

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年4月1日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究（A）

研究期間：2009～2012

課題番号：21245044

研究課題名（和文） 共有結合性界面を有した高性能高分子系有機EL素子の創製

研究課題名（英文） High performance polymer-based organic light emitting diodes (OLED) consisting of covalently bonded layers

研究代表者

梶 弘典 (KAJI HIRONORI)

京都大学・化学研究所・教授

研究者番号：30263148

研究成果の概要（和文）：表面開始リビングラジカル重合法を用い、ITO 基板表面上から正孔輸送層、発光層、電子輸送層をブロック共重合で積層した多層型有機 EL 素子を作製した。正孔輸送、発光、電子輸送の各機能を分離した結果、発光層のみからなる単層型有機 EL 素子よりも、効率的な発光をしめした。高分子系有機 EL 素子においても、三層構造化の重要性が認められ、三層構造化を可能とする本手法の有用性が示された。

研究成果の概要（英文）：Polymer-based multi-layered organic light emitting diodes (OLED) were prepared through surface-initiated living radical polymerization. Hole-transport, luminescence, and electron-transport layers were fabricated on an ITO substrate by block copolymerization from the ITO substrate. Since the roles of hole-transportation, luminescence, and electron-transportation are separated in the three layers, the multi-layered OLED exhibited more effective luminescence than a single-layered OLED consisting only of the luminescence layer. This clearly demonstrates the importance of the multi-layered structure for polymer-based OLED, and hence the usefulness of the present concept enabling the preparation of multi-layered polymer-based OLED.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	22,500,000	6,750,000	29,250,000
2010年度	7,200,000	2,160,000	9,360,000
2011年度	3,800,000	1,140,000	4,940,000
2012年度	3,800,000	1,140,000	4,940,000
年度			
総計	37,300,000	11,190,000	48,490,000

研究分野：化学

科研費の分科・細目：材料化学・機能材料・デバイス

キーワード：有機EL、高分子EL、表面グラフト、リビングラジカル、界面

## 1. 研究開始当初の背景

有機 EL 素子では、ディスプレイおよび白色照明へのさらなる展開を目指して、1) 高性能化、2) 大型化、3) 高生産性、4) 低コスト化が渴望されている。それらを現実のものとする

するためには、学術的にまだまだ多くの解決すべき懸案がある。低分子系有機 EL 素子と比べて、低コストかつ高生産性を有し、さらに大面積デバイスの作製に有利な高分子系有機 EL 素子では、発光効率、素子寿命等の

点で十分な特性を有するには至っておらず、今後さらなる抜本的な改善が必要である。本研究では、側鎖型高分子を用いた「表面グラフト重合による高分子系有機 EL 素子」という新たなコンセプトに基づいた素子づくりを展開し、上述の改善すべき要素を根本的に解決することを目指した。この新規デバイスの利点により、高効率かつ長寿命の高分子系有機 EL 素子の実現が可能になると期待される。

## 2. 研究の目的

本研究では、表面グラフト重合により透明電極上に高分子をほぼ垂直に成長させ、すべての電荷輸送、発光性官能基が共有結合で透明電極に繋がった新たな高分子系有機 EL 素子の創製に挑んだ。本手法による有機 EL 素子では、次に挙げる多岐に渡る特性を持たせることが可能になると予想される。

[1] 重合開始剤が常に表面にあるため、重合途中で仕込むモノマーを正孔輸送材料、発光材料、電子輸送材料と変化させることにより、高分子系でも「積層型」有機 EL 素子や「組成傾斜型」有機 EL 素子を実現できる。

[2] 電荷輸送、発光性官能基が透明電極-有機層界面および有機層-有機層界面を含めてすべて共有結合で繋がった構造を有するため、素子劣化の原因となっている、電極-有機層間の剥離、各有機層内および層間にわたっての材料拡散とそれに伴う界面の乱れの問題を解決できる。

[3] 立体規則性がアタクチックであるために結晶化せず、安定な非晶構造をもたせることができる。

[4] 高分子鎖が基板上に高密度にグラフトできるため、非晶状態にありながら電荷輸送、発光性官能基を高配向にできる。

[5] また、それに伴い電荷輸送性官能基間の距離を短くすることができ、電荷輸送特性を高めることができる。

[6] ピンホールフリーの膜を容易に形成することができる。

以上のように、優れた発光・電荷輸送能を有するとともに、劣化にも強い高分子系有機 EL 素子の実現を目指した。

## 3. 研究の方法

表面グラフト高分子 EL 素子の模式図を図 1 に示す。透明電極である ITO 基板表面にリビングラジカル重合の開始基を共有結合で固定し、三元ブロック共重合により、正孔輸送層、発光層、電子輸送層の三層構造からなる素子を作製した。各層の膜厚を系統的に変えて素子特性の最適化を進めた。

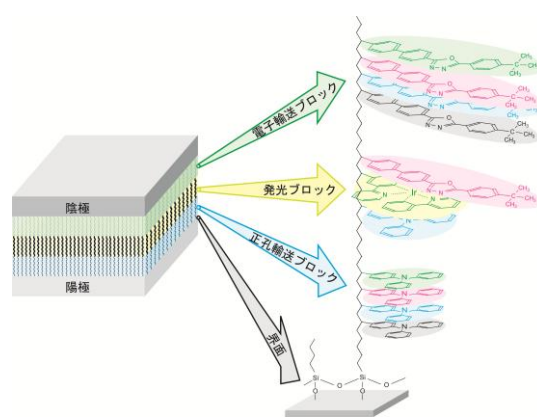


図 1 新規表面グラフト高分子 EL 素子。すべての有機材料が共有結合で透明電極に繋がっている。

## 4. 研究成果

### ①モノマーと開始剤の合成

図 2 に示すモノマーと開始剤を合成した。分子 1 から 3 は、低分子系有機 EL 素子で優れた特性を示すことが既に知られている分子を機能団として側鎖に有するモノマーである。分子 1 (v-TPA) は正孔輸送性、分子 2 (v-Ir) は発光性、分子 3 (v-PBD) は電子輸送性のモノマーである。分子 4 と 5 は重合開始剤である。分子 4 は、ITO 基板に固定可能な開始剤である。

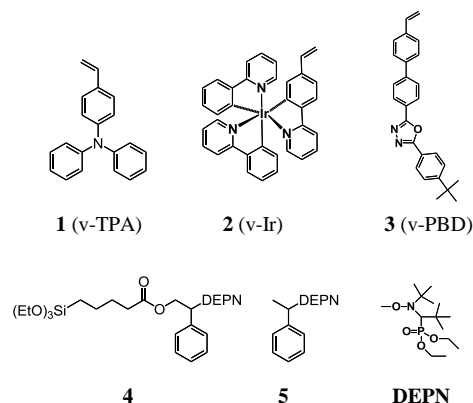


図 2 本研究で用いたモノマーと重合開始剤。

### ②重合と厚膜化

開始剤 4 を ITO 基板表面に結合させた。この基板を、モノマー、基板に結合していない開始剤 5、および、溶媒のアニソールからなる重合溶液に浸漬し、100 °C で重合を行った。三層型素子では、三元ブロック共重合を行った。正孔輸送層は分子 1 の単独重合、発光層は分子 1、2、3 のランダム共重合、電子輸送層は分子 3 の単独重合とした。

反応条件の最適化により、グラフト密度と分子量を高めることができた。グラフト密度は高く (0.6 chains/nm<sup>2</sup>)、いわゆる濃厚ブラシ領域に達した。分子量も 30 万程度まで高め

られた。これにより、本研究の課題としていたグラフト膜の厚膜化が達せられ、三層の合計膜厚を 100 nm 程度まで調節できるようになった。

### ③素子作製と素子特性の最適化

重合後の基板に、電子注入層としてフッ化リチウム 0.5 nm、陰極としてアルミニウム 100 nm を真空蒸着し、素子を作製した。表 1 に結果を示す。

正孔輸送層/発光層/電子輸送層をそれぞれ 10/20/15 nm とした素子 A-1 では、最大輝度 1160 cd/m<sup>2</sup> を得た。さらに、発光層を厚くした 10/30/15 nm の素子 A-2 では、最大輝度は 1570 cd/m<sup>2</sup> に上昇した。

比較として、発光層のみの単層型素子では、発光層の膜厚が同じである 0/30/0 nm の素子 B-1 の最大輝度は 1130 cd/m<sup>2</sup> となり、三層型素子 A-2 の最大輝度のほうが高いことがわかる。また、発光層の膜厚を厚くした 0/100/0 nm の素子 B-2 では、最大輝度は 1360 cd/m<sup>2</sup> と、単層型素子 B-1 より高輝度ではあるが、三層型素子 A-2 の最大輝度より低い。また、最大輝度電圧が 30 V と素子 A-2 の 15.6 V よりもかなり高電圧化していた。

次に、正孔輸送層がない 0/30/30 nm の二層型素子 C-1 では、最大輝度は 1060 cd/m<sup>2</sup> で三層型素子 A-2 より低輝度である。逆に、電子輸送層を含まない 10/45/0 nm の二層型素子 C-2 も、最高輝度は 640 cd/m<sup>2</sup> と、三層型素子 A-2 に比べて低い。図 3 に各層のエネルギー準位を示す。これより、素子 A-2 と素子 C-1 を比べると、正孔輸送層の存在により、正孔注入性や電子ブロック性が向上し、また、素子 A-2 と素子 C-2 を比較すると、電子輸送層の挿入により、電子注入性、正孔ブロック性が向上することにより、発光層で効率的に電荷の結合が起こったと推察される。

表 1. 作製された素子の特性

Device	Thickness (nm)	Maximum brightness (cd/m <sup>2</sup> )	[@ voltage (V)]
A-1	10/20/15	1160	[@10.8]
A-2	10/30/15	1570	[@15.6]
B-1	0/30/0	1130	[@15.0]
B-2	0/100/0	1360	[@30.0]
C-1	0/30/30	1060	[@13.8]
C-2	10/45/0	640	[@17.2]
D-1	5/15/10	1620	[@8.2]
E-1 <sup>a</sup>	0/40/0	1100	[@15.0]

<sup>a</sup> spin-coated.

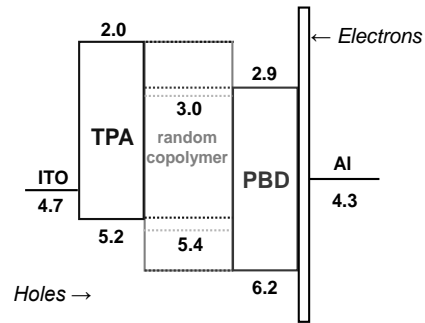


図 3 各層のエネルギー準位。

以上のように、三層型素子は、二層型素子や単層型素子と比較して、同程度の膜厚において、最大輝度が 1.5 倍から 2.5 倍程度高かった。これより、高分子系有機 EL 素子においても、三層構造化の重要性が認められ、三層構造化を可能とする本手法の有用性が示された。

### ④低電圧化の検討

固定化開始基層は絶縁層であり、この層を薄くすることにより、低電圧化を図りうる。これを検討したところ、開始基固定化の際に、分子 4 の濃度を下げることにより、開始剤層を薄くできた。開始剤層を薄くして調製した三層型素子 D-1 は、素子 A-1 (10/20/15 nm) と同じ重合条件下で、グラフト層は 5/15/10nm となり、三層の合計膜厚が 45 nm から 30 nm へと小さくなった。開始基層を薄くなり、グラフト密度が下がったためである。しかしながら、D-1 と A-1 は同程度の輝度 (1600 cd/m<sup>2</sup>) を示し、最大輝度における電圧は D-1 (8.2 V) の方が A-1 (15.6V) よりも低電圧化し、絶縁層を薄くした効果が認められた。

### ⑤スピコート膜との比較

素子 D-1 と同条件で開始基を固定した ITO 基板に、グラフトではなく、スピコートで発光層のみを成膜した素子 E-1 を調製した。スピコート単層型素子 E-1 の発光層 (40 nm) は三層型素子 D-1 の発光層 (15 nm) よりも厚いにも関わらず、E-1 の最大輝度 (1100 cd/m<sup>2</sup>) は D-1 の最大輝度 (1600 cd/m<sup>2</sup>) よりも小さくなり、高分子系で多層化することの効果は再確認された。

### ⑥有機触媒を用いた金属フリーリビングラジカル重合の重合基礎技術の確立

上述の重合は、ニトロキシル型リビングラジカル重合を用いた。我々は、最近、有機触媒型リビングラジカル重合を開発しており、金属フリーの重合であることから、エレクトロニクス材料用途に好適である。本研究では、この重合の基礎技術の確立も進めた。有機触

媒として、新たに、四級アンモニウム塩などが高活性の触媒として働くことを見いだし、従前の有機触媒では難しかった高分子量体の合成などが溶液系でなされた。高分子量化は、今後の表面開始重合への適用において、厚膜化に寄与しうる。また、光吸収能を有する有機触媒を開発し、光で重合を誘起することもできた。今後の表面開始重合への適用において、光パターンニングなどに寄与しうる。

#### 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 19 件)

- ① T. Fukushima, H. Kaji, “Green- and Blue-Emitting Tris(8-hydroxyquinoline) Aluminum(III) (Alq3) Crystalline Polymorphs: Preparation and Application to Organic Light Emitting Diodes”, *Organic Electronics*, 査読有, 13, 2985-2990 (2013). DOI: 10.1016/j.orgel.2012.08.036
- ② Y. Nishiyama, T. Fukushima, M. Fukuchi, S. Fujimura, H. Kaji, “Sensitivity Boosting in Solid-State NMR of Thin Organic Semiconductors by a Paramagnetic Dopant of Copper Phthalocyanine”, *Chemical Physics Letters*, 査読有, 556, 195-199 (2013). DOI: 10.1016/j.cplett.2012.11.043
- ③ A. Ohtsuki, A. Goto, H. Kaji, “Visible-Light-Induced Reversible Complexation Mediated Living Radical Polymerization of Methacrylates with Organic Catalysts”, *Macromolecules*, 査読有, 46, 96-102 (2012). DOI: 10.1021/ma302244j
- ④ A. Goto, Y. Tsujii, H. Kaji, “Reversible Complexation Mediated Polymerization (RCMP) of Methyl Methacrylate”, *ACS Symp. Ser.*, 査読有, 1100, 305-315 (2012). DOI: 10.1021/bk-2012-1100.ch020
- ⑤ 後藤 淳, 辻井 敬亘, 梶 弘典, “有機触媒で制御するリビングラジカル重合”, *高分子論文集*, 査読有, 68, 223-231 (2011). DOI: 10.1295/koron.68.223
- ⑥ Y. Tokudome, T. Fukushima, A. Goto, H. Kaji, “Enhanced hole injection in organic light-emitting diodes by optimized synthesis of self-assembled monolayer”, *Org. Electron.*, 査読有, 12, 1600-1605 (2011). DOI: 10.1016/j.orgel.2011.06.022
- ⑦ A. Goto, T. Suzuki, H. Ohfuji, M. Tanishima, T. Fukuda, Y. Tsujii, H. Kaji, “Reversible Complexation Mediated Living Radical Polymerization (RCMP) Using Organic Catalysts”, *Macromolecules*, 査読有, 44, 8709-8715 (2011). DOI: 10.1021/ma2014589
- ⑧ T. Yamada, F. Suzuki, A. Goto, T. Sato, K. Tanaka, H. Kaji, “Revealing Bipolar Charge-Transport Property of 4,4'-N,N'-dicarbazolylbiphenyl (CBP) by Quantum Chemical Calculations”, *Organic Electronics*, 査読有, 12, 169-178 (2011). DOI: 10.1016/j.orgel.2010.10.022
- ⑨ 後藤 淳, “有機触媒を用いたリビングラジカル重合”, *高分子*, 査読無, 59, 798-799 (2010). DOI: なし
- ⑩ J. Kim, A. Nomura, T. Fukuda, A. Goto, Y. Tsujii, “Use of Alcohol as Initiator for Reversible Chain Transfer Catalyzed Polymerization (RTCP)”, *Macromol. React. Eng.*, 査読有, 4, 272-277 (2010). DOI: 10.1002/mren.200900051
- ⑪ P. Vana, A. Goto, “Kinetic Simulations of Reversible Chain Transfer Catalyzed Polymerization (RTCP): Guidelines to Optimal Molecular Weight Control”, *Macromol. Theory Simul.*, 査読有, 19, 24-35 (2010). DOI: 10.1002/mats.200900064
- ⑫ A. Goto, T. Wakada, Y. Tsujii, T. Fukuda, “A Systematic Kinetic Study in Reversible Chain Transfer Catalyzed Polymerizations (RTCPs) with Germanium, Tin, Phosphorus, and Nitrogen Catalysts”, *Macromol. Chem. Phys.*, 査読有, 211, 594-600 (2010). DOI: 10.1002/macp.200900532
- ⑬ A. Goto, N. Hirai, K. Nagasawa, Y. Tsujii, T. Fukuda, H. Kaji, “Phenols and Carbon Compounds as Efficient Organic Catalysts for Reversible Chain Transfer Catalyzed Living Radical Polymerization (RTCP)”, *Macromolecules*, 査読有, 43, 7971-7978 (2010). DOI: 10.1021/ma101323r
- ⑭ T. Yamada, T. Sato, K. Tanaka, H. Kaji, “Percolation Paths for Charge Transports in N,N'-diphenyl-N,N'-di(m-tolyl)benzidine (TPD)”, *Organic Electronics*, 査読有, 11, 255-265 (2010). DOI: 10.1016/j.orgel.2009.11.003
- ⑮ K. Shizu, T. Sato, K. Tanaka, H. Kaji, “Electron-vibration interactions in triphenylamine cation: Why are triphenylamine-based molecules good hole-transport materials?”, *Chem. Phys. Lett.*, 査読有, 486, 130-136 (2010). DOI: 10.1016/j.cplett.2009.12.075
- ⑯ A. Goto, K. Nagasawa, A. Shinjo, Y. Tsujii, T. Fukuda, “Reversible Chain Transfer Catalyzed Polymerization (RTCP) Using In Situ Formed Alkyl Iodide”, *Aust. J. Chem.*, 査読有, 62, 1492-1495 (2009). DOI:

- 10.1071/CH09229
- ⑰ A. Goto, N. Hirai, T. Wakada, K. Nagasawa, Y. Tsujii, T. Fukuda, “Reversible Chain Transfer Catalyzed Polymerization (RTCP) with Alcohol Catalysts”, *ACS Symp. Ser.*, 査読有, 1023, 159-168 (2009). DOI: 10.1021/bk-2009-1023.ch011
- ⑱ A. Saito, T. Miyajima, M. Nakashima, T. Fukushima, H. Kaji, Y. Matano, H. Imahori, “Acenaphtho[1,2-c]phosphole P-Oxide: A Phosphole-Naphthalene  $\pi$ -Conjugated System with High Electron Mobility”, *Chemistry-a European Journal*, 査読有, 15, 10000-10004 (2009). DOI: 10.1002/chem.200901378
- ⑲ T. Yamada, H. Kaji, “Planarity of triphenylamine moieties of a typical hole-transport material for OLEDs, N,N'-diphenyl-N,N'-di(m-tolyl)benzidine (TPD) in the amorphous state”, *J. Mol. Struct.*, 査読有, 927, 82-87 (2009). DOI: 10.1016/j.molstruc.2009.02.026
- [学会発表] (計 45 件)
- ① 後藤 淳, “有機分子を触媒として用いた熱・光誘起型リビングラジカル重合”, 日本化学会 第93回春季年会 (2013.12.12), 立命館大学(滋賀) (招待)
- ② 梶 弘典, “有機 EL および有機太陽電池における分子凝集構造とデバイス特性” 日本真空学会 (2012.11.15), (神戸) (招待)
- ③ A. Goto, “Living Radical Polymerizations with Organic Catalysts As Useful Synthetic Tools for Polymer Material Design”, International Conference on Emerging Advanced Nanomaterials (2012.10.24), 豪国 Brisbane (招待)
- ④ A. Goto, “Kinetics and Organic Catalysts for Living Radical Polymerization (LRP)”, Departmental Seminar of CAMD, The University of New South Wales (2012.10.23), 豪国 Sydney (招待)
- ⑤ 梶 弘典, “固体NMR・GIPAW計算による構造-特性相関解析 ～有機EL・有機太陽電池のさらなる高性能化をめざして～” 第29回 Brukerユーザーズミーティング (2012.10.3-4), (大阪・東京) (招待)
- ⑥ 後藤 淳, “有機触媒で制御するリビングラジカル重合-機能性高分子材料のメタルフリー合成法として-”, 日本化学会 R&D懇話会 (2012.7.6), 化学会館 (東京) (招待)
- ⑦ 梶 弘典, “有機EL、有機太陽電池における膜内構造とデバイス特性” 有機デバイス院生研究会 第7回セミナー (2012.6.28), (京都) (招待)
- ⑧ A. Goto, “Living Radical Polymerization with Organic Catalyst via Reversible Complexation Mechanism”, IUPAC World Polymer Congress (2012.6.26), 米国 Blacksburg (招待)
- ⑨ A. Goto, “Living Radical Polymerizations with Organic Catalysts”, International Symposium on Polymer Chemistry (2012.6.4), 中国 Changchun(招待)
- ⑩ 後藤 淳, “有機触媒を用いたリビングラジカル重合-高機能性材料の簡便な合成に向けて”, 高分子学会高分子同友会関西勉強会 (2012.4.13), 薬業年金会館 (大阪) (招待)
- ⑪ 梶 弘典, “有機非晶デバイスにおける分子凝集構造解析” 分子アンサンブル2011 (2011.11.12), 理化学研究所 (和光市) (招待)
- ⑫ 後藤 淳, “有機触媒で制御するリビングラジカル重合の基礎と展開”, 第11回高分子学会中国四国支部高分子材料研究会 (2011.11.4), 徳島大学 (徳島) (招待)
- ⑬ A. Goto, “Living Radical Polymerizations with Organic Catalysts via Reversible Chain Transfer and Reversible Complexation Mechanisms”, 5th Pacific Symposium on Radical Chemistry (2011.9.27), ホテルシーモア (和歌山) (招待)
- ⑭ 梶 弘典, “有機EL素子特性の作製条件依存性-その起源を探る” 2011年秋季第72回応用物理学会学術講演会 (2011.8.29), 山形大学 (山形) (招待)
- ⑮ A. Goto, “Living Radical Polymerizations with Organic Catalysts”, 242nd American Chemical Society National Meeting (2011.8.28), 米国 Denver(招待)
- ⑯ 後藤 淳, “材料設計のための有機触媒を用いた新規リビングラジカル重合”, 第60回高分子学会年次大会 (2011.5.25), 大阪国際会議場 (大阪) (招待)
- ⑰ 梶 弘典, “NMR・量子化学計算による有機EL精密解析とデバイス創製-バルクから薄膜へ-” セイコーエプソン講演会 (2011.2.16), セイコーエプソン富士見事業所(長野) (招待)
- ⑱ 梶 弘典, “有機ELの中身を探る: NMR・量子化学計算からのアプローチとデバイス創製” 第4回岡山理科大学グリーン元素科学シンポジウム (2011.2.4), 岡山理科大学(岡山) (招待)
- ⑲ A. Goto, “Living Radical Polymerizations with Organic Redox (Pseudo-Redox) Catalysts”, Pacificchem 2010 (2010.12.18), 米国 Honolulu (招待)
- ⑳ 梶 弘典, “有機EL材料 (高輝度・長寿命有機ELデバイスの創製)” 新材料新技術

- 利用研究会 (2010.12.7), 生産開発科学研究所(京都) (招待)
- 21 A. Goto, "Living Radical Polymerizations with Organic Catalysts", 6th International Symposium on High-Tech Polymer Materials (2010.11.10), 中国 Xiamen(招待)
- 22 梶 弘典, "NMRを用いた有機デバイスの解析と新たなデバイス創製への取り組み", 第31回マイクロ化学懇話会 (2010.10.29), 京都大学ベンチャービジネスラボラトリー(京都) (招待)
- 23 A. Goto, "Living Radical Polymerizations with Organic Catalysts", IUPAC 6th International Symposium on Novel Materials and Synthesis & 20th International Symposium on Fine Chemistry and Functional Polymers (2010.10.11), 中国 Wuhan(招待)
- 24 後藤 淳, "有機触媒で制御する新しいリビングラジカル重合", 第74回高分子若手研究会[関西] (2010.7.25), 神戸セミナーハウス(神戸) (招待)
- 25 梶 弘典, "固体NMRによる有機非晶質材料の精密解析", 東京農工大学講演会 (2010.3.18), 東京農工大学(東京) (招待)
- 26 H. Kaji, "Solid-State NMR Analysis of Amorphous Materials and its Application for Organic Light-Emitting Diodes", 2009 Asian Symposium on Organic Materials for Electronics and Photonics (ASOMP 2009) (2009.12.15), 台湾 Taipei (招待)
- 27 梶 弘典, "固体 NMR による非晶構造解析とその有機 EL 材料への応用", 有機 EL 討論会 第 9 回例会 (2009.11.12), 京都大学 (京都) (招待)
- 28 梶 弘典, "固体 NMR による有機 EL 材料の精密解析", 高分子学会 09-1 高分子表面研究会 (2009.10.30) 東京理科大学 (東京) (招待)
- 29 梶 弘典, "固体 NMR による高分子 EL 材料の精密構造・ダイナミクス解析", 第 58 回高分子討論会 (2009.9.16) 熊本大学 (熊本) (招待)
- 30 梶 弘典, "高分子の化学構造 -溶液 NMR の利用から固体 NMR による解析へ", セイコーエプソン講演会 (2009.8.7) セイコーエプソン株式会社(長野) (招待)
- 31 梶 弘典, "有機 EL デバイスの基礎科学と高機能化", 第 37 回生物医工学サロン (2009.8.3) 京都大学(京都) (招待)
- 32 梶 弘典, "共有結合性界面を有した高分子系有機 EL 素子の創製", 高分子学会 09-1 有機 EL 研究会 (2009.7.17), 東京大学 (東京) (招待)
- 33 梶 弘典, "NMR による有機デバイス材料の評価", 応用物理学会 薄膜・表面物理分

- 科会 第 37 回薄膜表面物理セミナー (2009.6.26) 東京工業大学(東京) (招待)
- 34 梶 弘典, "有機デバイスの中を探る - NMR・計算からのアプローチとデバイス創製 -", 千葉大第 3 回 G-COE ワークショップ (2009.6.25) 千葉大学(千葉) (招待) など

[図書] (計 1 件)

- ① A. Goto, Y. Tsujii, H. Kaji, Book chapter "Living Radical Polymerizations with Organic Catalysts" in "Fundamentals of Controlled/Living Radical Polymerization" (Chapter 7: pages 250-286) Royal Society of Chemistry (London), 37 pages (2013)

[産業財産権]

○出願状況 (計 2 件)

- ① 名称: リビングラジカル重合触媒および重合方法  
発明者: 後藤 淳、梶 弘典  
権利者: 国立大学法人京都大学  
種類: 特許  
番号: PCT/JP2012/005336  
出願年月日: 2012. 8. 24  
国内外の別: 外国
- ② 名称: リビングラジカル重合触媒および重合方法  
発明者: 後藤 淳、梶 弘典  
権利者: 国立大学法人京都大学  
種類: 特許  
番号: 特願 2011-184173  
出願年月日: 2011. 8. 25  
国内外の別: 国内

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

梶 弘典 (KAJI HIRONORI)  
京都大学・化学研究所・教授  
研究者番号: 3 0 2 6 3 1 4 8

### (2) 研究分担者

後藤 淳 (GOTO ATSUSHI)  
京都大学・化学研究所・准教授  
研究者番号: 2 0 2 2 5 2 1 9

### (3) 連携研究者

辻井 敬亘 (TSUJII YOSHINOBU)  
京都大学・化学研究所・教授  
研究者番号: 0 0 2 1 7 3 0 8