

液晶フォトニック構造を用いた光第二高調波制御

竹添 秀男・星 肇・チョン ドーハン

近年、フォトニック結晶が基礎、応用の両面から注目されている。百年あまり前の液晶の発見は実はこのフォトニック効果によるものであった。ここではフォトニックギャップ上端付近で起こる光第二高調波発生の特異な位相整合について紹介する。

1. 問題提起

コレステリック液晶にそのらせんピッチ（厳密にはその屈折率倍）と同じ波長の光を入射したとき、らせんと同じ掌性をもつ円偏光のみが全反射される現象を選択反射という。はやり言葉でいえば、1次元フォトニックギャップによる反射である。

フォトニック結晶にそのギャップ内の周波数をもつ光を入射すると反射を受ける。それではこのような周期媒質内でそのような周波数の光を発生させた場合には何が起こるであろうか。光の閉じ込めが起こるであろうか。筆者らは最近、強誘電性液晶中での光第二高調波発生 (SHG: second-harmonic generation) を使ってこの問題に取り組んでいる¹⁾。

SHGはコヒーレントな現象であり、入射光と同じ方向に伝搬する。したがって、らせん軸に沿った光を入射し、その波長がらせんの光学ピッチと同じ波長をもつSH光を発生させると、フォトニック効果の影響を受けるはずである。本稿ではこの現象の特徴を紹介する。

2. 実験のもくろみ

実験ではその光学ピッチが使用したNd:YAGレーザーの倍波(532nm)付近にあり、右巻きのらせんを有する強誘電性液晶ROLIC6304を選択した。位相条件を満たすために、基本波をらせん軸に沿って両側から入射する光学配置を考える。位相整合のとれたSHGは $\omega + \omega \rightarrow 2\omega$ と $k_1(\omega) + k_2(\omega) \rightarrow k(2\omega)$ の条件を満たす必要がある。添字の1, 2はらせんの左右両側から入射する基本光を区別するものである。図1は5つの位相整合条件を模式的に

表したものである。確かにこれらの条件を満たしていることは明らかであろう。フォトニックギャップをもつほうが右円偏光の、もたないほうが左円偏光のブランチである。このような条件で理論的考察と実験を行った。

3. そして何が得られたか

SH光強度に対するらせんの影響をみるためにSH光強度の温度依存性を測定したところ、入射光の偏光に関わりなく、532nmのピッチを示す42度付近で右円偏光したSH光が観測された²⁾。これは図1の(b)または(c)の位相整合が起こっていることを示す。

両側から直線偏光を入射したときのSH光強度のセル厚依存性を図2(a)に示す³⁾。セル厚の増加に従ってSH光強度が増加するだけでなく、ピーク温度が変化していることがわかる。図2(b)にはシミュレーション結果を示す³⁾。SH強度とピーク位置のセル厚依存性は定性的には実験とよい一致を示す。詳細なシミュレーションによれば⁴⁾、SH強度のセル厚依存性は厚さとともに2乗依存性から4乗依存性に移行する⁵⁾。またピークの半値幅は厚さの3乗に反比例する。

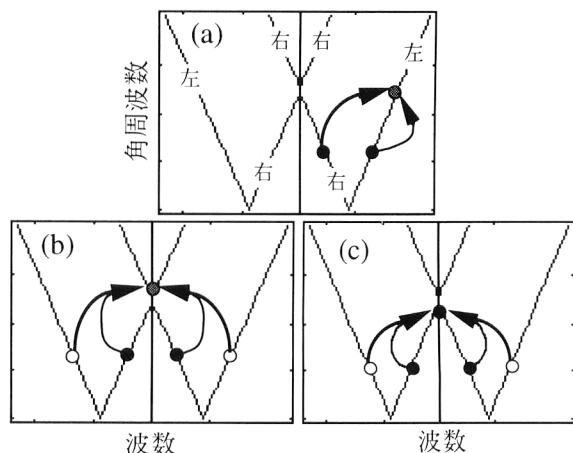


図1 らせんに固定した座標系での分散関係と5つの位相整合条件。(b)と(c)は逆向きに進行する2つの基本波によるらせんと同じ波数をもつSHGを表す。波数(運動量)の保存は逆格子ベクトル(らせんの波数の整数倍)だけ異なってもよいというウムクラップ過程を用いた位相整合である。

東京工業大学大学院理工学研究科(〒152-8552 東京都目黒区大岡山2-12-1)
E-mail: htakezoe@o.cc.titech.ac.jp

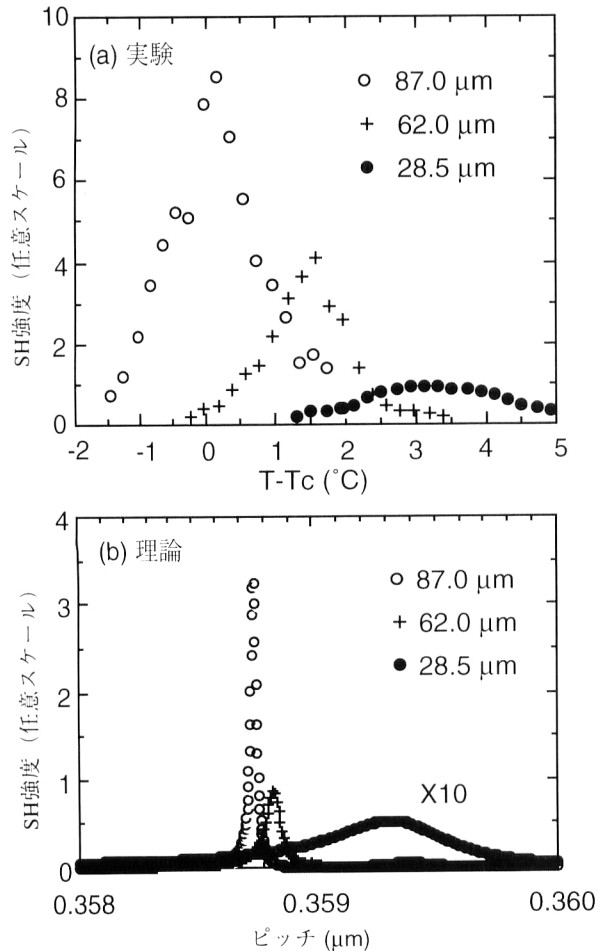


図2 SH光強度のセル厚依存性。(a) 温度変化による実験結果, (b) ピッチ変化によるシミュレーション結果。温度 T_c はらせんピッチが532 nmになる温度を表す。定性的には実験と理論はよい一致を示す。温度制御の悪さからセル中でピッチが分布をもち、実験ではピークの広幅化が起きている。そのため、厚膜でのピーク強度の低下も生じている。

右円偏光入射による反射スペクトルとSHスペクトルのシミュレーション結果を図3に示す⁶⁾。SH光の位相整合がフォトニックギャップの高エネルギーエッジのみで起こっていることがわかる。さらに詳細に2つの図を比較するとSH光のピークは選択反射の振動構造の最初の極小位置と一致していることがわかる。振動構造はセル厚が増加するにつれて細くなる。このことがSHピーク強度、幅、位置のセル厚依存性の原因である。

上述した特殊な位相整合は図1の(b)に対応する。図3に示したように、(c)の位相整合は起こらない。一方、

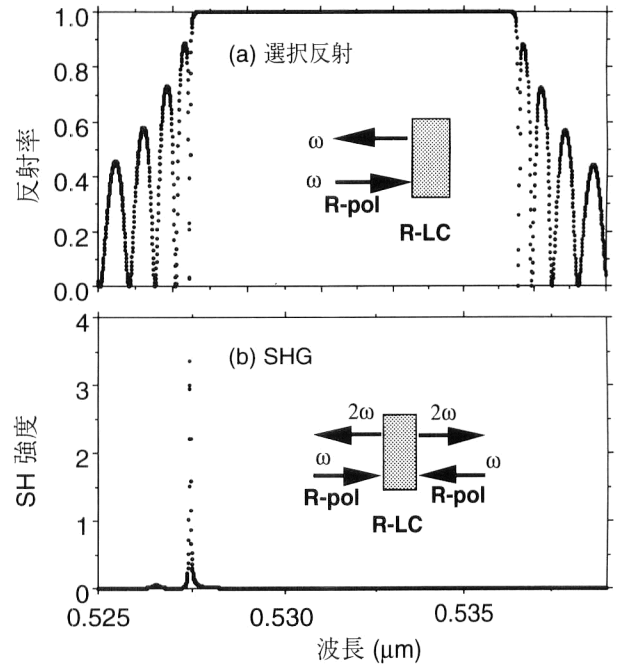


図3 (a) 右円偏光入射による反射スペクトルと (b) SH光強度の波長依存性。SHGはセルの両側から観測される。

(a) の位相整合は、フォトニックギャップを用いていないので、セル厚に対して強度は2乗依存性を示す。

強誘電性SmC*液晶における1次元フォトニック効果の一種であるSHGの特殊な位相整合について解説した。本当の興味は1次元フォトニック液晶ではなく、2次元、3次元の周期構造をもつ液晶が得られたときにさらに広がるはずである。

文 献

- 1) 竹添秀男, 星 肇, チョンドーハン: 機能材料 (2000) 9月号, 58-64.
- 2) D. -H. Chung, H. Hoshi, K. Ishikawa, H. Takezoe and M. Schadt: Mol. Cryst. Liq. Cryst., **328** (1999) 283-290.
- 3) H. Hoshi, D. -H. Chung, K. Ishikawa and H. Takezoe: Bull. Mater. Sci., **22** (1999) 439-441.
- 4) I. Drevensek-Olenik and M. Copic: Phys. Rev. E, **56** (1997) 581-591.
- 5) J. -G. Yoo, S. -W. Choi, H. Hoshi, K. Ishikawa, H. Takezoe and M. Schadt: Jpn. J. Appl. Phys., **36** (1997) L1168-L1171.
- 6) H. Hoshi, D. -H. Chung, K. Ishikawa and H. Takezoe: Proc. SPIE, **3955** (2000) 58-67.

(2000年8月7日受理)