

1. 緒言

液晶とは、構成する棒状分子が位置に関して無秩序な状態で向きの秩序のみを有し、液体の流動性と結晶の異方性を併せ持つ物質の状態である。ある臨界温度を超えて液晶を加熱すると、分子の向きに関する秩序が失われ、等方性液体へと相転移する。さらに、液晶性物質に温度分布を与えることにより、液晶と等方性液体とを共存させることも可能である。このとき、液晶領域と等方領域は相界面を介して分離する。これまでの研究で、等方相内に存在する物体を液晶—等方相界面を用いて移動させることに成功している<sup>(1)</sup>。図1は相界面によって等方相中に存在する微粒子が移動する様子を示す。図中 A 領域は等方相、B 領域は相界面、C 領域は液晶相である。また円で囲んだ黒い点は微粒子である。図 (a) で、相界面は右寄りに位置し、微粒子は等方相に存在する。相界面移動後の図 (b) では相界面の左方向への移動とともに微粒子が左に移動していることがわかる。

この原理を利用した新たなマイクロマニピュレータが提案されているが、相界面の移動をコントロールする方法が確立されていない。そこで本研究では温度勾配による相界面の移動速度のコントロールおよび配向状態の違いが相界面の移動に及ぼす影響を調べる。

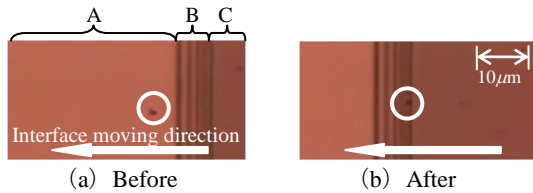


Fig.1 Experimental image of moving interface

2. 実験装置および方法

実験装置の概略を図2に示す。液晶セル①は、スペーサ(厚さ 50μm)により一定間隔で固定された2枚のガラス平板(18mm×18mm)と間隔に充填された液晶材料(4-Cyano-4'-n-pentylbiphenil (5CB))で構成される。また配向状態の違いが相界面の移動速度に及ぼす影響を調べるため、向かい合うガラス平面上に平行配向膜を成膜したセルと成膜していないセルの2種類を用意した。液晶セルは2基のサーモジュール②の上に乗っている銅板③とスライドガラス④の上に設置される。外気の影響から遮断するために、これらの装置は断熱ケース内に設置されている。また温度コントローラ(CELL システム TDC-2000 (分解能 0.01°C))に接続された熱電対⑤が2ヶ所に取り付けられている。この装置により2基のサーモジュールをそれぞれ独立に制御し、液晶セルに温度勾配を与え、銅板および断熱ケースにあけた観察穴から顕微鏡を介した CCD カメラで観察する。

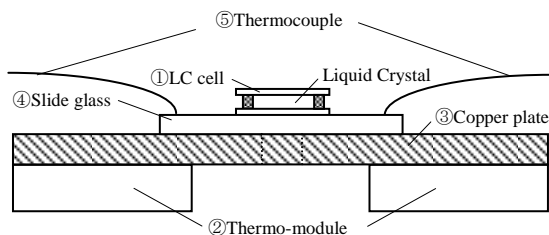


Fig.2 Experimental setup

サーモジュールを異なった温度に設定し、相転移温度を中央値に持つ温度勾配 (0.333°C/mm) を液晶セルに与えることで相界面を観察穴の中央に発生させる。その後、一方のサーモジュールの温度を固定、もう片方の温度を変化させることで、相転移温度の発生位置を制御し相界面を移動させる。

3. 結果および考察

図3に液晶セルの実験画像を示す。画像中央に見える帯状領域が相界面であり、相界面の左側が等方相、右側が液晶相である。相界面が等方相側と液晶相側に移動する場合についてそれぞれ実験を行う。図4に相界面が等方相側から液晶相側(図3右方向)に向かうように低温側のサーモジュールの温度を上昇させ、温度勾配を変化させた場合の相界面の移動速度を示す。温度勾配が減少するにつれて、相界面の移動速度が高くなるのがわかる。また平行配向膜を成膜したセルと成膜していないセルの相界面の移動速度はほぼ同じになる。これは液晶相から等方相に相転移する際、配向膜が影響しないことを示す。図5に相界面が液晶相側から等方相側(図3左方向)に向かうように高温側のサーモジュールの温度を下降させ、温度勾配を変化させた場合の移動速度を示す。平行配向膜を成膜していないセルに比べ成膜したセルの方が相界面の移動速度が高いことがわかる。これは、配向膜を成膜したセルが相転移する際、自発的相転移に加え配向膜からの強制配向により状態変化が速くなると考えられる。

以上の結果より、温度勾配(温度分布)を変化させることで相界面の移動速度を制御することが可能であり、新たなデバイスの実現可能性を確認できた。



Fig.3 Experimental image

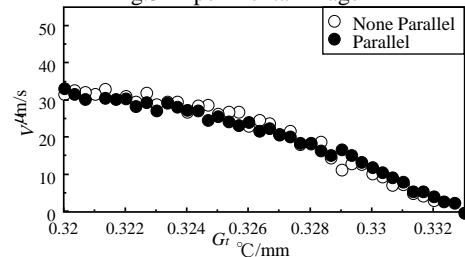


Fig.4 Moving velocity of phase interface (Isotropic→Nematic)

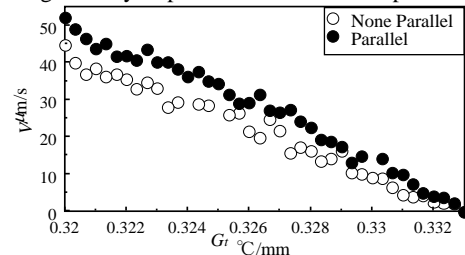


Fig.5 Moving velocity of phase interface (Nematic→Isotropic)

参考文献

(1) 英洋輔・蝶野成臣・辻知宏, 日本機械学会論講演文集 No.095-1, pp207-208