

多価イオンによるプラズモン発光

: 多価イオンによる発光

量子・物質工学科 山田研究室 4年 岡部圭悟

1. 背景

金属微粒子では外部から電磁場などの刺激が与えられるとプラズモン振動が励起され、発光が起こるとされている。多価イオンの持つポテンシャルエネルギーの消費過程の1つとしてプラズモン生成が考えられており、今までは二次電子のエネルギー損失過程から予測がなされてきた。そこで金属微粒子を用いることによって発光過程として観測出来るかということを検討した。

2. 原理

・多価イオン

原子から2つ以上電子を取り去ったイオンを多価イオンと言い、図1のようなイオン化エネルギーの総和である膨大なポテンシャルエネルギーを持つ。

この多価イオンが固体表面に衝突した際には、微小領域、微小時間にポテンシャルエネルギーが注入され表面改変されるなどの効果を生じ、このポテンシャルエネルギーの損失過程を調べることは多価イオンと固体表面の研究において大変重要である。

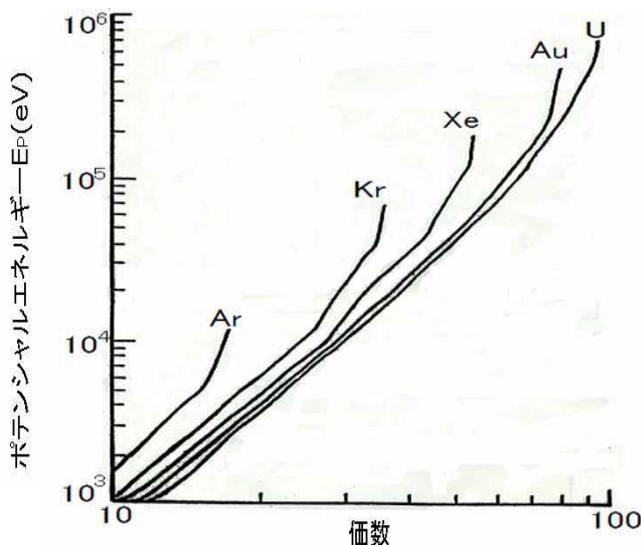


図1：各元素の価数に対するポテンシャルエネルギー

・プラズモン

プラズモンはプラズマ振動を量子化したものである。

これは外部からの電場などの擾乱によって生じた電子の揺らぎを妨げる方向に伝導電子が集団的に振動することによって生じる。図2に発光過程を示した。

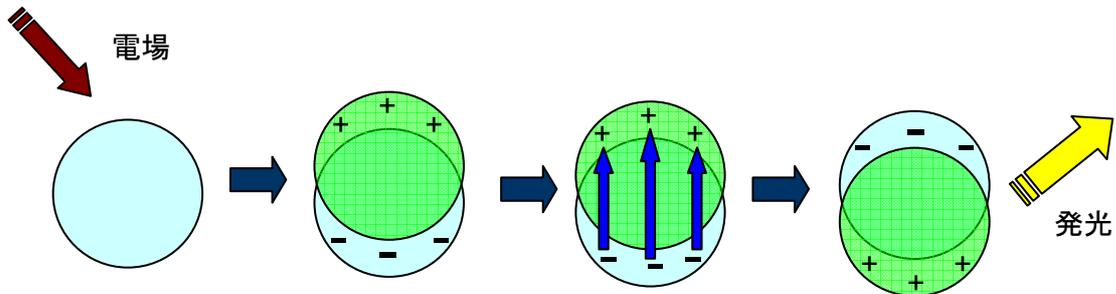


図2：プラズモン発光

3. 実験

<実験1> 銀微粒子試料作製

まずチャンバー内をターボ分子ポンプ、油拡散式ポンプにより超高真空を引いた。次にシリコン(110)に対して通電加熱により清浄表面を得た。加熱は表面プラズモンによるシリコン太陽電池の向上という論文を参考に行い、試料温度 600 度で 12 時間加熱した後、試料温度 1200 度で 2 分間通電加熱を行った。

次に、シリコン表面に対して銀を真空にて蒸着を行った。チャンバー内のタングステンのフィラメントに銀をまきつけてあり、このフィラメントを加熱することによってまきつけられている銀を気化させ蒸着した。同様に水晶式膜厚センサに対しても銀を飛ばすことでシリコンの膜厚を測定した。シリコンとフィラメントの距離とフィラメントと水晶式膜厚センサの距離を等距離に設置することにより水晶式膜厚センサで測定した膜厚はシリコン表面に蒸着された膜厚と等しいと考えた。水晶式膜厚センサは水晶振動子の共鳴振動数が質量の付着により変化することを用いた膜厚計となっている。これでシリコン表面に銀薄膜が蒸着され、さらに基盤に対し 300 度で通電を行うことで薄膜が微粒子化する。

実際に作製された銀微粒子 SEM(走査型顕微鏡)を用いて観察した。SEM 像を図3に示す。

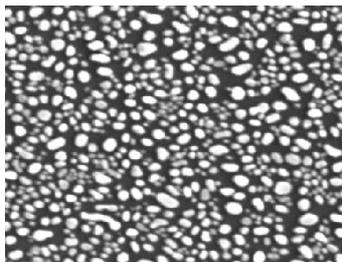


図3：銀微粒子 SEM 像

観察した結果、およそ 20~100nm の粒子径の微粒子確認が出来た。

<実験 2 >

フォトルミネッセンス装置では、光励起によって発光スペクトルを得る装置で、今回は励起光として 395nm 紫外発光ダイオードを用いた。このように試料に紫外ダイオードを当てることでプラズモン振動を励起し発光させ、その光をレンズで集光した後フィルターを通し分光器で分光し発光スペクトル測定した。

結果、作製した銀微粒子試料において発光スペクトルを得ることが出来なかった。

そこで、銀微粒子を含むガラス板を試料として実験を行った。

発光スペクトルを図 4 に示す。

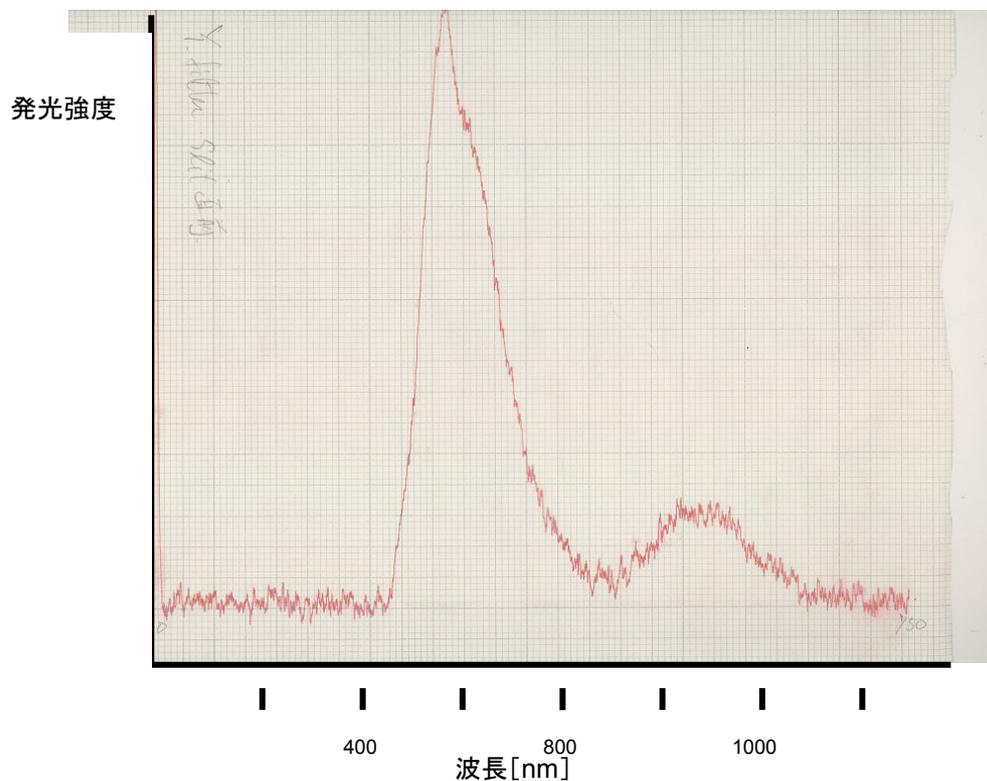


図 4 : ガラス板の発光スペクトル

ガラス板での測定では波長領域 500~800nm で発光を観測することが出来た。

作製した銀微粒子試料において発光の確認ができなかった要因を以下のように考察した。

1つ目として、プラズモン発光の発光量が微量であったためフォトルミネッセンス装置で検知できなかった。2つ目として、銀微粒子作製の後、真空状態から大気中で保存していたことで表面に酸化膜などが形成されそれがプラズモン振動を起こす妨げになったのではないかと推察される。

<実験3>

実験3として多価イオン照射実験については、当初作製した試料での多価イオン照射実験を予定していたが、PL装置での発光が確認出来なかったため、発光を確認できた銀微粒子を含むガラス板を対象試料と変更し実験を行うこととした。当試料においてもシリコン基盤に銀を蒸着した試料と同様に銀微粒子を含みプラズモン発光を起こす試料であるため、多価イオン照射実験の試料とした。多価イオン照射実験外略図を図5に示す。

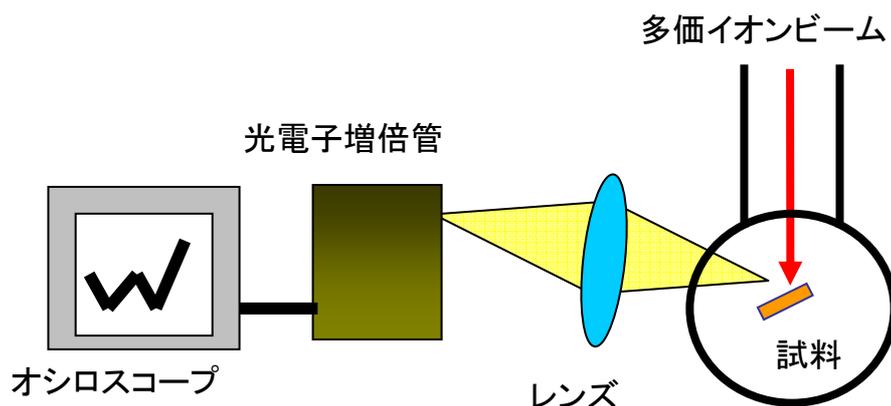


図5：多価イオン照射実験外略図

まず試料に対して多価イオンビームを照射する。そこで、試料での発光をレンズで集光し光電子増倍管によって、光を電子信号に変え、それをオシロスコープにつなぐことによって波形として出力した。多価イオンビームをオンにした場合とオフにした場合との比較により発光が起きているかを確認した。イオン源は私たちの研究室のTokyo-EBITを用い、ビスマス多価イオンを試料に照射した。多価イオンビームは非選別ビームで価数の選別を行わず実験を行った。光電子増倍管はアナログ方式のもので、波長領域185~1010nmの光を感知できるものを用いた。

多価イオン照射実験の結果、発光の観測は出来なかった。発光量が少ない、または光電子増倍管でのノイズがあったため微量の発光の確認が出来なかったのではないかと考えた。

4. まとめ

銀微粒子試料の作製ができた。

銀微粒子を含むガラス板でフォトルミネッセンス装置によるプラズモン発光の確認が出来た。

銀微粒子を含むガラス板においては多価イオン照射による発光の確認が出来なかった。

今後の課題として、発光観測のためより微弱な光を検出できるフォトンカウンティング方式の光電子増倍管を用い同様な実験を行う必要がある。