アキシコンを用いた低損失顕微光学系における ミスアライメントや波面歪みの影響

Influence of misalignment and wavefront distortion on axicon-based low-loss microscopic optics

東大院工○(M2)落合夏葉，小関泰之

Univ. of Tokyo, ○Natsuha Ochiai, Yasuyuki Ozeki

E-mail: ochiai127@ginjo.t.u-tokyo.ac.jp

近年、量子増強計測が高感度計測法として注目を集めている[1-4]。量子増強計測では高透過率な光学系が必要不可欠となる。我々はこれまで、量子増強イメージングのためのアキシコンを用いた低損失顕微光学系を提案し、空間分解能を犠牲にせずに光学系全体の透過率を 89.5%まで高められることを実証した[5,6]。しかし、焦点面のビームパターンでは光学系のミスアライメントやビームの波面歪みの影響が見られた。本研究では、ミスアライメントや波面歪みがアキシコンを用いた顕微光学系にどのような影響を与えるのか数値計算で明らかにしたので報告する。

Fig. 1(a)にアキシコンを用いた低損失ビーム整形法の模式図を示す。また、Fig. 1(b),(c)にビームパターンの数値計算結果を示す。対物レンズの瞳面において Fig. 1(b)のようなドーナツ型のビームが形成され、焦点面では Fig. 1(c)のような単峰性のスポットが形成されていることが分かる。

今回は、3 つのミスアライメントや波面歪みを加え、対物レンズの瞳面や焦点面におけるビームパターンを数値計算で求めた。計算では波長 843 nm、対物レンズの瞳径 5.2 mm の光学系を想定した。Fig. 2(a),(b)に 2 つ目のアキシコンの軸がx方向に 1 mm ずれた場合の瞳面、焦点面におけるビームパターンをそれぞれ示す。Fig. 2(a)から瞳面においてビームパターンがx方向に歪んでおり、Fig. 2(b)より焦点スポットに隣接して弧状のパターンが生じることが分かる。Fig. 2(c),(d)は 1 つ目のアキシコンの角度αが 0.05 deg 大きい場合のビームパターンを表す。Fig. 2(c)より、瞳面では影響は見られないが、焦点面においてリングが形成され、スポットの強度が著しく低下することが分かる。Fig. 2(e),(f)にビームに非点収差が1λあるときのビームパターンを示す。Fig. 2(e)より瞳面においてビームが歪み、Fig. 2(f)より主スポットの上下左右に副スポットが現れることが分かる。

以上より、光学系のミスアライメントや波面歪みがアキシコンを用いた顕微光学系に与える影響を明らかにした。詳細は講演で報告する。

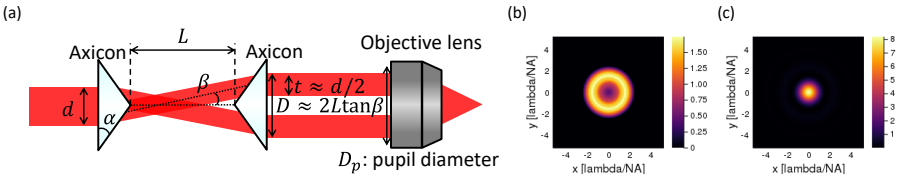

Fig. 1 Low-loss optics with axicon-based beam shaping. (a) Schematic of the optics. (b),(c) Beam patterns at the pupil and at the focal plane, respectively.

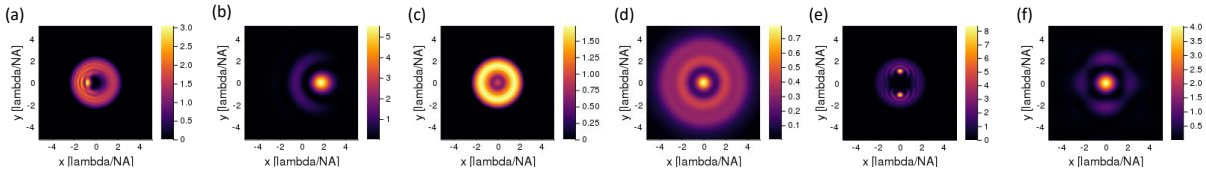

Fig. 2 Beam patterns at the pupil and focal plane. (a),(b) Without misalignment or wavefront distortion. (c),(d) With misalignment of the second axicon in the x direction. (e),(f) With the deviation of axicon angles. (g),(h) With astigmatism.

参考文献

[1] M. A. Taylor *et al.*, Nat. Photon. **7**, 229 (2013).
[2] Y. Michael *et al.*, Npj Quntum Inf. **5**, 81 (2019).
[3] R. B. Andrade *et al.*, Optica **7**, 470 (2020).
[4] C. A. Casacio *et al.*, arXiv:2004.00178v1 (2020).
[5] N. Ochiai *et al.*, J. Opt. Soc. Am. B **36**, 1342 (2019).
[6] N. Ochiai and Y. Ozeki, CLEO:2020, JW2A.9 (2020)

© 2020年 応用物理学会