

イオン - 表面衝突実験用 二次電子スピン分析装置の製作

中村信行研究室 久保 剛樹

【背景・目的】

多価イオン（多数の電子を剥ぎ取られた正の高電離イオンを言う）と固体表面との相互作用においては、多くの二次電子が放出されることが知られている。例えば、50+程度の多価イオンであれば、イオン1個あたりに対して100個以上もの二次電子を放出することが知られている。

多価イオンを照射して得られるこの大量の二次電子のスピン状態を観測することが出来れば、高感度かつ高分解能な磁区構造観察が可能になることが期待できる。

そのため、我々の研究室では、多価イオン照射による二次電子のスピン状態の観測を計画している。そのために以下を目的として本研究を行った。

1. 多価イオン照射により磁性体表面から放出される二次電子のスピン測定のため、単純な原理と構造をもっている Mott 型のスピン分析器を製作する。
2. 分析器に効率良く二次電子を取り込むための捕集レンズを製作する。

【原理】

- Mott 型スピン分析器

スピン偏極した電子線が重原子薄膜で散乱される場合、スピン相互軌道作用により左右対称方向への散乱電子数に非対称性を生じる。

そのため、散乱電子数の非対称性を測定することで、入射電子のスピン状態を知ることが出来る。このようなスピン分析器を Mott 型スピン分析器と呼ぶ。

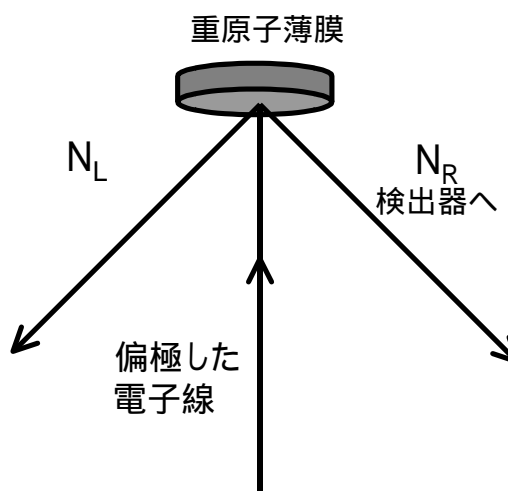


図1 Mott型検出器の原理

[性能評価実験]

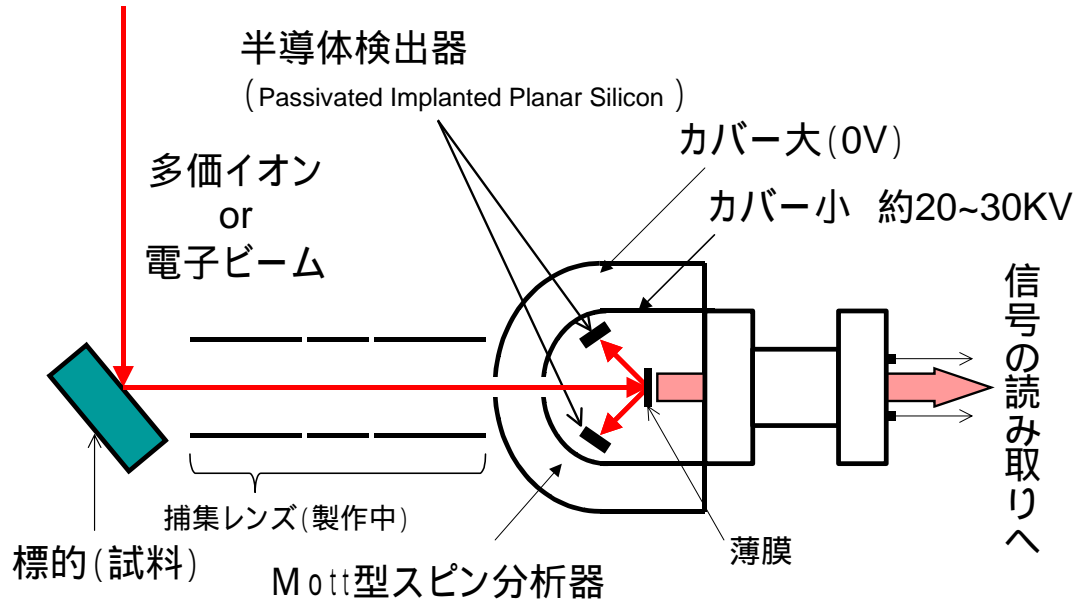


図2 Mott型スピン分析装置

今回製作した分析装置の性能評価を行うため、図2のような配置で試験実験を行った。ここでは、無偏極の電子ビームを多結晶試料に照射し、放出される無偏極電子をモット分析器で観測することで装置に起因する非対称性を調べることを目的とした。実験条件は以下の通りである。

● 実験条件

1. 散乱角を 120° として検出器を配置した。
2. 加速電圧 (薄膜に印加する電圧) を 25 kV とした。
3. 標的 (試料) に Al を用いた。
4. 薄膜に 0.0075 mm のタンタルを用いた。

【結果】 左右の検出器に対して、図3、4の結果が得られた。

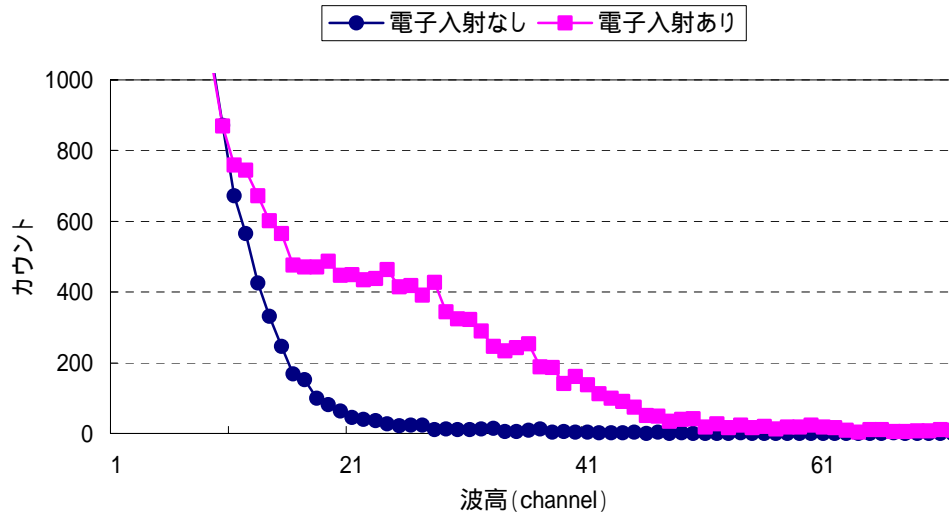


図3 左検出器での電子の波高分布

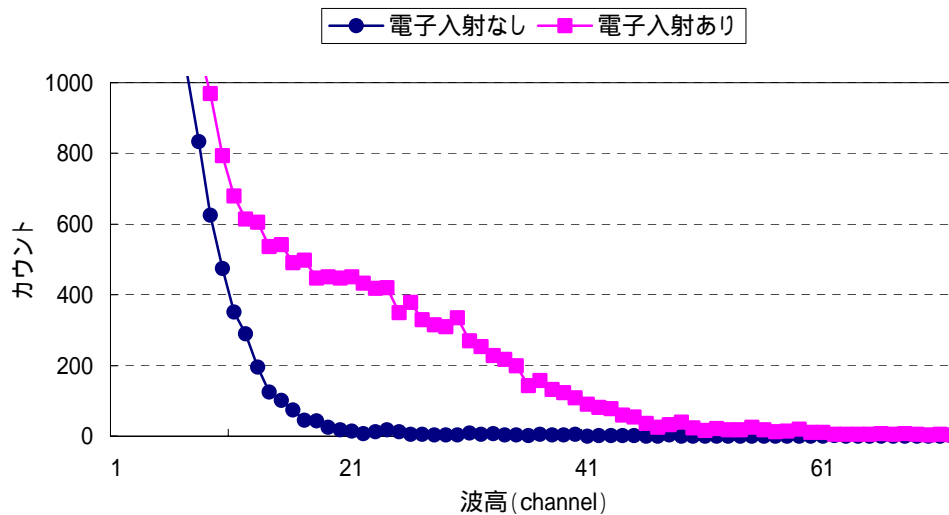


図4 右検出器での電子の波高分布

グラフより、 $N_L = 8875$ 、 $N_R = 9260$ であるから、非対称性 A' として以下の結果が得られた。

$$A' = \frac{(N_R - N_L)}{(N_R + N_L)} \approx 0.021$$

この値は理想的には0であるはずだが、再現性さえ良ければ、この値からのずれを入射電子のスピンの起因する非対称性を考えることが出来る。今回、この再現性を調べようとしたが、放電などのトラブルにより十分な試験が出来なかった。

また、Nの導出においては電子入射がある場合とない場合で二次電子信号の区別がわかりにくかった。散乱電子数をより正しく求めるためには、25 kV以上の高電圧を加える必要がある。また、多重散乱などの信号の検出も考えられるので、これに対しては薄膜をさらに薄くする必要があると考えられる。

[電子捕集レンズの設計]

電子を効率良く捕集するため、SIMION（市販の軌道計算ソフト）による軌道シミュレーションを行い、レンズの設計を行った。

図5にその捕集レンズの形状を示す。

また、図6には設計したレンズの電子軌道シミュレーションの結果を示す。

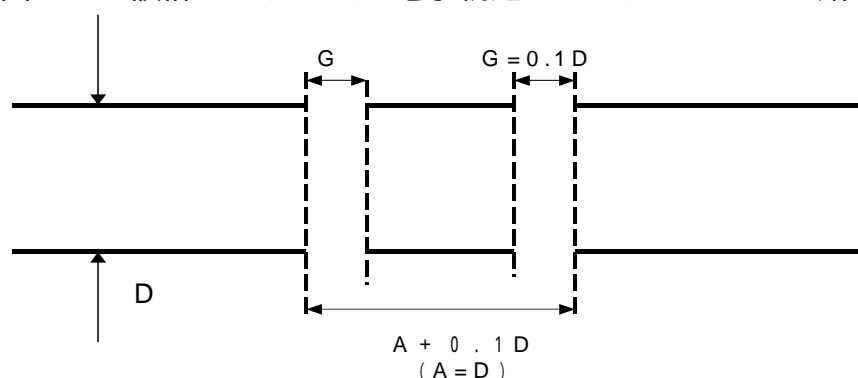


図5 捕集レンズの形状

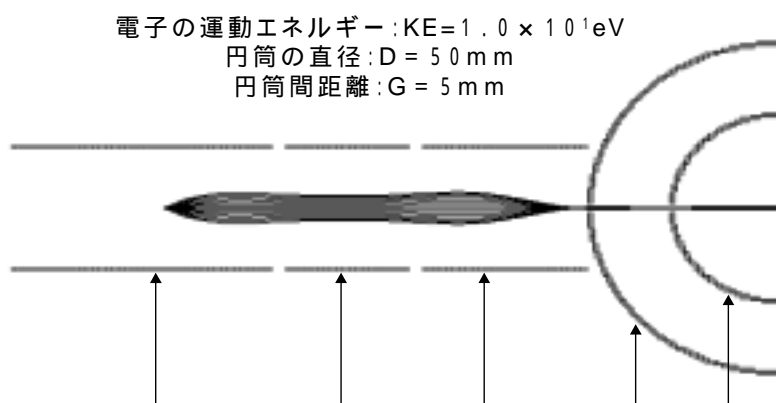


図6 軌道シミュレーション図

[まとめ]

- スピン偏極を観測する分析装置を立ち上げた。
- 電子を効率良く取り込むための捕集レンズを設計した。

[課題]

- 装置に起因する非対称性について更に詳しく調べる。
- 磁性体ターゲットを使ってスピン偏極度を測定する。
- 多価イオン - 磁性相互作用における二次電子スピン偏極度を測定する。