13.5nm の波長を観測した。

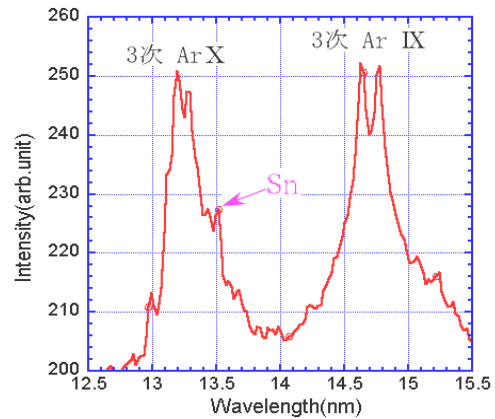


図 3 Sn イオンと Ar イオンのスペクトル

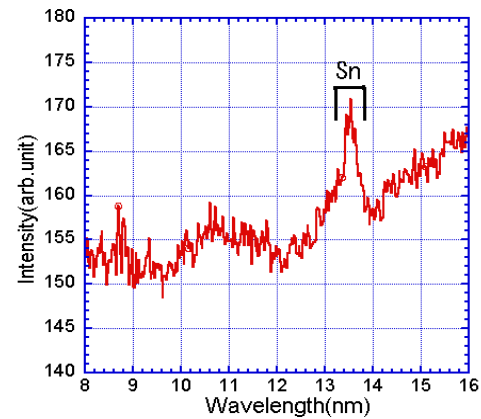


図 4 Sn イオンのスペクトル

4. まとめ

今回、POS 部を常設したことにより装置の回路インダクタンスが増加し、放電電流が低下した。プラズマの EUV 分光計測よりプラズマの電子温度が低くなることが分かった。次に Sn 電極の実験では、現在必要とされている 13.5nm の波長を当研究室の Z ピンチ装置で出すことに成功した。このことで Z ピンチプラズマが EUV 光源として可能性があることが示せた。

参考文献

[1]小林 文成 修士論文, ”ガスパフ Z ピンチプラズマにおける EUV 放射の研究” (2003).