

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¹Osaka 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わかっていない。そこで、光密閉箱と同じ面をもつピラミッドプリズムを異方性結晶で作製し、波長 633nm~410nm の光の遮断実験を行った。観察から波長 466nm 以下の光で遮断が可能であると考えられ、さらに検討を進めている。

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。ここで光密閉箱は、光の波長に依存する材料の屈折率・吸収損失の制約を受けるため、光の波長によって材料を変える。材料として等方性結晶を用いる場合、屈折率 $n > \sqrt{4 + 2\sqrt{2}} = 2.613 \dots$ であれば、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。しかし材料として異方性結晶を選択する場合も出てくるが、異方性結晶での光の閉じ込めの可否については不明である。また異方性結晶は、方位によって屈折率が異なるため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。そこで異方性結晶で作製したピラミッドプリズムによる光の遮断実験を行った。

2. 評価実験

試料として、光密閉箱と同じ主軸面と 45° 斜面をもつプリズムを異方性光学結晶ルチル (TiO_2) で作製した。このプリズムの片一方の面から波長 633nm~410nm の光をあらゆる角度で入射させ、光の透過の状態を観察した。

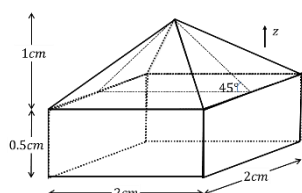


Fig.1 ルチルで作製したピラミッドプリズム
光密閉箱がもちうる 18 面のうち 14 面をもつ

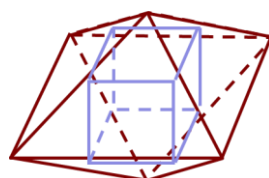


Fig.2 主軸面と 45° 斜面をもつ
光完全密閉箱の基本構成

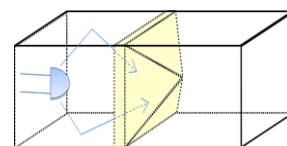


Fig.3 実験系の構成。光を拡散
させるため紙の箱で包んでいる

3. 実験結果

長波長では光はプリズムを通過するが、波長 466nm 以下で光の遮断ができていると考えられる。このことから異方性結晶でも、ある値より高い屈折率で光を遮断することができ、箱を構成した場合は 3 次元光閉じ込めが可能であると考えられる。

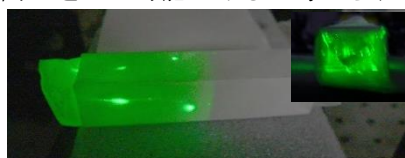


Fig.4 $n_o = 2.65$, $n_e = 2.96$ @544nm
での光遮断実験



Fig.5 $n_o = 2.77$, $n_e = 3.11$ @466nm
での光遮断実験

謝辞 光学評価実験など本研究に関して数々の御助言、御助力下さりました本学 e-square の市田秀樹専任助教、中村亮介特任講師、濱田格雄特任講師に感謝の意を表します。

参考文献

- [1] T. Kobayashi, "Completely Closed Optical Shell Using Total Internal Reflection with Simple Composition," Jpn. J. Appl. Phys., 49, 092502-1-5 (2010).
- [2] T. Kobayashi, "Experimental studies of completely closed optical cavities enclosed with total-internal-reflection walls," Opt. Express, 20(14), 16033-16038 (2012).