

WDM関連製造装置の開発

Development of Manufacturing Equipment for WDM Related Devices

堺 俊夫*

Toshio Sakai

虎谷智明*

Tomoaki Toratani

宮沢和広*

Kazuhiro Miyazawa

大池瑞記*

Mizuki Oike

宮崎浩一*

Kouichi Miyazaki

概要 WDM関連の光デバイスや光部品の需要が急増していることから、生産性、品質、省スペース等をより意識した製造装置が必要となってきており、当社では上記WDM関連製品の製造設備、検査装置の開発を行ってきた。今回は既に開発した装置のうち、LDバーをチップ化する全自動素子分離装置、エージング装置、更には光部品組立てのコア技術である自動調芯装置について報告する。

WDM関連光部品の分野はますます生産量が拡大し、かつ新製品が続々と出て来る業種であるので今後も開発部門、製造部門のニーズを反映させ、競争力のある製品を製造できる装置の開発を進めていくと同時に、既に開発を完了した装置については社外への外販も進めていく予定である。

1. はじめに

WDM関連の光デバイスや光部品が急増している。これに伴い、生産性、品質、省スペース等をより意識した量産対応の製造装置が必要となってきている。当社では上記WDM関連製品の製造設備の開発を行っており、組立て装置に対しては

- ・製品のタクトを上げること
- ・これらの製品部品の傷付けたりゴミ等を付着させないこと
- ・光部品の光軸を精密に調芯・固定できること

検査装置に対しては

- ・高密度に検査できること

を目標に開発を行っているが、当社は光半導体の製造メーカーであるので、装置の専門メーカーでは得にくいノウハウが装置に盛り込んでいると自負している。

本報告では開発した装置のうち、LDバーをチップ化する全自動素子分離装置、エージング装置、更には光部品組立ての核技術である自動調芯装置について記す。

2. 全自動素子分離装置

2.1 全自動素子分離装置の概要

ウェハを劈開し、バーにしたものを個々の素子に分離する工程の自動化を目的に、全自動素子分離装置を開発した。バーを素子分離する工程は、バー状に並んだ素子の境目に傷を入れる作業と、その傷をきっかけにしてバーをチップに分離する劈開作業からなっている。従来の素子分離作業は、傷入れ作業と劈開作業が別の工程で行われており、それぞれに作業者を要し非効率的であった。今回開発した全自動素子分離装置は傷入れと

劈開の2工程からなる素子分離作業を、1台の全自動素子分離装置で統合し、作業の効率化と歩留りの大幅な向上を図った。装置の全景を写真1に示す。本装置は画像処理により分離位置を決定する機構、傷入れ機構、劈開機構の3つの機構から構成されている。バーをセット部に並べ、素子分離ステージにセットし、スタートボタンを押せば、後は自動的に素子分離を行う。また、バーのセット部には10本以上のバーがセットでき、これを連続して自動で分離できるので、作業者の作業はバーのセットと分離したチップの取り外しだけになり、それ以外の時間は他の作業に従事することができる。



写真1 素子分離装置全体図
Scribing & chip cleaving machine

* 設備部 生産技術開発センター

2.2 分離位置決め機構

傷入れ作業においては、従来、素子の先頭位置を作業者がマニュアル操作で指定し、定ピッチ位置に自動で傷を入れていた。このためパー1本1本に対し人間が位置指定をする必要があった。

そこで本装置では画像処理による自動位置決めを行う機構を新たに開発した。CCDカメラで上面からパーを撮影してその姿勢を検出し、 x 、 y 、 θ 方向に移動可能なステージに対して姿勢の修正命令を出す。一度で良好な姿勢修正ができなければ位置検出、修正を繰り返し、素子分離可能な姿勢になったところで素子のパターンから分離位置を自動的に決定する。

2.3 傷入れ荷重制御機構

傷入れ作業は後工程である劈開のきっかけを与えるものであり、傷入れの具合は劈開の結果に大きく影響を与える。光半導体素子のパーは非常にもろいため、傷入れの荷重が大きすぎると割れてしまう。また荷重が小さすぎると分離に必要な傷を得ることができない。よって傷入れは刃物が素子に接触するときの接触具合、及び接触時に素子に加わる力を一定条件に保つ必要がある。

従来は先端が鋭利なニードルで傷入れを行っていたが、本装置では傷入れ用の刃物に写真2に示すような円盤状のものを採用した。円形の刃物は、刃物を分離位置に上から押しつけるだけで分離に必要な傷を入れることができる。また、傷入れを行う刃物上の点が1点でないため、刃物の寿命も長い。更に刃物の1部に寿命が来ても刃物を回転させれば新しい部分で傷入れできるため作業効率も非常に良い。

傷入れ荷重の制御機構は図1のようになっている。傷入れ刃とその固定金具、ウェイトはステージに固定されたばねによって支持されている。傷入れのためにステージが下がり、刃がパーに接触した位置から更にステージが下に移動するとステージに固定されているばねが伸び、これまでばねがすべて支えていた傷入れ刃、固定金具、ウェイトの荷重の一部がパーにかかるようになる。このときステージが下がる位置によってばねの伸びが変わるため、その結果パーにかかる傷入れ荷重を調整することができる。



写真2 素子分離ステージ
Scribing & chip cleaving stage

2.4 劈開機構

従来劈開作業は手作業であり、傷入れ作業の終了後、ナイフ等の道具を用いてパーの裏側から力を加え劈開していた。理想的には、素子は前工程で入れた傷に力を加えることにより傷の部分から鏡面状に劈開されるべきであるが、ナイフで素子を劈開した場合にはナイフの刃を正確に傷の裏側に位置決めできないため、劈開面を安定して得られなかった。

本装置の劈開機構の特徴は、傷入れ時に計測したデータを利用することにより、劈開時に力を加える位置を傷入れ位置と正確に同じにできる点にある。本装置の劈開部は図2に示すような突起を持つ上下のヘッド、ブロックに分かれている。この上ヘッドが傷入れをした部分に対し的確な位置に下がり、パーを押すことにより、下ブロックの接触点が支点、上ヘッドの接触点が力点の役割を果たし、傷入れ部に力が作用して素子が劈開される。このとき、傷に左右から均等な力をかけることにより劈開面が平坦な素子を得ることができる。

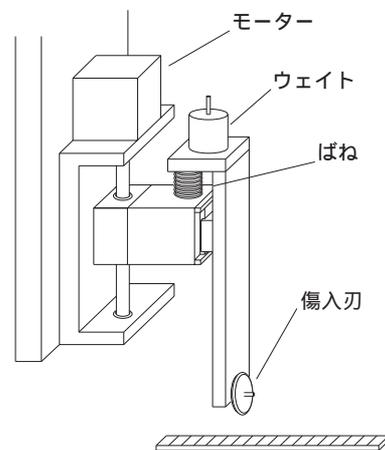


図1 傷入れ機構
Scribe mechanism

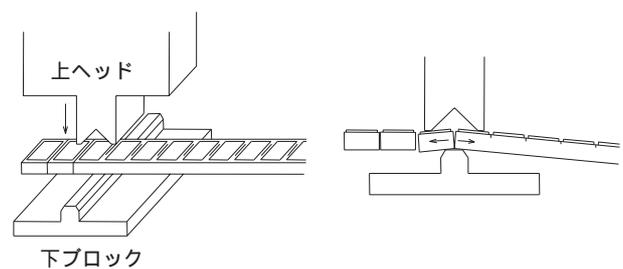


図2 劈開機構
Cleaving mechanism

3. 光半導体用エージング装置

3.1 エージング装置の概要

情報通信の先端を担う光デバイスは高度な信頼性が要求されているが、当社においても光デバイス製品の品質を保証するため各製造工程で厳密な選別評価試験が実施されている。具体的には、チップ製造工程ではチップをキャンに封入した状態で長期信頼性評価試験を実施し、またバタフライモジュール製造工程ではモジュールの状態ですべてに厳密な評価試験を実施している。

これらの選別評価試験に使用するエージング装置には高精度な計測が必要とされるだけでなく、長期間に渡って自動測定を行わなければならないことから高い信頼性が要求される。また作業者が容易に設定、データ収集、解析ができるようにMMI (Man Machine Interface) の充実が必要であり、これら各種の要求を満足するため、社内でエージング装置を内製化し各製造工程に適用している。

以下、当社で開発したエージング装置の特長をLD (Laser Diode) 電源回路部、恒温槽及びPD (Photo Diode) 受光部、テストボード、コンピューターシステムの順番で説明する。

3.2 LD電源回路部

LD電源回路部は、当社が有する光アンプ等での回路技術をベースに用途に合わせ1～5アンペア用の電源を準備している。このLD電源回路はエージング中のLD素子に不要なストレスを与えないことを設計の基本としている。具体的には電源入り切り時にサージ電圧が発生しないよう回路的に配慮を払っているのは当然ながら、電流過渡応答時のオーバーシュート防止を目的にアンチオーバーシュート回路を採用し、更には急峻な電流の立ち上がり、立ち下がり防止のためのランプ回路の採用等、安定性を重視した設計を行っている。

エージングを行う場合の制御方式としては、LDへの負荷電流を一定に制御するACC (Automatic Current Control) と、LD素子で発生する光出力を一定に制御するAPC (Automatic Power Control) の2種類があり用途により使い分けている。また回路の中核部には最新の高性能32ビットCPUを採用し、高精度APC、その他エージングに必要な各種測定を行っている。

3.3 恒温槽及びPD受光部

恒温槽は、LD素子をセットしたテストボードを収納するLD槽と受光用PDを収納するPD槽からなる。PD槽は用途に合わせ1～4槽式のものを用意し、かつテストボードからの熱伝達を良くするため、強力なシロッコファンを使い槽内の温度分布の均一化を図っている。一方、PD槽での受光方式については当社では下記の2方式を用いて採用している。

3.3.1 通常APC方式

通常に実施されている方式であり、LD素子と対応した数のPD受光ユニットをPD槽に配置したものである。LD槽とPD槽の間は石英の光導波路が取り付けられており、テストボードに設置されたLDからは光導波路を介して光がPD受光ユニットに伝わる方式である。

3.3.2 疑似APC方式

コストダウンを目的に、LD槽1槽分LD (40～160個) に受光PDを1個準備し、このPDを各LDの発光位置に順番に移動させていく方式である。テストボードに設置されたLDからは耐熱ガラスを介してPDで受光させ、受光中はAPCを、PDが他の素子に移動した後はその光出力に対応した電流でACCを、行っている。この疑似APC方式には温度特性に優れたPDを採用することにより、PDに起因した経時変化を最小限に押さえている。また、エージング途中にテストボードを取り外し、再取り付けした際の位置ズレによる光出力変動についても、PDの自動調芯機構で修正することにより光出力変動のない安定したエージングを可能にしている。

3.4 テストボード

当社のエージング装置は大量のLDのエージングを考慮し、省スペースを配慮した設計としている。1Aクラスでは560～640ch/装置 (写真3参照) を実現している。

当社の高密度実装のポイントはテストボード (写真4参照) の構造にあり、LDから発生する熱を高効率に冷却フィンに逃がす構造を採用し、良好な結果を得ている。



写真3 エージング装置全体図
Aging machine

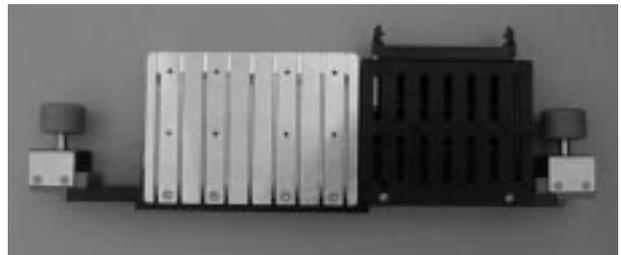


写真4 テストボード
Test board

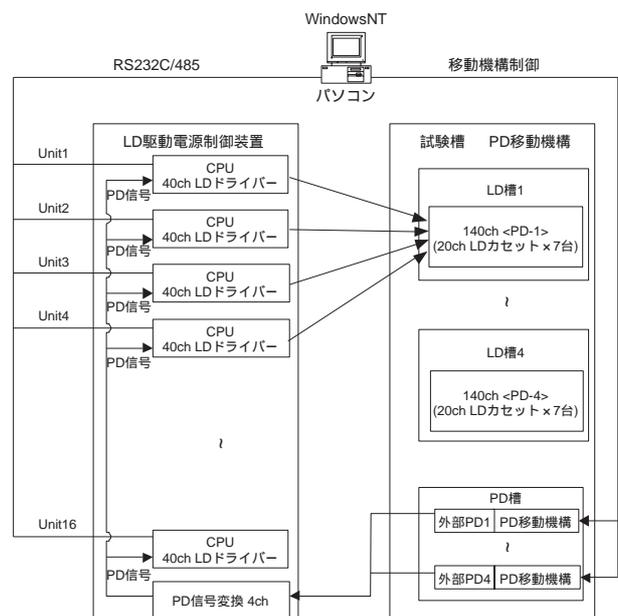


図3 エージング装置システム構成図
Construction of aging system

3.5 コンピューターシステム

信頼性と操作性を配慮し、Windows NTを使い独自設計のアプリケーションソフトウェアを組み込んでいる。そのためエージング試験に必要な設定操作、感度調整はすべてパソコンとの対話操作で実現している。具体的には図3に示すように、LD電源回路部への設定、実績データの収集、PD移動用ロボットの制御機能（疑似APC）等も有している。更にエージングでの測定結果はパソコンのMMI機能で容易にグラフ化できるばかりではなく、LANを経由して上位コンピューターへの送信も可能である。

4. 自動調芯装置開発

4.1 自動調芯装置開発の概要

光デバイスモジュールの製造装置において、生産性の向上（タクトタイム短縮・スキルレス化）を目指す際に、調芯工程はキーポイントとなる工程の一つである。調芯工程は、手動でなされる場合熟練した作業者とそうでない作業者が調芯にかかる時間のばらつきが大きく、また、現在市販されている自動調芯コントローラーはタクトタイムが長く生産性向上のネックとなっていた。そこで当社では市販品と比べ大幅なタクトタイム短縮を可能とした自動調芯装置を開発した。本装置は高性能かつ安価であることから、現在では社内向け（写真5は社内向けファイバー調芯装置）のみならず、海外のデバイスメーカーへも装置を外販している。

以下に光デバイス調芯組立て装置の説明と当社製自動調芯装置の特徴について述べる。

4.2 光デバイス調芯組立て装置

光デバイスの分野において調芯（Alignment:光軸合わせ）とは光受発光素子同士・ファイバー同士、及び受発光素子とファイバーとの光軸を空間的に合わせることをいい、光軸方向（z軸）とそれに垂直な平面（xy平面）の3軸方向に加え、それぞれの軸周りの回転（ θ_x 、 θ_y 、 θ_z ）の合計6自由度の位置を決定



写真5 ファイバー調心装置
Fiber alignment machine

しなければならない。通常は θ_x 、 θ_y 若しくは θ_z といった回転方向の位置決めは機械的に補償される（面合わせ機構・目視による θ_z 合わせなど）ことが多く、実際にはxyz 3軸調芯、若しくはxyz θ_z 4軸調芯を実施するのが一般的である。

調芯の方法はおおよそ以下のとおりである。すなわち、光素子若しくはファイバーを対向させて保持し、一方から光を放ち他方を空間的に移動させながら光を受け、その光パワーが最大となるような位置を探索する。

4.3 当社の自動調芯装置の特徴

当社の自動調芯装置ではxy平面の光量分布を2次曲面に近似してピークを探索する「5点調芯法」を採用している。この方法は汎用的でありなおかつタクトも比較的短いため、様々な調芯形態に適用している。光軸（z軸）方向の調芯については工夫が必要である。z軸方向の光量分布はxyに比べて緩やかであり、なおかつ変動が大きいいため、局所最適に陥らないよう各種工夫を凝らしている。

ハード構成にも特徴がある。ステージコントロールはパソコンに挿入されたコントロールボードからパルスドライバーを制御することで高速化を図り、パルスドライバーはマイクロステップにより1～0.004 $\mu\text{m}/1$ pulseの分解能を実現することができる。光パワーの取り込みもGP-IBによる通信だけでなくADボードを介しても行うことでより高速な測定を可能としている。

これらの工夫を凝らすことにより、従来の市販の調芯装置と比較すると40%前後のタクト短縮が図れた。また、装置の価格についても汎用部品を使用することにより、市販の自動調芯装置よりも大幅に安く製作することが可能となった。

調芯装置内製化の効果は、タクト短縮による生産性向上・内製による装置コスト削減もさることながら、調芯動作を自由にカスタマイズできることが最大の利点である。具体的には当社で自動調芯装置を必要とするあらゆるアプリケーション（ファイバー付け、レンズ付け、フェルルル付け等）に対しカスタマイズするためには光量分布の特徴を理解する（光量分布が急峻なのか・緩やかなのか、また滑らかなのか・変動しているのか、変動しているのならその変動は測定誤差によるものなのか、光の干渉等物理的な要因によるものなのか等々）必要があり、当社の自動調芯装置はこれら社内でする、あらゆるアプリケーションに対応できることにその特長がある。

5. おわりに

今回報告したように、当社ではWDM関連光部品の量産型組立て装置、検査装置の開発を進めており、開発した装置は当社製品の品質の安定化、生産性の向上に大きく寄与している。

WDM関連光部品の分野はますます生産量が拡大し、かつ新製品が続々と出て来る業種であるので今後も開発・製造部門のニーズを反映させ競争力のある製品を製造できる装置の開発を進めていくと同時に、既に開発を完了した装置については社外への外販も進めていく予定である。