

様式 F - 7 - 1

## 科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）実施状況報告書（研究実施状況報告書）（平成27年度）

1. 機関番号 

1	4	6	0	3
---	---	---	---	---

 2. 研究機関名 奈良先端科学技術大学院大学

3. 研究種目名 挑戦的萌芽研究 4. 補助事業期間 平成27年度～平成29年度

5. 課題番号 

1	5	K	1	3	9	5	4
---	---	---	---	---	---	---	---

6. 研究課題名 高速分子線蒸着セルによる大面積有機デバイス的高速・低コスト作製への挑戦

## 7. 研究代表者

研究者番号	研究代表者名	所属部局名	職名
8 0 3 3 2 5 6 8	ナカムラ マサカズ 中村 雅一	物質創成科学研究科	教授

## 8. 研究分担者

研究者番号	研究分担者名	所属研究機関名・部局名	職名
6 0 6 1 1 5 3 0	マツバラ リョウスケ 松原 亮介	静岡大学・工学部	助教

## 9. 研究実績の概要

本研究では、有機薄膜デバイスの作製における真空蒸着法のデメリットであるプロセス時間の長さや装置コストの高さを解消する手段として、代表者らが発案したホットキャピラリ出射口を持つ「高速分子線蒸着セル」の開発を進める。また、単に低真空下での高速デバイス作製を可能とするだけでなく、高速分子線による成長中の薄膜の加熱効果によって、基板加熱なしに膜の結晶性を高め電気特性を犠牲にせずに短時間で有機薄膜デバイスが得られることを実証する。

H27年度は、単一開口を有する研究用高速分子線セル、ならびに、それを様々な真空装置に取り付けられるようにした汎用性の高い高速分子線蒸着源コンポーネントの開発を行った。有機薄膜トランジスタ(OTFT)用活性層材料の定番であるペンタセンを用いて、キャピラリ寸法と加工法の最適化を行い、開口径0.25 mm、長さ3.0 mmのキャピラリを形成した無酸素銅製ルツボにおいて、特定のセル温度範囲において極めて放出角度分布が狭い高速分子線が形成されることを確認した。また、そのルツボを従来型蒸着源より高速に加熱でき、望ましいセル内温度分布が得られ、様々な装置や実験に汎用的に使える高速分子線蒸着源コンポーネントを設計・製作した。

さらに、高速分子線が形成される条件において、蒸着源 - 基板間距離を変えてペンタセン薄膜の成長速度を変化させ、OTFTにおける最重要物性値であるキャリア移動度を評価した。その結果、成長速度20 Angstrom/s以下では従来知られているとおり成長速度上昇とともにキャリア移動度が低下するが、20 Angstrom/sを超えると従来の常識とは異なり移動度が再び上昇する傾向が確認された。この効果によって、成長速度30 Angstrom/s以上の成長速度で従来条件である数Angstrom/s以下の速度で成長させた膜と同等のキャリア移動度が得られた。

## 10. キーワード

- |            |               |           |              |
|------------|---------------|-----------|--------------|
| (1) 有機薄膜   | (2) 真空蒸着法     | (3) 高速分子線 | (4) 有機トランジスタ |
| (5) 有機太陽電池 | (6) プロセスコスト削減 | (7)       | (8)          |

## 11. 現在までの進捗状況

(区分)(2) おおむね順調に進展している。

(理由)

セルの各部パーツについての設計・試作・実験・解析サイクルに予想以上に時間を要しており、高速分子線セルの開発自体はやや遅れている。特に、実験を行うための真空装置を複数の研究テーマで共用していることによるマシンタイムの待ち時間や、特殊な加工を外注する際の納期が想定以上に長かったことが主たる要因である。前者については、他の研究テーマのために購入した大型汎用真空装置が混み合っていないため、一部の実験においてそれを利用して実験ペースを上げる。後者については、複数の加工業者を利用する他、気体シミュレーションや熱流シミュレーションを活用してトライ&エラーを減らすことで加速する。一方、高速分子線セルを用いた高性能有機デバイス作製については、想定した以上に高速高密度な分子線による特性向上効果が見られたことから、当初計画以上の進行となっている。総合的には概ね順調と判断した。

## 12. 今後の研究の推進方策 等

(今後の推進方策)

H28年度には、希薄流体シミュレーションも併用することで高速分子線セル構造の最適化をより進める他、高速分子線による成長中有機膜の加熱効果について、放射光を用いた結晶構造解析、デバイス特性の詳細な解析、熱流シミュレーションなどによってさらに詳しく機構や限界を調べてゆく。また、OTFTだけでなく、有機太陽電池など他の有機薄膜デバイスにおいても十分な性能を有するデバイスが高速作製できるかどうかを確かめる。  
また、H29年度に向けて、幅広のフィルム状基板にロール・ツー・ロールで蒸着する装置において必要とされるインライン型の蒸着源を想定し、カーテン状の高速分子線を放出するマルチキャピラリーセルの開発にも着手する。

(次年度使用額が生じた理由と使用計画)

(理由)

当初計画では、高速分子線セルを改良しながら実験を行って実験データを蓄積し、希薄流体シミュレーション(ソフトウェア購入は予算の範囲を超えるため、シミュレーション作業を個別に外注する)の結果と比較して、その後のセル設計に活かすはずであった。ところが、セル製作のための特殊加工外注などに予想以上の時間を要したため、実験データの蓄積が十分ではなく、希薄流体シミュレーションの実施はH28年度にずれ込むこととなった。次年度に繰り越された額は、そのための費用である。

(使用計画)

H27年度に第一段階としては完成した高速分子線セルを用いて基礎的な実験データを取得した後に、それを再現する希薄流体シミュレーションを行い、実験では得られない分子線の内部パラメータや分子ビームの形成に影響を与えるセル構造パラメータなどを抽出する。シミュレーションは、代表者が計画を立て、委託先企業の専門家と相談しながら計算の実行を依頼する。

(課題番号: 15K13954)

(注)・印刷に当たっては、A4判(縦長)・両面印刷すること。

## 13. 研究発表(平成27年度の研究成果)

(雑誌論文) 計(1)件/うち査読付論文 計(1)件/うち国際共著 計(1)件/うちオープンアクセス 計(0)件

著者名		論文標題				
R. Matsubara, Y. Sakai, T. Nomura, M. Sakai, K. Kudo, Y. Majima, D. Knipp and M. Nakamura		Quantitative investigation of the effect of gate-dielectric surface treatments on limiting factors of mobility in organic thin-film transistors				
雑誌名	査読の有無	巻	発行年	最初と最後の頁	国際共著	
J. Appl. Phys.	有	118	2015	175502	該当する	
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)						
10.1063/1.4935024						
オープンアクセス						
オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難						

(学会発表) 計(2)件/うち招待講演 計(0)件/うち国際学会 計(1)件

発表者名		発表標題	
R. Matsubara, T. Teraoka, H. Kojima, and M. Nakamura		Growth of organic thin films by ultra-high-speed vacuum deposition and fabrication of organic thin-film transistors	
学会等名	発表年月日	発表場所	
Eighth International Conference on Molecular Electronics and Bioelectronics (M&BE8)(国際学会)	2015年06月22日 ~ 2015年06月24日	タワーホール船堀(東京)	

発表者名		発表標題	
信長賢輝, 寺岡拓麻, 松原亮介, 小島広孝, 中村雅一		高速分子線セルを用いた高指向性条件によるペンタセンOTFTの作製	
学会等名	発表年月日	発表場所	
第12回薄膜材料デバイス研究会	2015年10月30日 ~ 2015年10月31日	龍谷大学響都ホール(京都市)	

(課題番号: 15K13954)

(注)・印刷に当たっては、A4判(縦長)・両面印刷すること。

(3/5)

(図書) 計(0)件

著 者 名		出 版 社	
書 名		発行年	総ページ数

## 14. 研究成果による産業財産権の出願・取得状況

(出願) 計(0)件

産業財産権の名称	発明者	権利者	産業財産権の種類、番号	出願年月日	国内・外国の別

(取得) 計(0)件

産業財産権の名称	発明者	権利者	産業財産権の種類、番号	取得年月日	国内・外国の別
				出願年月日	

## 15. 科研費を使用して開催した国際研究集会

(国際研究集会) 計(0)件

国際研究集会名	開催年月日	開催場所

## 16.本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

(1)国際共同研究: 国際共同研究である

共同研究相手国	相手方研究機関			
ドイツ	Jacobs University Bremen	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-

## 17.備考

有機固体素子科学研究室 研究の具体例  
<http://mswebs.naist.jp/LABs/greendevicel/research/example.html>