

光モジュールの計測調整組立技術

小寺秀和*
下野真也*
池田一貴*

Measurement Adjustment Assembly Technique of Optical Module

Hidekazu Kodera, Masaya Shimono, Kazutaka Ikeda

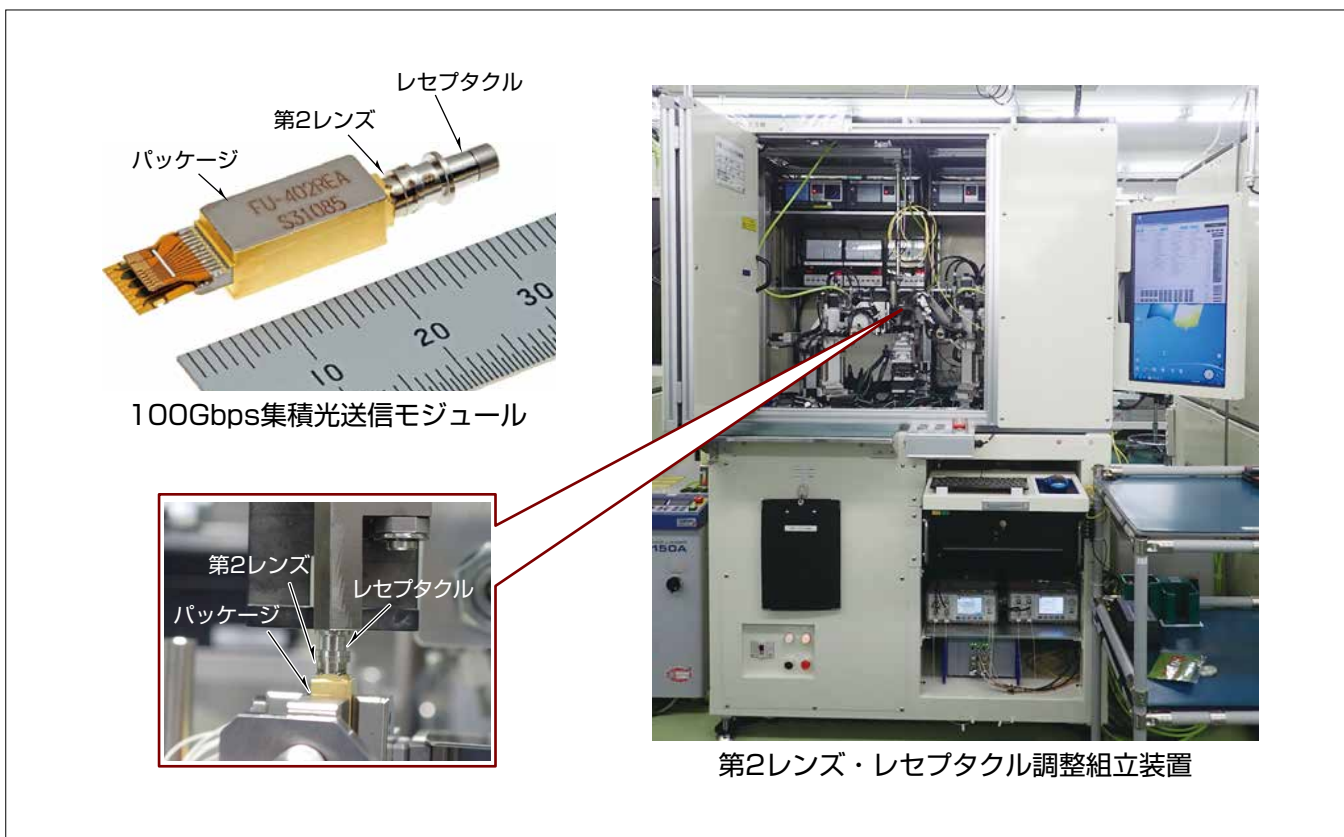
要旨

近年のスマートフォンやタブレットなどの携帯端末の普及に伴い、データ通信量が急速に増大、急増するトラフィックに対応するため、光ファイバ通信機器局内の光伝送装置内の光トランシーバとそれに搭載される光送信モジュールの小型化が求められている。そこで三菱電機では、25Gbps(Gigabits per second)で変調される波長の異なる四つのLD(Laser Diode)を一つのパッケージに内蔵した100Gbps集積光送信モジュールを開発し、市場に提供している。

光モジュールの組立は、規定性能を得る上で、高精度調整が必要になるため、光強度・形状等の物理量を計測しながら、計測結果を基に光学部品の位置を精密調整し、組立固定しているが、100Gbps集積光送信モジュールでは、

四つのLDからの発光光を最終的に一つのファイバに集光する必要があり、パッケージ内に一つのLDだけを搭載する場合より光軸調整回数が増加し、また、より高い調芯精度が要求される。

そこで、高精度調整を短時間で行うための技術開発に取り組み、100Gbps集積光送信モジュール組立のキー工程である第2レンズ・レセプタクルの調整組立工程の工程フローと光軸調整技術の課題を明らかにし、①高速光軸調整技術(ステージ連続動作とデータ一括読出による高速化、調整アルゴリズムの高度化)の開発、②光軸補正の自動化、③組立工程の統合化によって、この工程の組立時間を従来比1/4に短縮した。



100Gbps集積光送信モジュールと第2レンズ・レセプタクル調整組立装置

光モジュールの組立では、規定性能を得るため、光強度・形状等の物理量を計測しながら、計測結果を基に光学部品の位置をサブミクロンレベルで精密調整し、組立固定することが特徴である。今回、100Gbps集積光送信モジュールの高速・高精度組立の上でキー工程となる、第2レンズ・レセプタクルの高速光軸調整技術を開発・装置化し、組立精度向上と生産性向上を実現した。

1. ま え が き

近年のスマートフォンやタブレットなどの携帯端末の普及に伴い、音楽・動画配信などのデータ通信量が急速に増大し、光ファイバ通信機器局内の光伝送装置の増設が求められている。しかしながら、通信基地局内の設置スペースは限定されることから、急増するトラフィックに対応するため、伝送装置内のラインカード当たりの実装密度を上げていく必要があり、必然的に光トランシーバとそれに搭載される光送信モジュールの小型化が求められている。そこで当社では、2014年から、25Gbpsで変調される波長の異なる四つのLDと各LDからの光を平行光化するレンズ及びその光を合波する合波器を一つのパッケージ内に内蔵した100Gbps集積光送信モジュール(以下“集積光モジュール”という。)を開発し、市場に提供している⁽¹⁾⁽²⁾。

光モジュールの組立では、規定性能を得るために光強度・形状等の物理量を計測しながら、計測結果を基に、ファイバ等の光学部品的位置を精密調整し、組立固定しているが、集積化によって、光軸調整回数が集積光モジュール内に実装されているLDの数だけ増大し、かつ調芯要求精度が厳しくなるため、生産性向上を目指し、高精度調整を短時間でを行うための製造技術開発に取り組んだ。また、自動機による調整組立で、品質安定化も実現させた。

本稿では、特に、集積光モジュール組立のキー工程である、第2レンズ・レセプタクル(ファイバ)の計測調整組立技術開発について述べる。

2. 集積光モジュールの構成

図1に、集積光モジュール内部での光学系の概念図を示す。パッケージ内には四つのLD(レーン0~3)、レンズ、及び空間光学系合波器が集積されている。合波器は、ガラスブロックに対して、3枚のBPF(Band-Pass Filter)と1枚のミラーが対面に貼り付けられた構成になっている。この製品は2段レンズの光学系を採用しており、LDから出射して第1レンズを通過後、平行光化されたビームは、合波器に入射され、BPFとミラー間を多重反射することによって、レーン0~3の4波長が合波される。合波器によって束ねられた平行光は、第2レンズを通過することで集光され、レセプタクルからファイバへと入射する。

図2に、パッケージの外部構造を示す。パッケージは、第2レンズと隅肉溶接によって固定され、第2レンズとレセプタクルホルダは突き合わせ溶接によって、レセプタクルとレセプタクルホルダは貫通溶接によって組立固定される。なお、これらの溶接はYAG(Yttrium Aluminum Garnet)レーザー溶接によって行われる。

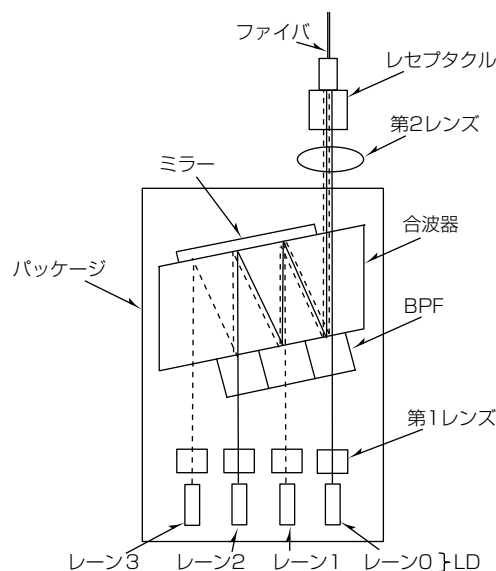


図1. 集積光モジュール内部での光学系

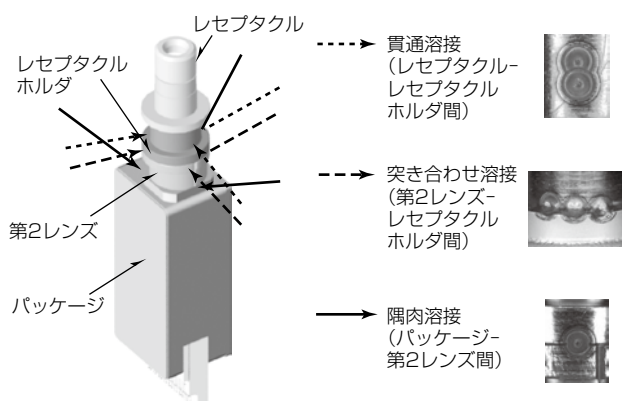


図2. パッケージの外部構造

3. 従来の工程フローと光軸調整技術の課題

3.1 従来の工程フロー

図3及び図4に、従来の第2レンズ・レセプタクル調整組立工程の組立手順及び工程フローを示す。この工程は大別して①第2レンズの光軸調整固定、②レセプタクルの光軸調整固定、③追加レーザー照射・微小歪(ひず)み形成による光軸補正の三つに分けられる。

従来、①~③は、各々完結した異なる工程として、順次、完成品取り出し→部材供給→完成品取り出し作業を繰り返して行っていた。また、従来、一連の工程の中で、③追加レーザー照射による光軸補正の際の光軸補正方向検出作業を自動化できていなかった。

3.2 従来の光軸調整技術

光モジュールの組立では、サブミクロンレベルの組立精度が必要であるため、各種物理量(光強度、形状等)を測定器で計測し、計測結果を基に部品を最適位置に調整し、組立固定している。例えば、ファイバ光軸調整の場合、一般

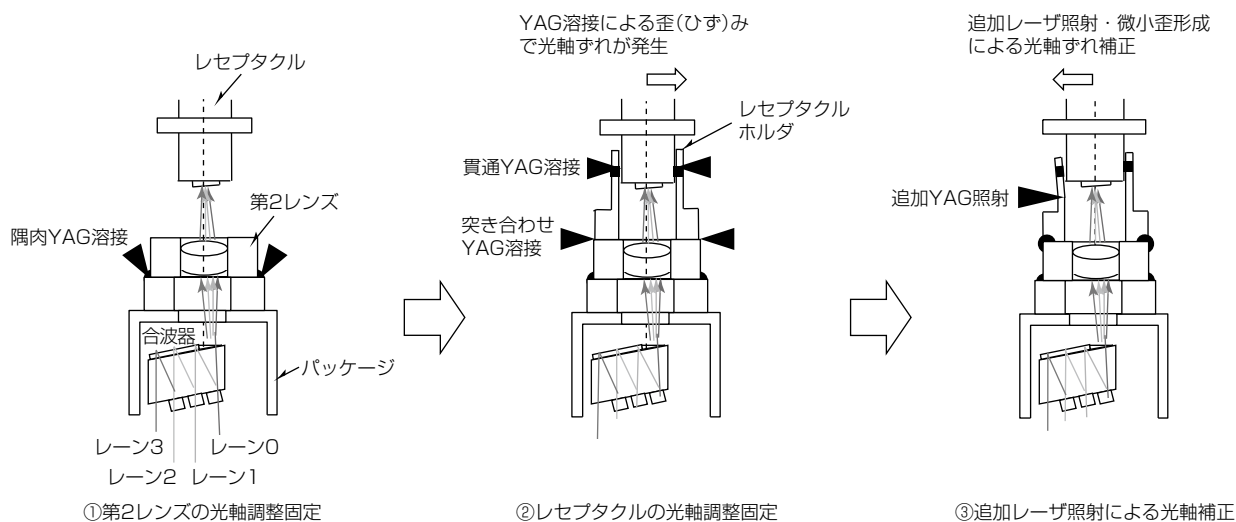


図3. 第2レンズ・レセプタクル調整組立手順

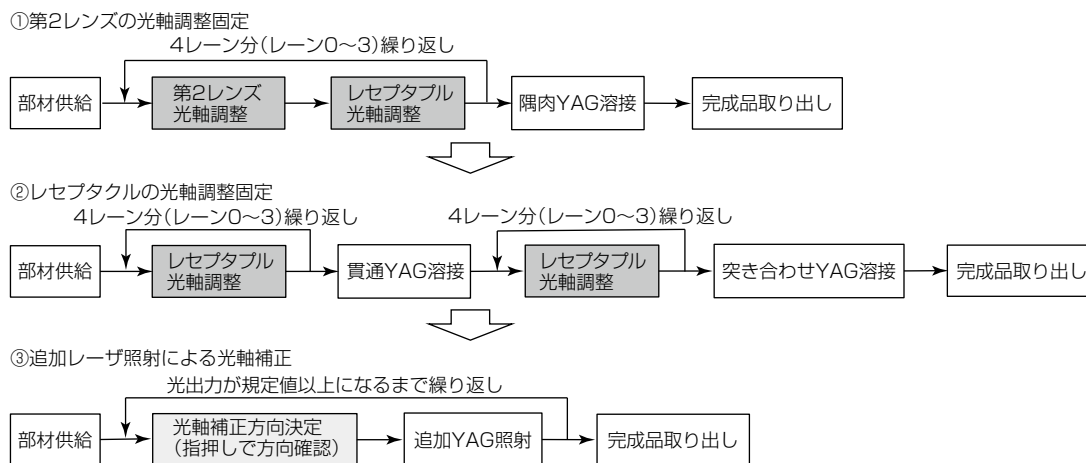


図4. 従来の第2レンズ・レセプタクル調整組立工程フロー

的には光強度測定にはパワーメータ、ファイバの位置調整にはステッピングモータステージが用いられる。ステッピングモータでは、移動中に位置情報を取得できないため、ファイバ位置とその位置で測定される光強度との整合をとるため、ステージを一度停止させてから光強度を測定し、光強度と位置情報を逐次取得する必要があった。すなわち、XY平面上(ファイバの光軸に対して垂直な平面)で光強度測定→計算処理→ステージ移動(ステップ動作)を繰り返し、同平面上で最も光強度が高くなるXY座標にファイバを位置決めする。これをファイバのZ座標を変えながら繰り返し実行し、最終的にファイバを最適位置に位置決めする。

この手法は、高精度に調整できるが、ステップ数の分だけ調整に時間を要する。ステップ数を少なくするため、XY平面上の調整動作で、最初に10 μ m程度の移動量とし、ある程度光強度が得られるように光軸調整し(粗調整)、最終的に調整範囲を絞った上で、0.2 μ mの刻み幅で光軸調整(精調整)するという手段を採用しても調整時間短縮には限界があり⁽³⁾、高精度光軸調整の高速化手法開発が課題であった。

4. 高速光軸調整技術の開発

4.1 ステージ連続動作・データ一括読み出しによる高速化⁽³⁾

図5に、今回開発した集積光モジュール対応光軸調整制御系の構成を示す。従来の課題に対し、調整用駆動ステージとしてステージ内に位置センサを内蔵して位置データを電圧としてアナログ出力可能なピエゾステージを採用し、移動中のステージ位置をアナログ電圧として取得してステージを停止させずにファイバ位置と光強度データの整合性をとることができる。そのため、ステージを連続動作させて光軸調整を高速化することが可能になる。さらに、パソコン内のA/Dボードでステージの位置データ(ステージ位置に比例して出力させるアナログ電圧)とパワーメータからの光強度データ(測定した光強度に比例して出力させるアナログ電圧)の両方を取得、A/D変換器内のバッファメモリで一時的にデータを蓄積し、ステージ動作完了後、ステージ位置データと光強度データを一括して読み出すことで、逐次処理をやめて処理を高速化した。

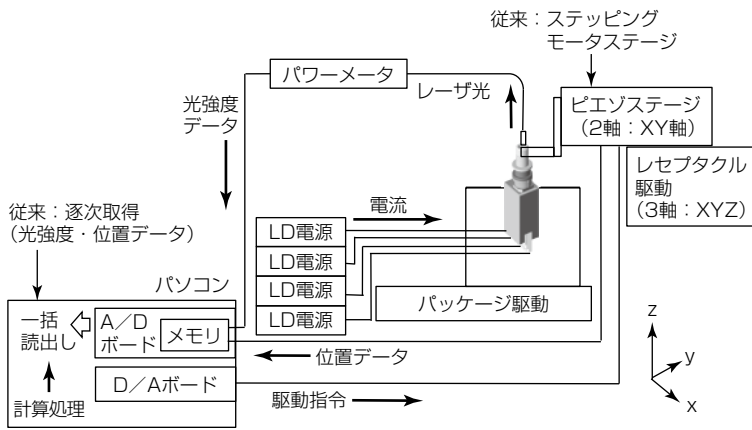
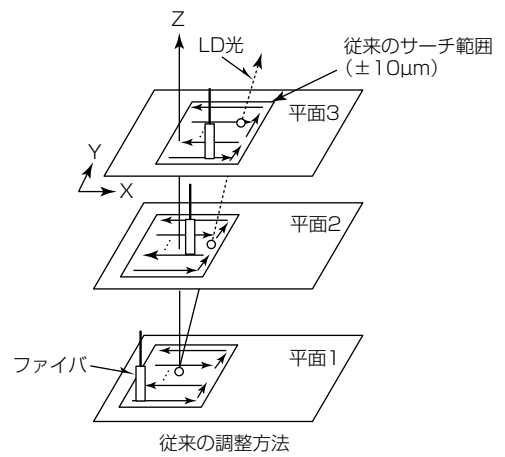
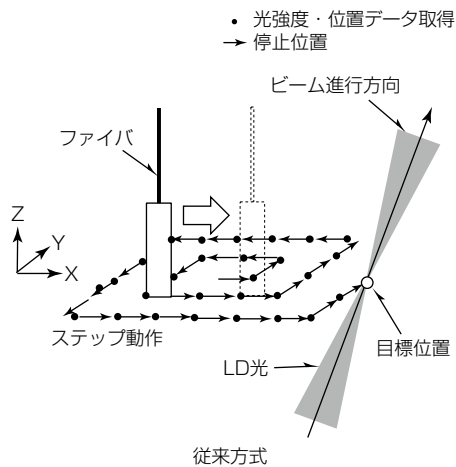


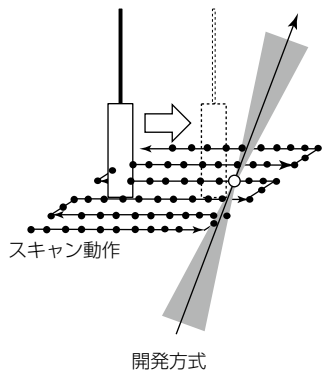
図5. 集積光モジュール対応光軸調整制御系の構成



従来の調整方法

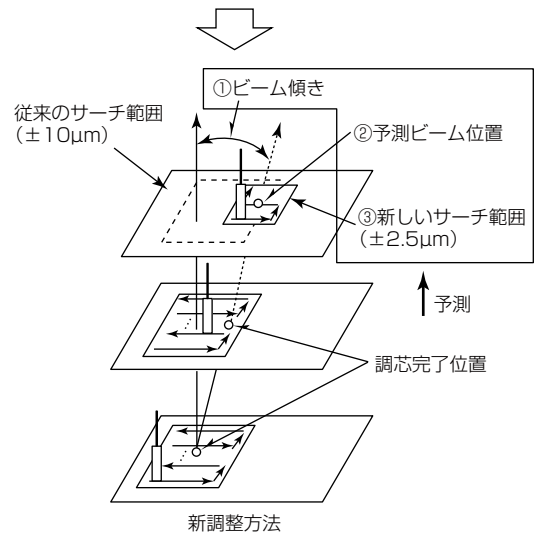


従来方式



開発方式

図6. XY平面内スキャン動作の高速化



新調整方法

図7. 調整アルゴリズムの高度化

4.2 調整アルゴリズムの高度化

調整動作の高速化に加えて、調整アルゴリズムの高度化を行った。具体的には、図6及び図7に示すように、XY平面上でのスキャン動作を連続動作化の上、Z座標の調整で、ビーム位置予測を取り入れた。すなわち、最初の2平面での調芯完了位置を基準に、ビームの傾きを予測し、以降のサーチ範囲を面積比1/16に絞るようにした。これらの取組みによって、光軸調整1回当たりの所要時間を従来比1/7(67.8→9.9秒)に短縮した(表1)。

表1. 光軸調整時間の比較

	従来方法	新方法	
光軸粗調整(秒)	13.4	2.0	⇒従来比: 約1/7
光軸微調整(秒)	54.4	7.9	
合計(秒)	67.8	9.9	

5. 工程の自動化・統合化

5.1 光軸補正工程の自動化

従来、光軸補正方向検出を自動化できていなかった課題に対し、図8に示すように、YAG溶接前後でレセプタクル位置でのレーン0～3での光出力変化量を取得し、光軸ずれベクトルを算出することで光軸補正方向を決定する方法を考案、アルゴリズムに反映し光軸補正作業を自動化した。これによって、第2レンズ・レセプタクル組立に関わる一連作業を全自動化した。

5.2 工程の統合化

従来、図4に示すように、①～③の工程をそれぞれ完結した工程として行っていたのに対し、これらを連続的に統合した。図9に工程統合化後の工程フローを、図10に第2レンズ・レセプタクル調整組立装置の機構部構成を示

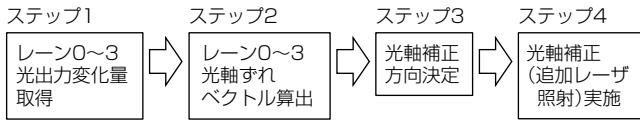
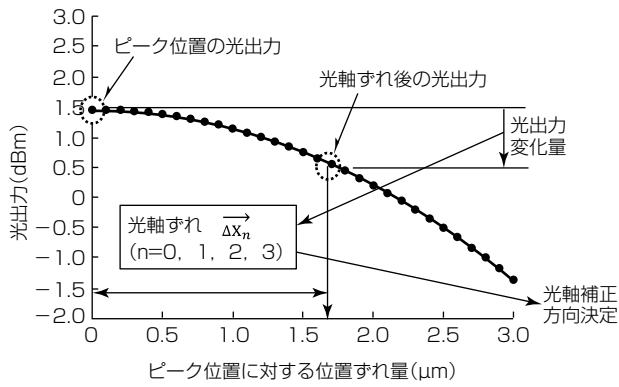


図8. 光軸補正方向決定の自動化

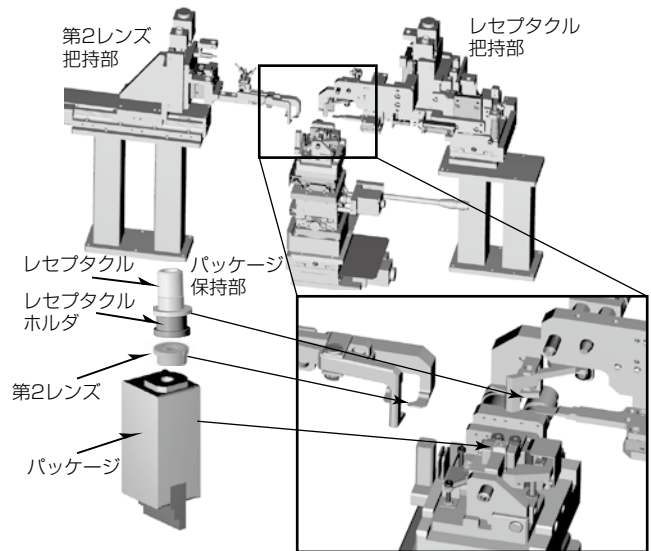


図10. 第2レンズ・レセプタクル調整組立装置の機構部構成

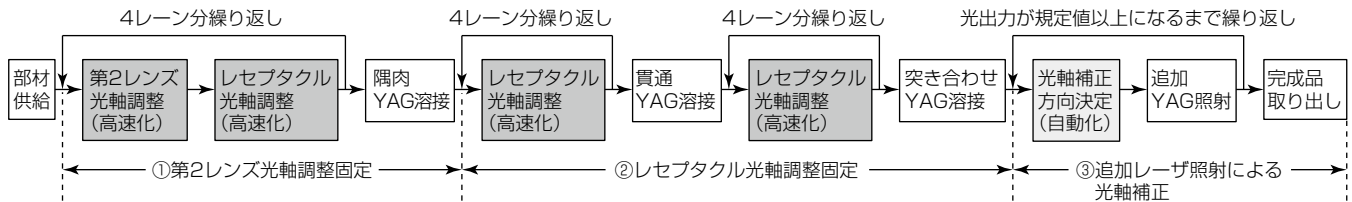


図9. 新しい第2レンズ・レセプタクル調整組立工程フロー

す。工程を統合化し、1台の装置で行うため、機構部として、パッケージ、レセプタクル、レセプタクルホルダ、第2レンズの4部品を供給できる構成にした。さらに、3種類のYAG溶接に対応するためにYAGレーザーヘッドに4軸駆動機構を具備するとともに、パッケージと第2レンズ間及び第2レンズとレセプタクルホルダ間の2か所での溶接部材の面合わせを可能にした。

6. 開発結果

図11に、第2レンズ・レセプタクル調整組立工程の組立時間を示す。4章と5章で述べた、光軸調整の高速化・自動化及び調整組立工程の統合化によって、組立時間を従来比1/4に短縮した。

7. むすび

高精度調整を短時間でを行うために開発した高速光軸調整技術と100Gbps集積光送信モジュールの第2レンズ・レセプタクル調整組立工程への展開を中心に述べた。光モジュールでは、製品の集積化やマルチエミッタ化によって、加工費・製造時間が増大する傾向にあり、今後も、計測調整組立技術の高度化、調整アルゴリズムの進化を図り、品質の安定化、生産性向上、製品競争力強化に貢献すると

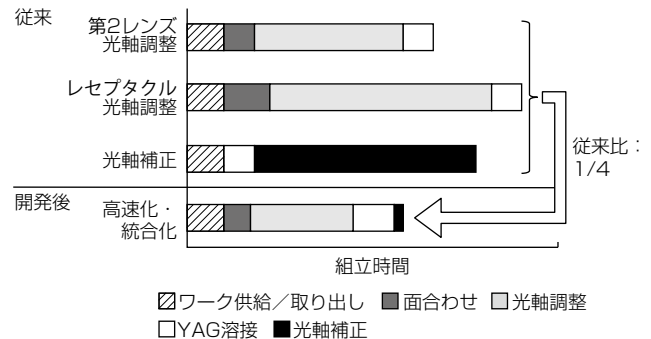


図11. 第2レンズ・レセプタクル調整組立工程の組立時間

もに、人依存・熟練作業の形式知化・自動化を推進し、生産拠点のグローバル化にも対応していく。

参考文献

- (1) 佐藤 陸, ほか: 100Gbps小型集積EML-TOSA, 三菱電機技報, 91, No.5, 273~276 (2017)
- (2) 安井伸之, ほか: 100Gbps光集積送信モジュール, 三菱電機技報, 87, No.2, 137~140 (2013)
- (3) 下野真也, ほか: 光軸調整装置および光軸調整方法, 特許第6355993号