テーマ資料

(色材, 61 [4] 215-226, 1988)

光記録用機能色素

藤本 昌樹*・佐藤 義一*

1. はじめに

高度情報化社会への流れの中で情報の量と質の拡大が進み、高密度・大容量の記録媒体がますます要求されるようになってきている。磁気ディスクやフロッピーディスク等の磁気記録に比して、記録密度が一桁以上高い光記録は、1972年にフィリップス社がビデオディスクを発表して以来急速に開発が進められている。光記録は基盤上の記録膜にレーザー光を $1\mu\text{m}^2$ 以下に集光照射して、記録膜に熱による変化（ヒートモード型）、または光による変化（フォトンモード型）を誘起して形状変化や構造変化を与え、これを反射率、透過率、屈折率の変化として記録を行うものである。記録の再生はこれらの物性変化を光信号または磁気信号として検出する。

記録の方式はあらかじめ記録されたものを再生するだけの ROM (Read Only Memory) からユーザーが一度記録できる DRAW (Direct Read After Write)、さらに消去と書き込みが可能な書き換え型 E-DRAW (Erasable-DRAW) へ進んでいる。DRAW 型としては無機材料（主に Te 化合物）を記録媒体に用いた光ディスクがまず実用化され、最近では有機色素系の記録媒体を用いたものが数社から発表されている。ほとんどがヒートモード型・ビット形成方式であり、有機色素は光を吸収して熱エネルギーに変換し記録膜を融解または昇華してビットを形成する。記録の再生は記録膜からの反射光の強さを記号として読み出す。図-2 に有機色素を用いた光ディスクの一般的な構造を示した。(A) は単層型で、(B) は Al の反射層を設けた二層型であり、(A) の構造を採用し得る反射率が高い記録媒体の開発が中心となっている。E-DRAW 型は無機材料を用いた光磁気方式または有機色素を含むポリマーの熱変化を利用した相変

化方式のヒートモード型と、フォトクロミズムの利用や超高密度記録方式として期待されているフォトケミカル・ホールバーニング (PHB) を利用したフォトンモード型の研究が行われている。

有機色素は無機材料に比して、材料選択の幅が広い（分子設計の範囲が広い）。高密度・高感度化の可能性がある、低コスト（コーティングによる記録膜の形成）、低毒性の面が優位であり、保存安定性や再生劣化等の面

図-1 各メモリー媒体のアクセス時間と記録密度

〔氏名〕 ふじもと まさき

〔現職〕 日本化薬(株)化学品研究所主任研究員 〔趣味〕 ハイキング、映画鑑賞 〔経歴〕 昭和42年東北大学大学院工学研究科(修士)修了。同年日本化薬(株)入社。染料・化成品・機能色素の開発に従事。

〔氏名〕 さとう ぎいち

〔現職〕 日本化薬(株)化学品研究所副主任研究員 〔趣味〕 SF小説、下手な絵 〔経歴〕 昭和26年山形県立米沢工業高等学校卒 同年日本化薬(株)に入社、染料、機能色素の開発に従事、現在に至る。

昭和 62.11.10 受理

Functional Dyes for Optical Recording Media
Masaki Fujimoto and Giichi Sato

* 日本化薬株式会社化学品研究所
東京都北区志茂 3-26-8 (〒115)

で解決すべき問題はあるが、将来の光記録媒体として期待は大きい。ここでは DRAW 型を中心に有機色素系記録媒体の現状を紹介する¹⁻⁴⁾。

2. DRAW 型に用いられる色素

ヒートモード型光記録媒体に用いられる色素に要求される特性を列挙すると以下の通りである。

- (1) 半導体レーザー光 (780 nm~830 nm) に強い吸収を持つこと。
- (2) 記録膜の反射率が高いこと。反射率 20% 以上。
- (3) 熱伝導度が低くシャープなピットが形成されること。
- (4) 均一な薄膜ができること。蒸着法の場合は昇華性があり熱分解温度が高く、コーティング法の場合は溶媒に対する溶解性の高いことが必要。
- (5) 記録読み出しのくり返し劣化が少いこと。
- (6) 保存耐性が良いこと。(耐光, 熱, 湿度)
- (7) 低毒性。

これまでの報告では、蒸着型は保存耐性、記録再生の劣化の面ですぐれているが、C/N 比は低く、塗布型は C/N 比は高いが、再生劣化が良くない傾向があるといわれている。

有機色素を光記録媒体として合成デザインする上で、(1) 項を満たすことが基本であり、近赤外吸収色素として以下に記載する構造を持つ色素が種々研究されている。また吸収スペクトルは分子軌道法によりかなり予測できるようになってきている⁵⁾。

2.1 シアニン系色素

この色素の特徴は、

- 1) 有機溶媒によく溶けるので、塗布によって記録膜を作製することができる。従って加工コストは安い。
- 2) モル吸光係数 (ϵ) が大きいので記録膜への書き

図-2 色素ディスクの構造模式図

込みは、比較的小さなエネルギー (0.5 nJ/Pit 程度) で済み、ピットの形もシャープである。

3) 読み取りは膜の反射率が高い (30% 以上) ので高い C/N 比が得られる (60 dB 以上)。

4) 1)~3) は長所であるが、光に当たると一重項酸素を発生させ自己酸化分解を起こすので耐久性に欠ける短所を併せ持っている。

この色素を用いた報告は数多く出されているが、その大部分が上記 1)~3) の長所を生かしながら 4) の欠点をいかに小さくするかに重点が置かれている。

この色素の溶液の吸収スペクトルはシャープであるが、基板上に形成された膜では半値幅が大きくなり吸収極大 ($\lambda_{\max}$) も長波長にシフトする。図-3 は [1] の溶液とアクリル板上の膜のスペクトルの比較である。

耐久性を向上させるために多くの提案がなされている。[2] はベンゼン環にハロゲンを導入して耐熱、耐光の向上を目指したものである⁶⁾。インドール環の 5-位への Cl の導入は $\lambda_{\max}$ を約 10 nm 長波長にシフトさせる。中央のメチン鎖を環化することで再生光による記録の劣化 (再生劣化) と保存性が向上する⁷⁾ [3]。シアニン色素の複素環はインドール型、ベンゾチアゾール型、ベンゾオキサゾール型等があるが、これらの中で特にイ

図-3 溶液と膜のスペクトルの比較
実線は膜のスペクトル、点線は溶液 (ジクロロメタン) のスペクトル

ンドール型は溶解性, 書き込み感度, 反射率, 保存性に優れているといわれ⁸⁾ 最近の特許はインドール型が主流になっている。〔4〕は窒素原子の置換基をアルコキシルアルキルとしメチン鎖の一部を環化することで溶解性, 保存性(保存中の結晶析出による劣化も含め)の向上をねらったものである⁹⁾。

室内光や再生光による記録膜の劣化を防止するため光酸化防止剤(一重項酸素クエンチャー)の併用が行われている。一重項酸素クエンチャーとして用いられている化合物の一つは遷移金属キレート化合物¹⁰⁾であり, 他の一つはアミニウムまたはジイモニウム塩¹¹⁾である。〔5〕〔6〕はそれらの一部の具体例である。一重項酸素クエンチャーは一般に色素と混合して用いられるが遷移金属キレート化合物ではシアニンのカチオンと造塩することにより効果の向上がはかられている¹²⁾。同じ目的で色素とクエンチャーを $(\text{CH}_2)_n$ で結合しているケースもある¹³⁾。〔7〕はその一例であるが複雑な工程を経て合成される。アミニウムまたはジイモニウム塩も一重項酸素クエンチャーとして効果的である。前記〔4〕の化合物単独と〔4〕にアミニウム塩〔6〕を1:1の重量比で添加し, それぞれをアクリル板にスピンコートで塗布し, キセノンランプに露光し露光前後の吸光度を測定して〔4〕の退色速度を求めた。10時間の露光では〔4〕の単独で吸光度は約1/2になったが, アミニウム塩を添加した方は吸光度は低下しなかった^{11,14)}。より効果的な一重項酸素クエンチャーとして前記遷移金属キレート化合物のアニオンとアミニウムまたはジイモニウムのカチオンで造塩した新規化合物も提案されている¹⁵⁾。

シアニン色素のもう一つのタイプにテトラフェニルメチン型の色素がある¹⁶⁾〔8〕。この色素は前記複素環型シアニンと同様溶媒溶解性は良好であるが, 複素環型と比較して ϵ は1/2程度で反射率もやや低い。しかし光に対しては比較的安定で一重項酸素クエンチャーを添加すると耐光性は更に向上する¹⁷⁾。

2.2 ナフトキノ系色素

この系統の色素は溶媒に難溶で記録膜の形成は蒸着によって行われる。蒸着による成膜は塗布法と比較して経済的に不利とされているが, 樹脂製の基板を溶かさな溶媒の選択或は基板の溶媒による溶解を防止するため下引き層をもうける必要がない利点もある。蒸着は普通真空度 10^{-5} Torr 以下, 温度は $200\sim 300^\circ\text{C}$ で行われる。ナフトキノ系色素による蒸着膜はシアニン色素と比較して反射率, 書き込み感度共にやや低いが化学的に安定で保存耐性も良いのが特徴といえる。従って研究の方向は高い反射率と記録感度を得ることに重点が置かれる。

〔9〕¹⁸⁾ 〔10〕¹⁹⁾ は高い記録感度を持ち, 化学的に安定な記録媒体を目的としたものである。〔11〕〔12〕〔13〕〔14〕は上記特徴の他に成膜のしやすさ, 高温高湿に対する安定性に重点が置かれている^{20~23)}。

2.3 フタロシアニン系色素

光デスク用色素としてフタロシアニンはシアニン系色素に次いでよく研究されており, 一部実用化されている。

フタロシアニン系色素の特徴は,

- 1) 吸光係数が多い。 $\epsilon > 10^5$ 。
- 2) 熱安定性や耐久性に優れる。
- 3) 昇華性があり蒸着により成膜ができるが, 溶媒に対する溶解性が悪く塗布法による成膜が困難。
- 4) 通常フタロシアニンは半導体レーザー波長域に吸収を持たないため, 長波長化が必要。

が挙げられる。

フタロシアニン蒸着膜の中心金属の違いによる λ_{max} のシフトに関して次の報告がある²⁴⁾。

AlClPc 740 nm, GaClPc 749 nm, SiCl₂Pc 740 nm,
SnCl₂Pc 730 nm, VOPc 730 nm, CuPc 621 nm,
CoPc 606 nm

フタロシアニンの蒸着膜は熱や有機溶媒による処理によって結晶変換が起こり, λ_{max} が長波長シフトする事が知られている。MgPc²⁵⁾ や TiClPc²⁶⁾ は溶媒蒸気処理により約 100 nm 長波長シフトして近赤外領域に吸収を持つようになる。ベンゼン環への置換基導入や中心金属を代える事による長波長化の検討がなされているが, 半導体レーザー光を感受する例は少なく^{27,28)}, ベンゼン環をナフタレン環(ナフトロシアニン)に代えて共役系を拡大する事による長波長化が主流となっている^{29~31)}。芳香族環への置換基導入による溶解度改良の提案は多く, 例えばアルキル基³²⁾, アルコキシル基³³⁾, Si 結合基³⁴⁾がある。ナフトロシアニンが中心原子 Si を介しポリマーに配位結合した記録膜を塗布法により形成し, 30% 近い反射率を得たという報告³⁵⁾もある。またこの記録膜は加熱により記録の消去が可能であるという。

フタロシアニン系色素を用いた光デスクの性能の一例として, Al・ナフトロシアニン³⁶⁾についての報告を挙げる。

半導体レーザー 830 nm, 記録感度約 0.7 nJ/Pit, 反射率 25%, 再生 C/N 比 55 dB, 150 万回以上の再生で C/N 比低下は 1 dB 以下(再生パワー 1 mW)。

2.4 その他

その他, 多種類の色素が提案されているが, ここでは主なものの構造と文献を紹介するととどめたい。

表-1 光記録用機能色素

No.	構 造 式	$\lambda_{\max}$ (nm)	$\epsilon \times 10^{-4}$
[1]	<p style="text-align: center;">ClO_4^-</p>	754 (CH ₂ Cl ₂)	35.0
[2]	<p style="text-align: center;">X^-</p> <p style="text-align: right;">R: アルキル Y: ハロゲン a: 1 ~ 4 X: 陰イオン</p>		
[3]	<p style="text-align: center;">X^-</p> <p style="text-align: right;">Z: A: R: アルキル X: 陰イオン</p>		
[4]	<p style="text-align: center;">X^-</p> <p style="text-align: right;">R: アルコキシアルキル, Y: H, ハロゲン, X: 陰イオン (例) R = C₂H₄OCH₃, Y = H, X = ClO₄</p>	787 (CH ₂ Cl ₂)	36.0
[5]	遷移金属キレート化合物の例		
	<p style="text-align: right;">M: 遷移金属 n: 1 ~ 4</p> <p>(例) M = Ni, n = 3</p>	870 (DMF)	1.49
	<p style="text-align: right;">M: 遷移金属 n: 1 ~ 4</p>	1100 (DMF)	1.23

No.	構 造 式	$\lambda_{\max}$ (nm)	$\epsilon \times 10^{-4}$
[6]	<p>アミニウム塩及びジイモニウム塩の例</p> <p>$\text{R} : \text{C}_1 \sim \text{C}_4$ のアルキル $\text{R} : \text{陰イオン}$</p> <p>(例) $\text{R} = \text{C}_4\text{H}_9$ $\text{X} = \text{SbF}_6^-$</p> <p>$\lambda_{\max}$: 950, 1480 (アセトン)</p>	950 1480 (アセトン)	2.30 1.90
[7]	<p>$\cdot 2 \text{ClO}_4^-$</p> <p>$\lambda_{\max}$: 1090 (CH_2Cl_2)</p>	1090 (CH_2Cl_2)	10.5
[8]	<p>ClO_4^-</p> <p>$\text{R} : \text{低級アルキル}$ $\text{R}' : \text{NR}_2, \text{H}, \text{Cl}$</p> <p>(例) $\text{R} = \text{C}_2\text{H}_5$, $\text{R}' = \text{N}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$</p> <p>$\lambda_{\max}$: 816 (アセトン)</p>	816 (アセトン)	17.0
[9]	<p>R</p> <p>例) C_4H_9</p> <p>OC_2H_5</p> <p>$\text{N}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$</p> <p>$\lambda_{\max}$: 786, 734 (ベンゼン), 760 (アセトニトリル), 820 (アセトニトリル)</p>	786 734 (ベンゼン) 760 (アセトニトリル) 820 (アセトニトリル)	1.32 1.18 1.78 1.80

No.	構 造 式	$\lambda_{\max}$ (nm)	$\epsilon \times 10^{-4}$
(10)		772 (クロロホルム)	
(11)	<p>X, Y: SO または SO₂ で 同じかまたは異なる</p>		
(12)	<p>(例)</p> <p>X: $-\text{OCH}_3$ Y: $-\text{NHCH}_2-\text{C}_6\text{H}_5$</p>	567, 617 673, 738 (クロロホルム) 568, 619 673, 735 (クロロホルム)	
(13)	<p>の混合物</p>		
(14)		760 (アセトニトリル)	

No.	構 造 式	$\lambda_{\max}$ (nm)	$\epsilon \times 10^{-4}$
[15]	<div> </div> <div><div><div>M=AlCl</div><div>X=S- -CH₃</div><div>n=2</div></div><div>27)</div><div>M=VO</div><div>X=SC₂H₅</div><div>n=2</div><div>27)</div><div>M=Cu</div><div>X=F</div><div>n=4</div><div>28)</div><div>M=Zn</div><div>Y=H</div><div>29)</div><div>M=AlCl</div><div>Y=H</div><div>30)</div></div>	821	5.01
[16]	<div> </div> <div><div>M=SnCl₂</div><div>Y=H</div><div>31)</div><div>M=VO</div><div>Y=tert-C₅H₁₁</div><div>m=1</div><div>32)</div><div>M=VO</div><div>Y=OC₄H₉</div><div>m=1</div><div>33)</div><div>M=VO</div><div>Y=Si(CH₃)₃</div><div>m=1</div><div>34)</div><div>M=Si[OSi(CH₃)₂OR]₂</div><div>Y=H</div><div>35)</div></div>	808 (トルエン)	20.0
		* 蒸着膜	

No.	構 造 式	$\lambda_{\max}$ (nm)	$\epsilon \times 10^{-4}$
[17]		743 (クロロホルム)	
[18]		766, 851 (クロロホルム)	
[19]		842 (クロロホルム)	
[20]		724 (クロロホルム)	
[21]		710 (アセトニトリル)	5.48
[22]		810 (アセトニトリル)	3.60

No.	構 造 式	$\lambda_{\max}$ (nm)	$\epsilon \times 10^{-4}$
[23]		860 (アセトニトリル)	5.30
[24]
[25]		753 (エタノール)	5.40
[26]		610, 652 705 (クロロホルム) 600, 670 735 (蒸着膜)	
[27]	<p data-bbox="343 1497 439 1535">X: S, se,</p> <p data-bbox="343 1564 500 1603">R: 低級アルキル</p> <p data-bbox="706 1497 836 1535">Y: Cl, OCH₃</p>		

スクアリリウム系 [17]³⁷⁾ [18]³⁸⁾ [19]³⁹⁾ [20]⁴⁰⁾
 アズレニウム系 [21]⁴¹⁾ [22]⁴¹⁾ [23]⁴²⁾ [24]⁴³⁾ [25]⁴⁴⁾
 アントラキノン系 [26]⁴⁵⁾
 クロコニウム系 [27]⁴⁶⁾

3. E-DRAW 型に用いられる色素

記録媒体としてフタロシアニン等の色素を混合した熱可塑性ポリマーにレーザー光を照射してピット形成により記録し、加熱により消去するヒートモード型と、フォトクロミック色素を用いて光照射による着色と消色を利用した光子モード型がある。ここでは多重記録、高感度化の可能性であるフォトクロミック色素について述べる。フォトクロミック色素を E-DRAW 型光記録媒体に用いるために以下の特性が要求される。

- (1) 発色型の光消色と再発色が容易であること。
- (2) 発色型が半導体レーザー光に対して高い吸光係数を持つこと。

(3) 記録の書き込み、消色のくり返し耐性。

(4) 発色型の熱安定性。

フォトクロミック色素を光記録媒体に応用した例として Plessy 社のフルキド化合物 [28] がある⁴⁷⁾。

(A) に紫外線を照射すると閉環した (B) ($\lambda_{\max}$ 488 nm) に変化し、(B) に可視光を照射すると (A) にもどる。(B) は 50°C において 1,500 時間以上安定と報告されているが、(A) は比較的不安定であるという。

スピロピラン系フォトクロミック色素を記録媒体に用いる研究は多く、有望視されている材料である。ベンゾピラン系スピロピランは紫外線照射により開環しメロシアニン型に変化し 600 nm 付近に吸収極大を持つ。O 原子を S 原子に換えると長波長シフトする⁴⁸⁾ [29]。

ベンゾチオピラン系スピロピラン (C) の開環した (D) は 700 nm 付近に $\lambda_{\max}$ を持ち、その吸収端は 900 nm にも達するので半導体レーザー光を吸収して (C) にもどる。

図-4 にベンゾピラン系とベンゾチオピラン系の吸収

図-4 塩系高分子中でのメロシアニン型の吸収スペクトル

スペクトルを示した。

この化合物を塩系樹脂溶液に溶解しスピノコートした記録膜に 780 nm, 10 mW の半導体レーザーを照射して、記録感度 (反射率が 20% 変化するのに要するエネルギー) として 100 mJ/cm², 再生の C/N 比は 1 MHz で 54 dB 以上と報告されている。発色-消色のくり返し耐性の向上が課題である。

1,2-ビスアリールエチレン誘導体も置換基導入により長波長に吸収を持つことが報告されている⁴⁹⁾。

(E) に紫外線を照射すると閉環した構造の (F) に変化し、(F) は 650 nm に $\lambda_{\max}$ を持ち半導体レーザー光に対しても感受性を持つ。熱安定性も比較的良好といわれている。

熱安定性の良いフォトクロミック色素として次の 1,2-ビスアリールエチレン誘導体が報告されており、着色型は 80°C において 12 時間後も吸収スペクトルの減少が見られないという⁵⁰⁾。

熱安定性は分子集合体を適切に構築することによっても向上する。スピロベンゾピランの発色型は熱的に不安定で室温でも退色するが、長鎖アルキル基を導入し LB 膜中に配列する事により熱安定性が著しく向上すること

図-5 スピロピラン誘導体の SP 1822 の吸収スペクトル

が報告されている⁵¹⁾ [32]。

(I) の LB 膜に 35°C 以上で紫外線照射すると開環した (J) ($\lambda_{\max}$ 588 nm) に変化した後, 618 nm に新たな鋭敏な吸収が生じる。新しい吸収は J 会合体によるものと考えられ, 熱安定性は室温で 10^4 倍向上すると報告されている。

スピロピラン化合物の J 会合体形成による安定化はポリマーマトリックス中でも見いだされている。PMMA に下記のスピロピラン [33] を溶解して石英板上にスピノコートにより膜を形成し, 紫外線照射後に 40°C に加熱すると初めの 580 nm の吸収ピークが鋭い 618 nm に変化する。これは J 会合体によると考えられ, 可視光に対して安定であると報告されている⁵²⁾ [33]。

フォトクロミック色素を記録媒体に利用する場合, 現状では繰り返し耐性等に問題があるが, 分子設計, 加工技術の改善により実用化の可能性は大きいと考えられる。

4. おわりに

光デスク用色素の開発の現状について, カラーケミス

トの立場から紹介した。有機色素を用いた DRAW 型光デスクが実用段階に入り, E-DRAW 型光デスクや多重記録への応用も盛んに研究されており, 有機色素への期待は大きい。有機色素が新しい機能材料として大きく発展するためには, 色素メーカーとユーザーの共同研究と, 染料分野で蓄積された知識と技術をベースに理論と実際の両面からのアプローチが不可欠である。

文 献

- 1) 池森忠三郎, 住谷光圀: “特殊機能色素”, 第 2 章 “記録表示用色素”, CMC (1986)
- 2) 瀬戸順悦: “光記録技術と材料”, 第 2 章 “有機系光記録材料”, CMC (1985)
- 3) 第 17 回有機エレクトロニクス材料研究会講演要旨集 “光デスク用記録材料” (1987. 4)
- 4) 入江正浩: 繊維と工業, 43, 100 (1987)
- 5) 松岡 賢: “光記録技術と材料”, 第 12 章 “半導体レーザ感光性色素メモリ”, CMC (1985)
- 6) 特開昭 59-202892 同 61-47295 同 61-248789
- 7) 特開昭 60-78787
- 8) 特開昭 59-85791 同 59-24690 同 59-67092 同 59-55795
- 9) 特開昭 62-36469
- 10) 特開昭 60-157739 同 59-55794 同 59-55795 同 59-67092 同 59-81194 60-257290 61-3793 等多数
- 11) 特公昭 43-25335 特公昭 45-13326 特開昭 60-163245 同 60-236131 同 62-32132 同 62-50187
- 12) 特開昭 60-118748 同 60-118749 同 60-159087 同 60-162691 同 60-203488 同 61-3793 同 61-3794 同 61-8384
- 13) 特開昭 61-72586
- 14) 住谷光圀, 佐藤義一: 日本化学会第 51 回秋季年会講演予稿集
- 15) 特開昭 62-193891
- 16) W. B. Tuemmler and B. S. Wildt: *J. Am. Chem. Soc.*, 80, 3772~3777 (1957) 特開昭 58-219090 同 60-252344
- 17) 特開昭 60-73891
- 18) 特開昭 59-76296 同 59-76297 同 60-15458
- 19) 特開昭 60-89842
- 20) 特開昭 60-152565
- 21) 特開昭 60-152566
- 22) 特開昭 61-41597
- 23) 特開昭 62-16190
- 24) 片山祐三: 日本學術振興会第 142 委員会 C 部会第 22 回研究会資料, p.1 (1982. 5)
- 25) A. M. Hor et al.: *Thin Solid Films*, 106, 291 (1983)
- 26) 特開昭 59-16785
- 27) 特開昭 61-152685 同 61-246091
- 28) 特開昭 58-56892

- 29) 特開昭 60-95891
30) 特開昭 62-121940
31) 特開昭 61-186384
32) 特開昭 61-25886 同 61-268487
33) 特開昭 61-215663 同 62-39286
34) 特開昭 61-215662
35) 特開昭 61-177287 同 61-232448 同 61-235188
36) 管野敏之, 渡辺 均, 野崎志真子: 第 34 回応用物理学会講演予稿集, p.720 (1987)
37) 特開昭 60-228448
38) 特開昭 61-167680
39) 特開昭 61-167681
40) 特開昭 62-138459
41) 特開昭 60-132795
42) 特開昭 60-192691
43) 特開昭 61-108592
44) 特開昭 62-105690
45) 特開昭 60-228566
46) 特開昭 58-217391
47) H. G. Heller: IEE Proc., 130, 1 (1983)
48) 特開昭 59-122577
瀬戸順悦: 第 8 回有機エレクトロニクス材料研究会講演要旨集, p.7 (1985.9)
49) 市村国宏, 細木 明: 日本化学会第 53 回秋季年会講演予稿集Ⅱ, p.621 (1986)
50) 入江正浩, 毛利正朗, 林晃一郎: 日本化学会第 54 回春季年会講演予稿集Ⅱ, p.1525 (1987)
51) 安藤栄治: 日経ニューマテリアル, No.6, p.48 (1986)
特開昭 62-146928 同 62-146979
52) 小関健一, 吉田 直, 山岡亜夫, 藤村保夫: 日本化学会第 54 回春季年会講演予稿集Ⅱ, p.703 (1987)
-