

平成21年 6月26日現在

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2006～2008

課題番号：18360012

研究課題名（和文） 光配向膜を用いた高性能・高機能性ナノシートの創製

研究課題名（英文） Fabrication of nano-sheets with high performance and functionality by using photo-aligned films

研究代表者

坂本 謙二（SAKAMOTO KENJI）

独立行政法人物質・材料研究機構・ナノ有機センター・主幹研究員

研究者番号：00222000

研究成果の概要:光配向制御可能なポリイミド膜をテンプレート基板として用いることにより、有機半導体分子の配向を制御することに成功した。ペンタセン（有機トランジスタの活性層材料として注目されている低分子有機半導体）の場合、ポリイミド分子鎖の配向秩序度に依存して分子面の配向容易軸が90度回転するという興味深い現象を発見した。また、極薄ポリイミド光配向膜を用いてポリフルオレン（高分子発光材料）を配向させることにより、青色偏光高分子電界発光素子を作製することに成功した。

交付額

（金額単位：円）

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|------------|-----------|------------|
| 2006年度 | 8,600,000 | 2,580,000 | 11,180,000 |
| 2007年度 | 4,100,000 | 1,230,000 | 5,330,000 |
| 2008年度 | 2,400,000 | 720,000 | 3,120,000 |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 総計 | 15,100,000 | 4,530,000 | 19,630,000 |

研究分野：有機デバイス

科研費の分科・細目：応用物理学・工学基礎、応用物性・結晶工学

キーワード：光誘起配向、有機デバイス、分子配向制御、ポリイミド、アゾベンゼン、ナノシート、ペンタセン、ポリフルオレン誘導体

1. 研究開始当初の背景

機能性ナノ材料（導電性高分子、機能性分子、生体分子、ナノ微粒子など）の個々の機能や特性に関する研究が盛んに行われているが、それらを使える材料にするためには、個々の構成材料を配向させ、更にそれらを有機的に結合（配列・配向制御）させる必要がある。それらを実現するための有効な手法として、光照射により分子配向パターンを書き込んだ高分子膜をテンプレート基板として用い機能性ナノ材料を自己組織的に配列・配

向させる方法に注目した。

機能性ナノ材料の配列・配向を自己組織的に制御するためには、テンプレート基板の表面の対称性を制御することが必要である。例えば、分子配向を制御して有機薄膜を成長させる方法について見てみると、単結晶基板（アルカリハライドやグラファイト等）上にエピタキシャル成長させる方法、基板表面（サファイアやシリコン等）の原子ステップ・アレイを用いる方法、有機配向膜（テフロン摩擦転写膜など）を用いる方法等がこ

れまでに提案されている。これらの方法で得られる有機薄膜の分子配向は基板表面の対称性（表面の原子配列の対称性や原子ステップ、高分子の配向異方性）を反映したものとなる。そこで、有機配向膜以外の方法では、2次元の任意の分子配向パターンを作製することは極めて困難である。有機配向膜を用いた方法でも、配向処理の制約からラビング法や摩擦転写法で分子配向パターンを作製することは困難である。一方、本研究で注目している『光照射により分子配向パターンを書き込む方法』では、フォトマスクを介した露光や、高開口数の対物レンズや近接場光学顕微鏡用光ファイバプローブを介した露光により、ミクロンスケール、サブミクロンスケールの任意の2次元分子配向パターンが原理的には描画可能である。

2. 研究の目的

本研究は、光照射により分子配向パターンを書き込んだ高分子膜をテンプレート基板として用い機能性ナノ材料を自己組織的に配列・配向させる手法に着目し、機能性ナノ材料が一様に配向した高性能ナノシートや、機能性ナノ材料が有機的に結合した機能性ナノシートを作製するプロセスを確立すること、またその有効性を実証することを目的として行った。

3. 研究の方法

本研究では、機能性ナノ材料を自己組織的に配列・配向させるテンプレート基板として、アゾベンゼンを骨格構造に含むポリイミド（Azo-PI）光配向膜を用いた。Azo-PIの光誘起配向について簡単に説明する（図1）。Azo-PIの前駆体であるポリアミック酸

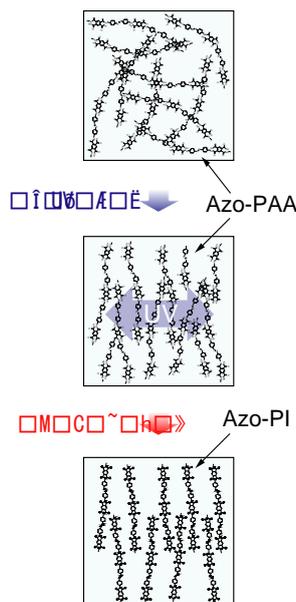


図1 Azo-PI膜の光配向制御

（Azo-PAA）膜に紫外光を照射するとアゾベンゼンの光異性化（シス⇌トランス）反応が繰り返り起こる。それに伴って、ポリアミック酸の骨格構造は角度回転を起こす。例えば、直線偏光紫外光をポリアミック酸膜に照射すると、その骨格構造が偏光方向に垂直になるように配向変化を起こす。紫外光照射されたポリアミック酸膜を熱イミド化することにより光誘起された分子配向の異方性は固定化される。この現象を利用してポリイミド膜に分子配向パターンを描くことができる。ポリイミド膜は熱的、化学的に安定な膜であり、上記の工程で作製したポリイミド光配向膜は機能性ナノシートを作製するプロセスに対して十分な耐性を有している。

機能性ナノ材料として有機半導体分子に着目して研究を行った。高分子有機半導体として、ポリフルオレン誘導体、低分子有機半導体分子としてペンタセンを用いた。Azo-PI光配向膜上に有機半導体層を形成し、そのマクロスコピックな特性を調べ、配向制御による薄膜の特性・機能性の向上を評価した。また、有望な試料系については、実際にデバイスを作製した。

4. 研究成果

本研究で得られた成果の詳細は、すでに雑誌論文や解説記事等において広く公開している。ここでは、研究成果のハイライトである、(1) Azo-PI光配向膜によるペンタセンの分子配向制御と(2) 極薄 Azo-PI光配向膜を用いて作製した偏光高分子電界発光（EL）素子について述べる。

(1) Azo-PI光配向膜によるペンタセンの分子配向制御

ペンタセンは有機電界効果トランジスタ（FET）の活性層材料として有望な低分子有機半導体で、そのキャリア移動度は薄膜の結晶性やグレイン・サイズに強く依存する。ペンタセンの分子配向を制御して薄膜を形成できれば、その結晶性やグレイン・サイズが改善され、高いキャリア移動度を有する高性能ペンタセン薄膜が実現可能となる。

厚さ 300 nm の熱酸化膜付きシリコン基板上に塗布した Azo-PAA 膜に直線偏光（LP-L）を照射した後、熱イミド化することによって厚さ 12 nm の Azo-PI 光配向膜を作製した。この試料構造の場合、照射した LP-L がシリコン/熱酸化膜界面からの反射光と干渉して電界が Azo-PAA 膜中で強め合い、光配向効率が向上する。それによって、許容なプロセス時間の範囲内で照射量を変えることにより、Azo-PI 骨格構造の面内分子配向秩序度 (Q_p^{Azo-PI}) を非常に広い範囲で制御することが可能となった。 Q_p^{Azo-PI} は Azo-PI 骨格構造に沿って分極しているイミド環の C-N 伸縮振

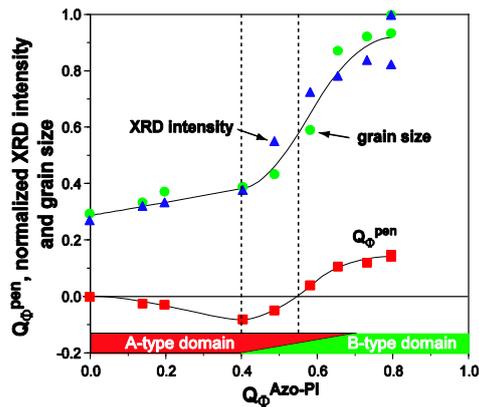


図2 Q_{ϕ}^{PEN} 、XRD強度、樹枝状グレインの平均サイズの $Q_{\phi}^{\text{Azo-PI}}$ 依存性。XRD強度はペンタセン薄膜相の(001)回折ピーク強度。

動に帰属される 1370 cm^{-1} の赤外吸収バンドの偏光依存性から $Q_{\phi}^{\text{Azo-PI}} = (A_{\perp}^{\text{Azo-PI}} - A_{\parallel}^{\text{Azo-PI}}) / (A_{\perp}^{\text{Azo-PI}} + A_{\parallel}^{\text{Azo-PI}})$ の関係式を用いて決定することができ、0 から 0.8 まで制御可能であった。ここで、 $A_{\perp}^{\text{Azo-PI}}$ と $A_{\parallel}^{\text{Azo-PI}}$ はそれぞれ LP-L の偏光方向に対して垂直、平行に偏光した赤外光に対する吸光度である。

$Q_{\phi}^{\text{Azo-PI}}$ が異なる Azo-PI 光配向膜上にペンタセン薄膜を真空蒸着法（真空度： $\sim 10^{-5}$ Pa, 蒸着レート： 0.3 nm/min ）により形成し、その分子配向、結晶性、樹枝状グレインの平均サイズを偏光赤外吸収スペクトル、X線回折（XRD）、原子間力顕微鏡（AFM）像を計測して評価した。帰属が異なるペンタセンの赤外吸収バンドの相対強度比から、Azo-PI 光配向膜上のペンタセン分子は $Q_{\phi}^{\text{Azo-PI}}$ に依存せず、平均として基板面に対して立って配向（ペンタセンの分子長軸 \perp 基板面）することがわかった。この結果は、Azo-PI 光配向膜上のペンタセン薄膜の面外 XRD 測定においてペンタセン薄膜相の(00n)回折ピークのみが観測されるという実験結果によっても支持される。

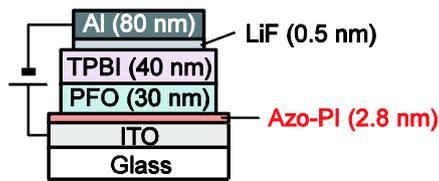
図2は、 $Q_{\phi}^{\text{Azo-PI}}$ とペンタセンの分子面の面内配向秩序度 Q_{ϕ}^{PEN} の関係を示している。 Q_{ϕ}^{PEN} は 905 cm^{-1} の赤外吸収バンド（ペンタセンの分子面に対して垂直に分極）の偏光比から求めているので、負（正）の Q_{ϕ}^{PEN} はペンタセンの分子面が平均として Azo-PI 骨格構造の配向方向に対して平行（垂直）に配向していることを意味する。 $Q_{\phi}^{\text{Azo-PI}}$ がペンタセン薄膜の表面形態や結晶性に及ぼす影響を合わせて示すために、AFM 像から決定したペンタセン薄膜の樹枝状グレインの平均サイズ、およびペンタセン結晶（薄膜相）の(001) XRD 強度も合わせてプロットした。比較しやすいようにグレイン・サイズと XRD 強度は最大値で規格化してある。ここで注目すべき点は、 Q_{ϕ}^{PEN} が $Q_{\phi}^{\text{Azo-PI}} \sim 0.4$ で減少から増加へ転じ、 $Q_{\phi}^{\text{Azo-PI}} \sim 0.55$ で Q_{ϕ}^{PEN} の符号が負から正へと変わる点である。この結果は、 $Q_{\phi}^{\text{Azo-PI}}$ に依存してペ

ンタセンの分子面の平均配向方向が 90° 回転することを示しており大変興味深い。また、 $Q_{\phi}^{\text{Azo-PI}}$ に対するグレイン・サイズと XRD 強度の変化の様子はほぼ一致しており、 Q_{ϕ}^{PEN} の変化の様子と相関があることがわかる。 Q_{ϕ}^{PEN} が単調に減少している $Q_{\phi}^{\text{Azo-PI}} (< 0.4)$ の領域では、XRD 強度とグレイン・サイズの増加は極僅かであるが、 $Q_{\phi}^{\text{Azo-PI}}$ が 0.4 を超えて Q_{ϕ}^{PEN} が増加に転じるとそれらは急激に増加し始める。 $Q_{\phi}^{\text{Azo-PI}} \sim 0.7$ で Q_{ϕ}^{PEN} 、XRD 強度、グレイン・サイズはほぼ飽和する。これらの結果は Azo-PI 骨格構造の面内配向秩序度がペンタセンの配向方向だけでなく、結晶性、表面形態にも強く影響を及ぼしていることを明確に示している。現在のところ、ペンタセンの配向方向が 90° 異なるドメイン（A(B)タイプ・ドメイン：ペンタセンの分子面が Azo-PI 骨格構造に対して平行（垂直）に配向し、結晶性が低（高）い）を仮定し、それらの体積比が $Q_{\phi}^{\text{Azo-PI}}$ に依存して変化すると仮定して図2の結果を解釈している。分子配向が 90° 異なる配向ドメインが2つ存在するという事は、Azo-PI とペンタセンの間に働く支配的な相互作用が少なくとも2つ存在していることを意味する。我々は、異方的なファンデアワールス力（Aタイプ・ドメインで支配的）と、ポリイミド膜とペンタセン結晶の格子整合（Bタイプ・ドメインで支配的）を考えている。しかし、この解釈は1つのモデルに過ぎず、ペンタセンの真の配向機構を理解するには更なる研究が必要である。

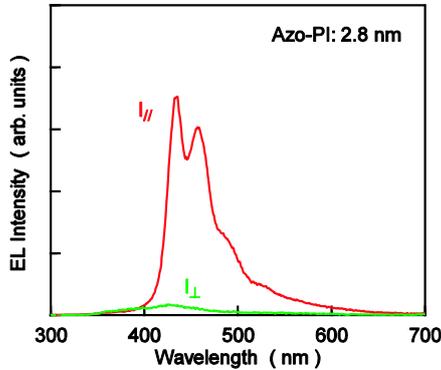
(2) 極薄 Azo-PI 光配向膜を用いて作製した偏光高分子 EL 素子

ポリフルオレン誘導体は、熱的・化学的に安定で高い蛍光効率、高いキャリア移動度を有することから、高分子半導体材料として注目されている。ポリフルオレン誘導体は一次元 π 共役高分子であるから、高分子鎖を配向させることによって配向方向のキャリア移動度を増大させることができるし、偏光発光層を形成することができる。そこでポリフルオレン誘導体の配向制御は高分子 FET の特性向上の手段として、また偏光高分子 EL 素子の作製プロセスとして重要である。ポリ(9,9-ジオクチルフルオレン) (PF0) やポリ(9,9-ジオクチルフルオレン-コ-ビチオフェン) (F8T2) に代表される可溶性ポリフルオレン誘導体は、高温 (PF0 の場合は $170 \sim 280^{\circ}\text{C}$ 、F8T2 の場合は 265°C 以上) で液晶相を示す。そこで、熱的・化学的に安定な液晶用配向膜上にポリフルオレン誘導体層を形成し、その試料を液晶相温度まで加熱することにより、高配向ポリフルオレン誘導体層を形成することができる。

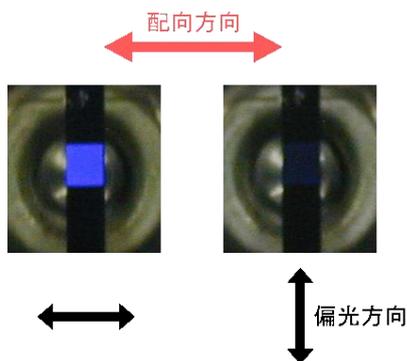
Azo-PI 光配向膜はポリフルオレン誘導体に対して優れた配向膜として機能する。しか



(a) EL 素子の構造



(b) 偏光 EL スペクトル。ここで、 $I_{//}$ と I_{\perp} はそれぞれ PFO の配向方向に対して平行、垂直な偏光成分の EL 強度。



(c) 偏光発光の様子

図 3 極薄 Azo-PI 光配向膜を用いて作製した青色偏光高分子 EL 素子

し、ポリイミドは良好な絶縁体であることから、厚さ 4 nm 以上のポリイミド配向膜を積層デバイスである高分子 EL 素子に組込むことは困難である。本研究では、光配向法の特長（非接触な配向処理なので配向膜にダメージを与えない）に着目し、Azo-PI 光配向膜を極薄化することにより偏光高分子 EL 素子を作製することを試みた。この研究は、光配向膜を用いて一様に半導体高分子を配向させたナノシートの実デバイスへの応用の実証実験として行った。

光配向処理条件を一定にして厚さが異なる Azo-PI 光配向膜を石英ガラス基板上に形成し、その膜上の PFO 層（厚さ 30 nm）の配向特性を調べた。その結果、Azo-PI 光配向膜の膜厚を 1.6 nm まで薄くしても PFO に対する配向能力に低下は見られなかった。そこで、図 3 (a) に示した構造の偏光高分子 EL 素子を

作製した。ITO 電極が付いているガラス基板上に膜厚 2.8 nm の Azo-PI 光配向膜を形成し、その上にガラス状の高配向 PFO 層（厚さ約 30 nm）を作製した。その上に厚さ 40 nm の 1, 3, 5-トリス(N-フェニルベンズイミダゾール-2-イル)ベンゼン (TPBI) 電子輸送層と LiF (厚さ 0.5 nm)/Al (厚さ 80 nm) 陰極を真空蒸着法によって形成した。定電流密度 (5 mA/cm^2) 条件で測定した偏光 EL スペクトルを図 3 (b) に示す。EL 強度の偏光比 $I_{//}^{\text{EL}}/I_{\perp}^{\text{EL}}$ は波長 434 nm で 22、波長 459 nm で 29、波長 400 から 600 nm までの積分強度で 16 であった。発光開始電圧 (1 cd/m^2) は 7.5 V で、偏光板を通さずに計測した輝度は 14 V で 700 cd/m^2 に達した。最大電流効率は 130 cd/m^2 で 0.14 cd/A であった。更に、PFO 層の膜厚を 100 nm とすることによって最大電流効率を 0.30 cd/A ($@ 149 \text{ cd/m}^2$) まで向上させることに成功した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 8 件)

- ① K. Usami, K. Sakamoto, N. Tamura, A. Sugimura, "Improvement in photo-alignment efficiency of azobenzene-containing polyimide films", *Thin Solid Films* (印刷中). 査読有.
- ② D. Guo, K. Sakamoto, K. Miki, S. Ikeda, and K. Saiki, "Alignment-induced epitaxial transition in organic-organic heteroepitaxy", *Phys. Rev. Lett.* **101**, 236103 (2008). (4 pages) 査読有.
- ③ K. Usami, K. Sakamoto, J. Yokota, Y. Uehara, and S. Ushioda, "Pretilt angle control of liquid crystal molecules by photoaligned films of azobenzene-containing polyimide with a different content of side-chain", *J. Appl. Phys.* **104**, 113528 (2008). (5 pages) 査読有.
- ④ K. Usami, K. Sakamoto, J. Yokota, Y. Uehara, and S. Ushioda, "Polyimide photo-alignment layers for inclined homeotropic alignment of liquid crystal molecules", *Thin Solid Films* **516**, 2652-2655 (2008). 査読有.
- ⑤ K. Sakamoto, K. Usami, and K. Miki, "Polyimide photo-alignment films applicable to poly[(9,9-dioctylfluorenyl-2,7-diyl)-co-bithiophene]", *Mol. Cryst. Liq. Cryst.* **475**, 33-43 (2007). 査読有.
- ⑥ K. Sakamoto, K. Miki, M. Misaki, K. Sakaguchi, M. Chikamatsu, and R. Azumi, "Very thin photoalignment films for liquid crystalline conjugated poly-

mers: application to polarized light-emitting diodes”, Appl. Phys. Lett. **91**, 183509 (2007). (3 pages) 査読有.

- ⑦ K. Sakamoto, K. Usami, and K. Miki, “Light exposure dependence of molecular orientation of glassy polyfluorene layers formed on photo-aligned polyimide films”, Colloids and Surfaces B: Biointerfaces **56**, 260–264 (2007). 査読有.
- ⑧ D. Guo, K. Sakamoto, K. Miki, S. Ikeda, and K. Saiki, “Orientation control of pentacene molecules and transport anisotropy of the thin film transistors by photo-aligned polyimide film”, Appl. Phys. Lett. **90**, 102117 (2007). (3 pages) 査読有.

[解説記事] (計2件)

- ① 坂本謙二, “光配向技術の有機半導体への応用”, 月刊オプトロニクス **28**, 132–138 (2009).
- ② 坂本謙二, “ポリイミド光配向膜による有機半導体分子の配向制御”, 液晶 **13**, 56–67 (2009).

[学会発表] (計24件)

- ① 坂本謙二, 三木一司, 三崎雅裕, 坂口幸一, 土方 謙, 近松真之, 阿澄玲子, “極薄ポリイミド光配向膜を用いて作製した偏光高分子 EL 素子”, 2009 年春季 第 56 回応用物理学関係連合講演会 (筑波大学, つくば市), 2009 年 3 月 31 日.
- ② 宇佐美清章 (依頼講演), 坂本謙二, 横田純一郎, 潮田資勝, 杉村明彦, “アゾベンゼンを主鎖に含むポリイミド膜による液晶分子の光配向制御”, 平成 20 年電気関係学会関西支部連合大会 (京都工芸繊維大学松ヶ崎キャンパス, 京都), 2008 年 11 月 8 日.
- ③ 坂本謙二 (依頼講演), “ポリイミド光配向膜による有機半導体分子の配向制御”, 光配向テクノロジーシンポジウム –液晶の新領域へチャレンジ– ((財) 総評会館 2 階大会議室, 東京), 2008 年 11 月 7 日.
- ④ 坂本謙二, 三木一司, 三崎雅裕, 坂口幸一, 近松真之, 阿澄玲子, “ポリイミド光配向膜を用いて作製した偏光有機 EL 素子”, 2008 年 日本液晶学会討論会 (キャンパスプラザ京都, 京都), 2008 年 9 月 19 日.
- ⑤ 坂本謙二 (依頼講演), “液晶性高分子を用いた偏光 EL 素子”, 2008 年 日本液晶学会フォーラム合同講演会「次世代の液晶」(株式会社東陽テクニカ本社セミナー室, 東京) 2008 年 7 月 25 日.
- ⑥ K. Usami, K. Sakamoto, J. Yokota, “Pretilt angle induced by

photo-aligned films of azobenzene-containing polyimides with side-chain structures”, 22nd International Liquid Crystal Conference (Jeju International Convention Center, Jeju, Korea), July 1, 2008.

- ⑦ K. Sakamoto, K. Miki, M. Misaki, K. Sakaguchi, M. Chikamatsu, and R. Azumi, “Polarized light-emitting diodes fabricated by using very thin photo-aligned polyimide films”, 22nd International Liquid Crystal Conference (Jeju International Convention Center, Jeju, Korea), July 1, 2008.
- ⑧ 坂本謙二, 三木一司, 三崎雅裕, 坂口幸一, 近松真之, 阿澄玲子, “極薄ポリイミド光配向膜を用いて作製した偏光有機 EL 素子”, 2008 年春季 第 55 回応用物理学関係連合講演会 (日本大学理工学部船橋キャンパス, 船橋市), 2008 年 3 月 30 日.
- ⑨ 坂本謙二, 郭棟, 三木一司, 池田進, 斉木幸一朗, “ポリイミド光配向膜上に形成されたペンタセン薄膜の分子配向”, 表面・界面スペクトロスコーピー2007 (東北大学電気通信研究所&ホテルクレセント, 仙台市), 2007 年 12 月 15 日.
- ⑩ 坂本謙二, 郭棟, 三木一司, 池田進, 斉木幸一朗, “ポリイミド光配向膜によるペンタセンの分子配向制御”, 2007 年日本液晶学会討論会 (東京工業大学大岡山キャンパス, 東京都目黒区), 2007 年 9 月 13 日.
- ⑪ 宇佐美清章, 坂本謙二, 杉村明彦, “骨格構造にアゾベンゼンを含むポリイミド膜の光配向効率の向上”, 2007 年日本液晶学会討論会 (東京工業大学大岡山キャンパス, 東京都目黒区), 2007 年 9 月 12 日.
- ⑫ 郭棟, 坂本謙二, 三木一司, 池田進, 斉木幸一朗, “Light exposure dependent 90 degree rotation in preferential molecular orientation of pentacene films deposited on photoaligned polyimide films: GIXD characterization”, 2007 年秋季第 68 回応用物理学学会学術講演会 (北海道工業大学, 札幌市), 2007 年 9 月 7 日.
- ⑬ 坂本謙二, 郭棟, 三木一司, 池田進, 斉木幸一朗, “ポリイミド光配向膜上に形成されたペンタセン薄膜の分子配向の光照射量依存性”, 2007 年秋季第 68 回応用物理学学会学術講演会 (北海道工業大学, 札幌市), 2007 年 9 月 7 日.
- ⑭ K. Sakamoto, K. Usami, and K. Miki, “Highly oriented films of polyfluorene derivatives formed on photo-aligned polyimide films”, First NIMS Conference on Recent Breakthroughs in Materials Science and Technology

- (Tsukuba International Congress Center, Tsukuba), July 12, 2007.
- ⑮ D. Guo, K. Sakamoto, K. Miki, S. Ikeda, and K. Saiki, "Preferential molecular alignment and charge transport anisotropy in pentacene thin films by using photo-aligned polyimide film as the template", International Conference on Materials for Advanced Technologies 2007 (Suntec Singapore International Convention & Exhibition Center, Singapore), July 5, 2007.
- ⑯ 坂本謙二, 郭棟, 三木一司, 池田進, 斉木幸一朗, "ポリイミド光配向膜によって誘起されるペンタセン分子の配向", 2007年 春季第 54 回応用物理学関係連合講演会 (青山学院大学相模原キャンパス, 相模原市), 2007年 3月 27日.
- ⑰ 坂本謙二 (依頼講演), "ポリイミド配向膜の配向解析と液晶分子の配向機構", 技術情報協会セミナー「ポリイミド配向膜における構造・合成・配向制御およびその評価」 (東京ビックサイト, 東京), 2006年 12月 21日.
- ⑱ 坂本謙二 (依頼講演), "ポリイミド膜表面と液晶単分子層の分子配向の関係", 2006年 液晶物理・物性フォーラム研究会「液晶の外場レスポンスー基礎から応用まで」 (大日本インキ化学工業株式会社ディックビル 17階大会議室, 東京都中央区), 2006年 12月 1日.
- ⑲ 坂本謙二, 宇佐美清章, 三木一司, "ポリイミド光配向膜によって誘起されたフルオレンーピチオフェンコポリマーの配向", 2006年 日本液晶学会討論会 (秋田大学手形キャンパス, 秋田), 2006年 9月 15日.
- ⑳ 宇佐美清章, 坂本謙二, 上原洋一, 潮田資勝, "骨格構造にアゾベンゼンを含む側鎖付ポリイミドの光配向膜によるプレチルト角制御", 2006年 日本液晶学会討論会 (秋田大学 手形キャンパス, 秋田), 2006年 9月 14日.
- ㉑ 坂本謙二, 宇佐美清章, 三木一司, "ポリイミド光配向膜上のフルオレンーピチオフェンコポリマーの配向 II", 2006年 秋季第 67 回応用物理学学会学術講演会 (立命館大学 びわこ・くさつキャンパス, 滋賀県草津市), 2006年 8月 29日.
- ㉒ K. Usami, K. Sakamoto, Y. Uehara, and S. Ushioda, "Polyimide photo-alignment layers for inclined homeotropic alignment of liquid crystal molecules", 21st International Liquid Crystal Conference (Keystone Conference Center, Colorado, USA), July, 6, 2006.
- ㉓ K. Sakamoto, K. Usami, and K. Miki, "Alignment of poly[9,9-dioctyl-fluorenyl-2,7-diyl]-co-(bithiophene)] induced by photo-aligned polyimide films", 21st International Liquid Crystal Conference (Keystone Conference Center, Colorado, USA), July, 6, 2006.
- ㉔ K. Sakamoto (Invited), "Alignment of liquid crystalline polymers induced by photo-aligned polyimide films", 11th International Symposium on Colloidal and Molecular Electro-optics (Kyoto University, Kyoto, Japan), May 25, 2006.
- [図書] (計 1 件)
- ① 坂本謙二, "第 V 編 分子配向と機能 第 2 章 光配向性ポリイミド薄膜とその応用", *光機能性高分子材料の新たな潮流-最新技術とその展望-*(シーエムシー出版, 2008) pp.292-305.
- [産業財産権]
- 出願状況 (計 2 件)
- ① 名称: 有機半導体素子
 発明者: 坂本謙二, ドン グオ
 権利者: 物質・材料研究機構、チッソ株式会社
 種類: 特願
 番号: 2007-24745
 出願年月日: 平成 19 年 2 月 2 日
 国内外の別: 国内
- ② 名称: 偏光有機電界発光素子
 発明者: 坂本謙二, 内田 学
 権利者: 物質・材料研究機構、チッソ株式会社
 種類: 特願
 番号: 2007-293130
 出願年月日: 平成 19 年 11 月 12 日
 国内外の別: 国内
- [その他]
- ホームページ
<http://www.nims.go.jp/onc/nano/index.html>
6. 研究組織
- (1) 研究代表者
坂本 謙二 (SAKAMOTO KENJI)
 独立行政法人物質・材料研究機構・ナノ有機センター・主幹研究員
 研究者番号: 00222000
- (2) 研究分担者
 なし
- (3) 連携研究者
 なし