

新型光ファイバリコータ

精密機器事業部 横田 耕一¹・神田 佳治¹・杉山 茂樹¹・前沢 紀行¹

New Optical Fiber Recoater

K. Yokota, Y. Kanda, S. Sugiyama, and N. Maezawa

光ファイバ使用機器内における光ファイバ融着接続部や、光ファイバブラッググレーティングを利用した波長フィルタの被覆除去部には、光ファイバ再被覆装置を用いて紫外線硬化型樹脂で再被覆することが多い。近年、光ファイバの種類に応じて紫外線硬化型樹脂を変更する頻度が増加したため、光ファイバ再被覆装置においては紫外線硬化型樹脂の交換作業性改善が求められている。また、成形された再被覆部の形状に不良があると、長期信頼性を低下させることがあるため、石英ガラス上型と下型のズレに起因する形状不良の低減も求められている。今回これらの要求に応えるべく、新たな光ファイバ再被覆装置を開発した。

Splice point of the optical fiber which is used in instruments and stripped part of Optical Fiber Bragg Gratings are often recoated with UV curable resin by the optical fiber recoater. In recent years, the frequency of exchanging the UV curable resin is increasing because of the variety of UV curable resins used according to the fiber specifications. As a result, customer desires to improve the procedure of exchanging UV curable resin. Furthermore, because a defect of recoated shape may cause decreasing a long-term reliability of a recoated fiber, there is a demand to reduce the shift of the upper and lower quartz glass molds. This paper reports a new optical fiber recoater which meets these requirements.

1. ま え が き

光ファイバの種類に応じて再被覆（以下リコートと記す）に使用する紫外線硬化型樹脂（以下UV樹脂と記す）を変更する頻度が増加しているため、光ファイバ再被覆装置（以下光ファイバリコータと記す）においてはUV樹脂の交換作業性改善が求められている。また、リコート部の長期信頼性を確保するため、石英ガラス上型と下型のズレに起因するリコート形状不良の低減も求め

られている。今回開発した光ファイバリコータは、UV樹脂の交換作業性改善と、リコート形状不良の低減を開発目標とした。

2. 装置の概要

今回開発した光ファイバリコータの装置外観を図1に、仕様を表1に示す。

表1 仕様
Table 1. Specifications.

	開発した装置 FSR-05	従来機 FSR-02
1. 装置		
寸法	252 (W) mm 135 (D) mm 169 (H) mm	255 (W) mm 130 (D) mm 120 (H) mm
重量	2.9 kg	3.8 kg
2. リコート性能		
リコート時間	24 秒	30 秒
上下型ズレ	10000 回 リコート後で 5 um未満	2000 回 リコート後で 約 10 um
3. その他		
UV樹脂ポンプ	チューブ押し出し方式	ピストン方式
UV樹脂タンク	交換可	交換不可
UV樹脂交換時間	15 分	300 分



図1 新型光ファイバリコータ
Fig. 1. New Optical Fiber Recoater.

¹ 製品部 開発グループ

3. 特長および機能

今回開発した光ファイバリコータは、従来機と比較して以下の特長を達成することを目標とした。

- (1) UV樹脂の交換作業性改善
 - ・チューブ押し出し式ポンプの採用
 - ・UV樹脂経路の着脱可能構造
- (2) リコート形状不良の低減
 - ・石英ガラス型の固定構造見直し

3. 1 UV樹脂の交換作業性改善

3. 1. 1 チューブ押し出し式ポンプの採用

光ファイバリコータは、石英ガラス型にUV樹脂を流し込むため、UV樹脂ポンプとUV樹脂タンクを備えている。UV樹脂のような高粘度樹脂を微量吐出する必要があるため、従来機では特殊なピストン型ポンプが採用されていた。図2に従来機のポンプの構造を示す。UV樹脂タンクがUV樹脂ポンプの外部シリンダに直結さ

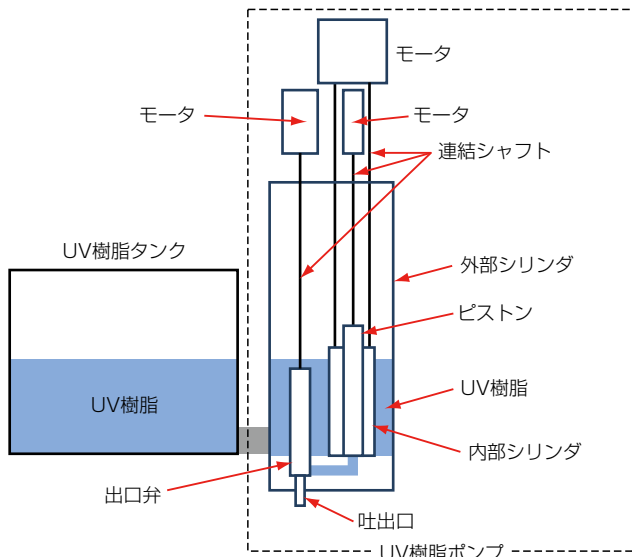


図2 従来のUV樹脂ポンプの構造
Fig. 2. Structure of Conventional UV Curable Resin Pump.

れ、共に装置内部に設置されている。ピストンと内部シリンダや出口弁はそれぞれ連結シャフトでモータに接続され、モータ制御によって上下駆動可能になっている。

図2のように従来機のポンプ構造は複雑であり、ポンプの分解清掃は不可能である。UV樹脂の種類を変更する際は、アルコールをUV樹脂タンクに入れて、ポンプを駆動させ、UV樹脂を洗い流す必要があった。

UV樹脂の交換作業性を改善するためには、UV樹脂を吐出するポンプとして、交換可能なチューブ押し出し式ポンプを採用する必要がある。

図3に今回開発した装置で採用したチューブ押し出し式ポンプの構造を示す。このポンプはモータで駆動されるローラを使って、弾性チューブを圧縮し、チューブ内の液体を押し出す単純な構造である。

また図4に示すように、押し出しポンプ部はモータから容易に着脱可能である。UV樹脂の種類を変更する際は、押し出しポンプ部をチューブと共に交換するだけであり、ポンプ清掃の必要がない。

3. 1. 2 気泡発生対策

ポンプの交換は容易になったが、UV樹脂をチューブ押し出し式ポンプで吐出する際、UV樹脂に発生する気泡が問題となる。図5にチューブ押し出し式ポンプにおける気泡発生の原理を示す。ローラがチューブを通過した後、圧縮されたチューブが復元するため、UV樹脂は減



図4 押し出しポンプ部のモータからの分離
Fig. 4. Separation of Extrusion Pump from Motor.

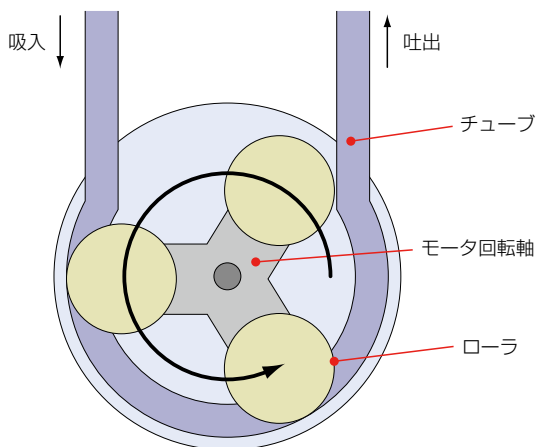


図3 チューブ押し出し式ポンプの構造
Fig. 3. Structure of Tube Extrusion Pump.

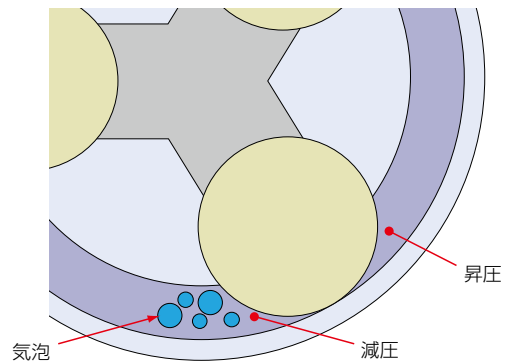


図5 気泡の発生原因
Fig. 5. Cause of Bubble Occurring.

圧される。UV樹脂などの高粘度樹脂の場合、わずかな減圧によって気泡が発生する。また、一度気泡が発生すると、樹脂の粘度が高いため、気泡が自然に消滅するまで時間を要する。気泡混じりのUV樹脂が石英ガラス型へ流れ込むと、リコート形状不良になるため、チューブ押し出し式ポンプをそのまま光ファイバリコータに使用することは困難である。

この問題を解決するため、気泡分離器を新たに開発した。図6に気泡分離器の内部構造を示す。チューブ押し出し式ポンプから、気泡を含むUV樹脂が吸入口から送り込まれる。UV樹脂は2つのルートに分れ、それぞれの吐出口から吐出される。このとき、気泡の浮力により、上方に設置した経路にのみ気泡を含むUV樹脂が吐出され、下方に設置した石英ガラス型への経路には、気泡を含まない樹脂のみが吐出される。実験を繰り返し、気泡分離器の内部形状の最適化を行い、気泡を完全に分離することに成功した。

気泡分離器を使用した場合と使用しない場合のUV樹脂の違いを図7に示す。気泡分離器を使用しない場合、多数の気泡が観測されたが、気泡分離器を使用した場合、気泡は観測されず、分離に成功していることがわかる。

3. 1. 3 UV樹脂経路の着脱化

従来機の場合、UV樹脂の種類を変更する場合は、タンク内に残ったUV樹脂を注射器で吸い取り、さらにUV樹脂タンクにアルコールを入れ、ポンプを駆動させ

ることでアルコールによる循環清掃を行った。UV樹脂をアルコールで清掃した後は、アルコールを乾燥させる必要があった。

図8に示すように、乾燥後は交換するUV樹脂を注ぎ入れるが、上方から流し込むため気泡が混入した。気泡の自然消滅完了まではリコート作業が行えないため、UV樹脂交換には長時間を要した。

今回開発した装置のUV樹脂ポンプとタンクを図9に示す。UV樹脂タンクの上蓋部に気泡分離器を固定し、気泡分離器からチューブ押し出し式ポンプへの経路と気泡分離器から石英ガラス型への経路はゴムチューブで接続する。その結果、図9に示す石英ガラス型へのゴムチューブを外すだけで、図10に示すUV樹脂ポンプとタンクの全てが交換可能となる。

交換後すぐに装置の再稼働が可能なので、UV樹脂交換の作業時間が短縮される。従来機と今回開発した装置のUV樹脂交換時間の比較を図11に示す。従来機に比べ、今回開発した装置は、交換作業時間が大幅に短縮されていることがわかる。

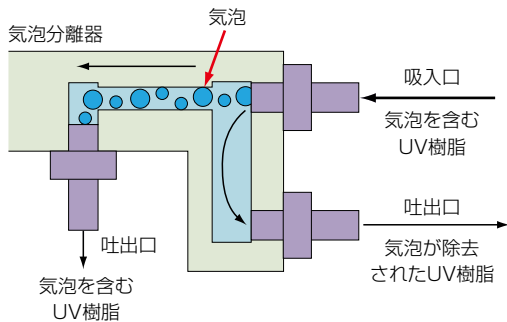


図6 気泡分離器の構造
Fig. 6. Structure of Bubble Separator.

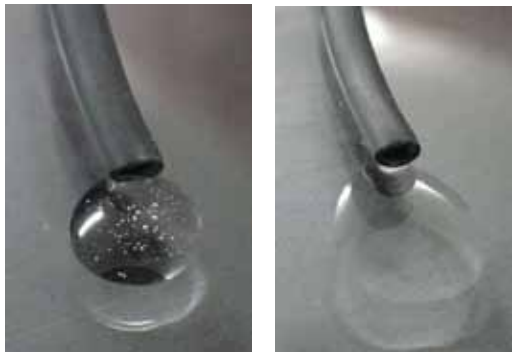


図7 気泡分離器の性能
Fig. 7. Performance of Bubble Separator.

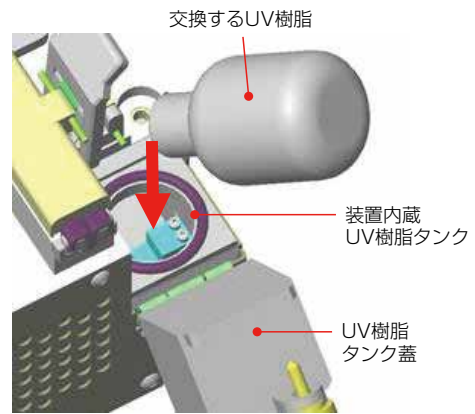


図8 従来のUV樹脂注入方法
Fig. 8. Conventional Infusion of UV Curable Resin.

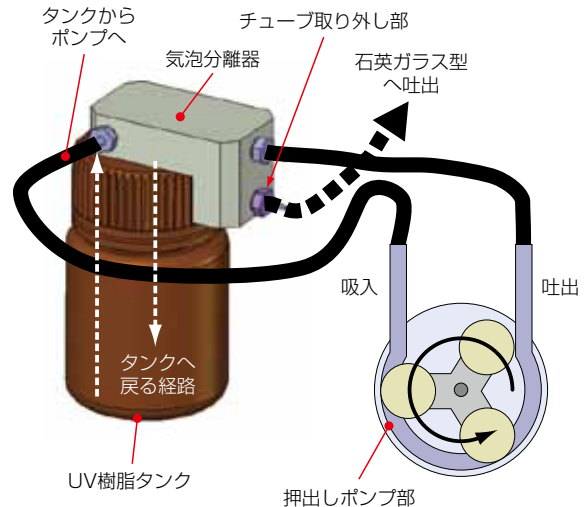


図9 今回開発したUV樹脂ポンプとタンク
Fig. 9. New UV Curable Resin Pump and Tank.



図10 取り外されたUV樹脂ポンプとタンク
Fig. 10. Removed UV Curable Resin Pump and Tank.

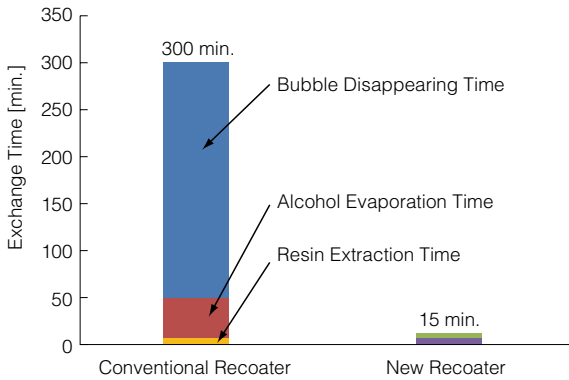


図11 UV樹脂交換時間の比較
Fig. 11. Replacement Time Comparison of UV Curable Resin.

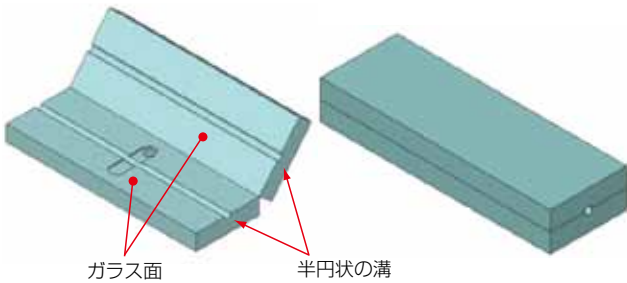


図12 石英ガラス型の上下溝合わせ
Fig. 12. Groove Match of Quartz Glass Molds.

3.3 リコート形状不良の低減

光ファイバリコータの石英ガラス型は、図12に示す光ファイバ被覆径と同程度の半円状の溝を有する。この半円状の溝を、上下で精度よく合わせる必要がある。

図13に従来機の石英ガラス型ユニットを示す。従来機は光ファイバの設置、取り出しが行いやすいように、上下石英ガラス型はヒンジ部を有する台に固定され、開閉可能となっている。それぞれの石英ガラス型は、ネジ8箇所固定されている。

図14に示すように、石英ガラス型は直接ネジ止めされている構造であるため、石英ガラス型は割れないよう弱い締結力で結合されている。

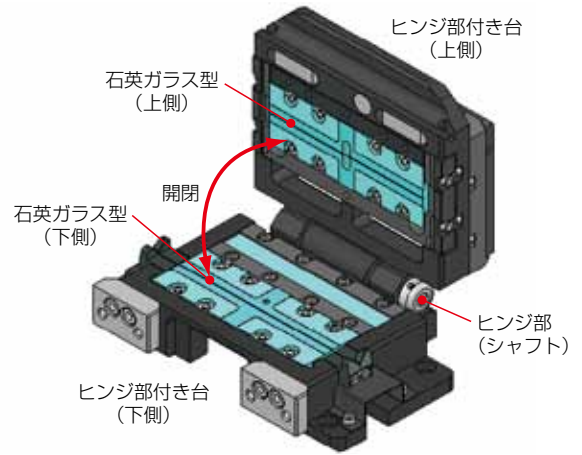


図13 従来の石英ガラス型ユニット
Fig. 13. Conventional Quartz Glass Mold Unit.

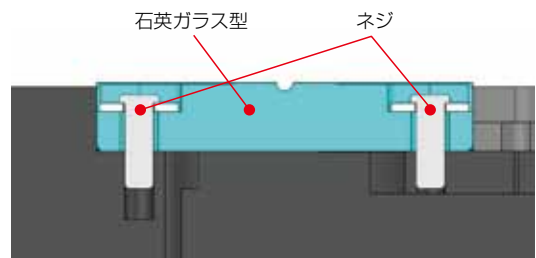


図14 従来の石英ガラス型固定構造
Fig. 14. Fixing Structure of Conventional Quartz Glass Mold Unit.

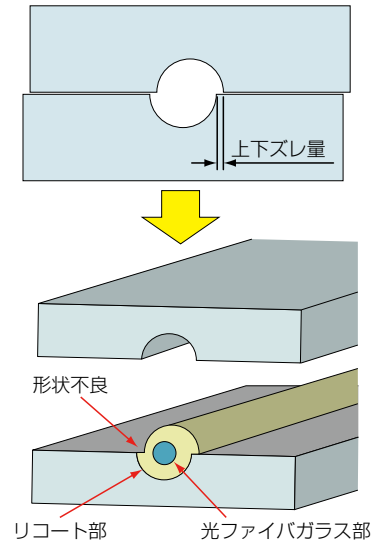


図15 リコート形状不良
Fig. 15. Defect of Recoated Resin Shape.

そのため、石英ガラス型ユニットの開閉を何度も繰り返すと、図15に示すように、上下石英ガラス型の溝にズレが生じる。この結果、リコート形状不良が発生し、リコート部の長期信頼性が低下する。

そこで今回開発した装置は、図16のように石英ガラス型の断面形状を台形とし、両脇に石英ガラス型斜面と同じ角度の斜面を有する金属部品をネジ止めし、さらに

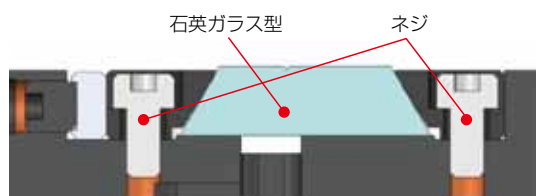


図16 今回開発した石英ガラス型固定構造
Fig. 16. Fixing Structure of New Quartz Glass Mold.

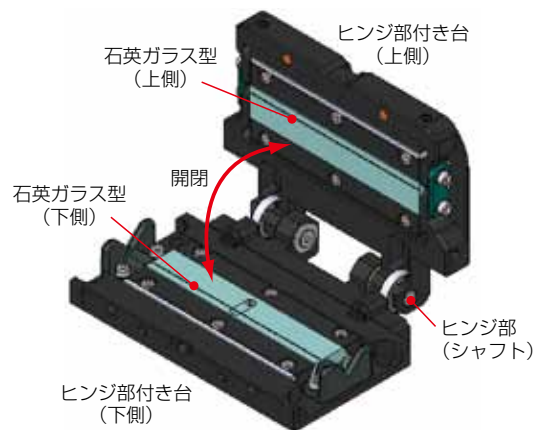
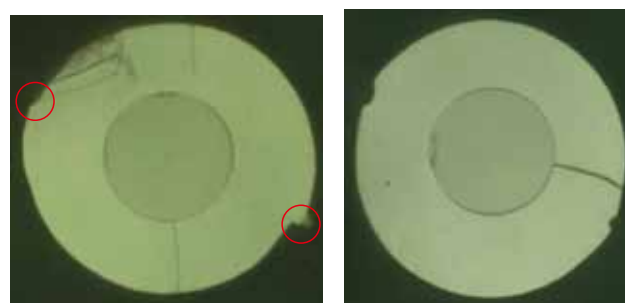


図17 今回開発した石英ガラス型ユニット
Fig. 17. New Quartz Glass Mold Unit.

水平方向から押さえ板を介してネジで押し付ける構造とした。この構造により、上下石英ガラス型を強い締結力で固定することが可能となり、石英ガラス型ユニットを繰り返し開閉してもリコート形状の不良が発生しなくなった。



従来装置
2000回開閉後

今回開発した装置
10000回開閉後

図18 リコート形状のズレ量比較
Fig. 18. Offset Amount Comparison
of Recoated Resin Shape.

図18は従来装置と今回開発した装置で繰り返しリコートを行った際の、リコート形状の断面比較写真である。従来装置は2000回の開閉後に約 $10\mu\text{m}$ のズレが発生したが、今回開発した装置では10000回の開閉後でもズレは $5\mu\text{m}$ 未満に抑えられている。

4. む す び

今回開発した新型光ファイバリコータは、UV樹脂の交換作業性が改善し、手軽にUV樹脂の交換を行うことが可能になった。さらに従来機よりも上下石英ガラス型のズレに起因するリコート形状不良を低減し、長期安定性に優れた性能を実現した。