液晶配向膜の合成と特性

阿 部 豊 彦*・袋 裕 善*

Synthesis and Characterization of Alignment Film for Liquid-Crystal Displays

Toyohiko ABE* and Hiroyoshi FUKURO*

Liquid-crystal display (LCD) is a device utilizing the electrooptic property of aligned liquid-crystal (LC), and LC molecules are aligned homogeneously by the alignment film. The most of alignment film now in use industrially is polyimide (PI) thin film which should be rubbed. The required properties for alignment film vary with the types of LCD, however the most important is to give LC molecules planer alignment and suitable pretilt angle. The planer alignment property is supported to be related with the strain of thin film surface by rubbing, and pretilt angle is supported to be related with the physical and chemical properties of thin film surface. The control of surface tension and molecular structure of thin film surface can be achieved by several molecular designs of PI, and, by use of these PI for alignment film, the control of pretilt angle can be achieved. This method is very important for the commercial production of STN-mode LCD.

Key words : Liquid-crystal alignment film ; Liquid-crystal display ; LCD ; Pretilt angle ; Polyimide ; SBE ; Rubbing ; Surface tension ; Long alkyl chain ; STN.

1. はじめに

液晶を用いた表示素子 LCD (Liquid-Crystal Display) は、1970 年代に技術としての一応の完成を見、デジタル腕時計や、電卓など小型の表示素子として広く用いられるようになった。これは、LCD が低消費電力型の表示方式であるという大きな特徴を生かした結果である。そして、1980 年代後半からは、LCD の大型化が更に進み、LCD を搭載したワープロやパソコンが急速に普及し始めている。これは、LCD が低消費電力型であると同時に、薄型化、軽量化が可能であるという、いわゆるフラットパネルディスプレイとしての特徴を備えているためである。このフラットパネルディスプレイとしての表示方式は、様々なものが併せて開発されているが¹⁾、その中で LCD が最も技術的に進歩しており、今後、OA 機器を中心とした各種ディスプレイをはじめ、夢の壁掛けテレビへと、今後の発展が益々注目される表示方式である。

また一方では、この LCD の作動原理が、液晶という一方向に配向した有機分子の電圧応答を利用していると

いうこと、更に、その液晶の配向を決定しているのが配向膜という有機高分子膜であるということから、有機合成という点から見てもその重要性が高く、今後益々高度な分子設計と合成技術が要求される、非常に興味深い分野であると言える。

本稿では、LCD の表示性能を決定する重要な材料の一つとして液晶配向膜を取り上げ、その基本的な役割と特性について、我々が行ってきた合成面からアプローチを混ぜながら、紹介させていただくことにする。

2. 液晶表示素子と液晶配向膜について

2.1. 液晶表示素子 液晶は、一言で言えば“液体”でありながら“結晶”のような構造をとる物質ということで、この液晶性を示す物質については、かなり古くから知られており、その分子構造や液晶の層構造についても多くの研究がなされている。そして、液晶は、このいわゆる“結晶構造”によって、スメクティック液晶、ネマティック液晶、コレステリック液晶に分類される。

しかし、1968 年に RCA 社のハイルマイヤー等のグループが、ネマティック液晶に電圧を加えると液晶を透過する光の散乱方向が変わるという現象を見だし、いわゆる液晶表示素子実現の可能性を示したこと、一躍脚光を浴びるようになった。その後、表示素子への応用を目指した様々な研究と改良がなされ、基本的にはネ

* 日産化学工業(株)中央研究所 ()

* Nissan Chemical Ind., Ltd., Central Research Institute ()

マティック液晶の電圧応答性を利用した現在の表示素子が広く実用化されるに至った。

この液晶表示素子の基本的な構成を図1に示す。

液晶は上下2枚のガラス基板と封止剤からなるセル内

Fig. 1 LCD-device.

に封入されており、ガラス基板には液晶に電圧を加えるための透明電極が取り付けられている。電圧をかけない状態では液晶分子は基板に対し、水平に配向している(off状態)が、電圧をかけると液晶分子は基板に対し垂直に立ち上がり(on状態)、電圧のかかった部分だけが光の透過性が変化し、この明暗の差によって表示が可能となる。

ここで、液晶配向膜というのはセルの内側に設けられた厚さ500~1000 Åの薄膜で、液晶を均一に配向させるための材料である。

2.2. 配向膜の役割 液晶は、文字通り液体状態でいわゆる“結晶構造”をとる。

ネマティック液晶の場合は、図2のように、基本的にはコアと呼ばれるリジッドな部分の片側に極性基、片側

Fig. 2 Nematic liquid crystals.

にアルキル基が付いた棒状の分子構造をしており、分子の長軸方向に並んだ結晶構造をとる。しかし、そのままの状態では、液晶はセルの内壁を核としてランダムな結晶成長をしてしまい、セル全体としてはいわゆる微結晶

の集まりとなってしまいます。表示素子を形作る場合には、均一な表示を保つ必要があり、そのためにはセル内で単結晶(モノドメイン)を成長させなければならない。このモノドメイン化を行うためには、液晶セル内に均一な界面構造を持った層を設けることが必要となり、この役目をするのがこれから述べる配向膜である²⁾。

液晶分子は、配向膜上でまず初めの分子の配向が決定され、以後は、その分子配列がそのままセル全体に伝播され、いわゆるエキタピシー成長してモノドメインを形成してゆくと考えられる。

現在、様々な液晶表示素子が開発され、それに伴い様々な液晶が開発されているが、その表示性能の良否が、そのベースにある配向膜により決定されていると言うことは、意外に見逃されがちである。

3. 液晶配向膜の合成とその特性

一言で液晶表示素子と言っても、素子の構成は様々であり、液晶のタイプも異なり、液晶配向膜に要求される特性も異なってくる。液晶配向膜の合成およびその特性を考えてゆくにあたっては、それらを十分に考慮にいれ、要求される特性にマッチングさせて行くことが重要である。以下では現在広く実用化されているTN方式を中心に、基本的な液晶配向の原理、および、それに適した配向膜の合成と特性について述べて行くことにする。

3.1. TN方式 図3(a)に示すように、基板に対し水平に配向した液晶の配向方向を上下の基板の間で90°ね

Fig. 3 Twist angle of nematic liquid crystal.

じった(ツイストした)構造をとらせると、液晶分子はある電圧から急激に立ち上がる、いわゆる閾値特性を示すようになる。図4には、セルの電圧変化とその際の透過光強度の関係を示す。この閾値特性を持つことにより、微弱な電圧差によってon状態とoff状態が区別できることになり、よりコントラストの高い表示が可能となっ

Fig. 4 T-V property of LCD.

た。このようにツイストさせたネマティック液晶を利用した表示素子のことをTN(ツイステッドネマティック)方式と呼ぶ。

この際、液晶配向膜に要求される特性は、液晶分子を基板に対して水平に一定方向に配向させること、更に、液晶分子の立ち上がり方向を揃えるために、基板に対し水平よりやや傾けて配向させることであり、この傾き角のことをプレチルト角と呼ぶ。

3.2. 液晶配向の原理 このようなTN方式に必要な水平配向を得る方法としては、斜め蒸着法とラビング法という2つの方法が広く知られている。

① 斜め蒸着法(無機配向膜)³⁾

この方法は、基板に酸化ケイ素 SiO_x を斜め方向から蒸着して基板表面に無機膜を形成し、その蒸着方向に液晶を配向させるという方法である。実際にこの無機膜の表面を電子顕微鏡で観察すると、図5(a)のような柱状構造が確認され、液晶分子はこの表面構造に沿って、一定方向に一定のプレチルト角をもって配向すると考えられている。

この方法は、基板法線から 85° というかなり急角度で蒸着しなければならないため、実験室的には確実な配向を得る方法としてしばしば用いられるが、生産性の面から工業的にはほとんど用いられていない。

② ラビング法(有機配向膜)

この方法は、ポリイミドやポリビニルアルコール等の

高分子膜の表面を布などで一方方向に“擦る”—ラビングする—ことにより配向を得る方法である。

具体的には、高分子を溶媒に溶かし、基板の上に塗布した後溶媒を揮発させ、厚さ $500 \sim 1000 \text{ \AA}$ の高分子の薄膜を形成させ、その上をナイロン、ポリエステルなどの比較的毛足の長い布で表面を擦ると、液晶分子はその擦った方向に配向する。操作法が簡便なことから、工業的にはもっぱらこの方法が採用されている。

しかし、このような簡単な操作でなぜ液晶が配向するかという点に関しては、余り明確な理論が確立されているわけではない。液晶配向膜の合成を考えて行くに当たっては、まず、この問題を考えていかなければならない。

まず、液晶が基板に対して垂直に配向するか、水平に配向するかは基板の表面張力と液晶の表面張力の関係によって決まることは、良く知られている。

即ち、基板の臨界面張力を γ_c 、液晶の表面張力を γ_{lc} とすると

$$\gamma_c < \gamma_{lc} \cdots \cdots \text{垂直配向}$$

$$\gamma_c > \gamma_{lc} \cdots \cdots \text{水平配向}$$

となる⁴⁾。実際には、液晶の表面張力 γ_{lc} は $26 \sim 30 \text{ dyn/cm}$ であるから、表1のように、非極性の高分子であるテトラフルオロエチレンなどでは、垂直配向、極性高分

Table 1 Critical surface tension of polymers.

(J. Brandrup, E.H. Immergut, "Polymer Handbook" Interscience Publishers, New York, 1966, p. III-113)

Polymer	Surface tension (dyn/cm)
Poly(tetrafluoroethylene)	18.5
Polyethylene	31
Polystyrene	33-35
Poly (methyl metacrylate)	33-34
Poly (vinyl alcohol)	37
Poly (ethylene terephthalate)	43
Poly (hexamethylene adipamide)	46

Fig. 5 Surface structure of alignment film.

子であるポリビニルアルコール、ポリアミドなどでは水平配向となる。

従って、TN 方式のように水平配向が必要な場合は、配向膜としては極性の高分子である必要がある。

では、ラビングによって、液晶の配向方向が揃うのは何故なのだろうか。

この点に関しては、ラビングにより膜表面についた物理的な傷に沿って液晶が並ぶという説⁵⁾、ラビングする布が一部膜面に付着し、それに沿って液晶が並ぶという説、ラビング時の摩擦熱により膜表面が部分的に熔融、結晶化を起こすという説⁶⁾など様々な議論があるが、ATT 社の J.M. Geary らは、ラビング時の応力による膜表面の歪みが重要であると述べている⁷⁾。

彼らは、表 2 のような結晶性の高分子と非晶性の高分子の表面をラビングし、その際の高分子自身の配向と液晶分子の配向の関連について詳しく議論している。結果としては、結晶性の高分子は良い配向性を示したが、非晶性の高分子は配向性が悪かった。また、膜の屈折率の

Table 2 Alignment obtained with various rubbed polymer films⁷⁾.

Polymer	Alignment
Poly (ethylene terephthalate)	○
Poly (hexamethylene adiphamide)	○
Poly (vinyl alcohol)	○
Polystyrene	×
Polycarbonate	×
Poly (methyl metacrylate)	×
Bare glass	×

○ : Alignment without defects, sheet nucleation

× : Alignment with defects, point nucleation

異方性の測定から、結晶性高分子の場合にはラビング時の応力により表面の結晶性が増していることが分かった。この結果から、ラビングによる液晶の配向は、その応力によって、膜表面が図 5(b) のように歪みを受け、膜表面の分子が配向することが重要であり、その方向に液晶分子が並ぶと結論している。また、図 5(b) のように、膜表面の歪みの方向がラビング方向に対しやや上向きになるために、液晶のプレチルト角が発生すると説明されている。

同じ高分子膜でも、3 次元網目構造を形成する熱硬化性高分子の場合に、良好な配向性を与えないことを考え合わせると、この考え方が、最も妥当と考えられる。

このように、ラビング法による液晶分子の配向は、ミクロな高分子の分子構造の問題というよりも、むしろ高分子膜のマクロな表面の歪みによって達成されていると考えられる。

3.3. ポリイミド配向膜 現在工業的に用いられている有機配向膜は、ほとんどがポリイミドであると言って過言ではない。種々の高分子の中で、なぜ、ポリイミドでなければいけないか、という明確な理論があるわけではないが、事実としてポリイミドが最も安定した配向を与える。

ポリイミドは、図 6 のように通常はテトラカルボン酸 2 無水物とジアミンとの反応により前駆体であるポリアミック酸中間体となる。この状態では、有機溶剤に可溶である。このポリアミック酸中間体を 200°C 以上の高温で熱処理すると、分子内で脱水閉環が起り、有機溶剤に不溶不融のポリイミドとなる。

従って、実際に用いる場合には、前駆体であるポリアミック酸の溶液を基板に塗布し、基板ごと熱処理してポリイミド塗膜を形成させる。

Fig. 6 Synthesis of polyimide.

ポリイミドは有機高分子の中では最も耐熱性が高く、耐久性に優れた高分子として知られている。さらに、図6のように芳香環が並んだりジッドな直鎖状の構造をとるため、分子鎖の配向性が高く、ガラス転移温度も300°C以上と極めて高い。

従って、通常のネマティック液晶を水平配向させるのに、適度の表面張力を有していること、さらに、ラビングの応力により表面の分子鎖が強く配向し、また、耐熱性が高いために一旦生じた表面の配向が容易には元に戻らないこと、等が液晶分子を安定に水平配向させる理由と考えられる。

しかし、通常のポリイミドはフィルム自身が黄色く着色している。これは、ポリイミドの分子が、電子吸引性のカルボニル基が芳香環に4つ付いた構造をしているため、分子間でいわゆるC-T錯体のような構造をとるための発色と考えられている。液晶表示素子の高密度化、更には、カラー化がなされると、この着色は無視できない問題となってくる。

我々は芳香環の代わりに図6(d)のような脂環式構造を用いたポリイミドを開発した。

この構造のポリイミドは、芳香環にカルボニル基が直結していないために無色透明であり、しかも、芳香環と同様のリジッドな構造をとるため、耐熱性が高く、分子鎖の配向性も高い。従って、ラビングによる膜表面の歪みが安定に保持され、液晶分子を極めて安定に配向させる、配向膜とし用いるには理想的なポリイミドと考えられる。

3.4. SBE方式 TN方式の液晶表示素子は、時計、電卓を中心に広く応用されるようになった。しかし、パソコン、ワープロなどのOA機器のディスプレイのような、大型、高密度の表示素子の場合には、on状態での液晶の立ち上がりが穏やかでコントラストが十分ではない。これを改良する方法として、1984年にT.J. Schefferらは、SBE(Supertwisted Birefringence Effect)モードと呼ぶ表示方式を考案した⁸⁾。これは図3(b)のように液晶層を270°ツイスト(従来は90°)するもので、これにより液晶の立ち上がりがより急峻になり、高いコントラストが得られるようになる。ここで重要なことは、この方式が安定した表示を得るためには、液晶のプレチルト角20~30°(従来は1~2°)が必要であるという点である。

Schefferらは、この高プレチルト角をSiO_xの蒸着膜により実現したが、実用面を考えると有機膜のラビング法によってこの特性を出す必要があり、配向膜の特性として、このプレチルト角を制御することが新たな目標となった。

3.5. プレチルト角の制御 では、プレチルト角を大きくするには、配向膜をどのようにしなければならないのだろうか。ラビングによる配向の原理からすれば、プレチルト角は膜表面の歪みから必然的に生じてしまうもののように思われる。配向膜の厚みはわずか数百Åであり、この膜をラビングというマクロな手段で、水平方向に所定の角度歪ませるということは、至難の技と思われる。そこで、我々は、東京農工大学の小林教授と共に、以下のような方法でプレチルト角の制御について検討した。

① 表面エネルギーの制御

膜表面での液晶の配向性を決定する要因としては、最初に述べたように膜の表面張力があつた。そこで、この表面張力を変化させることにより、プレチルト角をうまく制御できるのではないだろうか。

そこで、ポリイミドの分子構造をいろいろ変えて、ポリイミドの表面張力を変化させ、その際のチルト角の変化について検討した⁹⁾。

ポリイミドの表面張力を下げる手段としては、分子構造中にフッ素、あるいはアルキル基等の非極性基を導入する、芳香環をシクロアルキル基に変える等が考えられ、逆に表面張力を上げるには、アミド基等の極性基を導入する等の手段が考えられ、その例を表3に示す。しかし、実際にこれらのポリイミドを合成し、膜表面の表面張力を測定してみると、分子構造と表面張力の間には、単純な相関があるわけではないことが分かる。それは、おそ

Table 3 Surface tension of various polyimide.

$\begin{array}{c} \text{CO} \quad \text{CO} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{N} \quad \text{C} \quad \text{C} \quad \text{N} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{CO} \quad \text{CO} \end{array} \text{R} \quad (\text{polyimide})$	Surface tension (dyn/cm)
48
46
52
40
49
40

らく表面張力がポリマー層と空気層の界面での分子構造が支配するため、言い換えれば、ポリマーのバルクの構造と表面での構造は必ずしも一致しないことを現しているものと思われる。

しかし、これらの手法を種々組み合わせることで、ポリイミド膜の表面張力を変えることは可能であり、実際に液晶と組み合わせたときのプレチルト角を測定してみると図7(○印)のような結果となった。

Fig. 7 Relation between pretilt angle and surface tension of polyimide.

(○): long chain alkylamine non-reacted polyimide (●): long chain alkylamine reacted polyimide

一般には、極性の高分子といわれているポリイミドであるが、その分子構造を変化させることにより、30~50 dyn/cmの範囲で表面張力をコントロールすることができる。さらに、表面張力の低下により、液晶のプレチルト角を高くすることが可能であることが分かった。

しかし、SBE方式に必要なプレチルト角20~30°には、まだ不足である。そこで、表面張力をさらに低下させてゆくと、先にも述べたように液晶は基板に対して垂直に配向してしまう。従って、単に表面張力を下げただけで、プレチルト角を高くするには限界があることが分かる。

② 分子構造の制御

液晶の配向に影響を与えるのは、ポリイミド界面の分子構造である。そして、界面の分子構造はポリマーのバルクの構造とは必ずしも一致しない。それならば、積極的に界面の分子構造を制御することにより、液晶の配向性を変化させられないだろうか。

最も一般的に知られている界面処理の方法は、界面活性剤によるものである。界面活性剤は、長鎖アルキルに親水基が付いた構造をしており、界面上では非極性の長鎖アルキル基が空気との界面に並んだ構造をとる。そこ

で、この長鎖アルキル基とポリイミドの組み合わせで界面構造を制御することを検討した¹⁰⁾。

まず、長鎖アルキル基をポリイミド中に混合した場合はどうなるのだろうか。

表4に示すようにC12、C16のアルキル鎖の付いたアミンをポリイミドに混合し、その際の、表面張力とプレ

Table 4 Obtained pretilt angle using alkylamine mixed polyimide.

Mixed alkylamine	Alkylamine content (wt%)	Surface tension (dyn/cm)	Pretilt angle (deg.)
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{11}\text{NH}_2$	10	40	6-7
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{15}\text{NH}_2$	8	37	7-9
	28	33	5-6
-	0	47	4-5

チルト角を測定した。この場合にも、膜の表面張力は低下し、液晶のプレチルト角は確かに大きくなる。しかし、この傾向は、ポリイミドの主鎖の構造を変えて表面張力を低下させた場合とほぼ同等であり、特に界面の分子構造の影響が出ているとは思えない。

そこで、この長鎖アルキル基をポリイミド分子中に導入するとどうなるであろうか。

ポリイミドの重合反応は、酸無水物とジアミンの反応であるから、重合反応の際に、長鎖アルキルアミンを加え反応条件をうまくコントロールすれば、ポリイミドの分子末端に長鎖アルキル基を導入することができる(図8)。

この手法により、アルキル基の長さ、導入量を変化させたポリイミドを合成し、その際の、表面張力とプレチルト角を測定した(表5)。

アルキル基の導入により膜の表面張力は低下し、非極性のアルキル鎖が膜表面に出ていることを示している。

Table 5 Obtained pretilt angle using alkylamine reacted polyimide.

Mixed alkylamine	Alkylamine content (wt%)	Surface tension (dyn/cm)	Pretilt angle (deg.)
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{11}\text{NH}_2$	6	40	10
	12	37	15-16
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{15}\text{NH}_2$	6	39	13-14
	8	36	19-20
-	0	47	4-5

Fig. 8 Synthesis process to produce alkylamine reacted polyimide.

さらに、プレチルト角を測定してみると著しく高いプレチルト角を示し、図6(●印)に示すように、このレベルは従来の表面張力を低下させた場合のレベルとは明らかに異なっていることが分かる。

これは、ポリイミド分子中に導入されたアルキル鎖が膜表面で特異な構造をとっているためと考えられる。具体的にどのような表面構造で、液晶分子とどのような相互作用をしているかについては、まだ明らかではないが、イメージ的には図9のようなものではないかと考えられている¹²⁾。

このようにして得られた配向膜を用いて実際にSBE方式のセルを作成し、その特性を調べてみると確かに鋭い急峻性が得られた(図10)¹¹⁾。これは、有機膜のラビ

Fig. 9 An illustrative drawing of the pretilted nematic conformation which is caused by the interaction between LC molecules and long alkyl chains¹²⁾.

Fig. 10 A comparison of the electrooptic responses of TN-mode with SBE-mode (with 270° twist angle and 12° pretilt angle, yellow mode), which is made by plotting luminance factors, Y and applied voltages V_{rms} ¹¹⁾.

ング法によってもSBE方式を実現できる可能性を示した最初の例である。

3.6. STN方式 現在、SBE方式は安定な工業生産までには至っていない。理由は様々であるが、配向膜の問題としては、大型の表示素子では、僅かなプレチルト角の差が表示のムラとして見えやすいことである。そこで現在は、液晶のツイスト角を180~240°に下げたSTN(スーパーツイストネマティック)方式が一般的となり、ワープロ、パソコンを初め、各種OA機器の大型ディスプレイとして大量に生産されている。

STN方式の場合には、プレチルト角は4~8°程度でよく、配向膜としては、これまで述べた方法で十分対応できるものである。STN方式が、現在のように普及するようになった背景には、配向膜によってプレチルト角制御が可能になったことが大きな要因の一つとしてあることは確かである。

4. おわりに

今回は、液晶配向膜という観点のみから液晶表示素子について述べさせていただいたが、液晶分子自身の配向性、光学特性、電界応答性等も重要であることは、言うまでもない。これらについては、優れた成書^{2,3)}が出されているのでそちらを参照されたい。また、ここで取り上げた表示方式以外にも、強誘電性のスメクティック液晶を用いたFLC方式、垂直配向を利用したSH方式等、新しい表示方式の開発は活発であり、それらによって、液晶配向膜に要求される特性が異なってくることもまた当然である。さらに、最近では、LB膜(Langmuir-Blodgett膜)¹³⁾やフォトクロミック分子¹⁴⁾を用いて分子レベルで液晶分子の配向を規制しようとする研究もなされている。

従来、配向膜は、液晶を安定に配向させるために、できるだけ不活性で均質な界面を提供すればよいと考えられていたが、これら新しい配向膜を開発して行くにあたっては、種々の分子設計により、界面の物理化学的特性を制御し、液晶分子の配向を規制するいわゆる機能界

面として捉えられることが重要となる。しかし、これまで液晶の分野では、液晶分子自身の配向に関しては詳しく検討されてきたが、その配向の引き金となる配向膜と液晶分子との相互作用については、あまり明らかにされていないのが現状である。今後は、配向膜界面での分子構造と界面での液晶分子の配向を分子論的に解明してゆくことが必要であろう。

(平成3年1月29日受理)

文 献

- 1) フラットパネルディスプレイ 1991, 日経エレクトロニクス, 日経マイクロデバイス編, 1990
- 2) 岡野光治, 小林駿介, 共編, 液晶 (基礎編・応用編), 培風館, 東京, 1985, p.52
- 3) 佐藤 進, 液晶とその応用, 産業図書, 東京, 1984, p.73
- 4) J.C. Dubois, M. Gizard, A. Zann, *Appl. Phys. Lett.*, 24, 297 (1976)
- 5) D.W. Berreman, *Mol. Cryst. Liq. Cryst.*, 23, 215 (1973)
- 6) P.A. Castellano, *ibid.*, 94, 33 (1983)
- 7) M.J. Geary, J.W. Goodby, A.R. Kmetz, J.S. Patel, *J. Appl. Phys.*, 62, 4100 (1987)
- 8) T.J. Sheffer, J. Nehring, *A. Phys. Lett.*, 45, 1021 (1984)
- 9) 袋, 電子情報通信学会技術研究報告, 88, 19 (1988)
- 10) H. Fukuro, S. Kobayashi, *Mol. Cryst. Liq. Cryst.*, 163, 157 (1988)
- 11) K. Yoshida, H. Fukuro, S. Kobayashi, *Proc. of Japan Display (Sept. 30-Oct. 2, Tokyo, Japan)* p.396 (1986); *Proc. SID*, 28, 755 (1987)
- 12) S. Kobayashi, S. Kuniyasu, T. Sugiyama, H. Fukuro, *Jpn. J. Appl. Phys.*, 29, 2045 (1990)
- 13) H. Ikeno, A. Ohsaki, M. Nitta, N. Ozaki, Y. Yokoyama, K. Nakaya, S. Kobayashi, *ibid.*, 27, 475 (1988)
- 14) K. Kawanishi, T. Tamaki, I. Seki, K. Ichimura, *Polymer Preprints Japan*, 39, 3393 (1990)

勤務先・住所などの変更についてお願い

住所、勤務先などに移動のあった場合は下記ひな型に従い「はがき」でご連絡下さるようお願い致します。変更通知のない場合は当協会からの諸通知や、会誌などが届きません。会員諸氏のご協力をお願い申し上げます。

会 員 No.	氏 名
新・勤務先(所在地) ✧ 郵便番号ならびに電話番号	旧
新・住 所(自宅) ✧ 郵便番号ならびに電話番号	旧
◎連絡先は○を付けご指定下さい。	

あて先 有機合成化学協会 会員係 106 東京都港区麻布台 2-2-12 三貴ビル ☎03-3582-4293
特にお願ひ!!

会社の寮、公営・(集合)住宅等の入居者は名称、棟号、室番号まで住所を明記して下さい。