

研究レビュー

(1) 位置規則性ポリ(3-ヘキシルチオフェン)を用いたイオン液体トランジスターのチャネル領域におけるキャリア分布のラマンイメージング

位置規則性ポリ(3-ヘキシルチオフェン)(P3HT)を半導体とし、イオン液体である[EMIM][TFSI]をゲート材料としてイオン液体トランジスターを作製した。

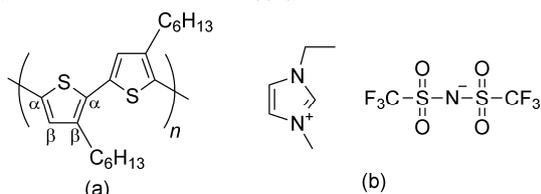


図1 (a) P3HT; (b) [EMIM][TFSI] ゲート電圧 V_G を -1.0 V として、ドレイン電流 I_D とドレイン電圧 V_D の関係を測定した (図2). 0 から -0.4 V に線形領域が、 -0.4 から -1.2 V に飽和領域が観測された。

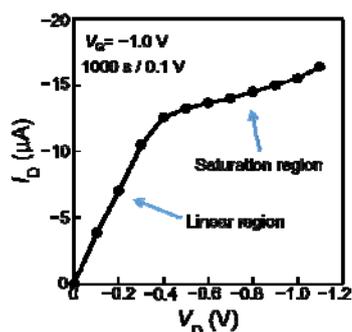


図2 I_D - V_D の関係

$V_G = 1.0$ V, $V_D = -0.1, -0.5, -1.0$ V でチャネル領域の 785 nm 励起ラマンスペクトルを測定し、正ポーラロンを検出した。ポーラロンバンドの強度(密度)を図3に示した。線形領域では一様な分布が観測されたが、飽和領域では密度分布に傾斜があることが分かった。これらのデータはトランジスター機構の解明に役立つ。

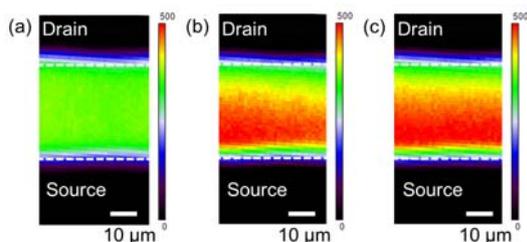


図3 チャネル領域のラマンイメージ [原著論文1]

(2) PBTTT-C16 を用いたイオン液体トランジスターで生成した正ポーラロンと正バイポーラロンの移動度のドーピング濃度依存性

共役高分子 PBTTT-C16 (図4) を半導体、イオン液体[BMIM][TFSI]をゲートとしたイオン液体トランジスターを作製した。

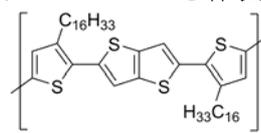


図4 PBTTT-C16

図5に、チャネル領域の 785 nm 励起ラマンスペクトルのゲート電圧 V_G 依存性を示した。生成したキャリアが正ポーラロンか、正バイポーラロンかを決めた。また、電気化学測定から V_G におけるドーピング濃度 n とドーピングレベル x を決めた。

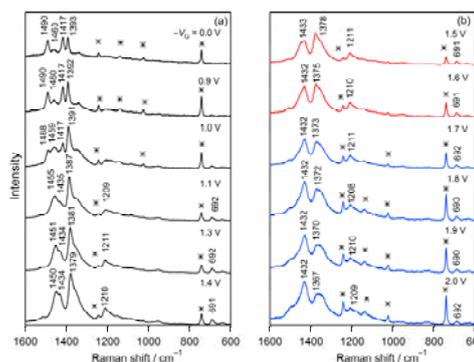


図5 ラマンスペクトルの V_G 依存性 I_D - V_D 関係を測定し、電気伝導度 σ を求めた。 $\sigma = nq\mu$ の関係式に、キャリアの電荷 q と密度 n を代入して、移動度 μ を求めた。

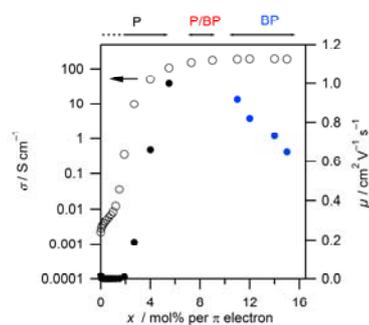


図6 電気伝導度と移動度

以上の結果、正バイポーラロンが $x = 7.3$ mol%/ π 電子と低いレベルから生成し、正バイポーラロンの最高移動度は 0.92 cm²/Vs であることが分かった。

[参考論文1]

研究業績

● 原著論文

1. "Raman Imaging of Carrier Distribution in the Channel of an Ionic Liquid-Gated Transistor Fabricated with Regioregular Poly(3-hexylthiophene)"
Y. Wada, I. Enokida, J. Yamamoto, and Y. Furukawa
Spectrochim. Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, **197**, 166–169 (2018).

参考論文

1. "Doping-Level Dependent Mobilities of Positive Polarons and Bipolarons in Poly(2,5-bis(3-hexadecylthiophen-2-yl)thieno[3,2-b]thiophene) (PBTTC-C16) Based on an Ionic-Liquid-Gated Transistor Configuration"
I. Enokida and Y. Furukawa
Org. Electronics, **68**, 28–34 (2019).

● 総説, 単行本, プロシーディングスなど

1. "Environmentally Stable Perovskite Film for Active Material of High Stability Solid State Solar Cells"
A. Bahtiar, M. Putri, E.S. Nurazizah, Risdiana, and Y. Furukawa
J. of Physics: Conference Series, **1013**, 012176 (2018).
2. "J-V Characteristic of Perovskite Solar Cells Using Lead(II) Thiocyanate-Doped Methylammonium Lead Iodide (MAPbI₃) as Active Material"
A. Bahtiar, M. Putri, E.S. Nurazizah, Setianto, T. Saragi, Risdiana, M. Yamashita, S. Ikawa, and Y. Furukawa
J. of Physics: Conference Series, **1080**, 012012 (2018).
3. 「赤外分光法」
古川行夫編著, 赤尾賢一, 田隅三生, 長谷川健, 古川行夫共著, 日本分光学会 分光法シリーズ 4, 講談社, 2018年4月.

● 招待・依頼講演

1. "Raman Spectra of Methylammonium Lead Iodide Perovskite"
Y. Furukawa, Kousuke Nakada, and Koji Yamada
26th International Conference on Raman Spectroscopy, International Conference Center Jeju, Jeju, Korea, August 26–31, 2018.
2. "Raman Spectroscopy of Polymer Semiconductors Used for Electronic Devices"
Y. Furukawa, Y. Wada, Y. Iwasawa, and I. Enokida
The Great Scientific Exchange (SciX 2018), Atlanta, GA, USA, October 20–October 26, 2018.

3. アルカノールアミン水溶液の CO₂ 吸収・放散におけるカルバメート加水分解反応の効果
最優秀学生発表賞・特別招待講演
和田桜子, 古川行夫, 佐藤裕, 荒川純
化学工学会第 83 年会 (関西大学千里山キャンパス, 大阪, 2018 年 3 月)

● 国内学会発表

1. ナイロン 6 薄膜の振動シュタルク効果に関する研究
大城萌香, 高嶋健二, 古川行夫
日本化学会第 98 春季年会 (日本大学理工学部船橋キャンパス, 千葉, 2018 年 3 月)
2. Raman Study of Carriers in Ionic-Liquid-Gated Transistors Fabricated with Annealed and Unannealed PBTTC-C16 Films
Ippei Enokida and Yukio Furukawa
平成 30 年度日本分光学会年次講演会 (慶應義塾大学日吉キャンパス, 神奈川, 2018 年 5 月)
3. ポリカーボネート薄膜の振動シュタルク効果に関する研究
吉中健, 古川行夫
第 12 回分子科学討論会 (福岡国際会議場, 福岡, 2018 年 9 月)
4. 大気安定ペロブスカイト CH₃NH₃PbI_{3-x}(OCN)_x 太陽電池
井川聖也, 古川行夫
2018 年第 79 回応用物理学会秋季学術講演会 (名古屋国際会議場, 名古屋, 2018 年 9 月)
5. ラマンイメージングによる P3HT/PCBM バルクヘテロ型有機混合膜の評価
森基彰, 近藤崇博, 沖範彰, 古川行夫, 齊藤結花
2018 年第 79 回応用物理学会秋季学術講演会 (名古屋国際会議場, 名古屋, 2018 年 9 月)
6. 2 級アルカノールアミンのカルバメート生成・加水分解反応の標準自由エネルギー, 標準エンタルピー変化と CO₂ 吸収・放散性能に関する研究
板垣晴菜, 和田桜子, 古川行夫, 佐藤裕, 荒川純
化学工学会第 50 回秋季大会 (鹿児島大学, 鹿児島, 2018 年 9 月)

● 受賞

1. 板垣晴菜, 化学工学会第 50 回秋季大会基礎物性部会セッション学生優秀講演賞 2018 年 9 月.