



自動化の影に隠れる薄膜技術

光学コンサルタント
(当協会「光学薄膜技術」講座 講師)
臼井 巖 USUI, Iwao

2001年から光学薄膜技術研修会を担当して16年が過ぎた。当初、関係する技術者は限定的なことから、3年くらいの開催と予想していた。しかし、受講人数は減少したものの、現在でも根強い人気があり、近年受講者は横ばいで推移している。昨年末の研修会で、累計670名となった。集計をしてみても、その多さに改めて驚いた次第である。嬉しい誤算は、直接光学薄膜に携わらない技術者が多数参加するようになった所にある。製品開発あるいは光学設計等の担当者が、知識習得のために受講するケースが増加し、これまで参加の無かった新たな業界からの新規受講も増えている。光学薄膜が活用される分野が拡大し、幅広い業界からの関心の高さを感じる。

講義の冒頭、ここ何年かに渡り口にするフレーズがある。“現在、光学薄膜を施した部品が、最終製品のキーパーツになっている物が多くある。これは、生産設備の進歩に寄るところが大きい。”これは、自分自身が30年以上に渡り光学薄膜に携わっているが、現在感じている素直な気持ちである。30数年前は、真空排気以外の操作は全て手動で行った。20層位の膜になれば蒸着材料も途中で足らなくなり、前の層で使った材料を工面しながら何とか成膜をした。また、成膜時間も2時間を超え、緊張感を維持するのが難しく途中で眠たくなることもしばしばあった。自動機に慣れてしまった人には、想像すら難しいかもしれない。

ただ、一足飛びに手動装置から今の最新式の自動装置になった訳ではない。装置の自動化と成膜技術の開発がうまく噛み合いながら、20年30年かけて進歩してきたのである。その甲斐があり、30年前には想像すらしなかった高機能を持った膜を容易に作る事が可能になった。そして、その膜が施された部品が、光学製品を始め各種電気製品や車載製品等のキーパーツとして多く採用されている。

このキーパーツを生産している現場に入ると、自動の成膜装置が整然と並び、周辺の人少なさに驚く。30年前は、実際に成膜している装置の前で、真空度・電子銃・光学モニター等幾つもの機器に付いているメータを確認し、つまみを操作し、合間に電卓も叩きながら忙しく成膜をしたものである。時に、分担を決め二人で制御することもあった。とにかく、作業者と技術者が入り乱れて、賑やかな現場だった。

しかし、今の技術者は綺麗なオフィスのような場所にいることが多く、現場にいる時間が極端に短い。それもうなずける。成膜全ての工程がフル自動である。新たな膜材料の検討をする場合には、材料の固有データを決めるためのデータ取りテストが必要になる面倒さはあるが、機会は少ない。通常はオフィスで考えてきた変更データを入力し、スタートボタンを押すだけである。そして、その後は、成膜の全行程が完了し装置の扉が開くまで装置の前に来なくても構わない。

自動化の中で一番変わったのが、重要なファクターである膜の厚みの制御である。従来は、各層の

制御ポイントを逃すまいと、装置内に組込まれた光学式モニターの光量変化を目を皿にして追っていた。しかし、最近では光学式モニターの制御は勿論自動化されているし、水晶振動子自体に膜材料を付着させその振動数の変化量で制御することもできる。更に、成膜時間のみで制御することさえもある。これらの自動化によって、手動操作は皆無になり、品質の安定度は桁違いに向上した。極端なことを言えば、全くの初心者でも、装置の操作手順さえ覚えれば難しい光学薄膜の成膜を安心して任すことができる。これが現在の光学薄膜の現場である。逆説的な言い方になるが、それだけ今の自動機は完成度が高い。

現在でも、光学薄膜に携わっているが、もう 10 年以上成膜の実務からは遠ざかってしまった。そのため、今の自動機を操作することができず、少し寂しい気もする。それもあり、たまに最新式の自動機が動いている場に出くわすと、しばらく中を覗き込み、そのスムーズな動きに改めて感心してしまう。

現在の進んだ自動機、多くの機器を同時に制御できることもあり、入力が必要なデータ数も非常に多くなった。そのために、技術者は機械の求めに応じデータを入力することが仕事と勘違いしているのではないかと、少し不安に思う時がある。一例を挙げれば、特性の修正をする時、原因を安易に膜厚に持っていき、膜厚コントロールのデータ変更で対処するケースが多いように感じる。特に、特性の調整に難航している場合は、その傾向が強い。本来は、もっと成膜のプロセスに目を向けてから判断をして欲しい所である。

では、成膜技術とは一体どのような仕事なのかを、精密加工やロケットの打ち上げ技術と対比させながら考えてみよう。

精密加工の多くは、恒温室に設置された精密加工機にツールを取り付け、ワークと接触しながら加工を行う。途中でワークの品質状況を観察することも可能であり、中間評価結果を加工にフィードバックすることもでき、徐々に目標に近づけるのである。これに対して、光学薄膜の製法は大きく異なる。スパッタでも蒸着でも、成膜の環境は真空中になり、成膜の前に全プロセスの条件をデータ入力しておき、工程が完了しワークが装置から大気に出てくるまで品質確認ができない。従って、成膜は一発勝負となる。狙った品質になっていなければ、不良になる。このようなことから、光学薄膜ではよく成功率と言う言葉を耳にする。

昨年末から年明けにかけ、H2 型ロケットの打ち上げに成功したニュースが連続してあった。ロケットでも成功率が使われる。日本の打ち上げ成功率が最近では世界最高レベルになり 98%位と聞く。ロケットの打ち上げプロセスの詳細は知らないが、発射 20~30 分後に成功の発表をしている。成膜と似たところがある。真空中を目標に向かって飛んで行くところも同じである。各国のロケット打ち上げ成功率が大きく異なるのと同じく、光学薄膜の成功率も各社で大きな差が出てしまう。難易度の高い薄膜の場合は、その差は更に大きくなる。真空中で起こっている様々な現象を、如何に目標通りに制御できたかで成否が決まる。

そのためには、正に真空中を分子が飛んでいる瞬間に目を向け、どのような事が起こっているのかを具体的に知る事が大切である。ロケットは、風の弱い安定した天気のいい時間帯に打ち上げられ、薄い大気の影響を受けながら上昇する軌道を監視し、各制御系を調整する。光学薄膜も同様である。材料から飛び出した分子は、真空中に残っている僅かな気体分子に衝突しながら、最終的に飛散した半分程度が目標物に到達する。この過酷な環境下で、膜厚モニター等各種測定器の変化を監視しながら、各制御機器の電流や電圧を自動調整し成膜する。光学薄膜の場合、この工程を膜層数分繰り返す。自動で制御されているが、内容の濃い瞬間である。

この瞬間に目を向けることにより、多くの問題点や疑問点が生じる。時に、データの修正のみならず、自動のプログラムの見直しや装置の仕様変更等の必要性が判明する。成膜技術が一步進み、成功率アップの可能性が高まる。

今後、光学薄膜の裾野を更に拡大するためには、この一つ一つの薄膜技術を積み重ねていくことが必要である。そしてそのチャレンジが、自動機を更に進化させて行くことにも繋がる。相乗効果に期待が持てる。

自動の成膜プロセスをブラックボックスにするのではなく、真空中で起こっている現象にしっかりと向き合って欲しい。

光学薄膜の生産の多くが海外にシフトした現在、技術者も減少し、教育の機会も減っている。ごく一部のメーカーでは十分な教育がなされているかもしれないが、多くは教育に苦戦している。手前味噌になるが、そのような場合に、当協会で開催している光学薄膜技術講座も一助になる。受講生の感想を見れば、2日間の講義で基礎教育が完了するわけではないが、理解が深まったとの感想が多く寄せられている。自動機の影に隠れた世界が少し見えたのかもしれない。