

シュリンクフィッタを用いた光学レンズの 超精密接合法の基礎的研究

(課題番号 10650139)

平成10年度～平成11年度
科学研究費補助金 [基盤研究(C)(2)]
研究成果報告書

平成12年3月

研究代表者 新 田 勇

(新潟大学大学院自然科学研究科, 助教授)

はしがき

平成10～11年度にわたり文部省科学研究費補助金の交付を受けて行った表記研究課題の基盤研究(C)では、光学レンズの鏡筒への組付けに締りばめを適用することを提案し、申請者が考案したシュリンクフィッタを用いることで締りばめが可能となることを、理論と実験により検討した。従来は、レンズのような光学部品に締りばめを適用することはタブーとされてきた。しかしながら、これまでのレンズ接合法式では、今後予想されるレーザーキャナーの高精度化へは対応できないのは明らかである。特に環境温度が変化した場合は、鏡筒と光学レンズの熱膨張係数が大幅に異なるために、レンズ群の光軸がずれることは避けられない問題となっている。

例えば走査幅30mmでレーザーのスポット径 $6\mu\text{m}$ を補償する6枚組みのレンズを群を鏡筒に組み込むために、従来方法では約 $30\mu\text{m}$ のすきまを設けていた。これでは、走査幅の中心では希望するスポット径が得られるが、走査幅両端では数倍大きなスポット径になってしまう。さらに、環境温度が変化すると各レンズの光軸がずれてスポット径はますます大きくなる結果となっていた。

本研究では、上記のような問題をシュリンクフィッタを用いることで解決しようとした。

2年間の研究を通して、我々が独自に開発した締りばめ用シュリンクフィッタをアルミ鏡筒と光学レンズの接合に用いて、全走査幅にわたるスポット径の改善について検討した。

以下に、その主要な成果のみを取りまとめて報告する。

研究代表者 新田 勇

研究組織

研究代表者 新田 勇 新潟大学大学院自然科学研究科助教授

研究経費

平成10年度	2,500千円
平成11年度	700千円
計	3,200千円

研究発表

【1】学会誌等

- [1]刈田伸樹, 新田 勇,
シュリンクフィッタを用いたスキャナーレンズの超精密接合,
新潟大学大学院自然科学研究科修士論文, 全81ページ,
2000. 2

【2】口頭発表

[1]刈田伸樹

シュリンクフィッタを用いた走査用レンズの超精密接合
日本機械学会第76期全国大会(仙台), 1998年10月1-4日

[2]新田 勇, 刈田伸樹, 小俣公夫, 白井健司

シュリンクフィッタを用いた光学レンズの超精密接合
(第2法, 種々の温度環境下における実証実験)
精密工学会秋季大会学術講演会(仙台), 1999年10月

[3]新田 勇, 刈田伸樹, 小俣公夫, 白井健司

シュリンクフィッタを用いた光学レンズの超精密接合
(第2法, シュリンクフィッタの設計と原理)
精密工学会秋季大会学術講演会(仙台), 1999年10月

[4]新田 勇, 刈田伸樹, 小俣公夫

シュリンクフィッタを用いた光学レンズの超精密接合
(スポット径の微細化)
日本機械学会北陸信越支部第37期総会講演会(柏崎), 2000年3月7日

研究成果

(1) 研究目的

マイクロマシンに代表されるように、マイクロ化が今後の先端的研究の流れの一つになっている。しかし、そのための観測機器は整備されていない。現在ミクロ的なものを観察できるのは、比較的深い焦点深度を持つ走査電子顕微鏡 (SEM) である。しかし、観察視野が狭いことや試料の大きさに制限があることなど使い難い。高精度なレーザースキャナーが開発されればこの問題が解決される。ところで、高精度なレーザースキャナーを開発する上で一番の問題は、レーザ光線を高精度に絞り込むことである。すなわち、複数枚の光学ガラスを鏡筒に組み込む際に、個々のレンズの軸心を超精密に一致させることである。この問題は、機械技術者でなければ解決できない。現在用いられているレンズ接合法では、各レンズはスペーサーにより、軸方向の間隔のみ正確に調整されている。しかし、鏡筒と各レンズの間は隙間が存在するために各レンズの軸心と鏡筒の軸心は一致していない。そのため、レーザ光はある値以下には絞り込むことができない。高級な金属顕微鏡の対物レンズ等では、熟練した職人が手間隙かけて高精度なレンズの組込みを行っている。これらの職人がリタイアすればこのような作業も困難になってくる。申請者は、これまでセラミックスと金属の締めばめの安定化を目的に、シュリンクフィッタという新しい機械要素を考案しそれについての研究を行ってきた。今までの基礎実験でシュリンクフィッタを用いれば、上記問題を解決することが可能であると考えます。

そこで、本研究の目的は、まず第一に、申請者が考案したシュリンクフィッタを用いて、光学レンズ群を鏡筒に超高精度に接合する技術を確立することである。光学レンズ群は現行技術では、簡便かつ高精度に鏡筒に組み込むのは困難である。しかも、レンズと鏡筒の熱膨張係数が異なるため、温度変化の影響を敏感に受ける。本研究で提唱する接合法を用いれば現行接合技術よりも簡便にしかも高精度・高信頼性を保証して接合することが可能である。2年間の研究期間内に、シュリンクフィッタを用いた高精度なレンズ組込み技術を確立し、このレンズによるレーザスポットの結像径が従来のもものよりも優れていることを証明する。

(2) 研究方法および成果の概要

アルミ製の鏡筒に光学レンズを超精密接合するためにシュリンクフィッタを用いた。従来の接合技術では、鏡筒と光学レンズにはすきまが生じるため、各レンズの光軸を一致させることは困難であった。さらに、周囲温度が変化した場合には鏡筒と光学レンズの熱膨張係数が異なるために、光軸は一層その不一致さを増していた。シュリンクフィッタを用いれば、室温における光学レンズの光軸を一致させることは容易であり、さらに周囲温度が変化しても常に最適なシメシロが維持できるのでレンズの光軸がずれることはない。昨年度は、室温においてスポット径が走査幅全域で一定に維持でき

るかを調べ、実験により可能であることを実証した。すなわち、スポット径6 mmを走査幅30mmにわたって維持できることを明らかにした。その際、シュリンクフィッタの材質としてはアクリルを用いた。また、周囲温度を一定としたために、シュリンクフィッタに必要なスリットは入れなかった。

本年度は、周囲温度を5℃から70℃に変化させて実験を行った。そのために、シュリンクフィッタ材は、耐熱性を考えてキャストナイロンを用いた。また、6個所にスリットを入れた。シュリンクフィッタの半径方向の厚さは、以前に求めた簡易式より算出した。

実験の結果、周囲の温度が変化しても、全走査幅にわたってスポット径は設定値6 mmに維持することができた。また、接合後の光学レンズの曲率半径をレーザー干渉計で調べたところ、 $\pm 1/2$ の範囲内に収まっていた。これも設計値どおりの傾向であった。さらに、走査幅15mmで3 mmのスポット径を補償する7枚組みの光学レンズの設計を新たに行い、これについてもシュリンクフィッタの効果を調べた。その結果、6 mmのレンズと同様に設計値どおりの性能を示すことが明らかになった。

今回の、実験でほぼ設計値どおりのスポット径を得ることに成功したが、走査幅両端では、約5%程度スポット径が悪化することが判明した。この原因は現状では明確でないが、光学レンズの光軸方向の距離を保つためのスペーサーにあると考えられる。すなわち、スペーサーは従来接合方法のものを流用しているが、スペーサー外径と鏡筒内径のすきまが大きいのが原因と考えられる。このすきまのために、スペーサーの中心がレンズの光軸とずれて、レンズが傾くと考えられる。

今後の課題

本研究により、シュリンクフィッタを使用することで、光学レンズをアルミ鏡筒に超精密に接合することが可能となることが確認された。しかしながら、レーザースキャナーには更なる小型化が求められている。また、接合面の形状誤差が光学レンズの光軸のずれに及ぼす影響という課題が残されている。

今後は、小型高精度化が求められている光学レンズの接合においてシュリンクフィッタを用いた超精密接合を実現すべく、接合面の形状誤差の問題を検討していく計画である。

謝辞

本研究を遂行する上で、多くの皆様にご協力を頂きました。特に工学部機械工場の白井健司技官には、試験装置の改良や試験片製作を快く引く受けていただきました。

最後に、財政的なご支援を頂いた文部省に謝意を表します。

添付論文

本研究の概要説明のため次の論文等を以下に記載する。

- [1]刈田伸樹, 新田 勇,
シュリンクフィッタを用いたスキャナーレンズの超精密接合,
新潟大学大学院自然科学研究科修士論文, 全81ページ,
2000. 2

- [2]刈田伸樹
シュリンクフィッタを用いた走査用レンズの超精密接合
日本機械学会第76期全国大会(仙台), 1998年10月1-4日

- [3]新田 勇, 刈田伸樹, 小俣公夫, 白井健司
シュリンクフィッタを用いた光学レンズの超精密接合
(第2法, 種々の温度環境下における実証実験)
精密工学会秋季大会学術講演会(仙台), 1999年10月

- [4]新田 勇, 刈田伸樹, 小俣公夫, 白井健司
シュリンクフィッタを用いた光学レンズの超精密接合
(第2法, シュリンクフィッタの設計と原理)
精密工学会秋季大会学術講演会(仙台), 1999年10月

- [5]新田 勇, 刈田伸樹, 小俣公夫
シュリンクフィッタを用いた光学レンズの超精密接合
(スポット径の微細化)
日本機械学会北陸信越支部第37期総会講演会(柏崎), 2000年3月7日