

液晶マイクロアクチュエータの基礎研究 —ハイブリッド配向の場合の駆動特性—

知能流体力学研究室

田所俊昭

1. 緒言

現在、機械デバイスの小型化に伴い、アクチュエータのマイクロ化のニーズが高まっているが、実用的なマイクロアクチュエータの開発には至っていない。近年、液晶を駆動源としたマイクロアクチュエータが提案された⁽¹⁾。

これまで、図 1(a)のような平行配向型液晶アクチュエータの研究が行われてきた。このアクチュエータは、平行配向処理を施した 2 枚の平板間に液晶を充填した構造である。平板間に電場を印加すると、液晶分子は誘電異方性により分子の長軸と電場方向が平行になるよう回転する。このとき平板間に誘起される液晶流動（背流）により、上部平板が駆動する。しかし、平行配向を得るためには、高分子膜の成膜後、ラビング処理（高分子膜表面を擦ることで、液晶分子を規則的に配向させる手法）を施す必要があり、極小領域でこの処理を行うことは極めて困難である。平行配向処理の代替手法として垂直配向処理が挙げられる。垂直配向処理は、垂直配向剤の塗布のみで配向能を得る手法であり、ラビング処理が不要なため、微細な領域に対しても施すことができる。しかし、図 1(b)のように、上下平板ともに垂直配向処理を施した場合、電場印加方向と液晶分子の初期配向状態が同じであるため、液晶分子は回転せず、流動は発生しない。そこで、平行配向処理と垂直配向処理を組み合わせたハイブリッド配向型液晶アクチュエータに着目した(図 1(c))。ハイブリッド配向型は、平行配向型と比べ、初期配向状態での液晶分子の角度が上部平板に近づく程、大きくなるため、電場の影響を受けやすく、より低電圧で駆動するという利点が予想される。

本研究ではハイブリッド配向型液晶アクチュエータの駆動特性について調べ、その有用性を検証する。

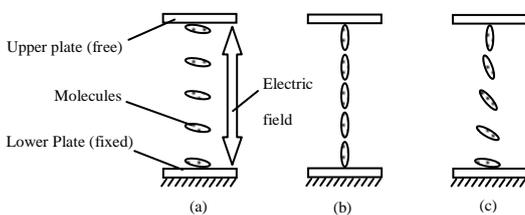


Fig.1 Schematics of hybrid cell

2. 実験装置および方法

図 2 に実験装置の概要を示す。上部ガラス平板 (□10mm, 0.048g) と下部ガラス平板 (□20mm) の間隔に駆動源となる液晶材料 (4-cyano-4'-n-pentylbiphenyl) が充填されている。平板間隔を規定するため、液晶には予めポリスチレンビーズ ($\phi 10\mu\text{m}$) を混入する。駆動部である上部ガラス平板は液晶に浮いた状態であり、自由に動かすことができる。液晶に電場を印加するために、上下ガラス平板表面には透明電極膜 (ITO 膜) が施されており、駆動部の動きを阻害しないよう

にするため、上部平板と電源との接続にはステンレス棒を介した点接触を採用した。また、上部平板の内側表面には垂直配向処理、下部平板の内側表面には平行配向処理（ラビング処理）を施した。実験条件として、電圧 $V=1\sim 10\text{V}$ 、デューティ比 $D=5\%$ 、周波数 $f=1\sim 1000\text{Hz}$ のパルス波を入力した。

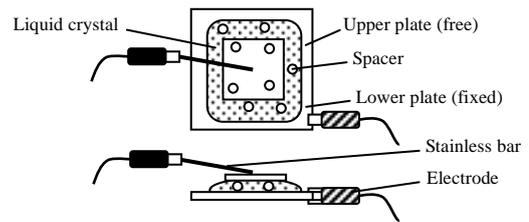


Fig2. Experimental setup

3. 実験結果および考察

図 3 に $f=10\text{Hz}$ におけるハイブリッド配向型および平行配向型における印加電圧 V に対する上部平板の駆動速度 U を示す。図中の各プロットは 10 回の実験データの平均値とエラーバである。平行配向型の場合、 $V=4\text{V}$ から上部平板が駆動し、印加電圧の増加と共に駆動速度が上昇する。一方、ハイブリッド配向型の場合、 $V=3\text{V}$ から駆動し、印加電圧の増加と共に移動速度が上昇するものの、平行配向型と比べると低い。ハイブリッド配向型がより低電圧で駆動した理由として、平行配向型と比べて、分子が電場の影響を受けやすいためと考えられる。また、 $V=4\text{V}$ 以上でハイブリッド配向型の速度が低い理由として、液晶分子の総回転量が小さくなり、発生流動が弱くなったためと考えられる。

以上の結果から、ハイブリッド配向型は平行配向型と比べ、上部平板の駆動速度が低下するが、低電圧駆動・配向処理の簡略化・極小化しても駆動するといった利点を持つ有効な手法であることを明らかにした。

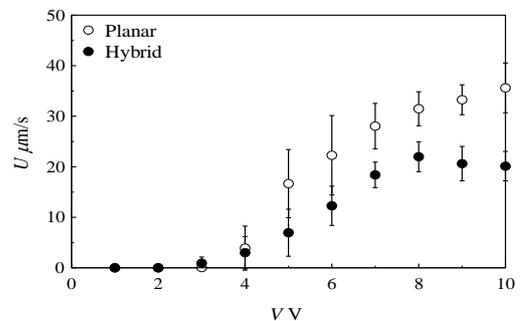


Fig.3 Velocity of the upper plate as a function of applied voltage

参考文献

(1) 蝶野成臣・辻知宏, 日本機械学会論文集(B編), 72, (2006), pp.656-661