

異方性光学結晶で光完全密閉箱は構成できるか？

Can We Make the Completely Closed Optical Cavity with Anisotropic Optical Crystal ?

阪大基礎工¹, 阪大 e-square² °芝崎 勝也¹, 小林 哲郎², 兼松 泰男², 岡村 康行¹

Osaka Univ. Engineering Science¹, Osaka Univ. e-square²,

°Katsuya Shibasaki¹, Tetsuro Kobayashi², Yasuo Kanematsu², Yasuyuki Okamura¹

E-mail: katsuyashibasaki098@s.ee.es.osaka-u.ac.jp

要 旨

一つの透明な等方性光学結晶のブロックに中空部を設け、この光学ブロックの内外面の形状を工夫するだけで、結晶界面での全反射により光の 3 次元閉じ込めを実現する光密閉箱を構成できる[1,2]. しかし異方性光学結晶で同様に光密閉箱を構成できるかは分かっていない. そこで、上述したのと同じ面形状と 2 つ開口を持つ中空導光管を異方性結晶ルチルで作製し、波長 466nm の光の遮断実験を行った. その結果、内外間の光遮断が確認され、異方性結晶により光完全密閉箱が構成できる可能性が垣間見えた.

1. はじめに

結晶界面での全反射を用いた光密閉箱は、サイズ選択が自由であり、光閉じ込め領域として大きい中空が利用でき、また目的によって複雑な構成も作製できるため、その応用範囲は広い. 材料として等方性結晶を用いる場合、屈折率が $n > \sqrt{4 + 2\sqrt{2}} = 2.613 \dots$ で、Fig.3 のように箱の内壁と外壁のうち一方が主軸に平行な面、もう一方が 45° 傾いた面で構成されていれば、どのような構造でも主軸面から入った光は 45° 斜面から出ることとはできず、その逆も成り立つことが理論的にわかっている[1]. しかし、このような高い屈折率を持ち可視域で透明であるものは等方性結晶では少なく、異方性結晶が候補に含まれれば選択肢は大きく広がる. 一方、材料として異方性結晶を用いる場合では光の閉じ込めの可否については全く不明である. 異方性結晶では、方位によって屈折率が異なるため、一般には入射角と反射角が等しくならず、またポインティングベクトルと波数ベクトルの方向も一致しないため、光線追跡法による理論導出が容易ではない. そこでまず実験から光の閉じ込めの可否を検証するため、高屈折率をもつ異方性光学結晶ルチル (TiO_2) を用い、光密閉箱と同じ面構成と 2 つ開口を持つ中空導光管を作製し、常・異常屈折率が共に 2.7 を超える波長 466nm の青色光の遮断実験を行った.

2. 評価実験

実験に用いた光密閉導光管を Fig.1, 2 に示す. これは Fig.3 の光密閉箱と同じ主軸面と 45° 斜面をもつ構成になっている. 中空部から出た光は外壁での全反射により外部とは遮断され、その逆に外界部の光は中空部とは遮断されるかどうかを確かめることを実験課題とした.

この導光管に波長 466nm の無指向光を、壁での拡散を有効利用してできるだけ広範囲の角度で外壁から入射させ、中空部への透過を観察した. 観測結果を Fig.4 に示す. 青色光に対して透明な結晶であるにもかかわらず、導光管外部が明るく中空部が真っ暗になっており、中空部と外界で光の遮断ができていように見える. 発表では、この光導光管の蓋に相当する面も含むブロック[3]についても光遮断の有無を観測し定量評価した結果についても併せて説明する予定である.

謝辞

本研究に関して数々の御助言、御助力を下さりました本学 e-square の先生方、基礎工の村田博司准教授に感謝の意を表します. 困難なキャビティ作製をお願いしお骨折りいただいた各社の諸氏に深く感謝いたします.

参考文献

- [1] T. Kobayashi, Jpn. J. Appl. Phys., 49, 092502-1-5 (2010).
- [2] T. Kobayashi, Opt. Express, 20(14), 16033-16038 (2012).
- [3] 芝崎勝也, 小林哲郎, 兼松泰男, 岡村康行; JSAP Spr. 61st, 神奈川, 2014.3, JSAP.

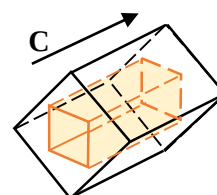


Fig.1 光密閉導光管の構造

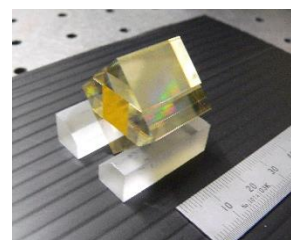


Fig.2 ルチルで作製した光完全密閉箱

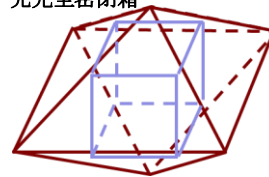


Fig.3 主軸面と 45° 斜面をもつ光完全密閉箱の基本構成例



Fig.4 466nm 光で光密閉導光管外壁を照らした時、中空部には光が透過してこず真っ暗となる