

# 工学部第二類における研究支援

共通機器部門 情報基盤機器管理班  
鳴田 好広

## 1. はじめに

技術職員の業務は大きく研究支援業務と教育支援業務に分かれている。筆者の場合、工学部第二類と関係する業務が多く、研究支援業務として、工学部 C1 棟クリーンルームに関連する設備の維持管理、研究に使用される機器の設計・製作、教育支援業務として、電気工学基礎実験における学生への指導、機器類の調整などの実験準備を行っている。

今回、その中の研究支援について、C1 棟クリーンルームに設置されている半導体製造装置のひとつである「分子線エピタキシー装置(以下 MBE 装置)」の不具合対応と研究に使用される機器の設計・製作について光学測定用部品の製作を例として報告する。

## 2. C1 棟クリーンルームについて

C1 棟クリーンルームでは高品質な半導体デバイスの製造をおこなっており、THz 帯電磁波や光エレクトロニクスの研究に使用されている。

この項目では、(1)に C1 棟クリーンルームについての解説、(2)にクリーンルームと半導体デバイスの製造と関連性について記す。

### (1) C1 棟クリーンルームの環境

C1 棟クリーンルームは、粒径  $0.3\mu\text{m}$  のホコリが、1 立方フィートあたり 300 個程度の環境となっている。晴天の屋外でのホコリの数が 1 立方フィートあたり 100 万個と言われていることと比較すると圧倒的にホコリの量が少ない環境である。

### (2) クリーンルームと半導体デバイス製造の関連性について

半導体デバイスの製作工程では、半導体基板の表面に、導体である別の材料の薄い膜を形成し、こ

の基板の上に電流が流れる導線を描画する。このとき、基板の表面にホコリがあると、導線間の短絡や導線が断線する原因になる。そのため高品質な半導体デバイスを製作するためには環境の管理が重要であり、クリーンルームに関連する設備の維持管理は不可欠である。

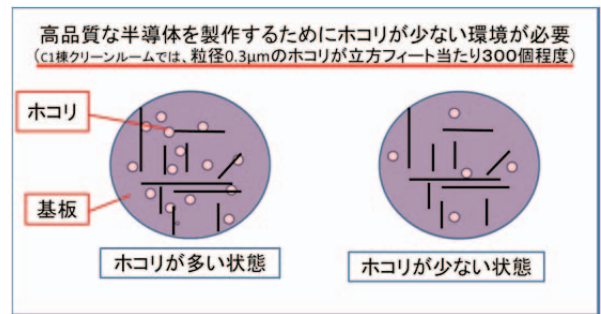


図 1: クリーンルームの重要性についての模式図

## 3. 半導体製造装置

### (1) MBE 装置について

図 2 に MBE 装置の概略図を示す。

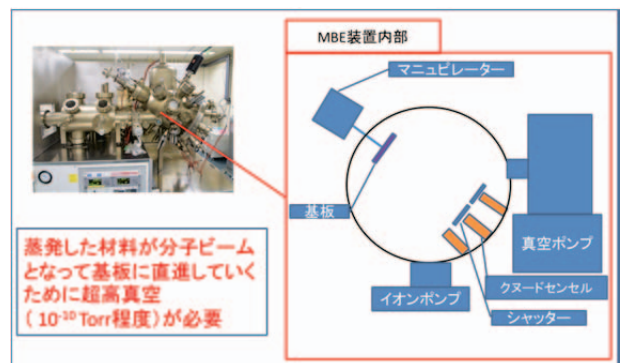


図 2: MBE 装置の概略図

MBE 装置は、半導体デバイスの製造過程において蒸着を行う装置である。蒸着とは、真空にした容器の中で、蒸着材料を加熱蒸発させることで、離れた位置に置かれた基板の表面に付着させ、薄膜を形成

するというものである。

MBE 装置は、基板、蒸着材料を入れ、材料を高温に加熱するためのクヌードセンサー、基板に付着する材料を均一にするためのマニピレーター、形成する材料の膜の厚さを制御するためのシャッター、装置内部を真空・高真空にするための真空ポンプ、装置内部をさらに低い超高真空にするために必要なイオンポンプで構成されている。

MBE 装置を使用して基板表面に材料を付着させる際には、装置内部の圧力を  $10^{-10}$ Torr 程度の超高真空にする。そうすることで装置内の気体分子を取り除き、蒸発した材料がほかの気体分子に邪魔されることなく基板に向かってまっすぐ進む。このような好条件下で基板表面に薄膜を形成する。

#### 4. MBE 装置の不具合対応

##### (1) MBE 装置の不具合について

今回、MBE 装置内部の真空度が悪化する不具合 (MBE 装置で薄膜を形成する際には、 $10^{-8}$ Torr の状態から  $10^{-10}$ Torr 程度まで圧力を下げるが、今回の不具合では、 $10^{-6}$ Torr まで、真空装置内部の圧力が上昇した。) が起き、これに対応する必要があった。調査したところ油拡散ポンプ (以下 DP) に問題があることがわかった。MBE 装置の不具合箇所を図 3 に示す。

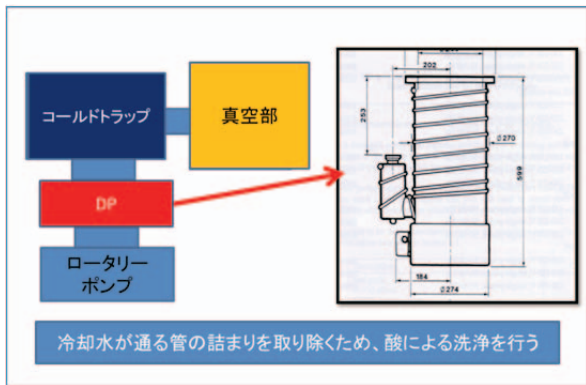


図 3: MBE 装置の不具合箇所

DP とは、高真空ポンプ ( $10^{-8}$ Torr 程度で排気する真空ポンプ) の一種である。DP の原理は本体下部のヒーターを加熱しオイルの蒸気を生成し、この蒸気が他の気体分子を巻き込む形で排気口に向かうことで真空が生成するものである。その際、DP 内の壁面にオイルの蒸気があたり冷却さ

れ、再度液化し循環させることでオイルを再利用することができる。

今回の不具合では、DP の壁面を冷却するための冷却水が流れる管の内部が詰まり、壁面の冷却が不十分となったため気化したオイルの液化が妨げられた。その結果、真空ポンプとしての DP の性能が十分に発揮できず、MBE 装置の真空度が悪くなっていた。効率的に短時間で実施できる対応方法として、酸洗浄を行った。

##### (2) 酸洗浄の方法

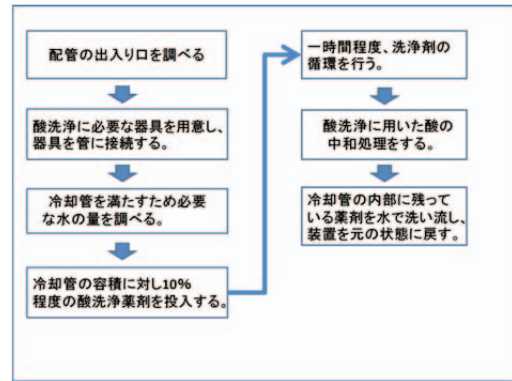


図 4: 酸洗浄の手順についての流れ

酸洗浄とは、強い酸性の洗浄剤を用いて配管内部を洗浄する方法である。この方法では酸により汚れを溶かし、洗い流すことにより配管内部が洗浄される。

今回実施した酸洗浄の手順を以下に示す。

- ① 装置の冷却配管の出入口を調べる。装置の配管の出入口を調べる理由としては、配管とホースの接続部分にごみが溜まり冷却水が流れない可能性があるためである。
- ② 酸洗浄に必要な器具を用意し、器具を配管に接続する。酸洗浄に必要な器具として、洗浄剤を入れるためのタンクと循環させるためのポンプ、これらと DP をつなぐためのホースを準備し、それらを図 5 に示す構成図の様に接続を行う。



図 5: 冷却管と洗浄に必要な器具の構成図

③ タンクに水を貯め、冷却配管の容積を調べる。配管容積は、ポンプを動作させて、タンクに貯めた水を循環させることでわかる。これは、洗浄に使用する薬剤の希釈倍率を決めるために必要である。また、冷却管とホースの継手部分に水漏れが無いかを合わせて確認する意味もある。

④ 希釈後の濃度が 10%になるように、薬剤を水の入ったタンクに投入し洗浄剤をつくり、ポンプを作動させ一時間程度循環させる。外部の業者が酸洗浄を行う際に使用する洗浄液は、薬剤の濃度を 50%程度にしている。濃度が高いほど、洗浄に必要な時間は短くなるが、配管を傷めるリスクが増加するため、技術職員が実施するに当たっては、希釈倍率を上げて、時間をかけて洗浄している。

⑤ アルカリ性中和剤を投入し、洗浄に使用した酸の中和処理を行う。

⑥ 管の傷みを防ぐために、中和剤を十分な水で洗い流し、洗浄のための器具を取り外して、装置と冷却配管を取り付け直す。

これらの作業を行うことにより酸洗浄の作業が終了となる。

以上の作業を行ったことにより、MBE 装置が正常に動作するようになり、無事に研究が再開できた。

## 5. 研究機器の製作

研究に使用する機器について依頼を受け、製作を行っている。筆者は主に 2 つの研究室の研究支援をしており、研究を理解した上で機器を考える手助けをしている。今回、研究室の学生から光学測定用部品の製作依頼があり、以下の手順で対応した。

### ① 依頼内容の打ち合わせ

研究機器の製作においては、依頼者から実験内容や目的を聞きながら製作する機器が実験に適したものになっているかの確認を行う。この際、あらかじめ図面やスケッチを依頼者側が用意していることが多い。学生の描いた光学測定用部品の設計図を図 6 に示す。

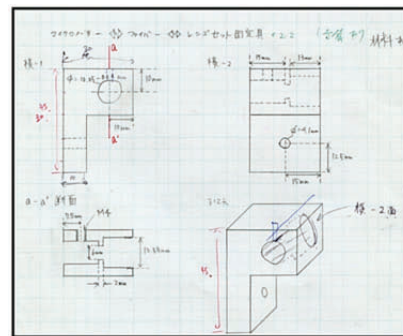


図 6: 学生の描いた設計図

学生は設計図を用意していたが、必要な精度や取り付け方法を完全に考慮できたものにはなっていなかった。そこで、ヒアリングを行いながら必要な情報を整理した。

### ② 設計図を作成

打ち合わせ時に設計に変更があったため、筆者が再設計を行い、設計図を作成した。依頼学生が工作の知識・経験が少ない場合は、学生のスキルアップを意識し、作成した設計図等を用い、機器等の設計を理解し易い様に適宜指導している。

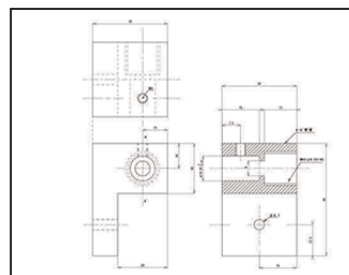


図 7: 作成した設計図

### ③ 機器の製作

機器の製作においては、汎用工作機をメインに加工を行っている。これは、今回の製品は筆者が直接部品加工を行ったものであるが、今後、学生が自らの手で実験に必要な機器をつくることができるように、作業手順や注意点を学生と同じ環境で整理する目的がある。

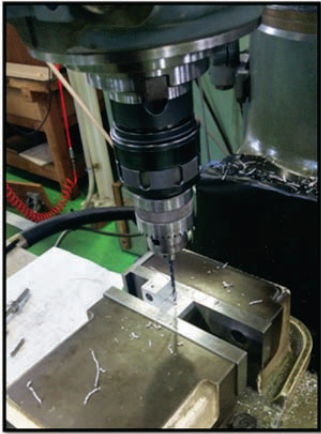


図8：部品加工の様子

④ 完成品の引き渡し

依頼者へ製品を引き渡す際には、使用する際の注意点を説明してから引き渡す。さらに必要に応じて、今後の研究支援をさらに効果的なものにするため依頼者の実験にも立ち会い、研究への理解を深めている。



図9：製作した部品

## 6. おわりに

今回、工学部第二類において筆者が行っている研究支援業務について報告した。現在、部局に対する支援を主な業務としているが全学支援の立ち位置から新たな業務への対応も必要となると考えている。そのため、筆者の支援している業務のうち、研究室の学生が行うことのできるものに関してはマニュアルを整備し、定期的な設備のチェックや、簡単な実験機器の製作等を行える環境をつくっていききたい。これらの取り組みにより、新たな業務に関する知識や技術習得の機会を増やし、技術職員として支援している範囲を拡大したいと考えている。

## 謝辞

筆者の業務遂行にあたり、C1棟クリーンルーム前任管理者谷口弘氏、量子光学物性研究室の教員並びに学生、研究機器の設計製作での助言、ご指導をして頂いたものづくりプラザの構成員の皆様がこの場をお借りし感謝いたします。