

多価イオンと固体表面との相互作用の研究のための予備実験 (高速電子ビーム照射によるルミネッセンスの測定)

電子物性工学科 山田研究室 坂牧大輔

1. はじめに

多価イオンは原子から2個以上の電子を取り去った物であって、その数に相当する内部エネルギーを持つ。大きな内部エネルギーを持つ多価イオンを固体表面に近付けると、その相互作用として固体表面の電子は多価イオンから静電的な力を受ける。多価イオンと固体表面との相互作用において、固体表面から2次イオンや原子を放出させるスパッタリング現象等が既に幾つか報告されている。しかし固体がバンド構造から直接遷移を可能とするならば、固体表面の価電子帯にあった電子は多価イオンとの相互作用によって伝導帯へと励起し電子-ホール対が発生し、伝導帯へと励起した電子が脱励起する際にルミネッセンスを発生するということが予想されている。

そこでわれわれのグループは今回、固体表面から発生するルミネッセンスを観測することによって多価イオンと固体表面との相互作用の研究をするための実験装置を立ち上げた。そしてまた多価イオンと固体表面の研究の前に高速電子ビームを用いた実験を行った。

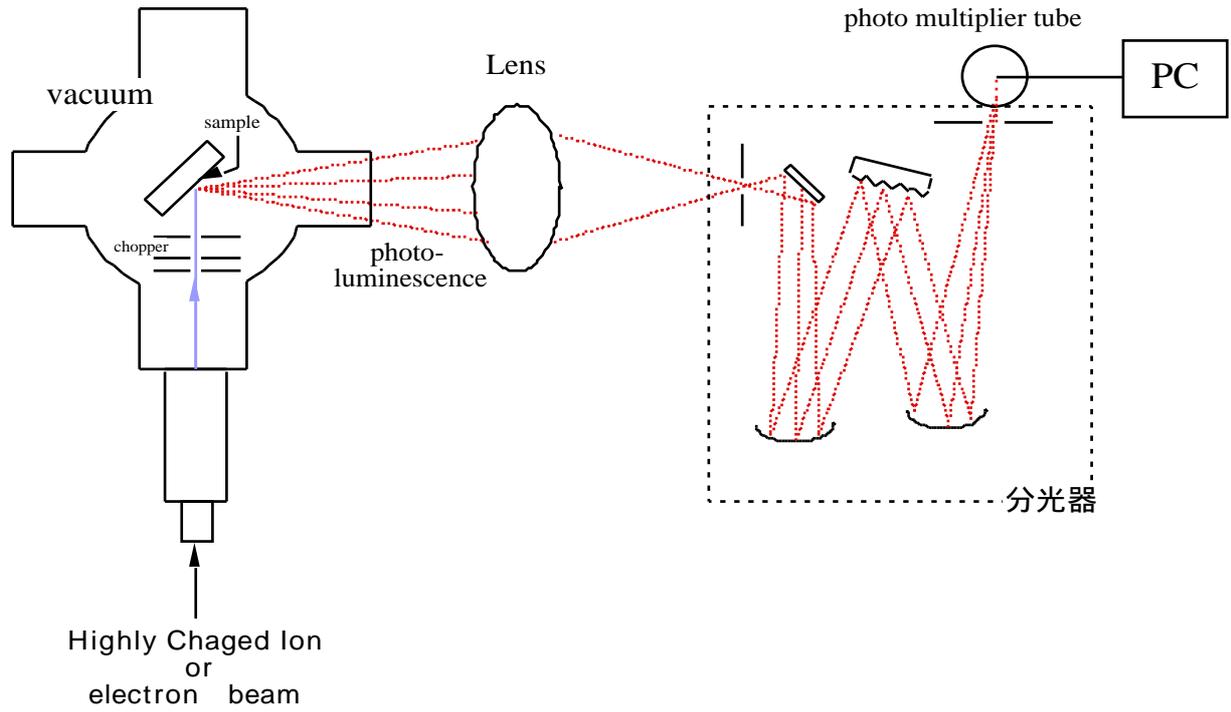
2. 実験内容

多価イオンと固体表面の実験の模擬実験として、多価イオンの代りに高速電子ビームを用いて実験した。固体表面として直接遷移が可能な材料・GaAsを用い、GaAs表面に高速電子ビームを衝突させる事によって発生したルミネッセンスを観測した。

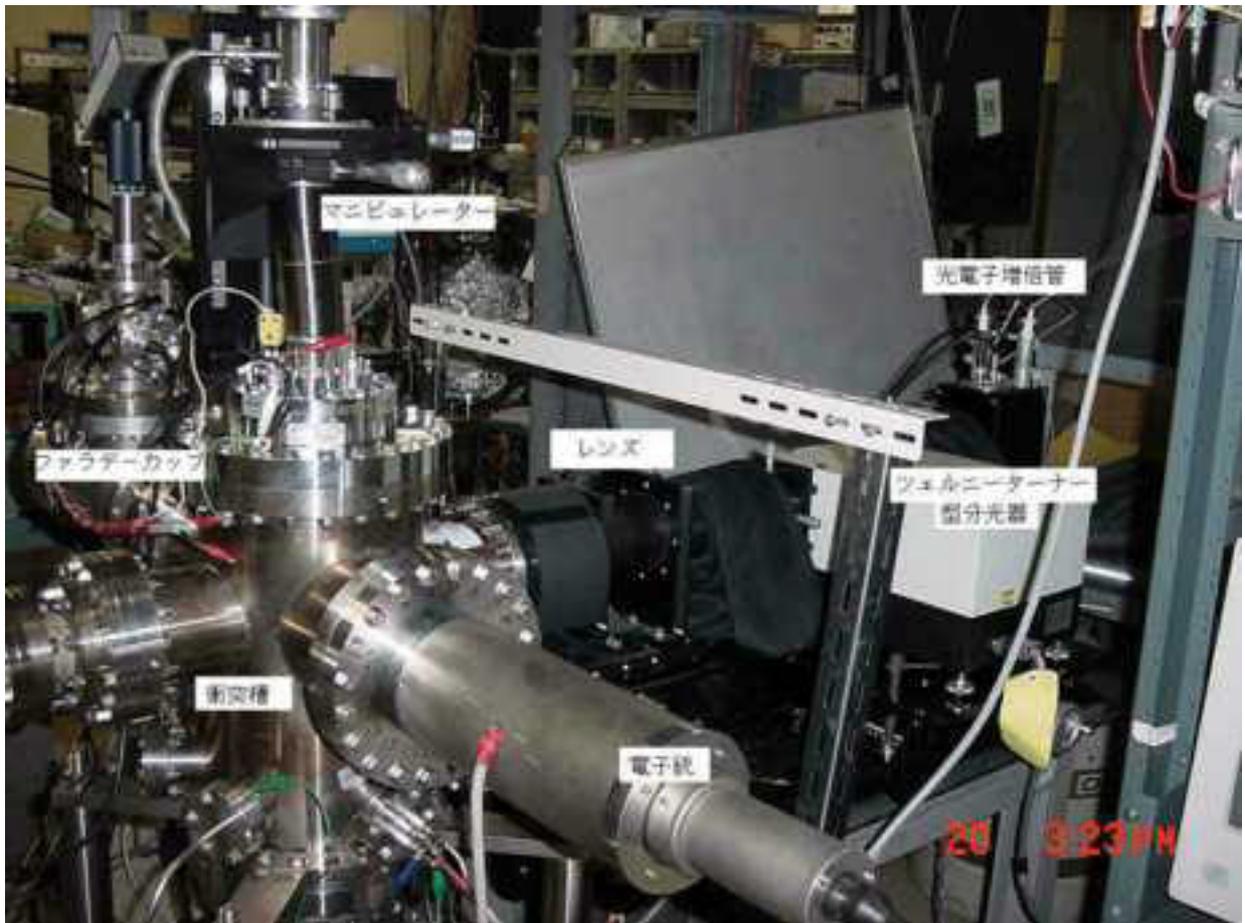
3. 装置

実験装置の概略図、及び写真を次に示す。

装置の概略図



装置の写真



今回用いた装置は、多価イオンもしくは電子ビームを固体表面に照射し発生したルミネッセンスを観測するように設計したもので、データ中のノイズを低減させるためにビームをチョッパーでチョップしビームの通った時・通らなかった時のデータを取り、それらの差をPCによって積算していった。

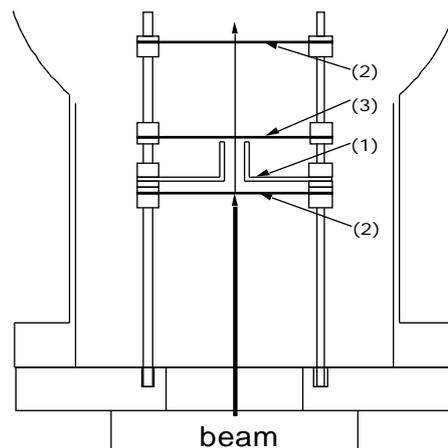
- ・電子銃について

加速電圧が5～30keVまで変換可能な物で、ビーム径がある程度調節ができる。多価イオン線を想定して今回用いた。

- ・チョッパーについて

チョッパーの拡大図を右に示す。なお(1)は電極板、(2)は1.0の穴の開いた板、(3)は1.5の開いた板。

下方向からビームは照射され3枚の板のアパーチャーを通り抜けて行く。一番下の板でビーム径を1.0に絞り、電極板に任意の電圧をかける事によってビームを上げ、一番上の板でビームをチョップするように設計した。(下から2枚目の板は電極板からの電場を遮るために設置した。)



- ・マニピュレーターについて

超高真空中でも使用できるマニピュレーターを設計し、サンプルホルダーを自主製作した。

マニピュレーターの上部からは液体窒素等を入れてサンプルを冷却するようになっていて、またサンプルホルダーには熱電対、ヒーターも付けてあり、固体表面を熱処理するようにもなっている。

またゴニオメーターもついているのでサンプルを上下左右に動かす事ができ、更にサンプルの角度も変えることができる。

4. 実験結果

高速電子ビームをGaAs表面(100)に衝突させてGaAs表面から発生したルミネッセンスのデータである。今回電子ビームの加速電圧を変えて10keVと15keVとで2つデータを取ってみた。

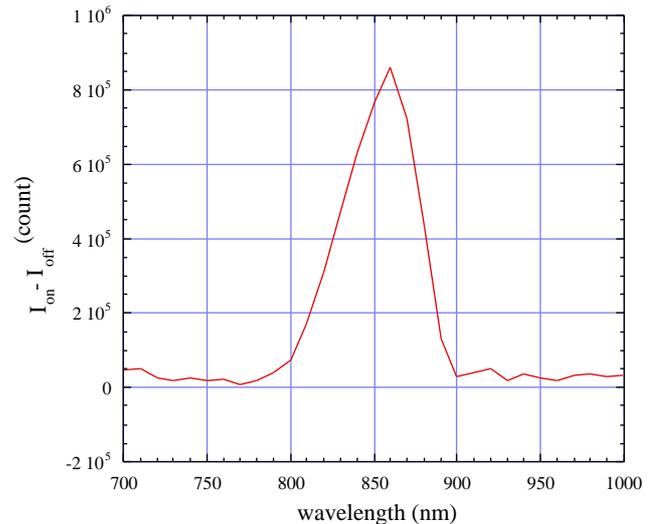
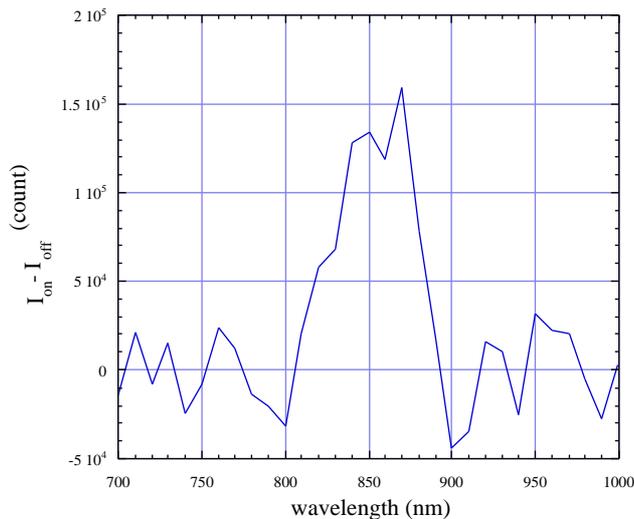


図 1:電子ビームの加速電圧10keVの時のスペクトル 図 2:電子ビームの加速電圧15keVの時のスペクトル

グラフの縦軸 $I_{on} - I_{off}$ とは、ビームが出た時のデータからビームがチョップされた時のデータを引いたものである。図 1、図 2 とともに室温で測定したもので、プロットの間隔は10nm stepとした。図 1 加速電圧が10keVではビーム電流は12nA, 図 2 加速電圧が15keVではビーム電流は80nAであった。両方ともにピークが約870nm付近に見られ、これはGaAsのバンドギャップ1.43eV (300K) 869.3nmに相当していると考えられる。スペクトルが幅を持つのは固体特有の物であると考えられる。

5. まとめ

今回、多価イオンと固体表面との相互作用を研究するためのルミネッセンス観測装置を立ち上げた。その装置を用いて、多価イオンの代わりに高速電子ビームをGaAs表面に照射させ、発生したルミネッセンスを観測した。

今後の展望として、固体表面に多価イオンを照射させることによって発生したルミネッセンスを観測し、固体表面とのイオンの価数依存性や衝突角度依存性、入射エネルギー依存性等を調べ、多価イオンと固体表面との相互作用の研究を行っていく。