

北陸先端科学技術大学院大学 研究室レポート

# JAISTAR

Japan Advanced Institute of Science and Technology, Announcement of Researchers

Materials  
Science

材料科学研究科  
村田 研究室

化学と物理が融合する研究領域  
ソフトウェアデバイス

科学技術のフロンティアを拓く

**JAIST**  
JAPAN  
ADVANCED INSTITUTE OF  
SCIENCE AND TECHNOLOGY  
1990

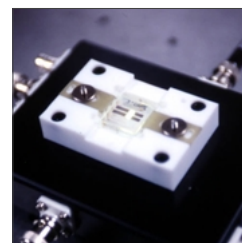
北陸先端科学技術大学院大学

北陸先端科学技術大学院大学

材料科学研究科 村田 研究室 ● ● ●

# 化学と物理が融合する研究領域 ソフトマターデバイス。

化学から物理、そして材料科学へ。  
世界の研究機関を渡り歩いた行動力と経験値が  
有機ELの今を支える。



School of  
Materials Science

**Murata**  
Laboratory



## 次世代電子デバイスの 基礎科学をリード

有機エレクトロルミネッセンス(EL)は、ブラウン管やプラズマディスプレイと同じように電圧を加えると素子自体が発光する特殊な有機化合物を用いた自発光デバイスで、次世代ディスプレイの有力候補のひとつとされる。表示品質に優れており、PDAや携帯電話などの小型のディスプレイから徐々に実用化が進んでいるが、高機能化のためにはいまだ混沌としている有機電子デバイスの物理現象の理解が重要となる。村田英幸助教授はこうした有機電子デバイスの基礎科学をリードしていく研究者のひとつである。発光ディスプレイ、太陽電池、トランジスタなど、既存の電子デバイスの主流は無機材料である。村田研究室の大きな目標はこうした無機電子デバイスを有機電子デバイスに置き換えていくことである。現在の半導体シリコン市場を想像すれば、研究の先に広がるマーケットの巨大さが想像できるだろう。

## 物質の合成から デバイスの作成を 一貫して行う研究体制

村田研究室の強みは、合成・解析からデバイスの作成・評価まで、一貫した研究開発を行う体制にある。研究の柱は有機材料を使った電子デバイスの開発、そして有機電子デバイスが物理的にどんなメカニズムで劣化していくのかという耐久性の問題である。

有機材料をデバイスに用いた場合のメリットとしては、インクジェット方式での加工が可能になるなど製造コストが抑えられることがまず挙げられる。またフレキシブルな基盤上に堆積させることも可能である。これにより将来的にはシートディスプレイ、電子ペーパーなど、薄くて軽く、曲げることのできるフレキシブルなディスプレイへと展開し、ユビキタスな社会の主役となることが期待されている。村田助教授はさらに劣化のメカニズムを解明することで自己修復する電子デバイス、新陳代謝する電子デバイスという斬新なアイデアも語ってくれたが、それも無機物では実現できない、有機デバイスならではの切り口であろう。





## 耐久性の問題をクリアする

これまで有機電子デバイスは無機電子デバイスに比べ耐久性の面で劣っていたと言われていた。それは不純物の問題があったからである。数字にすればわずかな純度の違いも、電子デバイスとして使った場合には顕著な特性の差として表れる。近年は有機材料の電子デバイスとしての認知度が高まるとともにその精製技術が向上し、有機電子デバイスの寿命も延びてきている。しかしたとえばテレビ等に本格的に応用するためにはさらに1桁2桁純度を上げて耐久性を向上させなければならない。こうした基礎的な部分の解明が、自分が担うべき研究であると村田助教授は語る。最近の研究で、素子の作成プロセスに起因して有機ELデバイスが従来の100倍程度の寿命を実現できることが分かった。村田研究室では、具体的に何が原因となって飛躍的に耐久性が向上するのかの解析に取り組んでいる。

## 新しい材料、新しい電子デバイスを生み出す

研究室ではデバイスの劣化メカニズムを追うというテーマがある一方で、新しい材料やデバイスの創出というテーマも進展している。長さや向きを揃った、自分が求める秩序構造のポリマーを作る、いわばテーラーメイドの高分子薄膜生成技術である。ポリマーは化学的な構造は同じでも秩序

構造を制御すると物性がどんどん変わる。つまり向きや構造を制御すると全く新しい物性が表れてくるという面白さがある。村田助教授は秩序構造をコントロールした材料を応用することで優れた特性を持った新たな電子デバイスの創出を目指している。その基礎技術は、まず基板表面に一層目の分子を立てて並べ、その上に二層目を反応させていき、これを繰り返すことでポリマーの長さや向きを揃えるというもの。ポリマーは通常は溶媒中でモノマーを重合させることで得られるが、この方法では長さは一定にならない。研究室ですでに一層目の分子を立てることに成功、AFM(原子間力顕微鏡)により確認している。今後は二層目、三層目と長さを拡大する方向で検討していく。

## 化学と物理、そして産業界と学界の架け橋に

デバイスの物理過程を解明する、有機物を使って材料を合成するなど、有機電子デバイスの世界は化学と物理の境界領域にあり、両分野の知見が必要とされる。化学出身、独学で物理を学んだ村田助教授は、化学と物理の架け橋でありたいと語る。近年、産学連携による大学の社会貢献に対する期待は大きく、JAISTでも共同研究で得た知的財産については共同研究先への譲渡を含めてフレキシブルに対応するなど、研究成果を速やかに社会に還元する制度を整えている。大きなブレークスルーのためには本質的な理解が不可欠と考える村田助教授は、基礎科学の視点から民間企業との共同研究を積極的に進めている。



# Research Interests

北陸先端科学技術大学院大学 材料科学研究科

助教授 村田 英幸

Associate Professor Hideyuki Murata

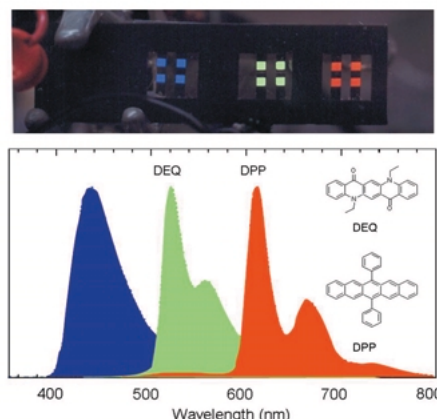
村田研究室 材料科学棟IV TEL:0761-51-1531 FAX:0761-51-1149  
http://www.jaist.ac.jp/ms/labs/murata/index.html  
E-mail murata-h@jaist.ac.jp

## 主な研究テーマ

有機物質の物性研究はこれまで日本が世界をリードしてきた研究分野のひとつです。最近、有機エレクトロルミネッセンス(EL)ディスプレイが日本で実用化され、応用面における先進性と重要性も広く認知されるようになりました。村田研究室では、将来のユビキタス社会で重要な位置を占めることが予想される有機電子デバイスの研究を行っています。新しい物質の合成からデバイスの作成と評価まで、一貫した研究ができる体制を整えています。

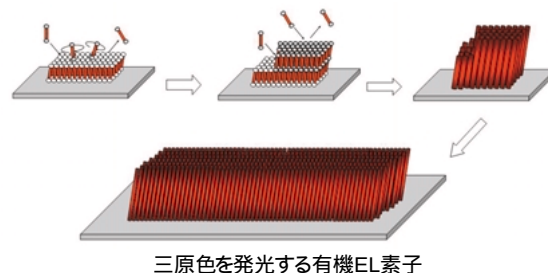
### 1)有機EL素子のデバイス物理

大量の電荷を注入した有機薄膜中での物理過程を解明することで、有機EL素子の理論限界の打破を目指しています。特に、大電流を流した時の有機分子の劣化過程を厳密に測定することによって、有機電子デバイスの究極的な耐久性がどこまで到達できるかを明らかにしています。これまでに、蛍光色素を添加した有機EL素子において発光効率や耐久性が飛躍的に向上するメカニズムを明らかにしてきました。



### 2)新規な有機電子デバイスのデバイス設計と物性評価

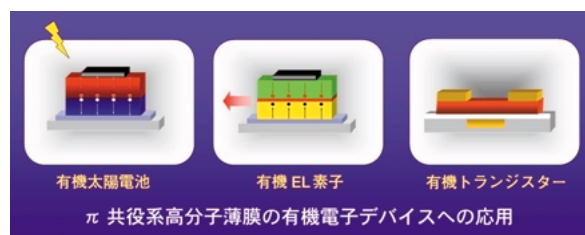
有機薄膜中への電荷注入、移動、再結合機構について詳細に理解することで高効率な有機太陽電池、有機電界効果トランジスタ、有機メモリなどの実現を目指しています。有機太陽電池では薄膜型太陽電池の高効率化を、また有機薄膜トランジスタに関してはn型やバイポーラ型の有機電界効果トランジスタの研究を行っています。



三原色を発光する有機EL素子

### 3)秩序構造を制御した共役系高分子薄膜の気相成長

$\pi$ 共役系高分子をエビタキシャル的に気相重合することによって、共役系高分子の化学的純度や秩序構造を極限まで高めた $\pi$ 電子系ナノワイヤーの実現を目指しています。エビタキシャル気相重合では、共役系高分子の分子鎖長を一定の長さに揃えたり基板に対して垂直に配向させるなど、これまでの溶液重合法では不可能であった精密な秩序構造が可能になります。また、これらの材料をデバイスに応用することで理論限界に近いエネルギー変換効率をもった電子・光デバイスが実現できる可能性があります。さらにその先の展開として、有機エレクトロニクスとシリコンテクノロジーとを融合させた新しい電子デバイスを構築したいと考えています。



配向制御された $\pi$ 共役系高分子薄膜の作成

**使用装置** 高真空蒸着装置(有機デバイス作成用)、グローブボックス、キャリア移動度測定装置(Time-of-Flight法)、高分子CVD装置、昇華精製装置、ELスペクトル測定装置、EL素子評価装置、積分球(素子効率評価用)、太陽光シミュレーター、半導体パラメータアナライザー、共焦点顕微鏡ラマン分光装置、XRD、ESR、AFM

**キーワード** 有機電子デバイス、分子エレクトロニクス、共役系有機薄膜の気相化学堆積

# Faculty Profile



北陸先端科学技術大学院大学 材料科学研究科

## 助教 村田 英幸

Associate Professor Hideyuki Murata

< 学位 >

佐賀大学 工学士 (1987)、九州大学 工学修士 (1989)、九州大学 博士(工学) (1992)

< 職歴 >

三井石油化学工業株式会社 機能材料研究所 研究員(1992)、米国海軍研究所 光科学部 研究員(1996)、ロンドン大学 インペリアル カレッジ 化学科 助教授(シニア レクチャー) (2001)、北陸先端科学技術大学院大学材料科学研究科助教授(2002-)、科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業 さきがけ研究21 研究者 (2002)、京都大学工学研究科 非常勤講師 (2003)

村田研究室 材料科学棟IV TEL:0761-51-1531 FAX:0761-51-1149

<http://www.jaist.ac.jp/ms/labs/murata/index.html> E-mail [murata-h@jaist.ac.jp](mailto:murata-h@jaist.ac.jp)

### 専門

有機電子デバイス 分子エレクトロニクス 共役系有機薄膜の気相成長

### 主な研究課題

有機エレクトロルミネッセンス素子のデバイス物理

有機エレクトロルミネッセンス素子のデバイス構造を最適化したり蛍光色素を微量に添加することで素子の発光効率と耐久性が飛躍的に向上する。これらの現象を有機光物理化学と半導体デバイス物理の両者の視点から素子を解析し特性向上のメカニズムを明らかにする。

新規な有機電子デバイスのデバイス設計と物性評価

有機薄膜中への電荷注入、移動、再結合機構について詳細に理解することで高効率な有機太陽電池、有機電界効果トランジスタ、有機メモリなどへの応用を目指す。

秩序構造を制御した共役系高分子薄膜の気相成長

配向状態が厳密に制御された $\pi$ 共役系高分子の薄膜を作製すれば分子構造から予測されるような特性が得られる可能性がある。そこで、 $\pi$ 共役系高分子の高次構造を精密に制御する成膜技術を開発したいと考えている。そのような材料をデバイスに応用することで究極的なエネルギー変換効率を持った有機電子・光デバイスの実現を目指す。さらに得られた高分子薄膜とシリコンテクノロジーとを融合させた新しい電子デバイスを構築したいと考えている。

### 主な著書・論文

- ・有機ELディスプレイ」時任静士、安達千波矢、村田英幸(オーム社、2004年9月)
- ・S. Khodabakhsh, D. Poplavsky, S. Heurtz, J. Nelson, D. D.C. Bradley, H. Murata, T. S. Jones, Using self-assembling dipole molecules to improve hole injection in conjugated polymers, Adv. Func. Mater. 14, 125 (2004).
- ・"High efficiency molecular organic light-emitting diodes based on silole derivatives and their exciplexes "Organic Electronics 4, 113-121 (2003). L.C. Pallis, H. Murata, M. Uchida, Z. H. Kafafi
- ・"Efficient organic light-emitting diodes with undoped active layers based on silole derivatives " Appl. Phys. Lett. 80, 189 (2002). H. Murata, Z. H. Kafafi and M. Uchida
- ・"Nondispersive electron transport in Alq3 " Appl. Phys. Lett. 79, 2582 (2001). G. G. Malliaras, Y. Shen, D. H. Dunlap, H. Murata, Z. H. Kafafi
- ・"Non-dispersive and air-stable electron transport in an amorphous organic semiconductor "Chem. Phys. Lett. 339, 161 (2001). H. Murata, G. G. Malliaras, M. Uchida, Y. Shen and Z. H. Kafafi
- ・"Work function measurements on Indium Tin Oxide films "J. Electronic Spectroscopy and Related Phenomena, 120, 149-154 (2001). R. Schlaf, H. Murata, Z. H. Kafafi
- ・"Voltage evolution of the recombination zone and emission quantum yield in organic light-emitting diodes with doped and undoped emitter layers "J. Phys. D 34, 3130 (2001). J. Kalinowski, H. Murata, L. C. Picciolo and Z. H. Kafafi
- ・"Efficient organic light emitting devices with saturated red emission using 6,3-diphenyl pentacene "Appl. Phys. Lett. 78, 2378 (2001). L. C. Picciolo, H. Murata, and Z. H. Kafafi
- ・"Multi-layered polymer light-emitting devices prepared by vapor deposition polymerization. "Synth. Met. 121, 1679 (2001). H. Murata
- ・"Effect of emitter disorder on the recombination zone and the quantum yield of organic electroluminescent diodes "J. Appl. Phys. 89, 1866 (2001). J. Kalinowski, L. C. Picciolo, H. Murata, and Z. H. Kafafi
- ・"Determination of interface dipole and band bending at the Ag/tris (8-hydroxyquinolino) gallium organic Schottky contact by ultraviolet photoemission spectroscopy "R. Schlaf, P. G. Shroeder, M. W. Nelson, B. A. Parkinson, C. D. Merritt, L. A. Crisafulli, H. Murata, and Z. H. Kafafi, Surface Science, 450, 142 (2000).

- ・Molecular organic light-emitting diodes based on a guest-host active layer: approaches for enhancing device performance "H. Murata, H. Mattoussi, C. D. Merritt, Y. Iizumi, J. Kido, H. Tokuhisa, T. Tsutsui, and Z. H. Kafafi, Mol. Cryst. Liq. Cryst., 353, 567 (2000).

- ・"Transparent conducting aluminum-doped zinc oxide thin films for organic light-emitting devices "H. Kim, C. M. Gilmore, J. S. Horwitz, A. Pique, H. Murata, G. P. Kushto, R. Schlaf, Z. H. Kafafi, and D. B. Chrisey, Appl. Phys. Lett., 76, 259 (2000).

### 主な国際学会・招待講演

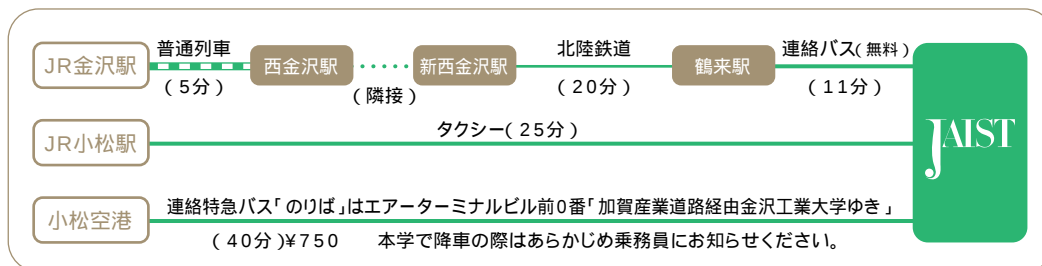
- ・"Organic Electronics goes for Silicon Technology " (Plenary Lecture) The 4th International Conference on Active Matrix Liquid Crystal Display (AM-LCD04) August 25, 2004 (Tokyo, Japan) H. Murata
- ・"Device Physics in Organic Light-Emitting Diodes " (Invited) The 1st International Symposium on Advanced Materials in Asia-Pacific Rim (ISAMAP) March 14-16, 2004 (Ishikawa, Japan)
- ・"Enhanced Stability of Organic Light-Emitting Diodes Doped with Fluorescent Dye " (Invited) The 10th International Display Workshops (IDW '03) December 3-5, 2003 (Fukuoka, Japan)
- ・"Carrier recombination and exciton creation in OLEDs doped with fluorescent dye " (invited) 2nd International conference on Molecular Electronics and Bioelectronics March 5-7, 2003 (Tokyo, Japan) Hideyuki Murata
- ・"Independence of EL quantum efficiency on temperature and current density of organic light emitting diodes achieved by direct carrier recombination on fluorescent molecules " (invited) 3rd Chitose International Forum on Photonics Science and Technology, October 6-8 2002, (Chitose, Hokkaido Japan) Hideyuki Murata
- ・"Enhanced device performance in organic light-emitting diodes based on guest-host active layer " (invited) 38th Macromolecular IUPAC Symposium, July 9th - 14th, 2000 (Warsaw, Poland). H. Murata and Zakya H. Kafafi
- ・"Molecular Organic Light-Emitting Diodes Based on a Guest-Host Active Layer " (invited) Photonics West, January 24-27, 1999 (San Jose, CA). H. Murata, H. Mattoussi, C. D. Merritt and Z. H. Kafafi
- ・"Dye-doped Molecular Light-Emitting Diodes with Enhanced Performance " (invited) SPIE 43rd Annual Meeting, July 1998 (San Diego, CA, USA). H. Murata, C. D. Merritt, H. Mattoussi, and Z. H. Kafafi
- ・"Emission Mechanism in Molecularly Doped Light-Emitting Diodes " (invited) SPIE 42nd Annual Meeting, July 1997 (San Diego, CA, USA). H. Murata, C. D. Merritt, and Z. H. Kafafi
- ・"Organic Electroluminescence Devices using a Phosphorescent Host Material " The third International Conference on Molecular Electronics and Bioelectronics March 3-4, 2005 (Tokyo Japan) Yoshiaki Kinoshita and Hideyuki Murata

### 国際貢献・国内貢献等

- ・日本応用物理学会 有機分子バイオエレクトロニクス分科会 , 常任幹事
- ・Melville Laboratory, Department of Chemistry, Cambridge University Feb 2002 (Cambridge, UK), 招待講義
- ・38th Macromolecular IUPAC Symposium, July 2000 (Warsaw, Poland) , 招待講演
- ・Photonics West, January 1999 (San Jose, USA), 招待講演
- ・SPIE 42nd Annual Meeting, July 1997 (San Diego, USA), 招待講演
- ・Material Research Society 会員 (1996-) ・日本応用物理学会 会員 (1987-)

### 共同研究の希望テーマ

- ・有機エレクトロルミネッセンス素子 ・有機TFT ・太陽電池
- ・非線形光学素子



JAPAN ADVANCED INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

国立大学法人 北陸先端科学技術大学院大学

〒923-1292 石川県能美市旭台1-1 TEL:0761-51-1111(代表)

<http://www.jaist.ac.jp/index-jp.html>

産学連携に関するお問い合わせ

先端科学技術研究調査センター

TEL 0761-51-1070 FAX 0761-51-1944

E-mail [ricenter@jaist.ac.jp](mailto:ricenter@jaist.ac.jp) HPアドレス <http://www.jaist.ac.jp/ricenter/index.html>

学術協力課 連携推進室 産学連携係

TEL 0761-51-1906 FAX 0761-51-1919 E-mail [renkei@jaist.ac.jp](mailto:renkei@jaist.ac.jp)

平成18年度4月より、材料科学研究科は「マテリアルサイエンス研究科」に名称変更する予定です。

村田研究室

TEL:0761-51-1531 FAX:0761-51-1149

<http://www.jaist.ac.jp/ms/labs/murata/index.html> E-mail [murata-h@jaist.ac.jp](mailto:murata-h@jaist.ac.jp)