

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 29 日現在

機関番号：11301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2013

課題番号：24657098

研究課題名(和文) アキシコンレンズを用いた完全ラットトップレーザーの作成

研究課題名(英文) Developed the flat top laser illumination system by using two axicon lens

研究代表者

石島 秋彦 (Ishijima, Akihiko)

東北大学・多元物質科学研究所・教授

研究者番号：80301216

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円、(間接経費) 930,000円

研究成果の概要(和文)：本研究においては、2枚のアキシコンレンズを組み合わせることにより、フラットトップレーザー照射系の構築を試み、基礎的な光学系の設計、光強度プロファイルの確認などを行った。その結果、様々な問題点が明らかになった。それは二つのアキシコンレンズのジオメトリの精度の問題である。二つのアキシコンレンズを対面させる際、その中心線の精度、傾きが光強度プロファイルに大きく影響することがわかった。現時点での光学部品の精度ではなかなか安定した光学系を作成することが困難であった。さらに、レーザー自体の強度プロファイル、ビーム系の精度も大きく影響した。これらの点をいかに安定して、簡易に設計するかが今後の課題である。

研究成果の概要(英文)：In this study, we developed the flat top laser illumination system by using two axicon lens. As a results, there are some problems that are the geometry between the two axicon lenses. The profile of optical intensity was influenced by the relative position and angle of the two lenses. In the accuracy of the current parts of photonics, it is hard to construct the stable system. And the optical profile of laser itself affected the profile of flat top laser. It is necessary to design more easy and stable the optical system.

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：生物科学・生物物理学

キーワード：アキシコン

1. 研究開始当初の背景

近年、1分子イメージング技術の発達により、さまざまなタンパク質、ヌクレオチド、脂質などの生体分子の動態を1分子レベルで観察できるようになってきた。しかし、生命現象を深く理解するためには、現状での1分子イメージングから得られる知見、局在、拡散運動だけでなく、定量的な情報を得ることが必須となる。今までにも、蛍光強度からの分子数の見積もりなどが行われてきているが、その精度を阻んでいるものが励起用レーザーの強度プロファイルである。一般的なレーザーはビーム中央の光強度が強く、周辺では弱くなる、いわゆるガウス型強度プロファイルを持っているが、そのまま励起として使用すると、中央が明るく、周辺が暗くなるという問題点を生じる。そのため、ビーム径を広げて中央部のみを使う、と言う対処療法で使用しているのがほとんどであるが、強度ムラが完全に解消されるわけではない。そのため、フラットトップ型に変更する光学機器がいくつか市販されている(コヒーレント、リーディングテックスなど)が、いずれもレーザー独特の性質である平行性などが損なわれてしまっている。レーザーの特長を生かしたままフラットトップ型が達成できれば、イメージング技術の定量解析に大きく貢献できることはもちろん、加工技術などにも応用可能となる。

2. 研究の目的

2枚のアキシコンレンズを組み合わせることにより、完全なるフラットトップ化したレーザー照射系の構築を試みる。フラットトップ化した照明系を用いることにより、1分子イメージングなどの蛍光観察において、定量的な評価を行うことが可能となり、さらなる生命現象の理解が深まることが期待できる。

3. 研究の方法

・アキシコンレンズを用いたフラットトップ化光学系の構築

図1. に示すように、アキシコンレンズは円錐型をしたレンズであり、リング状のレーザービームを構築する際に用いられるレンズである。図2. に示すように、アキシコンレンズを対面する形で設置すると、輪帯照明を作成することができる。この時、レーザー強度分布を考えると、ガウス型のレーザー強度分布を中央で二分割したものとなる。この強度分布はちょうどもとのレーザーの強度分布と相補的な形状となる。つまり、図3. に示すように、輪帯光と直接光を重ね合わせた光学系を構築すれば、フラットトップに近い照明が可能となる。

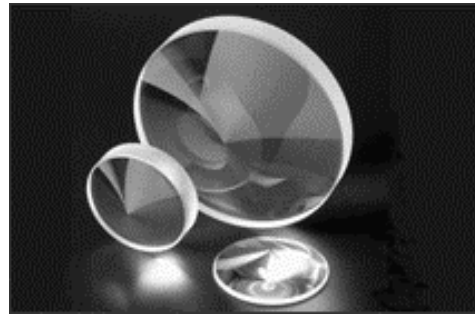


図1. アキシコンレンズ (東京インストルメンツ HP より)

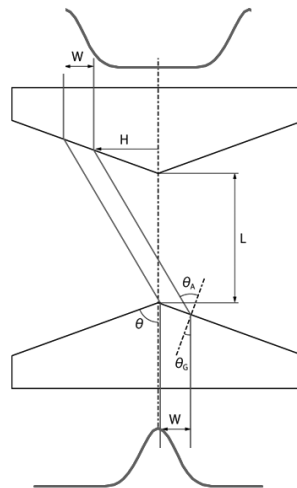


図2. 輪帯照明の光線追跡

先行研究により、アキシコンレンズによる輪帯光と直接光の合成波がシミュレーションによる強度分布とほぼ一致することを見いだしている。現時点では、最適化がなされていないため、アキシコンレンズの先端角度、先端形状、レンズ同士のアライメント、レンズ間の距離、レーザービーム径などのこの最適化を検討する。

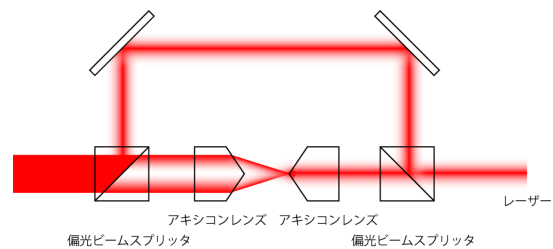


図3. フラットトップレーザー

・アキシコンレンズによるフラットトップレーザーによるエバネッセント照明の検討

アキシコンレンズにより実現されたフラットトップレーザーを顕微鏡に導入し、対物レンズ導入型エバネッセント照明を構築する。そして、蛍光分子の強度の安定性を通常のレーザー導入による結果と比較し、その優

位性を検証する．特に通常のレーザー導入の場合においてビーム径を広げて導入する場合が一般的だが，そのサイトの比較で，視野中央，四隅における強度分布を検証する．

・完全なるフラットトップ化の実現

アキシコンレンズを用いたレーザーのフラットトップ化はその機構の単純さが最大の特徴となるが，シミュレーションからも明らかかなように，完全なフラットトップ化は困難である．しかし，さらなる光学系の追加はこの系のメリットをそくことになる．そこで，アキシコンレンズ自体の形状を検討し，輪帯光の強度プロファイルを変化させることにより，完全なるフラットトップ化の実現を目指す．図4に示すように，レンズの形状シミュレーションは，光線追跡ソフトを利用し，その最適化を検討する．そして，その形状の作成を依頼し，動作確認を行い，最適化を進めていく．

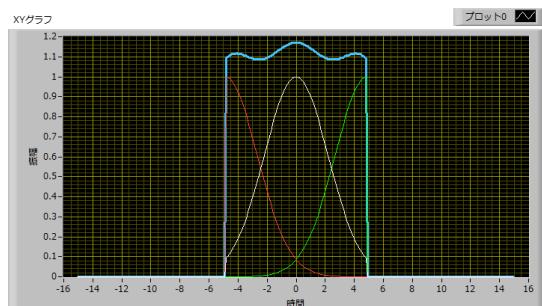


図4．アキシコンレンズを用いたフラットトップ化のシミュレーション

4．研究成果

1 分子イメージング技術の発達により，さまざまな生体分子の動態を1分子レベルで観察できるようになってきた．しかし，生命現象を深く理解するためには，定量的な情報を得ることが必須となる．今までにも，蛍光強度からの分子数の見積もりなどが行われてきているが，一般的なレーザーはガウス型強度プロファイルを持っているため，強度ムラが生じる．レーザーの特長を生かしたままフラットトップ型が達成できれば，イメージング技術の定量解析に大きく貢献できることはもちろん，加工技術などにも応用可能となる．2枚のアキシコンレンズを組み合わせることにより，完全なるフラットトップ化したレーザー照射系の構築を試みた．その結果，図5に示すようにほぼ理論通りのプロファイルを得ることに成功した．フラットトップ化した照明系を用いることにより，1分子イメージングなどの蛍光観察において，定量的な評価を行うことが可能となり，さらなる生命現象の理解が深まることが期待できる．

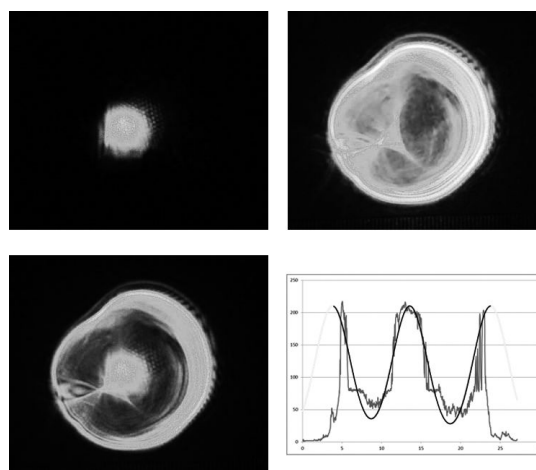


図5．直接光と輪帯光の合成
直接光 輪帯光
合成光 シミュレーション

期間中に，基礎的な光学系の設計，光強度プロファイルの確認などを行った．その結果，ある程度，期待された結果を得ることができたが，様々な問題点も明らかになった．第一は二つのアキシコンレンズのジオメトリの精度の問題である．二つのアキシコンレンズを対面させて光学系を作るわけであるが，その中心線の精度，傾きが光強度プロファイルに大きく影響することがわかった．現時点での光学部品の精度ではなかなか安定した光学系を作成することが困難であった．さらに，レーザー自体の強度プロファイル，ビーム系の精度も大きく影響した．これらの点をいかに安定して，簡易に設計するかが今後の課題である．

5．主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 0 件)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕
出願状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

石島 秋彦 (Ishijima, Akihiko)
東北大学・多元物質科学研究所・教授
研究者番号：80301216

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし