

有機薄膜堆積装置のマルチボート化

中川 卓也* 大向 雅人**

Multi-Boat Configuration of Organic Thin Film Deposition Apparatus

Takuya NAKAGAWA, Masato OHMUKAI.

ABSTRACT

Vacuum evaporation has been widely used in forming thin films. There are two main advantages in vacuum evaporation method: a most reliable way to obtain thin films and a low-cost way because it only requires a simple apparatus. Usually the apparatus is equipped with only one boat, forming a film of only one kind of material. In this paper, we report the improvement that four boats are installed in a vacuum chamber to make it possible that four kinds of films can be deposited successively without the exposure to the air.

KEY WORDS: thin film, laboratory equipment, four kind of thin film, once experiment, vacuum evaporation deposition

1. はじめに

冬になると霜が降りる。これは、地表温度が氷点下になったとき、空気中に含まれる水蒸気が付着（凝結）した現象で、真空蒸着もこれと同じ原理で薄膜を作製する。

物質は加熱すると蒸発して気体となる。このとき、気体は凝固点より低い温度の物体表面に霜のように付着（凝結）しようとする。しかし、大気下においてはなかなかうまくいかない。なぜなら、加熱すると空気中の酸素と結びつき酸化してしまうからである。仮に、加熱がうまくできて気体になったとしても、大気中には窒素や酸素といった様々な気体がひしめきあっているため、蒸発した気体が拡散してしまい、物体表面に到達（凝結）できない。どうすれば“蒸発した気体が物体表面に到達（凝結）できるか？”という、邪魔者である空気を取り除いた状態を作り出してやれば良い。つまり、真空で行えば良いということである。

また、真空を保つことによって圧力や温度等の実験条件が安定するため、膜質が安定し再現性が良くなるという大きな利点がある。

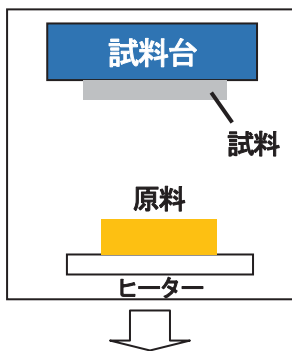
これからの実験装置においては、安定した製膜ができること。また、従来の製膜をより安価につくる¹⁾こと。この2点が大きなポイントであると考えられる。一般的に有機薄膜は多層構造として使われることが多いため、同条件下で連続して製膜することによって、安定かつ安価に製膜できると考えられる。そこで、今回は「真空蒸着装置」において、同条件下で連続して製膜（蒸着）が行えるよう改良を試みた。

2. 真空蒸着装置とは

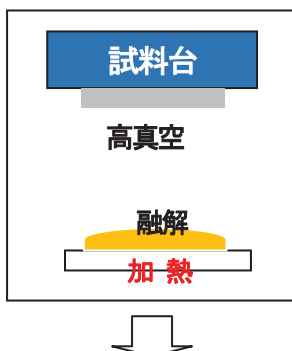
真空蒸着装置の原理を図1に示す。真空に排気したチャンバー（空間）の中に物質を蒸発あるいは昇華させるための原料（蒸着材料は主に金属で、金パラジウム、白金パラジウム、アルミニウム、カーボンなど）とそれを入れる容器、物質層を付着させる基板を置き、容器に入れた原料を高温融解して蒸発させ、基板表面に蒸発あるいは昇華した粒子を付着・堆積させて薄膜を作製する装置である。その特徴は、導電性材料の薄膜を、簡単な装置を用いて非常に速い蒸着速度で作製することができる²⁾ことである。また、真空蒸着法においては、通常の蒸着方法では必ず問題となる蒸発熱源からくる不純物による蒸着膜の汚染はない²⁾。

*技術教育支援センター、**電気情報工学科

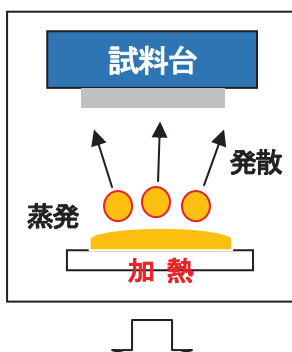
I : セッティング



II : 装置内を真空にする



III : 蒸着材料を蒸発・発散させる



IV : 蒸着材料を付着させる

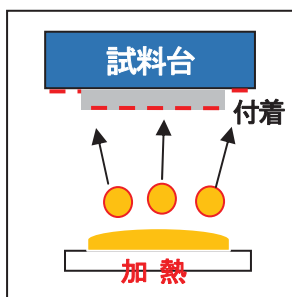


図1 真空蒸着の流れ

実際の製品例をあげると、レンズのコーティング、電子部品や半導体、集積回路、工学部品の反射膜など数ナノメートルから数マイクロメートルの膜の形成に利用されている。

3. 真空蒸着装置の問題点

まず、実験装置の概略図を図2に示す。図2より、蒸着時における実験装置チャンバー内(空間)の真空圧力は $10^{-3} \sim 10^{-2}$ Pa程度である。この真空状態になるまでの所要時間は約2時間程である(手順は図1参照)。しかも、従来の真空蒸着装置では、1回の実験において1種類の薄膜しか作製できなかった。そのため、2~3種類の薄膜を形成するには、1層の薄膜を作製するごとに実験装置を取外し、蒸着させたい形状のマスク交換や蒸着させる材料を再セッティングして実験装置に取付けた後、チャンバー内を真空に引いて蒸着させる必要があった。そのため、非常に効率が悪く、複数の薄膜層を作製するのにかなりの時間と労力を必要とするのが現状であった。

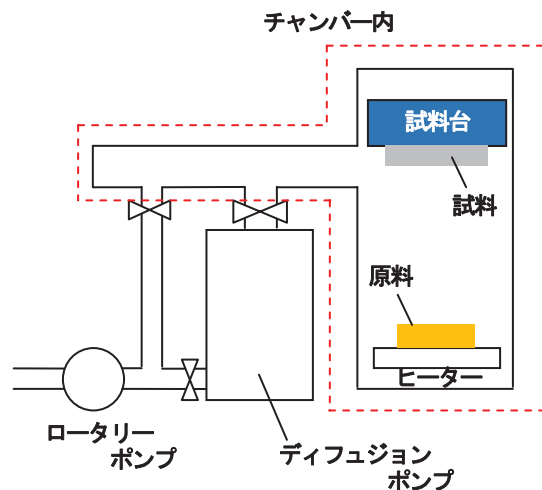


図2 真空蒸着装置概略図

そこで、1回の実験において実験装置を取外すことなく最大4種類の薄膜を連続して作製できるように、実験装置改良案の検討及びその設計を行い、ポートの多元化を試みた。

4. 改良前の蒸着装置

本実験装置は、図2においてヒーターの下部分がフランジ形状となっており、そのフランジ部分が脱着できる構造となっている。フランジ部分の略図を拡大して図3に示す。図3に示したように、ヒーターや試料台となる部分はフランジを土台とした一体構造になっている。つまり、フランジを取り外すとヒーターや試料台もまとめて取り出せる構造となっている。なお、フランジ・電極棒・台座等、取付け治具等は長期間使用しても腐食に強いステンレス製を使用していた。

改良前のフランジ全体を図4、試料台とヒーター部分を拡大したものを図5に示す。

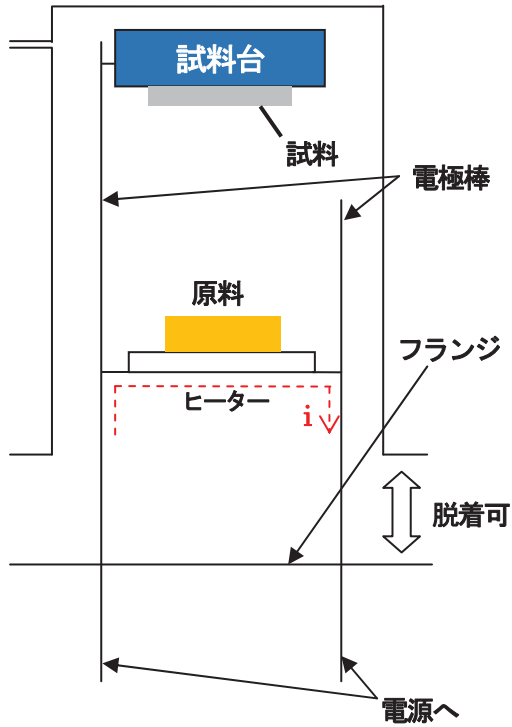


図3 チャンバー拡大図

改良前のフランジには3個のゲージポートがあり、両端のゲージポートに電極棒をそれぞれ取付けて電極棒間にポートを設置する(図4参照)。電極棒上部の片側に試料台(試験片を取付ける部品で、以下、台座と呼ぶ)をポートの真上にくるように固定する。その台座には蒸着させたい形状のマスクと基板を取付ける。フランジを実験装置のチャンバー下部に取付けた後、チャンバー内を真空に引く。次に、電極棒を電源につなぎ、電流を電源→電極棒→ポート→電極棒→電源の順に流す。このとき、ポートが加熱されてヒーターと同じ役割を果たす。そのポートの中に蒸着させる材料を充填させておき、ポートが過熱されるとポート内の材料が蒸発する仕組みとなっている。蒸発・発散した材料が台座取り付けした基板に付着し、薄膜を作製する仕組みとなっている。

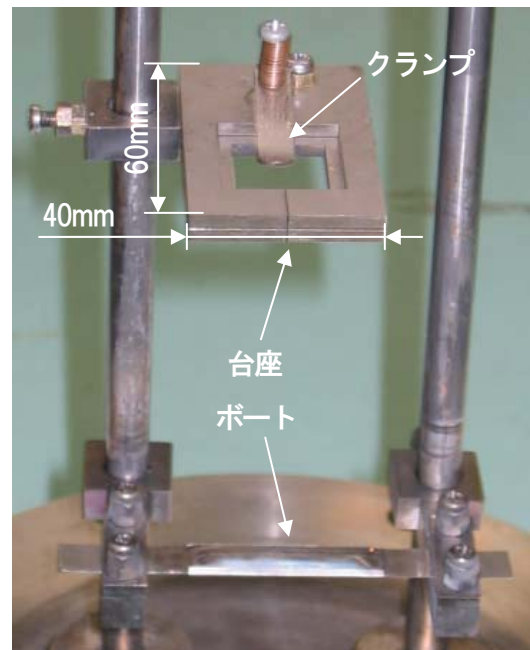


図5 台座・ポートの拡大図

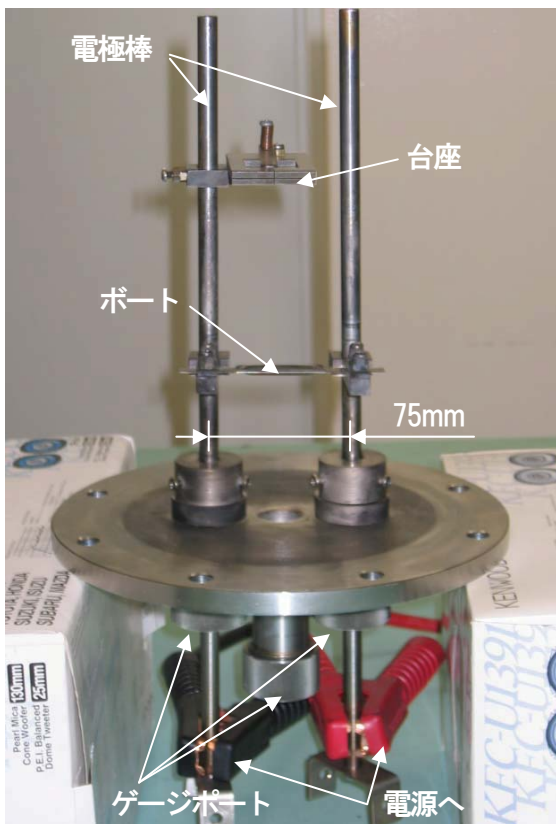


図4 改良前のフランジ

図5より、台座にはマスク→基板の順に設置し、クランプで押さえるといった仕組みになっている。なお、クランプはワンタッチで取付け・取外しができるようバネ構造を採用している。

5. 改良後の蒸着装置

改良前の蒸着装置は1回の実験において1種類の薄膜しか作製できなかったが、改良後の蒸着装置は1回の実験において実験装置を取外すことなく最大4種類の薄膜を連続して作製できるよう検討・設計を試みた。改良後のフランジイメージの略図を図6に示す。

図6に示したように、改良後のフランジはゲージポートを合計5個とした。それら5個ゲージポートのう

ち、中心にあるゲージポートに支持棒を通す。フランジ内側（チャンバー内）の支持棒先端に試験片を取付ける台座を固定し、フランジ外側の支持棒にはハンドルを取付けた。支持棒（外側）のハンドルを回すと、フランジ内側（チャンバー内）に取付けた台座を回転できるようにした。その台座は、蒸着する材料をセッティングするだけで蒸着の順番を決めなくても良いよう、左右どちらの方向にも 360 度回転できるようにした。また、残り 4 個のゲージポートには電極棒を通した。

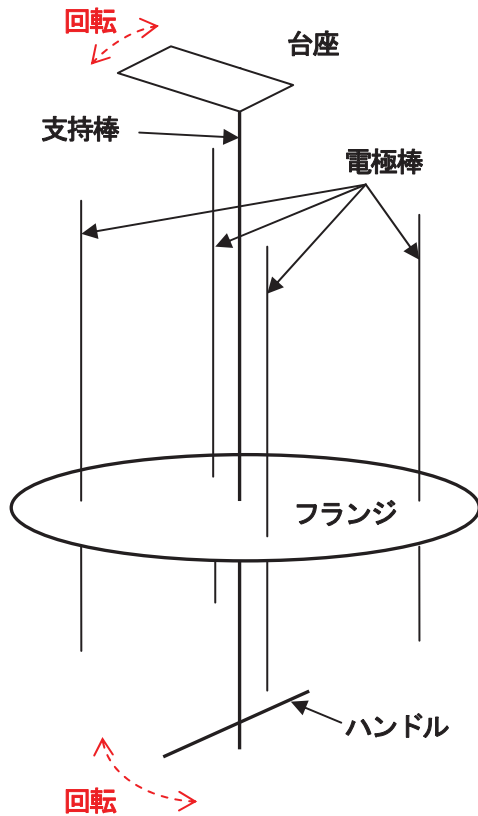


図6 改良後のフランジイメージ

次に、ポートの取付け方法についての検討・設計を試みた。フランジ真上からみたポートの取付けイメージの略図を図7に示す。

図7より、4本の電極棒にポートを取付ける治具を付け、そこに蒸着させる物質を入れるポートを4つセットできるようにした。蒸着手順は、フランジをセッティングし、チャンバー内を真空に引く。電極棒1と電極棒2に電源をつなぎ、電極棒1・2間に台座をセッティングする。このとき、台座がポートの真上に来るようにする。電流を、電源→電極棒1→ポート→電極棒2→電源の順に流し、ポート内の蒸着材料を可熱・蒸発させて、台座に取付けた基板に付着させる。次に、電極棒2・4に電源をつなぎ、台座を電極棒2・4間にセッティングする。電流を電源→電極棒2→ポート→電極棒4→電源の順に流し、ポート内の蒸着材料を加

熱・蒸発させ、蒸着を行う。同様の手順を電極棒3・4及び、電極棒1・4において行えば、フランジを取り外すことなく最大4種類の薄膜を連続して作製することが可能となる。

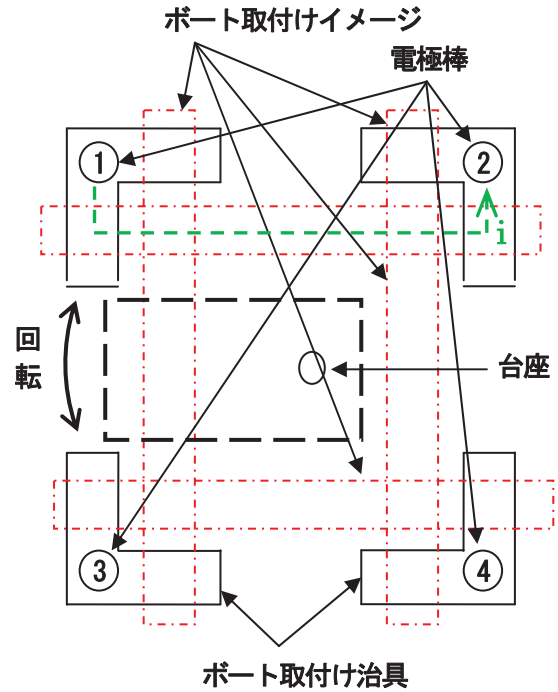


図7 ゲージポート取付けイメージ

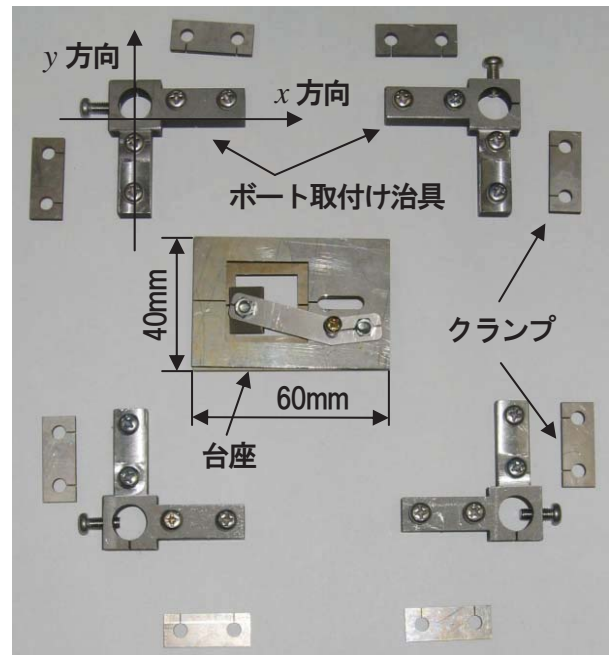


図8 改良のため製作した治具

次に、支持棒に取付ける台座、及び電極棒に取付け

るポート取付け治具の部品図を図8に示す。図8より、ポートを取付ける治具を図のような形状とすることにより、最大4個のポートを取付けることが可能となった。次に、ポートを取付ける部品の拡大したものを図9に示す。

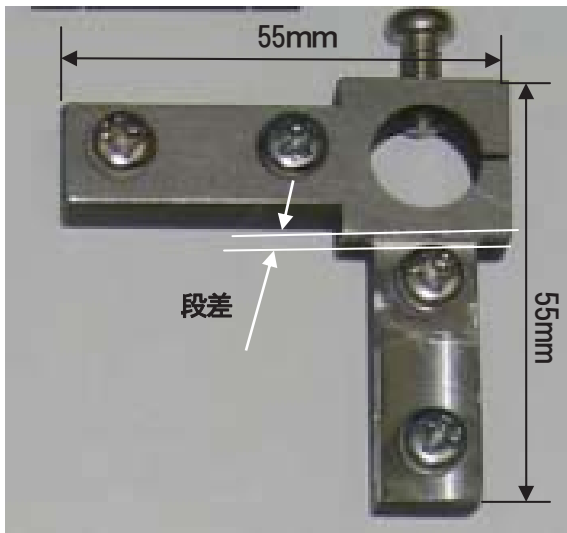


図9 ポート取付け治具

図9より、ポート取付け治具は、 x 方向と y 方向に数ミリの段差をつけ、立体的に取付けできるようにした。ポートの取付けを立体的にした理由は、ポートに電流を流すとかなりの高温になるため、もし隣接するポートが接触していると接触している（隣接の）ポートへの影響が考えられる。そのため、隣接するポートへの影響をなくすため、このような形状とした。また、ポート取り付け治具は電流を流す役割もあるため、腐食に強いステンレス製とした。

次に、台座に関しては、マスクや基板を押さえるクランプの位置や形状を変更した。さらに、台座を前後に微調整できるように改良を加えた。改良後の台座を図10に示す。

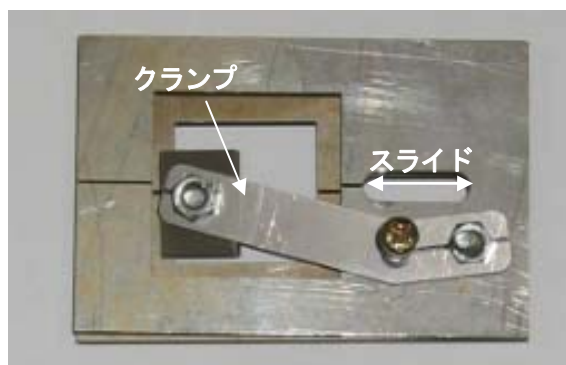


図10 台座

図10より、台座の位置が微調整できることで、蒸着する試験片の位置が電極棒間に設置したポートの真上に移動することが可能となった。そうすることで、2層目や3層目の蒸着を行うとき、台座を回転・移動しても同じ条件で蒸着が可能となった。

次に、改良後のフランジ部分全体を図11に示す。図11より、改良後のフランジは設計通り製作することができ、フランジを取り外すことなく最大4回までの蒸着、及び、薄膜の作製が可能となった。なお、改良後のフランジ・電極棒・台座・台座取付け治具・ポート取付け治具等、改良前と同様に長期間使用しても腐食に強いステンレス製とした。

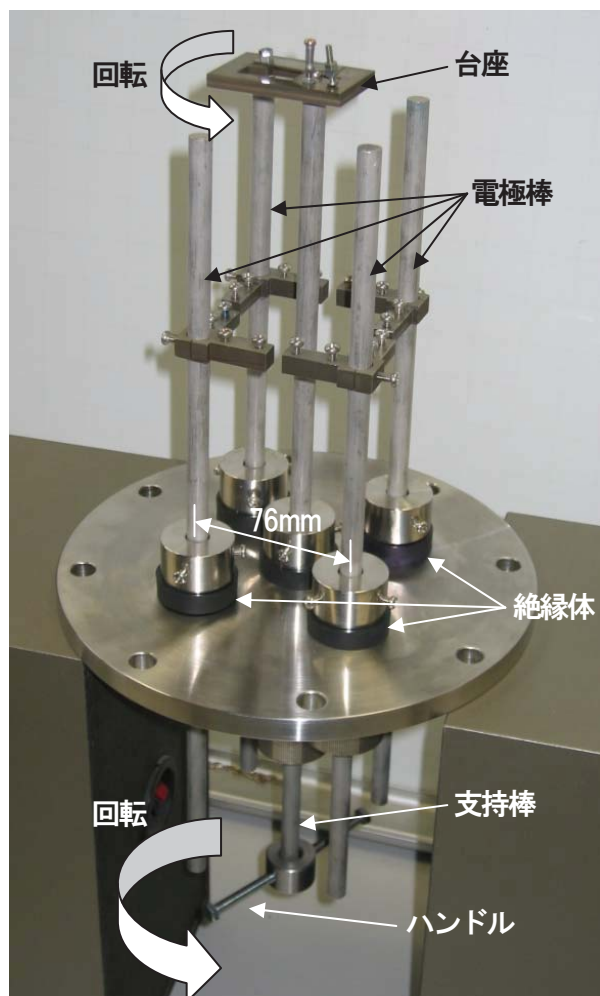


図11 改良後のフランジ

蒸着実験を行うと、蒸着に用いるポートは目視にて赤熱していたが、その他の3つのポートは色が変わらなかった。この理由として

- 部材を熱伝導率の低いステンレスで作っていること (ステンレスの熱伝導率: $16.7 \text{ W/m} \cdot \text{K}$)
- 蒸着ポート以外のポートに流れるエネルギーは、蒸着ポートの1/9になるため

が考えられる。

6. まとめ

今回の実験装置改良の大きな目的は、1 回の実験において最大 4 種類の薄膜を作製できるようにすることであった。そうすることによって、効率化を目指しており、形成したい薄膜の形状が同一で良いという条件の下で、改良の目的は十分果たしていると考えられる。今後においては、複合的次元において研究を行うことになる予想され、より広い視野を広げながら挑戦し

ていく必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 崔 均, 金 光振, 正木孝樹: “韓国における薄膜研究状況”, マテリアルインテグレーション, Vol. 17 No.5, pp. 55-59 (2004).
- 2) 菊池 実, 長倉繁麿, 桶谷繁雄: “交流電弧真空蒸着法と蒸着金属薄膜の構造”, 応用物理, 第 35 巻第 12 号, pp. 890-898 (1966).