

レーザー照射による

フォトルミネッセンスの測定系の立ち上げ

電子物性工学科 富所 靖

【序論】

一般的にシリコンは間接遷移であるため、レーザーを照射してもフォトルミネッセンスは発生しない。しかし、事前に固体表面に多価イオンを照射するとレーザー照射によりフォトルミネッセンスが発生するとの報告が A.V.Hamza 氏らよりあった。これはシリコン表面に何らかのナノ構造が多価イオン照射により生成したことを示唆している。

我々も実際に多価イオンを表面に照射して実験をおこない、新たに表面に照射するイオン種や価数について詳しく調べてみようと思っている。

今回の実験はその準備段階としてレーザー照射によるフォトルミネッセンスの測定装置を作り上げるのが目的である。レーザー照射によってフォトルミネッセンスを発生させるガリウム砒素(GaAs)を試料としてテスト実験を行った。

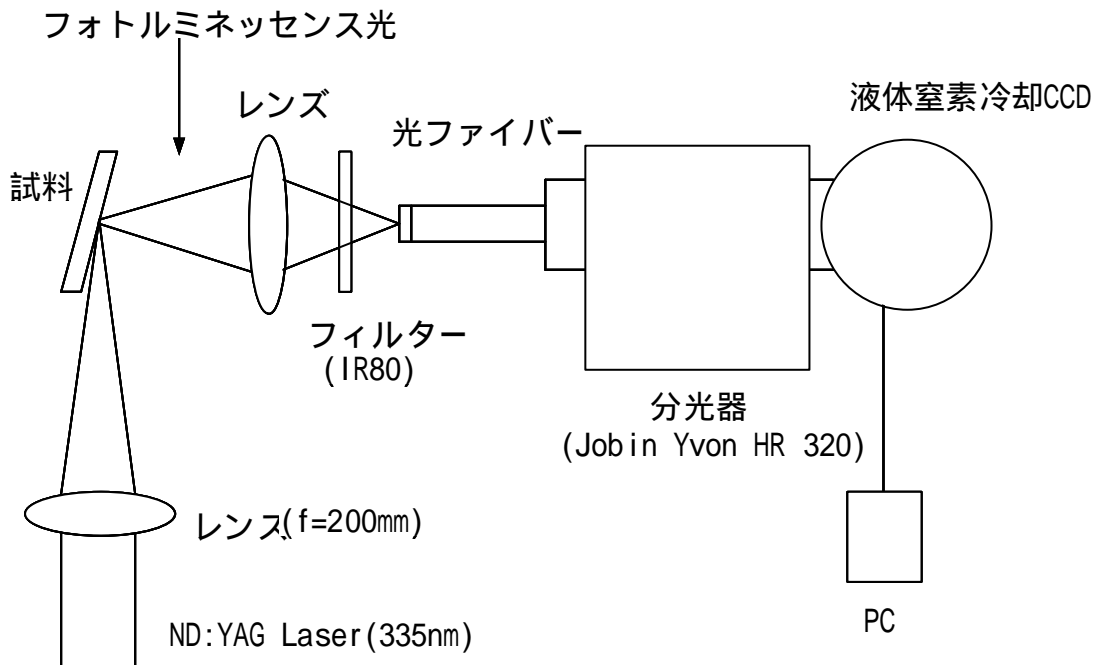


図. 1 実験装置全体図

【実験】

実験装置の全体図を図.1 に示す。

励起光として 355nm のネオディウムヤグレーザーを用いた。レーザーをレンズで収束し、大気中にある GaAs に照射する。

GaAs から発生したフォトルミネッセンスをはレンズで収束し、IR80 フィルターを通した後に光ファイバーに入射する。ファイバー伝わったフォトルミネッセンスは分光器を通したのち、液体窒素冷却の CCD により検出し、波長分散されたフォトルミネッセンススペクトルを得る。

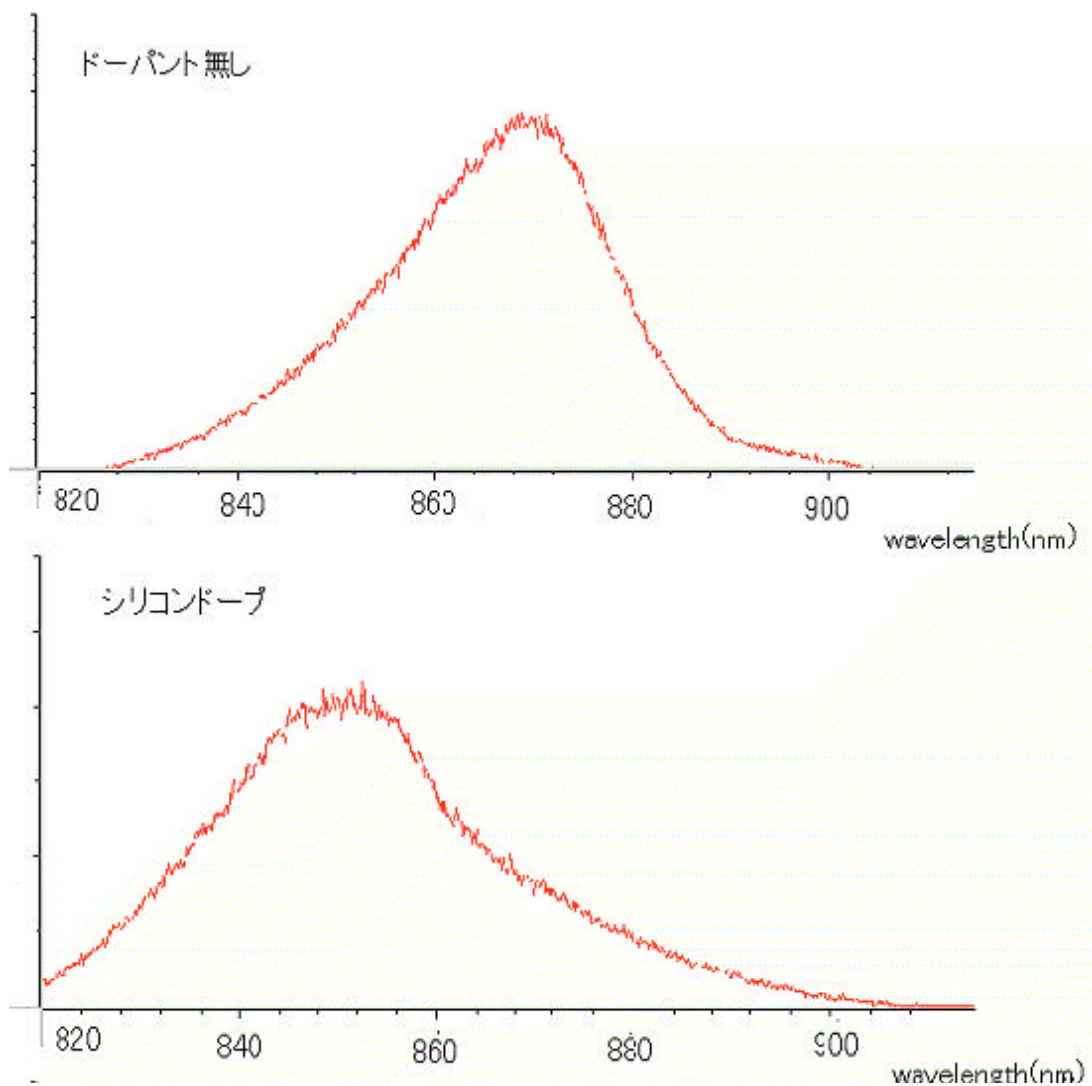
【結果】

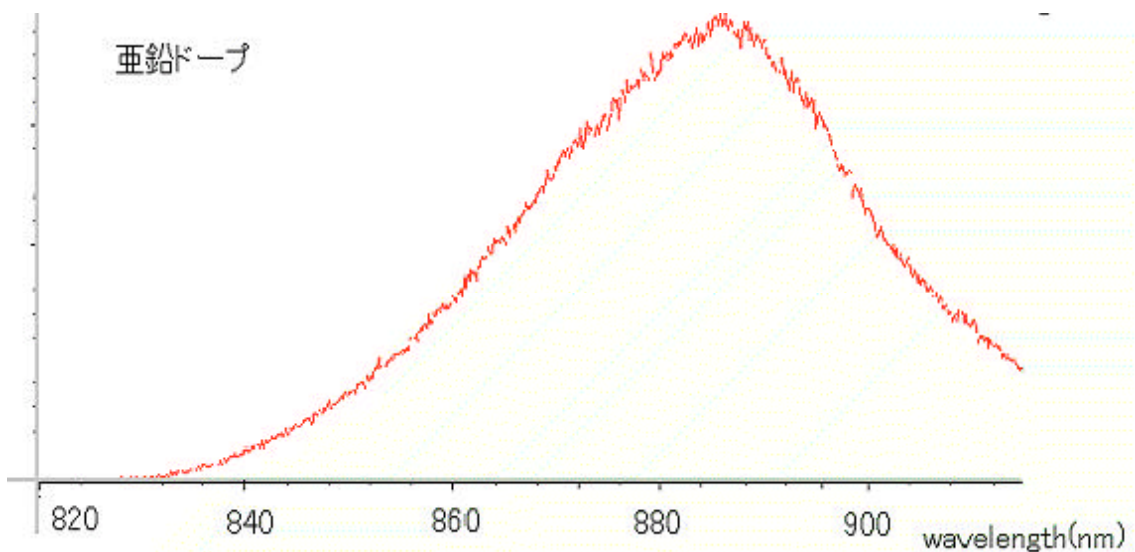
得られた実験結果をグラフ.1 に示す

一番上のグラフは GaAs になにもドーピングしていない場合のフォトルミネッセンス

二番目のグラフはシリコンをドーピングした場合のフォトルミネッセンス

最後のグラフは亜鉛をドーピングした場合のフォトルミネッセンスである。





グラフ.1 GaAs のフォトルミネッセンス

縦軸はフォトルミネッセンスの強度。横軸は波長

半導体タイプ別のガリウム砒素のフォトルミネッセンス

上からそれぞれ中性、n型、p型の性質をもつ。

ピークの波長はドーブを行ったことによりバンドレベルでの変化を起こし、n型の場合はエネルギーが増加してピークの波長が小さいほうにシフトし、p型の場合はエネルギーが減少してピークの波長が大きいくほうにシフトする。シフトの割合はドーブされたキャリア濃度に依存する。

【考察】

まずは GaAs になにもドーブしていない場合のグラフについて

$$E(\text{eV}) = \frac{hc}{e\lambda} \quad \text{より、GaAs の波長のピーク } 870\text{nm} \text{ であるから}$$

実験値のギャップエネルギー $E=1.425(\text{eV})$

文献値から計算してギャップエネルギーを求めると、

0 K での GaAs のギャップエネルギー $1.53(\text{eV})$ で

1 K ごとのギャップエネルギーの下降値 $4.2 \times 10^{-4} (\text{eV})$ であるから、

室温を 300K として計算をすると、文献値のギャップエネルギー $E=1.383(\text{eV})$

よってこのスペクトルはガリウム砒素のフォトルミネッセンスであるといっても構わないのではないかと思う。

GaAs にシリコンをドーブした場合に発生するフォトルミネッセンスは Nam-Yong Lee 氏らが過去に同様の実験を行っていたので、比較したデータを表.1 に示す。

	実験値	Lee 氏らの値
キャリア濃度(cm^{-3})	33×10^{17}	37×10^{17}
ギャップエネルギー(eV)	1.459	1.487

表.1 実験値と Nam-Yong Lee 氏らの実験データとの比較

上の表より、よってシリコンドーブのほうも実験で得たスペクトルはフォトルミネッセンススペクトルであると判断した。

【まとめ】

表面にレーザーを照射した場合に生じるフォトルミネッセンスを観測するための実験装置の立ち上げを行った。

GaAs を試料としてレーザーを照射して生じたフォトルミネッセンスを測定をしたところ、過去のデータと一致したので正しく測定系が立ち上がった。

【今後の課題】

シリコン表面に多価イオンを照射してシリコンナノ構造を生成させる。シリコン表面にナノ構造を生成させることができれば、そこにレーザーを照射してフォトルミネッセンスを検出できるようにする。検出できることが確認されたら、イオン種や価数に対する依存性について検証して行きたいと思っている。

【参考文献】

A.V.Hamza *et al.*, *Appl.Phys.Lett.*, **79**,2973(2001)

Nam-Yong Lee *et al* *J.Appl.Phys.Lett.*, **78**,3367(1995)

理科年表(2003)