
超広視野 3D レーザイメージャーの基礎研究

17360071

平成 17 年度～平成 19 年度科学研究費補助金
(基盤研究 (B)) 研究成果報告書

平成 20 年 3 月

研究代表者 新田 勇
新潟大学自然科学系 (工学部) 教授

<はしがき>

平成 17 年度～平成 19 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研究課題「超広視野 3 D レーザイメージャーの基礎研究」基盤研究 (B) では、これまで研究してきた広視野レーザ顕微鏡のさらなる広視野化を研究目的とした。その目的のために、走査レンズ ($f\theta$ レンズ) を、シュリンクフィッタという新しい機械要素を用いて構成することが必要不可欠となる。これまでの研究で、解像度が対物レンズ換算で約 10 倍であり、かつ視野が 10 mm 幅のレーザイメージャーの開発に成功した。今回のレーザスポットの目標は、これまでの $3\mu\text{m}$ から $1\mu\text{m}$ へ結像面のレーザスポットを微細化することである。この目標にしたがって、より解像度を向上させたレンズ設計と試作に挑戦してきたが、 $f\theta$ 特性とテレセントリック性を同時に満足するようなレンズ設計は難しいことが分かった。そこで、解像度は犠牲になるが、走査幅を 10 mm から 50 mm に広げることにした。スポット径は $10\mu\text{m}$ となるが、超広視野化のレーザ顕微鏡を開発する目的にはそっている。光学設計ソフト Code V を使用して、5 枚組のレンズを設計した。レンズと鏡筒などを外注し、寸法と真円度を測定した。主走査方向のスポット径は、光軸中心では設計値通りの値となったが、走査幅両端近くでは倍近くの値になった。副走査方向のスポット径は走査幅全域で設計値通りの値となった。この原因を探るために考え得る可能性を一つずつつぶしていった。最終的には原因を特定することができた。結果的には、走査幅 50 mm で解像度約 $6\mu\text{m}$ の超広視野のレーザ顕微鏡を試作することができた。

以下に、その主要な成果のみを取り纏めて報告する。

研究組織

研究代表者：新田勇（新潟大学自然科学系教授）

交付決定額（配分額）

（金額単位：円）

| | 直接経費 | 間接経費 | 合 計 |
|----------|------------|-----------|------------|
| 平成 17 年度 | 6,200,000 | 0 | 6,200,000 |
| 平成 18 年度 | 4,100,000 | 0 | 4,100,000 |
| 平成 19 年度 | 3,700,000 | 1,110,000 | 4,810,000 |
| 総計 | 14,000,000 | 1,110,000 | 15,110,000 |

研究発表

【1】学会誌等

- [1] 新田勇, 菅野明宏, 岡本倫哉, 長岡泰,
シュリンクフィッタを用いた広視野レーザ顕微鏡,
精密工学会誌, 73 巻 11 号, (2007) , pp. 1226-1232.
- [2] 新田勇, 芳賀亮介, 菅野明宏,
シュリンクフィッタ技術を用いた広領域レーザ微細加工装置の開発,
日本機械学会論文集 (C) 73 巻 734 号, (2007) pp. 2841-2847.

【2】口頭発表

- [1] 木元大寿, 新田勇, 菅野明宏,
レーザ顕微鏡の広視野化に関する研究,
日本機械学会北陸信越支部第 45 期総会・講演会講演論文集 p. 343-344
2008 年 3 月 8 日
- [2] 吉野幹, 木元大寿, 新田勇,
広視野レーザ顕微鏡を用いたひずみ測定法の研究,
日本機械学会北陸信越支部第 45 期総会・講演会講演論文集 p. 345-346
2008 年 3 月 8 日
- [3] 江渕倫太郎, 新田勇, 木元大寿,
広視野レーザ顕微鏡による紙搬送用ローラ接触面の観察,
日本機械学会北陸信越学生会
第 37 回学生員卒業研究発表講演会 (福井) 講演論文集 p. 153-154
2008 年 3 月 7 日
- [4] 芳賀亮介, 新田勇,
シュリンクフィッタ技術を用いた広領域レーザ微細加工装置の開発,
日本機械学会北陸信越支部第 44 期総会・講演会講演論文集 p. 233-234
2007 年 3 月 8 日

研究成果による産業財産権の出願・取得状況
なし

研究成果

(1) 研究目的

申請者は、シュリンクフィッタを用いてポリゴンミラーや光学レンズを高精度に接合する方法を開発してきた。本研究の目的は、これらの技術を核に走査型電子顕微鏡 (SEM) なみの高解像度を持ちながらも視野が格段に広い新しいタイプの顕微鏡を世界に先駆けて研究開発することである。

一般的に観察装置の視野と解像度の関係は、トレードオフの関係にあり、解像度を上げると視野は狭くなる。この関係に逆らった顕微鏡を開発することが本研究の目的である。そのためには、走査レンズ ($f\theta$ レンズ) とレーザ走査装置 (ポリゴンミラー) を、これまで申請者が研究してきたシュリンクフィッタという新しい機械要素を用いて構成することが必要不可欠となる。これまでの研究で、解像度が対物レンズ換算で約 10 倍であり、かつ視野が 10 mm 幅のレーザイメージャーの開発に成功した。通常の観察装置に比べると、その視野は約 20 倍と格段に広いものである。本研究では、これまでに開発したレーザイメージャーの解像度をさらに引き上げること、または視野をさらに広げることが計画している。

本レーザイメージャーは、SEM なみの高解像度を持ちながらも、SEM に要求される試料の前処理や真空チャンバーに入れるという煩わしさなしで使用することが可能である。したがって、新しいタイプの顕微鏡としてトライボロジーの分野などで幅広く活用されるものと考えられる。

(2) 研究成果および成果の概要

今回のレーザスポットの目標は、これまでの $3\ \mu\text{m}$ から $1\ \mu\text{m}$ へ結像面のレーザスポットを微細化することである。初年度に目標値となるレーザスポット径 $1\ \mu\text{m}$ を走査幅 3 mm にわたって走査できるレンズ群を設計した。その際に、 $f\theta$ 特性とテレセントリック性を同時に満足するように努めたが、現在のところテレセントリック性を満足することはできなかった。2 年目は、アルミ鏡筒を外注して、寸法と真円度を測定した。初年度製作したレンズをシュリンクフィッタ法により鏡筒に組み込んだ。走査用レンズを光学ベンチ上に搭載して、結像面上でのレーザの結像性能を調べた。使用した半導体レーザの波長は 405 nm である。光軸中心でのレーザの結像性能は設計値をほぼ満足することが確認できた。しかしながら、走査幅両端近くの結像性能は設計値を満足することはできなかった。このような結像特性になったことの原因を光学設計ソフトである Code V を使用して究明し、改善策を作成した。

上述のように、より解像度を向上させたレンズ設計に挑戦してきたが、 $f\theta$ 特性とテレセントリック性を同時に満足するようなレンズ設計は難しいことが分

かった。そこで、解像度は犠牲になるが、走査幅を10 mmから50 mmに広げることにした。スポット径は10 μ mとなるが、超広視野化のレーザ顕微鏡を開発する目的にはそっている。光学設計ソフト Code Vを使用して、5枚組のレンズを設計した。レンズと鏡筒などを外注し、寸法と真円度を測定した。その後、シュリンクフィッタをNC旋盤で自作し、レンズを鏡筒に組み込んだ。走査用レンズを光学ベンチ上に搭載して、結像面上でのレーザの結像性能を調べた。使用した半導体レーザの波長は405nmである。主走査方向のスポット径は、光軸中心では設計値通りの値となったが、走査幅両端近くでは倍近くの値になった。副走査方向のスポット径は走査幅全域で設計値通りの値となった。この原因を探るために考え得る可能性を一つずつつぶしていった。最終的には原因を特定することができた。結果的には、走査幅50 mmで解像度約6 μ mの超広視野のレーザ顕微鏡を試作することができた。

(3) 今後の課題

科学研究費補助金を与えて頂いたことにより、視野の広いレーザ顕微鏡を開発することができた。一度に広い視野を観察できる技術は、機械工学を始めとする工学分野にとどまらず、理学分野や農学分野および医学分野などにも応用することが可能となる。将来的には本技術を多方面に応用展開していく計画である。

応用展開を図っていく上での課題の一つとなるのは、高解像度化である。今のレーザ顕微鏡の総合倍率をさらに2倍から3倍程度引き上げたい。そのために走査用レンズの開発が緊急の課題である。

謝辞

本研究を遂行するに上で、研究室の学生さんを始め多くの皆様にご協力を頂きました。特に、新潟県県央地場産センターの菅野明宏氏にはレンズの設計を快く引き受けて頂きました。

財政的なご支援を賜りました文部科学省には深く謝意を表します。

添付論文

【1】学会誌等

- [1] 木元大寿, 新田勇,
レーザ顕微鏡の広視野化に関する研究,
新潟大学大学院自然科学研究科修士論文, 全 65 ページ, 2008.2
- [2] 新田勇, 菅野明宏, 岡本倫哉, 長岡泰,
シュリンクフィッタを用いた広視野レーザ顕微鏡,
精密工学会誌, 73 巻 11 号, (2007) , pp. 1226-1232.
- [3] 新田勇, 芳賀亮介, 菅野明宏,
シュリンクフィッタ技術を用いた広領域レーザ微細加工装置の開発,
日本機械学会論文集 (C) 73 巻 734 号, (2007) pp. 2841-2847.

【2】口頭発表

- [1] 木元大寿, 新田勇, 菅野明宏,
レーザ顕微鏡の広視野化に関する研究,
日本機械学会北陸信越支部第 45 期総会・講演会講演論文集 p. 343-344
2008 年 3 月 8 日
- [2] 吉野幹, 木元大寿, 新田勇,
広視野レーザ顕微鏡を用いたひずみ測定法の研究,
日本機械学会北陸信越支部第 45 期総会・講演会講演論文集 p. 345-346
2008 年 3 月 8 日
- [3] 江渕倫太郎, 新田勇, 木元大寿,
広視野レーザ顕微鏡による紙搬送用ローラ接触面の観察,
日本機械学会北陸信越学生会
第 37 回学生員卒業研究発表講演会 (福井) 講演論文集 p. 153-154
2008 年 3 月 7 日
- [4] 芳賀亮介, 新田勇,
シュリンクフィッタ技術を用いた広領域レーザ微細加工装置の開発,
日本機械学会北陸信越支部第 44 期総会・講演会講演論文集 p. 233-234
2007 年 3 月 8 日