

シュリンクフィッタによる光学レンズの 超精密接合の基礎的研究

(課題番号 12650138)

平成12年度～平成13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14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)

はしがき

平成12～13年度にわたり文部科学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シュリンクフィッタを用いた締め付けを適用するために、高分子材料のクリープ特性を調べた。本接合方法は締め付けであるため、接合部には高い寸法精度が要求される。それを実現するには、加工賃金が高くなる。そこで、接合部の寸法公差の制限が緩和できるような方法を検討した。本研究で用いた、レーザー走査用f レンズの性能は、走査幅が80mmでスポット径が約12 μmである。

初めの方法は、シュリンクフィッタの外周部を旋盤により削り、鏡筒との接合面を小さくした。これにより、シュリンクフィッタの半径方向のコンプライアンスを上昇させて、寸法公差の制限を緩和するものである。この考え方の妥当性は、実験により検証された。

2番目の方法は、鏡筒の母線方向にスリットを入れる方法である。光学レンズを組込んだシュリンクフィッタを鏡筒に挿入した後で、ホースバンドにより鏡筒を締め付けた。これにより、寸法公差の制限はかなり緩和された。実験によりレーザースポット径を測定したところ全走査幅に亘り設計値に近い値が得られた。この方法は有効であるが、鏡筒の剛性がかなり低下するために、実際の応用に当たっては、剛性の観点からの検討が必要となる。

3番目の方法は、シュリンクフィッタに積極的に形状誤差を導入して、シュリンクフィッタのコンプライアンスを高める方法である。この方法の有効性は計算のみにて検証した。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)

交付決定額(配分額)

(金額単位:千円)

	直接経費	間接経費	合計
平成12年度	2,800	0	2,800
平成13年度	700	0	700
平成 年度			
平成 年度			
平成 年度			
合計	3,500	0	3,500

研究発表

【1】学会誌等

- [1]保坂智就, 新田 勇,
シュリンクフィッターを用いた光学レンズの簡易組込の研究,
新潟大学大学院自然科学研究科修士論文, 全75ページ,
2002年2月
- [2]新田勇, 菅野明宏, 刈田伸樹, 小俣公夫, 白井健司
シュリンクフィッターを用いた光学レンズの超精密接合
精密工学会誌, 67巻10号, pp. 1615-1620
2001年10月

【2】口頭発表

- [1]新田 勇, 菅野明宏, 保坂智就, 岡本倫哉, 小俣公夫
シュリンクフィッターのクリープ特性が光学レンズの固定性能に及ぼす影響
日本機械学会第1回機素潤滑設計部門講演会(熱海) 講演論文集P29-30,
2001年 4月03日
- [2]Isami NITTA, Akihiro KANNO, Kimio KOMATA & Satoshi IGUCHI
New joining method for laser scanner lenses by using a shrink
fitter
5 th International conference on computational methods in contact
mechanics(Invited Speech), 2001年 6月19日
- [3]新田 勇
シュリンクフィッターによる光学レンズの新しい組込み方法
日本機械学会2001年度年次大会(福井)講演資料集(No. 01-1)
Vol. VII, P471-472, 2001年8月28日
- [4]新田 勇, 菅野明宏, 保坂智就, 岡本倫哉, 小俣公夫
シュリンクフィッターの応用緩和がレンズ系の光学性能に及ぼす影響
日本機械学会2001年度年次大会(福井)講演論文集(No. 01-1) Vol. III P79-80,
2001年8月30日
- [5]岡本倫哉
シュリンクフィッター用樹脂材料のクリープ特性解析
日本機械学会2001年度年次大会(福井)講演論文集(No. 01-1)
Vol. III P119-120, 2001年8月30日

[6]新田 勇, 菅野明宏, 保坂智就, 西村方壱

シュリンクフィッタを用いたスキャナーレンズの簡易組込方法

北陸信越学生会 第31回学生員卒業研究発表講演会(金沢)

講演論文集, P165-166, 2002年3月7日

[7]新田 勇, 菅野明宏, 岡本倫哉, 伊藤穰, 小俣公夫

レンズ接合用シュリンクフィッタに用いる樹脂材料の検討

北陸信越学生会 第31回学生員卒業研究発表講演会(金沢)講演論文集P41-42,

2002年3月7日

[8]新田 勇, 菅野明宏, 保坂智就

シュリンクフィッタを用いた光学レンズの簡易組込方法

日本機械学会北陸信越支部第39期総会・講演会(金沢)講演論文集

No027-1 P15-16, 2002年3月8日

研究成果

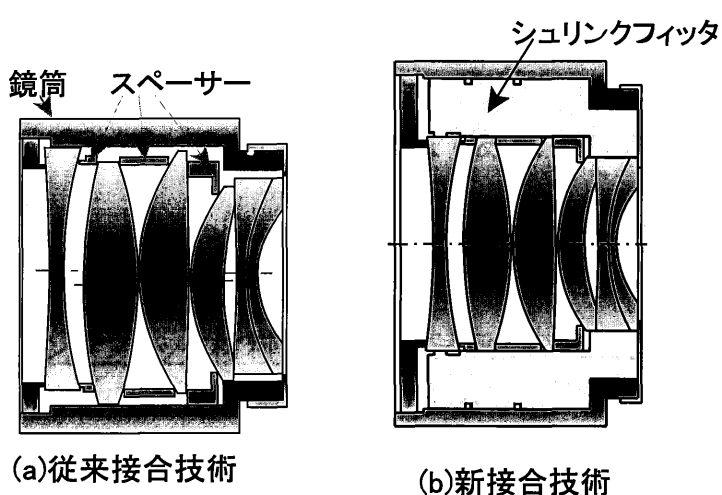
(1)研究目的

これまでは、光学レンズを締めばめで鏡筒に接合することはタブーであった。申請者はこのタブーに挑戦し、シュリンクフィッタ(申請者考案)を用いて、光学レンズを鏡筒に締めばめ接合することに成功した。そして、シュリンクフィッタを用いた接合法では、レンズ群の心出し精度が良いこと、温度変化や振動を受けても心出し精度が不変であるなどの、優れた基本特性があることを明らかにしてきた。これらの特性は、従来接合法のものに比べて格段に優れている。

本接合法は締めばめである。したがって、超精密な接合を行うためには、接合面の形状誤差(円筒度, 真円度)が心出し精度や、レンズの球面の変形に及ぼす影響を明らかにしなければならない。そこで、本研究の目的は、2年間の研究期間内に、形状誤差が光学レンズ接合に及ぼす影響を理論と実験の両面より明らかにすることである。

(2)研究方法および成果の概要

下図(a)に現在のレンズ組み技術の概略を示す。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僅かな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、レーザーの結像スポット径はある値より小さくできない。シュリンクフィッタを用いた接合法の概略を下図(b)に示す。シュリンクフィッタは円筒形状で、図では示していないが半径方向にスリットを有している。シュリンクフィッタは高分子材料製であるため、アルミ鏡筒に比べて熱膨張係数はかなり大きい。したがって、周囲の温度が上昇し熱膨張により鏡筒内径が大きくなっても、シュリンクフィッタはそれ以上熱膨張しレンズ-鏡筒間の弛みを防止する。このため、温度変化があっても構造的にレンズ群の中心軸はずれない。



以上のことを踏まえて本研究では次のような手順で研究を進めた。

平成12年度

1. シュリンクフィッタの最適設計 三次元弾性変形理論に基づき、最適なシュリンクフィッタの形状と寸法を求めた。さらに、レンズと鏡筒の接合面の形状誤差を求めて、形状誤差が接触圧力分布に及ぼす影響を求める数値シミュレーション方法を確立した。

2. シュリンクフィッタ実証試験 考えの妥当性を確認するために、計算された最適形状に基づいて数種類の高分子材料でシュリンクフィッターの製作を行った。試作した鏡筒により、レーザー光が設計値まで絞れるかをビームスキャンおよびビームプロファイラーにより調べた。実験の結果、絞りばめでは接合面の寸法精度の制限が厳しいので、形状誤差は予想したほど大きくないことがわかった。それよりも、厳しい寸法精度のために、接合面の加工コストが高くなることが問題として認識された。

平成13年度

1. 簡易組込み方法 シュリンクフィッタの加工コストを抑えるために、寸法公差の制限を弱めることを検討した。その結果、3つの方法を提案し、それらの妥当性を実験と計算により確認することにした。

第一の方法は、シュリンクフィッタの外周部を旋盤により削り、鏡筒との接合面積を小さくしすることである。これにより、シュリンクフィッタの半径方向のコンプライアンスを上昇させて、寸法公差の制限を緩和するものである。この考え方の妥当性は、理論計算と実験の両面により検証された。

第二の方法は、鏡筒の母線方向にスリットを入れる方法である。光学レンズを組込んだシュリンクフィッタを鏡筒に挿入した後で、ホースバンドにより鏡筒を締め付けた。これにより、寸法公差の制限はかなり緩和された。実験によりレーザースポット径を測定したところ全走査幅に亘り設計値に近い値が得られた。この方法は有効であるが、鏡筒の剛性がかなり低下するため、実際の応用に当たっては、剛性の観点からの検討が必要となる。

最後の方法は、シュリンクフィッタに積極的に形状誤差を導入して、シュリンクフィッタのコンプライアンスを高める方法である。この方法の有効性は計算のみにて検証した。

以上、3つの方法について検討した結果いずれの方法も有効であることが確認できた。

2. シュリンクフィッタ材料のクリープ試験 シュリンクフィッタは高分子材料で作られる。したがって、長期の負荷を受ける場合はクリープ変形が問題となる。数種類の材料について、3種類の温度条件のもとクリープ試験を行った結果、500時間を経過するとそれ以降はクリープ変形が少なくなることを確認した。この変形特性に基づいたシュリンクフィッタの設計方法を考案した。

今後の課題

本研究により、シュリンクフィッタ法に及ぼす形状誤差の影響を求めることができた。さらに、寸法公差の制限を緩和できることが分かった。しかしながら、本研究で提案された3つの方法は原理が確認された段階であり、実際の応用を考えて改善する必要があると思われる。

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確実なものにしていくべく、種々の改善策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]保坂智就, 新田 勇,
シュリンクフィッターを用いた光学レンズの簡易組込の研究,
新潟大学大学院自然科学研究科修士論文, 全75ページ,
2002年2月
- [2]新田勇, 菅野明宏, 刈田伸樹, 小俣公夫, 白井健司
シュリンクフィッターを用いた光学レンズの超精密接合
精密工学会誌, 67巻10号, pp. 1615-1620
2001年10月
- [3]新田 勇, 菅野明宏, 保坂智就, 岡本倫哉, 小俣公夫
シュリンクフィッターのクリープ特性が光学レンズの固定性能に及ぼす影響
日本機械学会第1回機素潤滑設計部門講演会(熱海) 講演論文集P29-30,
2001年 4月03日
- [4]Isami NITTA, Akihiro KANNO, Kimio KOMATA & Satoshi IGUCHI
New joining method for laser scanner lenses by using a shrink
fitter
5 th International conference on computational methods in contact
mechanics(Invited Speech), 2001年 6月19日
- [5]新田 勇
シュリンクフィッターによる光学レンズの新しい組込み方法
日本機械学会2001年度年次大会(福井)講演資料集(No. 01-1)
Vol. VII, P471-472, 2001年8月28日
- [6]新田 勇, 菅野明宏, 保坂智就, 岡本倫哉, 小俣公夫
シュリンクフィッターの応用緩和がレンズ系の光学性能に及ぼす影響
日本機械学会2001年度年次大会(福井)講演論文集(No. 01-1) Vol. III P79-80,
2001年8月30日

[7]岡本倫哉

シュリンクフィッタ用樹脂材料のクリープ特性解析

日本機械学会2001年度年次大会(福井)講演論文集(No. 01-1)

Vol. III P119-120, 2001年8月30日

[8]新田 勇, 菅野明宏, 保坂智就, 西村方壱

シュリンクフィッタを用いたスキャナーレンズの簡易組込方法

北陸信越学生会 第31回学生員卒業研究発表講演会(金沢)

講演論文集, P165-166, 2002年3月7日

[9]新田 勇, 菅野明宏, 岡本倫哉, 伊藤穰, 小俣公夫

レンズ接合用シュリンクフィッタに用いる樹脂材料の検討

北陸信越学生会 第31回学生員卒業研究発表講演会(金沢)講演論文集P41-42,

2002年3月7日

[10]新田 勇, 菅野明宏, 保坂智就

シュリンクフィッタを用いた光学レンズの簡易組込方法

日本機械学会北陸信越支部第39期総会・講演会(金沢)講演論文集

No027-1 P15-16, 2002年3月8日