

# スピン偏極電子線源の開発

山田研究室 大友 貴宏

2010年3月6日

## 1. 背景

中性原子から二個以上の電子を取り去って、高度に電離したイオンのことを多価イオンと呼ぶ。多価イオンはイオン化エネルギーの総和に相当する膨大なポテンシャルエネルギーを有している。そのために固体表面との相互作用においては多数の二次電子が発生する。

この多価イオンを磁性体試料に照射すると、試料表面の磁区構造を反映した偏極電子が発生することが知られている。この偏極電子を観測することで多価イオンと磁性体表面の相互作用を研究する。

## 2. 目的

本研究室では多価イオンと磁性体表面の相互作用の研究において、磁性体から発生する偏極電子の観測に Mott 型スピン分析器を用いる。この分析器は以前に研究室で製作したものであるため、まずは性能を評価するための偏極電子線源が必要となった。本研究では、GaAs 半導体をフォトカソードに用いたスピン偏極電子線源の作成を行う。

## 3. 原理

スピン偏極電子線源とは、スピンの向きを揃えた電子線が発生させる装置である。GaAs 型偏極電子線源は以下に示す半導体フォトカソードの二つの重要な原理に基づいている。

第1に、p型不純物 (Zn) をドーピングした GaAs 結晶の表面を清浄化し、さらに Cs と O<sub>2</sub> を添加して電氣的二重層を作り、結晶表面を負の電子親和性 (NEA: **Negative Electron Affinity**) にする。第2に、この GaAs 単結晶に対してバンドギャップエネルギーに相当する円偏光レーザーを照射する。レーザーの円偏光の左右切り替えによって電子スピンの向きを価電子帯から伝導帯へ選択して励起させ、スピン偏極した電子を真空中に取り出すことができる。

図1を見ると、(a)では励起された電子は障壁を超えられず正孔と再結合を起こしてしまうが、Cs を付加して真空準位を下げ(b)、さらに O<sub>2</sub> を付与した NEA 表面(c)では電子を真空中に容易に引き出せるようになることがわかる。

この NEA-GaAs は真空準位が伝導帯の底より僅かに低くなっており、バンドギャップ相当のレーザーを照射することで、最も高い量子効率と低い初期エミッタンスを共に実現できる。

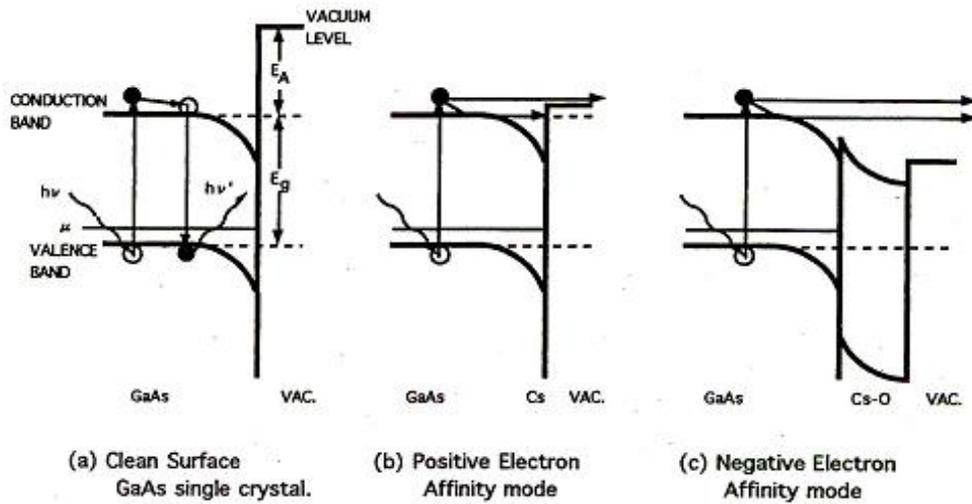


図1 真空中における伝導電子の導出

偏極度は、金属 (Au) 表面に斜入射させた電子線の吸収電流が入射電子のスピンの偏極度に依存することを利用して求める。吸収電流は図2のように直線的に変化し、電流がゼロになる点ではスピンの向きによる電流差が生じている。これはスピン軌道相互作用により、スピンの向きによって入射電子が吸収電子と散乱電子へと分かれるためである (図3)。すなわち、この電流差を測定することにより入射電子線のスピン偏極度を次式のように決定することができる (吸収電流法)。

$$P = \frac{E_0(P) - E_0(-P)}{\Delta} \quad (1)$$

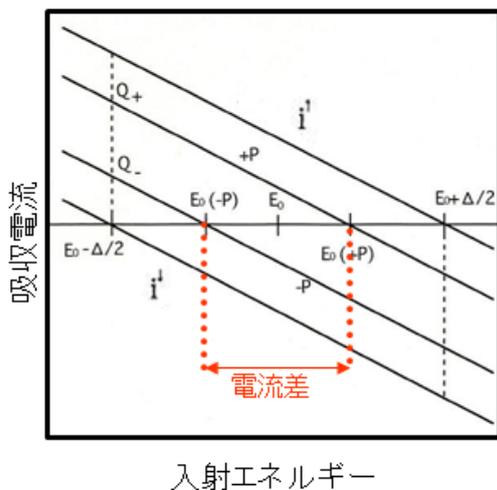


図2 吸収電流と入射エネルギーの関係

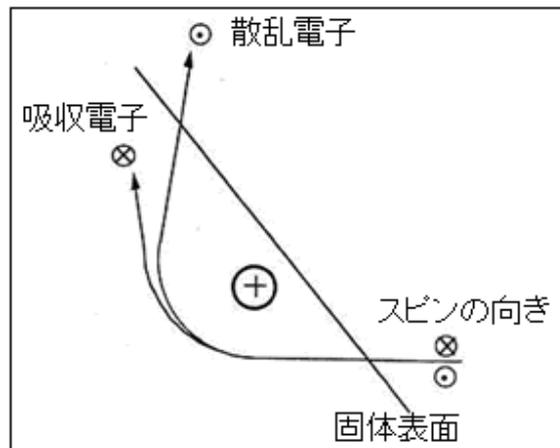


図3 スピンの向きによる電子の吸収・散乱概略図



## 6. 結果

ターボ分子ポンプとイオンポンプを使用して、 $2.5 \times 10^{-5}$  Pa の真空下において熱電子によるテストを行い、装置の各部分の電圧調整を経て検出器（ファラデーカップ）で電流を観測した。フィラメントに流れる電流は 1.6A に固定した。今回ファラデーカップで検出できた最大電流は  $1.3 \mu\text{A}$  であった。この最大検出電流が得られた時の各電圧を表 1 に示す。

表 1 熱電子によるテスト結果

	電圧 (V)
$V_A$	-0.212
$V_B$	201
$V_{CF}$	87.6
$V_{HG}$	75
$V_{def}$	51.1
$V_I$	85
$V_S$	10
$V_J$	210

## 7. まとめ

スピン偏極電子線源の製作に取り掛かり、装置を組み上げて各種配線を行い、真空中において熱電子によるテストを行って装置全体に不備がないかを確認した。

今後は NEA 表面生成に使用する Cs ディスペンサーなど実験に必要な装置の取り付けを完了した後、ゲッターポンプの取り付け及びベーキングにより真空度のさらなる向上を目指す。さらに表面を研磨した Mo 板に Au を蒸着させ、アニーリングを行い測定準備が整い次第、実際に GaAs 単結晶をフォトカソードに用いて偏極電子の測定を行う予定である。その後、この偏極電子線源を用いて Mott 型スピン検出器の性能評価を行っていく。

### 【参考文献】

- [1] K.Togawa *et al*, 25th L.A.M in Japan [12P-09] (2000)
- [2] 古橋 修、修士論文『Production and Detection of Spin Polarized Electrons from a Cleaved GaAs (110) Surface』(1995)
- [3] 堀口 浩 日本物理学会 29p-Q-11 (1991)