

多価イオンによるプラズモン発光 ：シリコン上の銀ナノドット

山田研究室 0023018 矢野亮太

【目的】

多価イオンによる、標的金属のプラズモン振動はいままで特別な金属と多価イオンの組み合わせにおいてのみ、オージェ電子のエネルギースペクトル上に観測されています。

一般にバルク金属では、プラズモンは発光としては観測できません。

そこで、シリコン上に金属微粒子を作成し、多価イオンビーム照射により、プラズモン振動を発光により検出できないか、またそれにより多価イオンによるプラズモン励起が一般的に起こる現象なのか検討する。

【原理】

<多価イオン>

多価イオンとは、原子から2個以上の電子を取り去った、高価数の正イオンのことで、多価イオンを作り出すためには電子を叩き出すために仕事が必要であり、必要な全仕事は、各電子のイオン化エネルギーと等しい。

これが多価イオンの内部にポテンシャルエネルギーとして蓄えられるため、多価イオンは、膨大なポテンシャルエネルギーを有する。

<金属微粒子のプラズモン振動>

金属微粒子中の伝導電子に対して、外部からの駆動力（ポテンシャルエネルギーや電場）が掛かると、図1のように金属微粒子中の伝導電子は変位し、微粒子中のイオンのみの部分は正に、伝導電子のみの部分が負に帯電し、微粒子中に電場を作る。

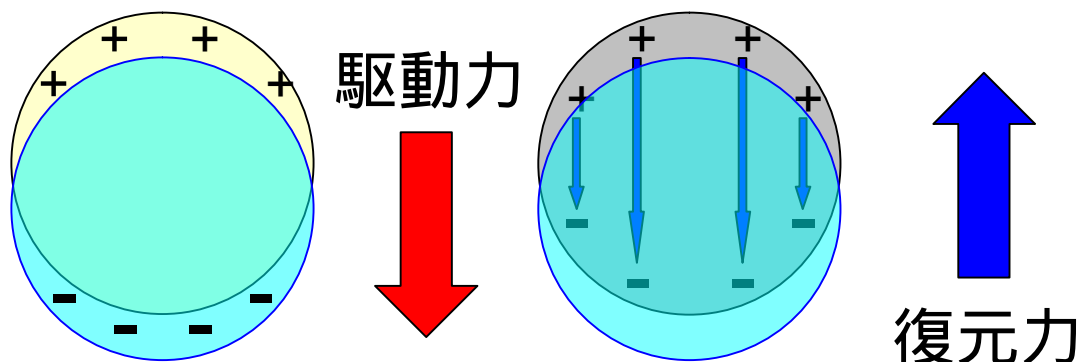


図1

結果、伝導電子に対して、変位に比例する復元力が作用し元に戻ろうとする。

そのため、金属微粒子中の伝導電子は振動し、発光する。この振動をプラズモン振動と呼び、固有の振動数を持つ。

【試料作成】

S.Pillai, K.R.Catchpole, T.Trupke, M.A.Green らによる論文『表面プラズモンによるSi太陽電池の向上』を参考にSi基盤上に銀微粒子を作成する。

ターボ分子ポンプ、液体窒素トラップを併用した油拡散ポンプを用いて 1×10^{-9} 台の真空でSi表面を清浄化し銀を蒸着、通电加熱により薄膜から微粒子を作成後SEMにより微粒子を確認する。

図2は膜厚、基盤温度、加熱時間を調整し、100Åの銀薄膜を300℃で20分加熱したものの。

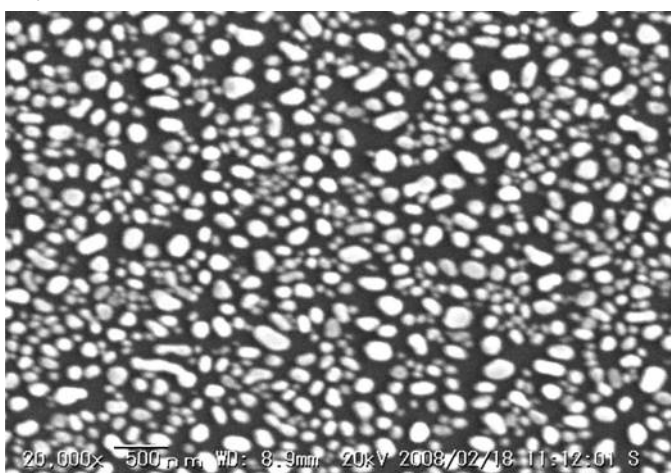
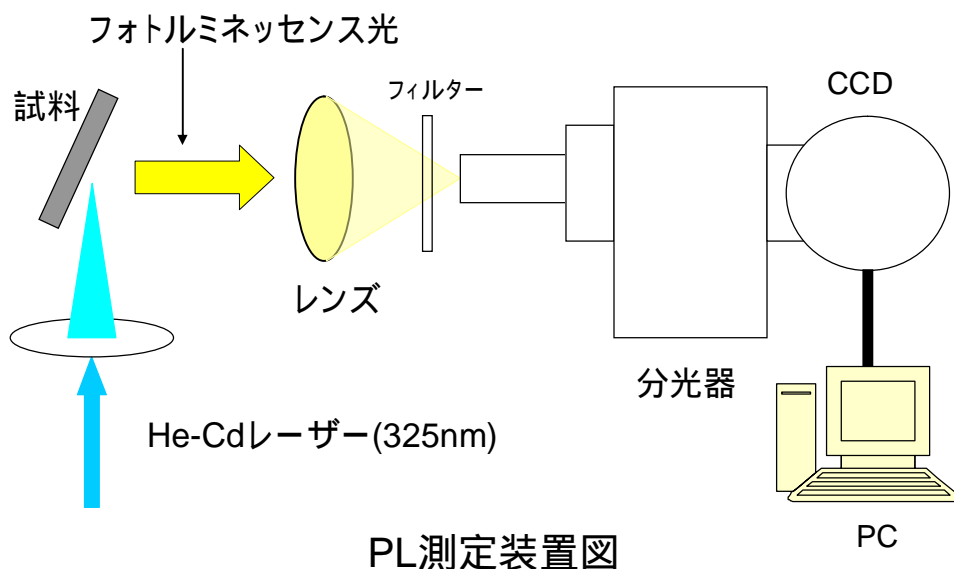


図2 Si基板上の銀微粒子SEM像

およそ最大粒径250nm～最小粒径25nmの微粒子が確認できた

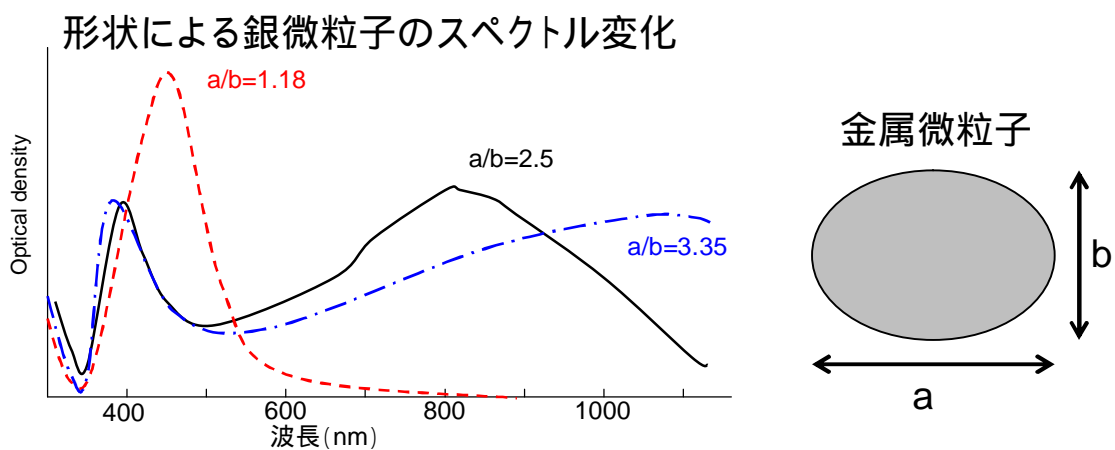
【測定】

作成した試料のプラズモン振動による発光をPL(Photoluminescence)測定装置で測定する。



PL測定装置図

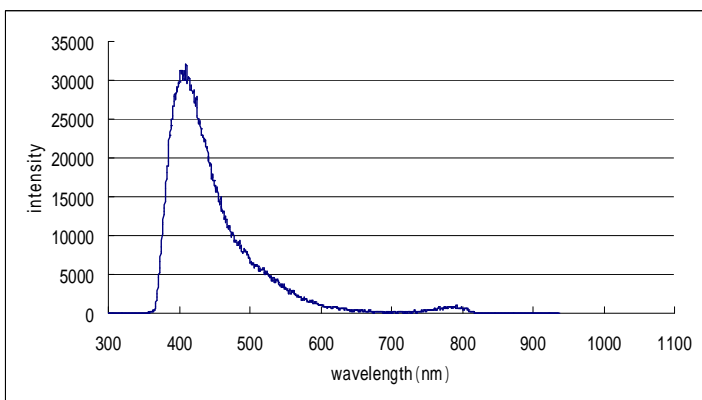
ここで、金属微粒子におけるプラズモン振動の発光スペクトルは、金属の材質と微粒子の形状に依存する。過去の研究から、銀微粒子のプラズモン振動発光スペクトルは、400nm 付近と 800nm 付近でピークを持つと思われる。



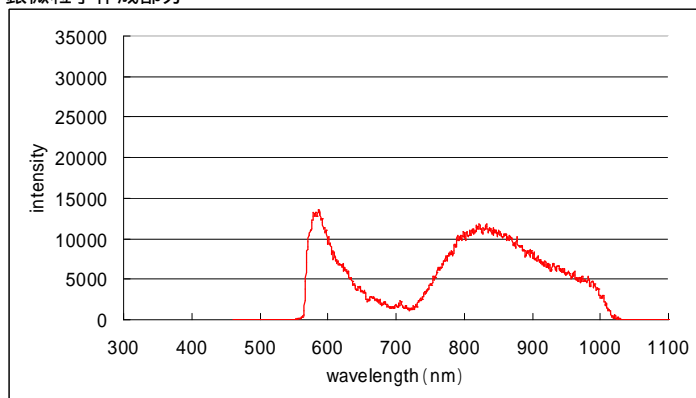
【測定結果】

試料の微粒子を作成していないSiのみの部分と、微粒子を作成した部分それぞれに1分間レーザーを当て測定した。

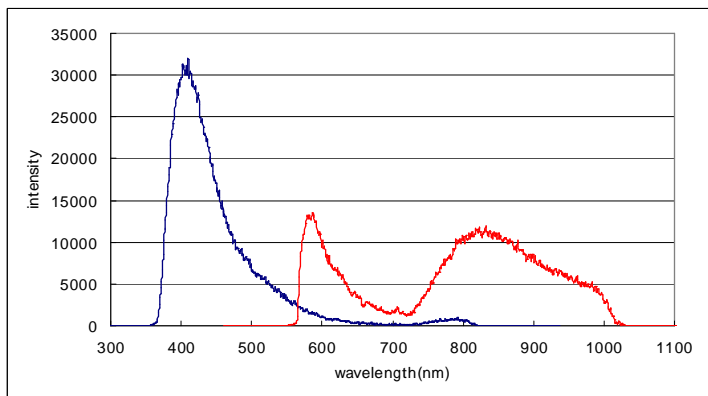
Siのみ



銀微粒子作成部分



分光器のスペクトル幅で切れているため、結果を重ねてみる。



600nm 以下はSi と混ざって 400nm 付近のピークは確認できなかったが、プラズモン振動の発光を測定できた。

【まとめ】

プラズモン振動が確認できる試料を作成。

また、光励起でのプラズモン振動の発光スペクトルも測定できた。

【今後の課題】

多価イオンビームでの照射実験、プラズモン振動の励起を確認する。確認ができれば、価数に対する依存性、多価イオンによるプラズモン振動の一般性などについても検証していきたい。

試料作成の改善

今回の試料はできた粒径が一樣ではなかったため、膜厚と通電加熱時間を再考したい。またより正確な試料作成のために、蒸着装置内の装置配置位置も考える必要がある。