

コレステリック液晶による構造色レーザ発振

東京工業大学大学院理工学研究科 竹添秀男

ネマチック液晶は棒状分子が平均的にある方向（配向ベクトル）を向いた、異方的流体である。この液晶がキラル分子を含むと、配向ベクトルはある方向にねじれ、1次元のらせん構造を形成する。このような液晶を、キラルネマチック液晶あるいはコレステリック液晶と呼ぶ。このらせんのピッチがしばしば可視域にあるため、ブラッグ反射のためコレステリック液晶は鮮やかに呈色する。ここではこの構造を用いたレーザ発振[1,2]を紹介する。

コレステリック液晶中に1%ほどの色素を導入する。光励起によって色素を発光させたとき、その発光波長とらせんピッチ（正しくはらせんピッチの屈折率倍）が一致すると、らせん軸方向に発せられた光はブラッグ反射の影響を受けることになる。すなわち、レーザ活性層である含色素コレステリック液晶自身が共振器の役割をする。原理的には分布帰還型半導体レーザと同じ仕組みである。

データを少しご紹介しよう。2枚のガラスで液晶をサンドイッチし、25 μm 程度の厚さのセルを作る。ガラス表面は分子が平行に配向するように処理してあるために、らせん軸は基板と垂直になる。図1は実際にレーザ発振状態を写真に撮ったものである。若干斜め方向からパルスレーザ光で励起することによって、らせん軸に沿った両方向にレーザ発振が起こる。

図2には透過スペクトルと発光スペクトルをのせた。透過スペクトルには大きなディップが現れる。これがブラッグ反射による透過ロスであり、らせんピッチがこの領域にあることが分かる。励起光強度を変えて発光スペクトルを測定すると、ある励起光強度で、スペクトルが先鋭化しレーザ発振が確認できる。透過スペクトルと比較すれば明らかなように、発振は透過ディップの長波長端で起こっている。

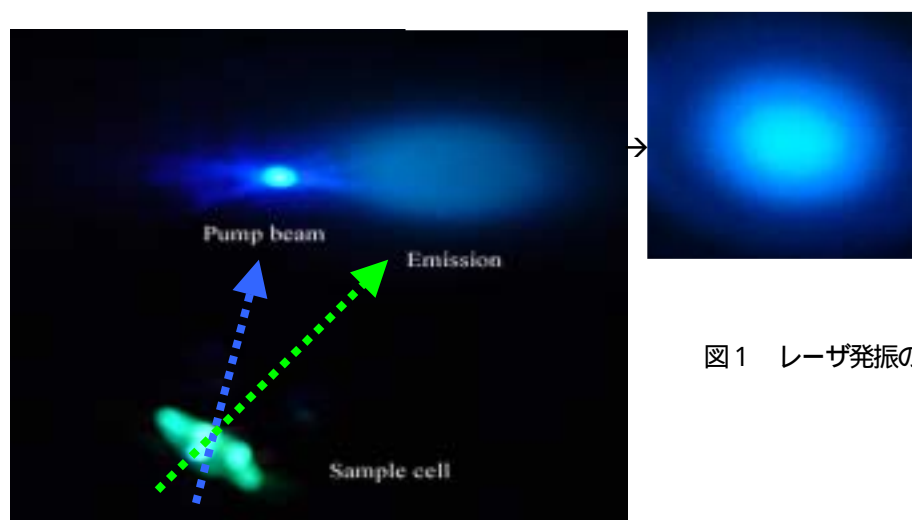


図1 レーザ発振の様子

コレステリック液晶構造色レーザーの特長は波長のチューナビリティである。らせんピッチは温度によって変化するため、温度を変えることによって発振波長を変化させることができる。

コレステリック液晶をフィルム化したもの[3]、3次元構造を持つブルー相を用いたもの[4]など、さまざまな報告があるが、まだ、連続発振の報告はない。また、電荷注入型の有機レーザーダイオードへの展開も夢のある話である。蝶や昆虫に色素を導入し、同じような試みができないであろうか。夢は尽きない。

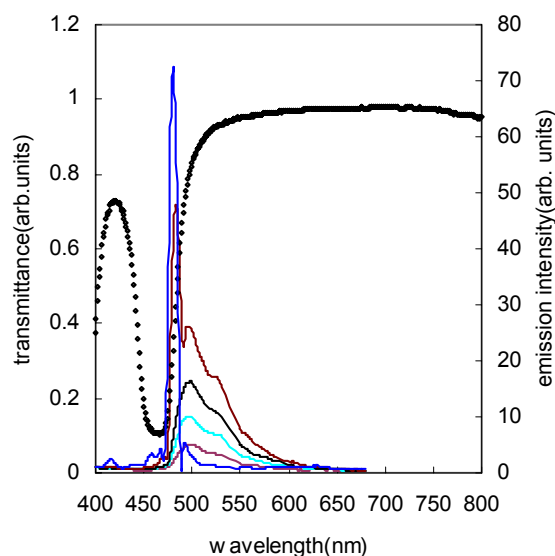


図2 透過スペクトルと励起光強度を変えて測定した発光スペクトル。透過スペクトルのディップ(フォトンクス帯)の低エネルギー側でレーザー発振が起こっている。

参考文献

- [1] V. I. Kopp, B. Fan, H. K. M. vithana and A. Z. Genack, Opt. Lett., 23 (1998) 1707.
- [2] A. Munoz and P. Palffy-Muhoray and B. Taheri, Opt. Lett., 26 (2001) 804.
- [3] F. Finkelmann et al., Adv. Mater., 13 (2001) 1069.
- [4] W. Cao, A. Munoz, P. Palffy-Muhoray and B. Taheri, Nature Materials, 1 (2002) 111.