

SEM 試料室で使用可能な磁束密度測定器の作製

○都築 賢太郎

(名古屋大学全学技術センター)

tsuzuki@etech.engg.nagoya-u.ac.jp

キーワード：SEM、磁束密度測定、Arduino、ホールセンサー

1. はじめに

走査型電子顕微鏡 (SEM) の対物レンズは一般的に磁界レンズが用いられており、磁極から発生した磁場を利用して電子線を絞っている。そのため、セミインレンズ型の SEM で磁性体を観察する際、磁化した試料が対物レンズに付着するトラブルがしばしば生じる。対物レンズから試料を取り除くには試料室を大気開放せねばならず、対処には約半日を要し、機器の共用に支障をもたらすこととなる。また、試料の衝突による対物レンズの損傷や粉末試料の鏡筒内への侵入は装置にとって致命的なダメージとなる。これまで磁性体の観察は試料の固定に十分注意して行ってきたが、対物レンズによって生じる磁場の強さがどの程度か把握しておくことは試料を固定する際の目安となると考えられる。今回、試料室内の磁束密度を測定するための測定器を作製した。測定器の作製過程や試料室内の磁束密度の測定結果などについて報告する。

2. 測定器の作製

2-1. 必要要件

SEM の試料室は密閉され真空に保たれている。したがって、構造上データの取出しや電源の取得ができない。また、SEM に導入可能な試料サイズには制限があり、試料サイズによってステージの可動域も制限される。よって、測定器のサイズは可能な限り小さくしなくてはならない。これらを踏まえた上で、測定器の構成を次のようにした。

- 制御部：Arduino nano 3.0 互換品
 - 電源部：電池ボックス CR2032×2 個 6V
 - センサー：ホールセンサー (A1324LUA-T, Allegro MicroSystems, LLC)
 - データ記録部：マイクロ SD カードソケットモジュール (MMT-TXS02, サンハヤト)
- 作製した測定器を図 1 に示す。



図 1. 作製した磁束密度測定器
(71 mm×59 mm×19 mm)

2-2. Arduino

Arduino とはマイコンボードをさすことが多いが、広義には開発に用いるプログラミング言語や、それを記述する開発環境、さらにはウェブサイトやワークショップを含むとされる。マイコンボードには入出力用端子が実装されておりブレッドボードなどを使用すれば回路のシミュレーションが容易にできる。また、ライターもボードに実装されているため、USB ケーブルを接続するだけでマイコンへのプログラムの書込みが可能である。プログラムは Processing/Wiring をベースとした専用言語=Arduino 言語で記述され、小規模のプログラムをスケッチと呼ぶ。開

発環境として無償でダウンロード可能な Arduino IED が用いられ、Windows、OS X、Linux とさまざまな OS に対応している。ライブラリが充実しており、これを引用すれば一からプログラムを記述する必要がなく、初心者でも容易に目的の動作を実現できる点も魅力である。

今回は測定器のサイズを抑えるため小型な Arduino nano 3.0 互換品を用いた。マイコンには ATmega328P を搭載、フラッシュメモリは 32KB を備えている。

2-3. ホールセンサー

電流を流した導体に磁場を印加すると電流と磁界に垂直な方向に磁束密度に比例した起電力が生じる。この現象をホール効果と呼び、生じる起電力をホール起電力と呼ぶ。ホールセンサーはこのホール効果を利用しており、ホール起電力を測定することでセンサーに印加された磁場の磁束密度を知ることができる。

今回使用した A1324LUA-T は IC が内蔵されているためアンプ回路を外付けする必要もなくコンパクトに使用できる。0 G 時の出力電圧 2.5 V を基準とし、1 G あたり 5 mV でリニアに磁束密度を測定することができる。飽和電圧は最大 4.7 V、最小 0.3 V なので、測定範囲は 440 G から -440 G である。

2-4. プログラム

Arduino IED にはライブラリが用意されており、今回はスケッチ例 ‘Datalogger’ をベースにプログラムを作成した。SEM 試料室内の測定では測定データをリアルタイムでモニタリングすることはできない。そこで、microSD カードにテキストファイルを作成し、電源を入れてからの経過時間と測定値を並列して記録するようプログラムした。

3. 磁石の磁束密度の測定

作製した測定器の動作確認のため、市販の磁石の磁束密度を測定した。使用した磁石はニッケルメッキネオジム磁石（φ12.8 mm, 2.5 mm, 2400 G）である。微動ステージに磁石を固定しセンサーとの距離に対する磁束密度を測定した。磁石の数を 1 個～3 個と変化させて測定した結果を図 2 に示す。磁石の数が増えるにつれ磁束密度が増加する様子とセンサーと磁石との距離の二乗に反比例して磁束密度が減少する様子が測定され、測定器が正常に動作していることが確認できた。

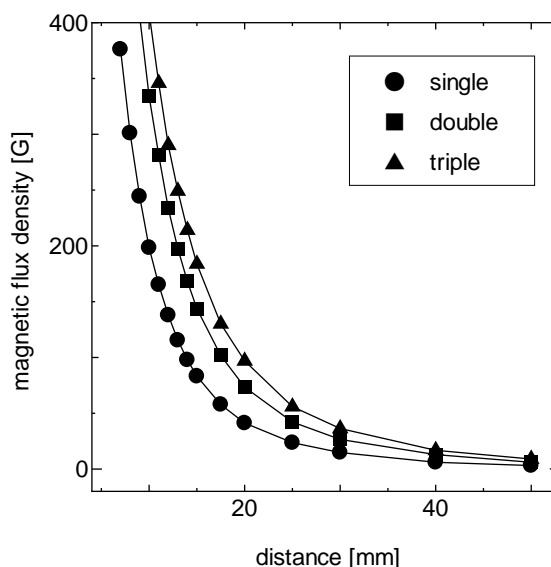


図 2. 磁石の磁束密度の距離減衰の様子

4. まとめ

Arduino nano 3.0 互換品とホールセンサーを用いて SEM 試料室内の磁束密度を測定できる小型の測定器を作製した。市販の磁石の磁束密度を測定したところ測定器が正常に動作していることが確認できた。ポスター発表では実際に SEM 試料室内での磁束密度の測定結果や磁性体を SEM で観察する際の留意点などについて報告する。