



Title	特異的分子間相互作用を有するディスコチック液晶性有機半導体のカラムナー相におけるキャリア輸送特性
Author(s)	三宅, 康雄; 物部, 浩達; 胡, 平 他
Citation	電気材料技術雑誌. 2009, 18, p. 67-73
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/76853
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

特異的分子間相互作用を有するディスコチック液晶性有機半導体の カラムナー相におけるキャリア輸送特性

三宅 康雄^{1) 3)}、物部 浩達¹⁾、胡 平²⁾、趙 可清²⁾、
藤井 彰彦³⁾、尾崎 雅則³⁾、清水 洋¹⁾

¹⁾ 産業技術総合研究所 関西センター ナノテクノロジー研究部門 〒563-8577 大阪府池田市緑丘1-8-31

²⁾ 四川師範大学 Chengdu, Sichuan 610066, China

³⁾ 大阪大学大学院工学研究科電気電子情報工学専攻 〒565-0871 大阪府吹田市山田丘2-1

液晶性半導体は高秩序配向相においてアモルファスシリコンに匹敵するキャリア移動度が報告されているが、更なるキャリア移動度の向上が望まれている。キャリアのホッピング効率を上昇させる為には、液晶相における運動性の制御が重要である。本研究では、代表的な液晶性半導体であるトリフェニレンに親フッ素/疎フッ素相互作用及び分子間水素結合基を導入し、カラムナー相におけるキャリア移動度をTime-Of-Flight法で測定した。

キーワード: ディスコチック液晶、カラムナー相、有機半導体、キャリア移動度

Carrier transport in a columnar mesophase of discotic liquid crystalline organic semiconductors with specific intermolecular interactions

Yasuo MIYAKE^{1) 3)}, Hirosato MONOBE¹⁾, Hu PING²⁾, Ke-Qing ZHAO²⁾, Akihiko FUJII³⁾,
Masanori OZAKI³⁾ and Yo SHIMIZU¹⁾

¹⁾ Synthetic Nano-Function Materials Group, Nanotechnology Research Institute, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), Kansai Centre, 1-8-31 Midorioka, Ikeda, Osaka, 563-8577, Japan

²⁾ College of Chemistry and Material Science, Sichuan Normal University, Chengdu, Sichuan 610066, China

³⁾ Division of Electrical, Electronic and Information Engineering, Graduate School of Engineering, Osaka University, 2-1 Yamadaoka, Suita, Osaka, 565-0871, Japan

Though high carrier mobility comparable to that of amorphous silicon ($\sim 10^{-1} \text{ cm}^2/\text{Vs}$) was shown in highly ordered liquid crystal semiconductors, it was still required to raise the mobility in mesophase. Based on the theory, control of molecular dynamics in liquid crystalline states is essentially an important challenge to increase the hopping efficiency for carriers. In this work, the carrier mobility behavior of typical discotic liquid crystalline semiconductors triphenylenes, which were chemically modified to work intermolecular specific interactions such as fluorophobic/philic and hydrogen-bond interactions were studied for the columnar mesophase by a Time-Of-Flight technique.

Keyword: Discotic liquid crystal, Columnar mesophase, Organic semiconductor, Carrier mobility

1. はじめに

液晶性半導体はアモルファスシリコンに匹敵する高キャリア移動度が報告されており、その自己組織化能に基づく大面積かつ高品質な薄膜が作成可能な新たな有機半導体として期待されている。ディスコチック液晶性半導体として代表的なトリフェニレン骨格の周辺側鎖にチオアルキル基を有する化合物は、高秩序相であるヘリカルカラムナー相を示し、アモルファスシリコン並のキャリア移動度($\sim 10^{-1} \text{ cm}^2/\text{Vs}$)がTime-Of-Flight法によって計

測された[1]。以降、ディスコチック液晶中のキャリア移動特性が盛んに研究され、発達した π 電子共役系を有するヘキサベンゾコロネンやフタロシアニンなどで、 $10^{-1} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 程度のキャリア移動度が報告されている[2,3]。しかしながら、高キャリア移動度を示す高配向秩序相は高粘性であり配向制御が難しく、トランジスタなどの薄膜デバイスにおけるキャリア移動度はバルクよりも低くなる事が報告されている[4,5]。実用化の為に、更なる高キャリア移動度化と配向制御性を有する材料の開発が

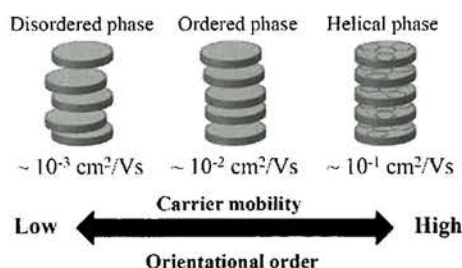


図1 キャリア移動度と液晶秩序との相関性
Fig. 1 Carrier mobility and molecular order relationship.

望まれている。

キャリア移動度向上のアプローチとして、中心コアの拡大及び強い分子間相互作用を周辺側鎖に導入することによって π 電子共役系の強固なスタックの形成を意図した分子設計が行われており(図1)[6]、高配向秩序相において高いキャリア移動度が報告されている。

一般的に低秩序化合物のキャリア移動の本質は、ホッピング伝導であると言われており、分子から次の分子への電子移動確率 k_{ET} はマーカスの式[7]で記述される。

$$k_{ET} = \frac{4\pi^2}{h} t^2 \frac{e^{-\lambda/4RT}}{\sqrt{4\pi RT}} \quad (1)$$

ここで、 t は2分子間の重なり積分、 λ は再配向エネルギー、 h はプランク定数、 R は気体定数である。 k_{ET} は t に強く依存しており、分子が強くスタックした高配向秩序液晶相で高キャリア移動度が観測されていることを支持している。しかしながら、近年、分子積層時の相対的な分子配置すなわちスタッキングコンフォメーションの t への寄与がシミュレーションによって計算され、スタック距離よりも t に多大な影響を与えることが報告されている[8]。高移動度化の為に分子のスタッキングコンフォメーションを考慮した分子設計が必要となる。

本研究では、代表的な液晶半導体であるトリフェニレンの周辺側鎖に特異的な相互作用を局所的ないしは部分的に導入し、相構造の変化がキャリア移動度に与える影響を調べた。置換基として、親フッ素/疎フッ素相互作用を有するフッ素化アルキル基に注目した。低い分極率に起因する非常に弱い van der Waals 力を示すため、フッ素化アルキル鎖同士で凝集構造を形成しやすい性質(親フッ素

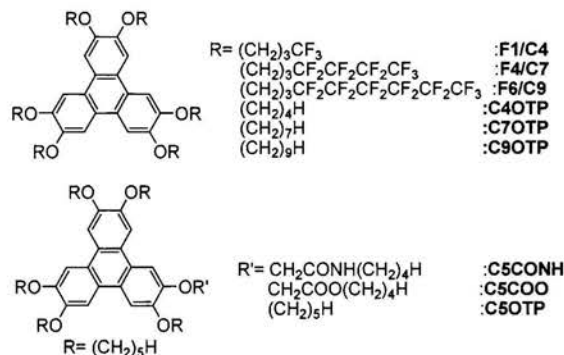


図2 トリフェニレン誘導体の分子構造

Fig. 2 Chemical structures of the triphenylene derivatives.

/疎フッ素相互作用)がある。また、比較的強い結合である分子間水素結合を形成するアミド結合基にも注目した。周辺側鎖のすべてをフッ素化アルキル基で置換したトリフェニレン(F1/C4, F4/C7及びF6/C9)、周辺側鎖の1本をアミド結合基で置換したトリフェニレン(C5CONH)を各々合成し、キャリア移動度特性を測定した。比較のため、周辺側鎖のすべてが炭化水素であるトリフェニレン(CnOTP: $n = 4, 5, 7, 9$)及び、水素結合を形成しないが、アミド基と同等の電気双極子を有するエステル基を1本有するトリフェニレン(C5COO)についても同様に実験を行った。(図2)

2. 実験方法

化合物はシリカゲルカラムクロマトグラフィー及び再結晶により精製した。化合物の液晶性は、示差走査熱量計(DSC) (加熱及び冷却速度: $5^\circ\text{C}/\text{min}$)、光学組織観察及び粉末 X 線回折法により行い、すべての化合物でカラムが六方格子状に配向したヘキサゴナルカラムナー(Col_h)相を示した(図3)。分子のスタッキング秩序に相当する反射ピーク(d_{001})の相関長は $0.9\lambda/(\beta\cos\theta)$ (λ : CuK α 1.5418 Å, β : 半値幅)により算出した。

Col_h 相におけるキャリア移動度は、飛行時間計測(TOF)法により測定を行った。TOF 測定用に電極間が $15\sim 17\ \mu\text{m}$ のサンドイッチ型セル(電極: ITO, スペーサー: ポリイミド $12.5\ \mu\text{m}$)を作製した。試料は等方相温度で毛細管現象によって ITO サンドイッチセルに注入し、等方相から Col_h 相まで徐冷することによって、カラムが基板に対し垂直に配向した膜を作成した[9]。電極間に電圧を印加した状態で、励起光(窒素ガスレーザー, 波長: 337 nm, パルス



図3 ヘキサゴナルカラムナー相
Fig. 3 Schematic illustrations of hexagonal columnar (Col_h) mesophase.

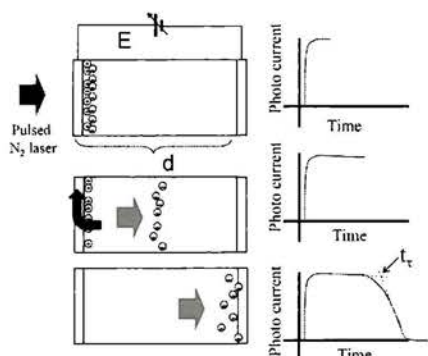


図4 TOF 測定概念図
Fig. 4 Schematic illustration of TOF measurement.

幅:800 psec)を電極の片面から照射し、励起されたキャリアが対向電極に移動する時に得られる過渡光電流波形よりキャリアの走行時間(t_f)を見積もり、式(1)よりキャリア移動度を算出した(図4)。

$$\mu = d^2 / t_f E \quad (1)$$

μ :キャリア移動度(cm^2/Vs), d :電極間距離(μm), t_f :走行時間(s), E :印可電圧(V)である。キャリア移動度の温度依存性(等方相転移直後～結晶転移直前)及び電界依存性(10 kV/cm～50 kV/cm)についても測定を行った。

3. 結果及び考察

3.1 フッ素化アルキル誘導体

3.1.1 相転移挙動

フッ素化アルキル誘導体は、炭化水素誘導体[10]と比較して融点及び透明点が増大し、親フッ素/疎フッ素総合作用による相分離構造が形成され、Col_h相が熱的に安定化された(図5)。**C40TP**はCol_h相より高秩序なヘキサゴナルカラムナープラスチック(Col_{hp})相を示すが、**F1/C4**はその他の分子と同様に秩序の低いCol_h相を示した。

3.1.2 キャリア移動度特性

各分子で明確な過渡光電流波形が得られ、 t_f を容易に求めることができた(図6)。そのキャリア移動

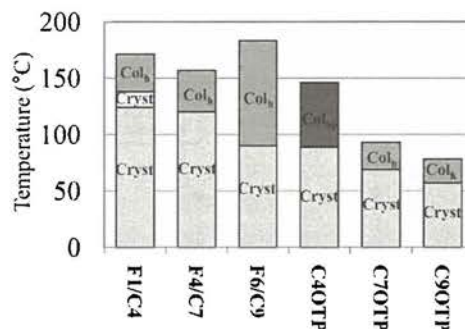


図5 フッ素化アルキル誘導体及び炭化水素誘導体の相転移挙動
Fig. 5 Phase transition behavior for fluorocarbon derivatives and hydrocarbon derivatives.

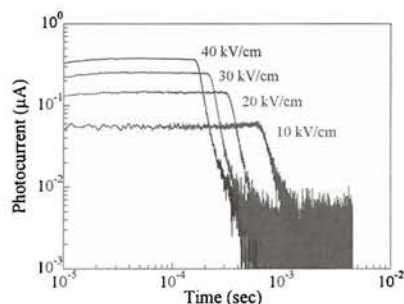


図6 Col_h相における**F6/C9**の過渡光電流波形(180°C)

Fig. 6 Photocurrent decay curves of positive carrier for **F6/C9** in Col_h mesophase at 180°C.

度は、**F1/C4**及び**F4/C7**は $10^{-4} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ オーダー、**F6/C9**は $10^{-5} \sim 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ であり、**C40TP**を除く炭化水素誘導体とほぼ同等のオーダーであった。キャリア移動度は電界に依存せず一定であり(図7)、温度上昇に伴ってキャリア移動度が上昇する熱活性化型の半導体特性を示し、**C40TP**を除く炭化水素誘導体と同様の挙動[11-13]となった。アレニウスプロットより(図8)、**F1/C4**及び**F4/C7**は2つの領域に、**F6/C9**においては3つの領域に分離した。横軸を $1/T^2$ としたプロット上でも同様に直線性を示さないことから、BässlerのDisorderedモデル[14]と異なる伝導機構であることがわかった。フッ素化アルキル誘導体の活性化エネルギー(E_a)は変曲点の温度がほぼ同じ値を示し、155°C以上で0.09~0.12 eV、120~155°Cの範囲では0.15~0.24 eV、120°C以下では0.27~0.35 eVとなり、フッ素化アルキル鎖が長く、低温度領域であるほど E_a が増加し、周辺側鎖の炭素数が同じである炭化水素同族列と

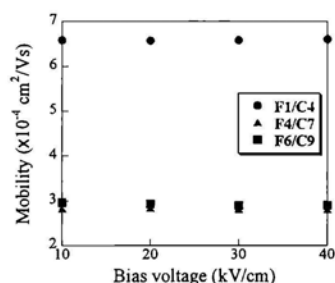


図7 F1/C4, F4/C7 及び F6/C9 おけるキャリア移動度の電圧依存性

Fig. 7 Applied field dependence of the carrier mobility for F1/C4, F4/C7 and F6/C9.

比較すると、F4/C7 及び F6/C9 の E_a は 2 倍程度増加した。C4OTP のみ負の温度依存性を示し、F1/C4 の熱活性型の挙動と異なった。DSC 及び X 線回折では、Col_h 相の温度領域で相転移は観測されないことから、1 次相転移によらない凝集構造の変化がキャリアの伝導パスに影響を与えていると考えられる。

3.1.3 XRD パターン

キャリア移動度が負の温度依存性を示す C4OTP 以外の化合物は分子のスタック距離に相当する d_{001} の反射ピークが観測されないことから (図 9)、分子が無秩序に積層したヘキサゴナルカラムナーディスオーダード (Col_{hd}) 相と同定した。C4OTP は高秩序相であるヘキサゴナルカラムナープラスチック (Col_{hp}) 相を示し [10]、多数の反射ピークに加え、 d_{002} の反射ピークが確認され、その距離は 3.60 Å である。フッ素化アルキル誘導体は溶融アルキルの反射に相当する 4.3 Å のブロードな反射ピークに加え [15]、高高いフッ素化アルキル鎖の起因する 4.9–5.8 Å 程度のブロードなピークが観測された [16]。C4OTP のキャリア移動度は非常に弱い負の温度依存性を示し、バンド伝導的な振る舞いであった。対して、スタッキング秩序が観測されないその他の化合物は熱活性型のキャリア移動度を示し、ホッピング伝導的な振る舞いであった。フッ素化アルキル鎖を導入すると炭化水素誘導体に比べ E_a が増大し (図 8)、高秩序な Col_{hp} 相を示す C4OTP をフッ素化アルキルで置換することによ

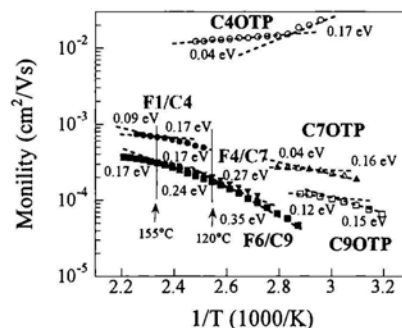


図8 フッ素化アルキル誘導体及び炭化水素誘導体におけるキャリア移動度の温度依存性

Fig. 8 Temperature dependence of the carrier mobility for perfluoroalkylated triphenylenes and hydrocarbon derivatives.

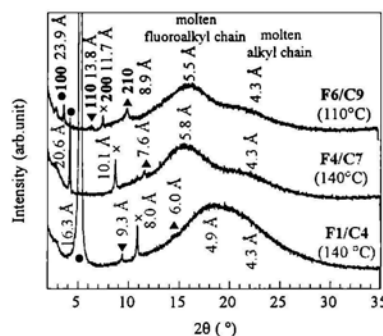


図9 Col_h相における F1/C4, F4/C7 及び F6/C9 の XRD パターン

Fig. 9 XRD patterns of F1/C4, F4/C7 and F6/C9 in Col_h mesophase.

て秩序の低い Col_{hd} 相を示すことから、高高いフッ素化アルキル鎖の導入によって、分子積層方向に無秩序なカラム構造が形成されていることを示唆する結果となった。

3.2 アミド結合誘導体

3.2.1 相転移挙動

C5CONH は、Col_h 相が最も熱的に安定化され (図 10)、分子間水素結合の寄与が示唆された (図 12)。C5COO についても C5OTP と比較して Col_h 相の熱安定性が向上しており、水素結合相互作用よりも弱いものの双極子相互作用の影響によりカラム構造が熱的に安定化されることが示唆される。

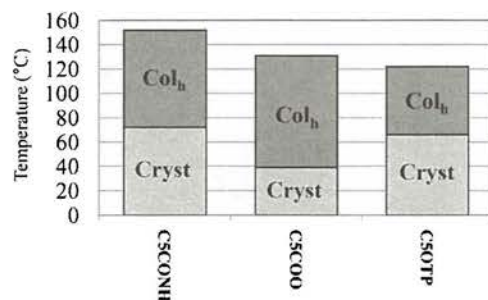


図10 C5CONH, C5COO 及び C5OTP の相転移挙動
Fig.10 Phase transition behavior for C5CONH, C5COO and C5OTP.

3.2.2 キャリア移動特性

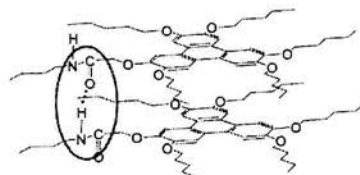


図11 分子間水素結合の概略図
Fig.11 Schematic view of hydrogen bond interaction among molecules.

すべての化合物で明確な過渡光電流波形が得られ(図12)、キャリア移動度はC5CONHが $10^{-5} \sim 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ オーダー、C5COOは $\sim 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ オーダー、C5OTPは $\sim 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ オーダーであり、電界に依存しなかった(図13)。キャリア移動度の温度依存性を比較すると、いずれの化合物もアレニウスプロット上で変曲点が見られた(図14)。フッ素化アルキル誘導体や炭化水素誘導体と同様に横軸を $1/T$ としたプロット上で直線性を示さないことから、キャリアの伝導機構はDisorderedモデルと異なることがわかった。C5OTPは負の温度依存性を示し、低温側ではキャリア移動度がほとんど変化しないが約90°C以上の高温側ではキャリア移動度が減少し、 E_a は0.20 eVであった。対して、極性基を有するC5CONH及びC5COOは熱活性型の半導体特性を示した。C5CONHはイオン伝導に匹敵する E_a を示し[11]、 E_a の異なる2つの温度領域が存在した。C5CONHの E_a は約95°C以上で0.57 eVから0.33 eVに減少し、C5COOも同様に約70°C以上で0.19 eVから0.09 eVへと減少した。DCS及びX線回折測定では、この温度領域で相転移は認められず、フッ素化アルキル誘導体及び炭化水素誘導体と同様に相転移によらない凝集構造の変化がキャリア

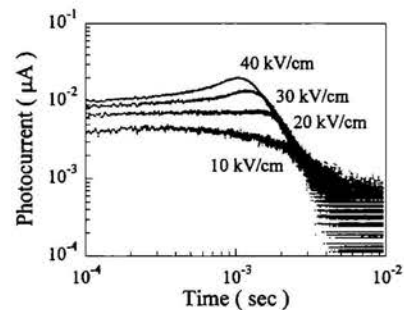


図12 Col_h相におけるC5CONHの過渡光電流波形(145°C)
Fig.12 Photo current decay curves of positive carrier in Col_h mesophase for C5CONH at 145°C.

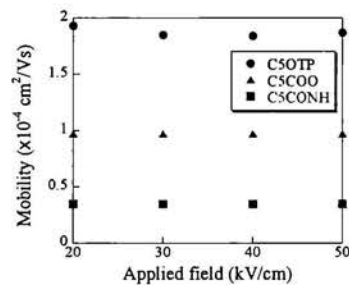


図13 C5CONH, C5COO 及び C5OTP におけるキャリア移動度の電圧依存性
Fig.13 Applied field dependence of the carrier mobility for C5CONH, C5COO and C5OTP.

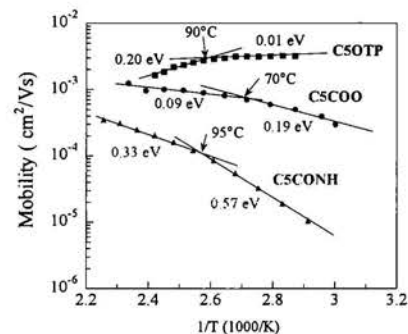


図14 C5CONH, C5COO 及び C5OTP におけるキャリア移動度の温度依存性
Fig.14 Temperature dependence of the carrier mobility for C5CONH, C5COO and C5OTP.

の伝導パスに影響を与えていると考えられる。

3.2.3 XRD パターン

いずれの化合物もスタッキング秩序に相当する d_{001} の反射ピークが観測され、分子の積層方向に秩序を有するヘキサゴナルカラムナーオーダー

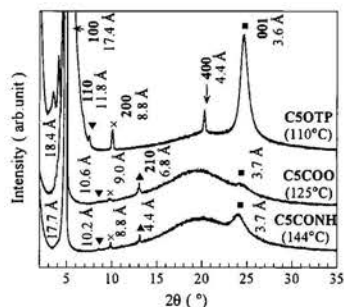


図 15 Col_h相における **C5CONH**, **C5COO** 及び **C5OTP** の XRD パターン(T/T_{iso}=95%)
Fig.15 XRD patterns of **C5CONH**, **C5COO** and **C5OTP** in Col_h mesophase. (T/T_{iso}=95%).

(Col_h) 相を示した(図 15)。d₀₀₁ に関し温度依存性を測定すると、すべての化合物で温度上昇に伴ってスタック距離が増加した(図 16)。同じ温度で比較すると **C5OTP** のスタック距離が最も短く、**C5CONH** が最も長い結果となり、スタック距離が長いほどキャリア移動度が減少し、E_a が増加することがわかった。いずれの化合物もスタック距離は温度上昇に伴いほぼ同様に増加し、その相関長を比較すると、**C5CONH** と **C5OTP** は 140~240 Å 程度とほぼ同様の値を示し、温度上昇に伴って相関長が短くなった(図 16)。**C5COO** は、40~75 Å 程度の短い相関長を持ち、**C5CONH** に比べ、よりディスオーダーなカラム構造を形成していると考えられるが、約一桁高いキャリア移動度を示した。

C5CONH 及び **C5COOTP** は、カラム構造が熱的に安定化されスタッキング秩序も存在しているものの、分子間水素結合及び双極子相互作用のピン留め効果により分子の回転運動が抑制され、結果的に電子軌道の重なり積分が最小となるスタaggerド型のコンフォメーションが時間平均的に増加していることが示唆される(図 17)。

4. まとめ

フッ素化アルキル置換トリフェニレン及びその炭化水素同族列、また、アミド基を有するトリフェニレン(**C5CONH**)及びエステル誘導体(**C5COO**)と炭化水素同族列(**C5OTP**)について TOF 法によってキャリア移動度測定を行った。親フッ素/疎フッ素相互作用、分子間水素結合及び双極子相互作用を導入する事によって Col_h 相が熱的に安定化されるが、キャリア移動度は大きく減じ、カラム構造の動的状況の変化がキャリア移動特性に大きな影

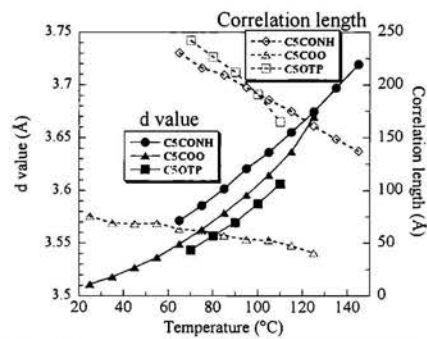


図 16 **C5CONH**, **C5COO** 及び **C5OTP** における d₀₀₁ 及び相関長の温度依存性
Fig.16 Temperature dependence of d₀₀₁ and correlation length for **C5CONH**, **C5COO** and **C5OTP**.

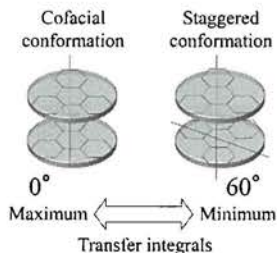


図 17 重なり積分とスタッキングコンフォメーションとの関連性
Fig.17 Relationship between stacking configuration and transfer integrals for a discotic liquid crystal.

響を与える結果となった。

謝辞

本研究は主として日本学術振興会二国間交流事業 (JSPS-NSFC)「ディスコチック液晶性半導体設計のための基礎研究」において成されたものである。

参考文献

- (1) D. Adam, P. Schuhmacher, J. Simmerer, L. Häussling, K. Siemensmeyer, K. H. Eitzbach, H. Ringsdorf and D. Haarer, *Nature*, **371**, 141 (1994)
- (2) A. M. van de Craats, J. M. Warman, A. Fechtenkötter, J. D. Brand, M. A. Harbison and K. Müllen, *Adv. Mater.*, **11**, 1469 (1999)
- (3) A. M. van de Craats, P. G. Schouten and J. M. Warman, *Ekisho*, **2**, 12 (1998)
- (4) W. Pisula, A. Menon, M. Stepputat, I. Lieberwirth, U. Kolb, A. Tracz, H. Sirringhaus, T. Pakula and K. Müllen, *Adv. Mater.*, **17**, 684 (2005)
- (5) I. O. Shklyarevskiy, P. Jonkheijm, N. Stutzmann, D. Wasserberg, H. J. Wondergem, P. C. M. Christianen, A. P. H. J. Schenning, D. M. de Leeuw, Ž. Tomović, J. Wu, K. Müllen and J. C. Maan, *J. Am. Chem. Soc.*, **127**, 16233 (2005)

- (6) J. Simmerer, B. Glösen, W. Paulus, A. Kettner, P. Schuhmacher, D. Adam, K. -H. Elzbach, K. Siemensmeyer, J. H. Wendorff, H. Ringsdorf and D. Haarer, *Adv. Mater.*, **8**, 815 (1996)
- (7) R. A. Marcus and N. B. Sutin, *Biochim. Biophys. Acta. Rev. Bioenerg.*, **811**, 265 (1985)
- (8) V. Lemaire, D. A. da Silva Filho, V. Coropceanu, M. Lehmann, Y. Geerts, J. Piris, M. G. Debije, A. M. van de Craats, K. Senthikumar, L. D. A. Siebbeles, J. M. Warman, J.-L. Brédas and J. Cornil, *J. Am. Chem. Soc.*, **126**, 3271 (2004)
- (9) F. Nekelson, H. Monobe, M. Shiro and Y. Shimizu, *J. Mater. Chem.*, **17**, 2607 (2007)
- (10) C. Destradre, M. C. Mondon, and J. Malthête, *J. Phys. C* **40**, C3-17 (1979)
- (11) Hiroaki Nakayama, M. Ozaki, Werner F. Schmidt and K. Yoshino, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **38**, L1038 (1999)
- (12) K. Yoshino, Hiroaki Nakayama, M. Ozaki, Mitsuyoshi Onoda and Maki Hamaguchi, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **36**, 5183 (1997)
- (13) H. Iino J. Hanna and D. Haarer, *Phys. Rev. B* **72**, 193203 (2005)
- (14) H. Bässler, *Phys. Stat. Sol. B*, **175**, 15 (1993)
- (15) A. M. Levelut, *J. Phys. Lett.*, **40**, 81 (1979)
- (16) J. F. Rabolt, T. P. Russell and R. J. Twieg, *Macromolecules*, **17**, 2786 (1984)

(平成 21 年 11 月 16 日受理)

三宅 康雄



2006 年大阪電気通信大学工学部電子材料工学科 卒業。2008 年同大学院工学研究科修了。同年大阪大学大学院工学研究科入学。現在に至る。2008 年 SCIENT2008 Student Presentation Award, 2008 年 18th IKETANI CONFERENCE Outstanding Student Poster Award。日本液晶学会、日本化学会、日本高分子学会、電子情報通信学会各会員

物部 浩達



1993 年東京工業大学 工学部 生体分子工学科 卒業。1998 年同大学院生命理工学研究科博士課程修了。工学博士。同年工業技術大阪工業技術研究所任付研究員。2001 年大阪工業技術研究所任付研究員。同年産業技術総合研究所研究員を経て、2006 年より同研究所主任研究員。主として、赤外光照射による高分子・液晶膜の分子配向制御に関する研究に従事。2003 年日本液晶学会奨励賞。2004 年応用物理学会講演奨励賞。2006 年 ICNME 2006 Outstanding Poster Presentation Award。応用物理学会、高分子学会、日本液晶学会、日本化学会各会員

胡 平



1985 年 Sichuan normal university 卒業、1990 年 Wuhan university 客員教授を経て、2002 年 Sichuan normal university, College of chemistry and material science 教授に至る。

趙 可清



1988 年 Sichuan normal university 卒業、1997 年 Sichuan normal university 博士課程修了。1998～1999 年 National Taiwan University ポストドクター、2001～2002 年 TU-Darmstadt ポストドクターを経て、同年より Sichuan normal university, College of chemistry and material science 教授。

藤井 彰彦



1993 年大阪大学工学部電子工学科卒業。1997 年同大学院工学研究科博士課程了。博士(工学)。同年日本学術振興会特別研究員(PD)。1998 年大阪大学大学院工学研究科助手、2006 年同助教授を経て、2007 年より同准教授。1997～1998 年ユタ大学物理学科博士研究員。主として、有機分子、導電性高分子の電子光物性と光機能応用に関する研究に従事。1996 年電気関係学会関西支部連合大会奨励賞、1997 年電子情報通信学会学術奨励賞、1999 年応用物理学会講演奨励賞、応用物理学会賞、2006 年 ICNME 2006 Award。電子情報通信学会、応用物理学会、高分子学会各会員。

尾崎 雅則



1983 年大阪大学工学部電気工学科卒業。1988 年同大学院工学研究科博士課程了。同年大阪大学工学部助手、1991 年同講師、1994 年同助教授を経て、2005 年より同教授。工学博士。1994～1995 年ユタ大学物理学科博士研究員。主として、液晶、有機光機能性分子・高分子、フォトリソグ結晶に関する研究に従事。2002 年日本液晶学会論文賞。日本液晶学会、応用物理学会、日本物理学会、電気学会各会員。

清水 洋



1981 年京都工芸繊維大学工芸科学部卒業。1986 年同大学院工学研究科博士後期課程修了。工学博士。同年住友電気工業株式会社入社。1990 年大阪工業技術研究所研究グループ長を経て、2001 年より産業技術総合研究所研究グループ長。主として、液晶性半導体の電子伝導、配向制御に関する研究に従事。日本液晶学会、国際液晶学会、日本化学会、日本高分子学会、応用物理学会、近畿化学協会各会員。