

自己評価報告書

平成 23 年 4 月 26 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究 (S)

研究期間：2008~2012

課題番号：20676005

研究課題名 (和文) ナノ印刷技術による伸縮自在な大面積シート集積回路

研究課題名 (英文) Stretchable Large-Area Integrated Circuits by Nano-Printing Technology

研究代表者

染谷 隆夫 (SOMEYA TAKAO)

東京大学大学院 工学系研究科・教授

研究者番号：90292755

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・電子デバイス・電子機器

キーワード：有機トランジスタ、インクジェット、有機半導体、半導体、トランジスタ

1. 研究計画の概要

ナノ印刷技術を駆使して、世界初であるゴムのよう伸縮自在な大面積シート集積回路を実現することをねらいとする。アトリットル・インクジェット印刷と自己組織化単分子膜を融合した独自のナノ印刷技術を確立し、有機トランジスタをナノ寸法まで微細化する。また、世界初、伸縮性のあるカーボンナノチューブ配線を実現して有機トランジスタと集積化し、自由曲面にも貼れるゴムのよう伸縮自在の大面積シート集積回路を実現する。

2. 研究の進捗状況

初年度は、まず印刷プロセスで有機トランジスタをナノ寸法に微細化し、実用レベルまで性能を向上させた。また、カーボンナノチューブをゴムに均一に分散させる技術を開発し、伸縮性のある配線を実現した(導電率 57S/cm と伸張性 38%を同時実現)。

更に、H21 年度は、ナノチューブをゴムの中に均一分散させる技術を進めることで、ナノチューブ・ゴムのコンポジットを作製し、印刷手法を用いて微細にパターンニングする技術を確立した。具体的には、導電率 100S/cm で伸縮率 30~40%、導電率 10S/cm で伸縮率 100%を示す新しい伸縮性導体の開発に成功した。特に、新しい分散方法により、ペーストの粘性を 10Pas 以上まで向上させ、スクリーン印刷を用いて 100 ミクロンのパターンニングを行うことができた。これを用い、世界で初めてアクティブマトリックス駆動の伸縮性有機 LED ディスプレイの作製に成功した。

一連の成果は、2009 年 5 月の Nature Materials 誌に掲載された。

有機トランジスタの高性能化と高速動作かに関しては、自己組織化単分子膜をゲート絶縁膜に用いる技術開発をさらに進め、2V 駆動で移動度 $2\text{cm}^2/\text{Vs}$ を実現するなど、特筆すべき成果を上げることができた。

この低電圧駆動可能で高性能有機トランジスタを用いて、世界初の有機フラッシュメモリ(有機フローティングゲートトランジスタアレイ)の作製に成功した。これは、作製プロセスが容易であるばかりでなく、世界最低駆動電圧のフレキシブル不揮発性メモリである。一連の成果は、Science 誌に掲載された。

H22 年度には、伸縮導体のゴム材料をさらに幅広く展開し、基板との密着性を制御できる新しいナノ材料分散技術の開発に成功した。また自己組織化ナノ材料の製膜技術を用い、曲率半径が 0.1~0.3mm に曲げられる有機トランジスタの試作に成功した。「くしゃくしゃに折り曲げても丸めても特性が劣化しないウルトラ・フレキシブル」な有機 CMOS リング・オシレータや TFT(薄膜トランジスタ)アレイ・シートとして、2010 年 11 月の Nature Materials 誌に掲載された。

3. 現在までの達成度

①当初の計画以上に進展している。

(理由)

当初の計画に挙げた項目を全てクリアし、更に、構造や材料の選択により予定していた結果よりも良好な結果を得ている。具体

的には、世界で初めてのトランジスタにおける折り曲げ率や、有機半導体における応答速度、低電圧駆動を達成している。

特に、有機エレクトロニクスへの用途はこれまでディスプレイ、RFIDタグ、センサー、アクチュエータに限定されてきたが、フレキシブルの枠を超えた如何なる表面にも追従し密着するウルトラ・フレキシブルという新しい概念を提唱し、これを用いた全く新しい医療用エレクトロニクスへの展開を切り開いた。

欧米のグループでも、医療用エレクトロニクスの研究が行われ始めているが、トランジスタを組み込んだアクティブ素子を医療用とのエレクトロニクスに展開したのは、染谷グループが初めてである。

また、Nature Materialsの採択や、それらを取り上げたメディアの反応など、社会的影響も大きい。

4. 今後の研究の推進方策

次世代のユビキタス社会においては、広い面積を覆うようなシート型のデバイスが求められる。本研究は、印刷プロセスで有機トランジスタをナノ寸法に微細化し、実用レベルまで性能を向上させる技術を確認することで、大面積性に優れる有機トランジスタの活躍の場を広げる。更に、学術的な寄与として、ゴムやゲルを配線・コンタクトの材料に応用することで、伸縮性電子材料・デバイスの基礎物理・界面物性を解明し、伸縮性エレクトロニクスという新分野の基礎を確立する。

5. 代表的な研究成果

[雑誌論文] (計 21 件) (下記、主な論文)

1) T.Sekitani, U.Zschieschang, H. Klauk, T.Someya, "Flexible organic transistors and circuits with extreme bending stability", Nature Material 9, 1015-1022 (2010)

2) T.Sekitani, T.Yokota, U.Zschieschang, H.Klauk, S.Bauer, K.Takeuchi, M.Takamiya, T.Sakurai, T.Someya, "Organic Non-volatile Memory Transistors for Flexible Sensor Arrays", Science, Vol. 326, pp.1516-1519 (2009)

3) T.Sekitani, H.Nakajima, H.Maeda, T.Fukushima, T.Aida, K.Hata, T.Someya, "Stretchable active-matrix organic light-emitting diode display using printable elastic conductors", Nature Materials, Vol. 8, pp. 494-499 (2009).

4) T.Sekitani, Y.Noguchi, K.Hata, T.Fukushima, T.Aida, T.Someya, "A Rubberlike Stretchable Active Matrix Using Elastic Conductors", Science, Vol. 321, pp. 1468-1472 (2008). Science Express.1160309 (2008)

[学会発表] (計 152 件) (下記、主な発表)

1) (INVITED) Tsuyoshi Sekitani and Takao Someya, "Large-area Stretchable Organic Transistor Integrated Circuits for Sensor applications II", SPIE meeting, San Diego August 2010.

2) (Invited) Takao Someya and Tsuyoshi Sekitani, "Foldable and Stretchable Organic Transistor Integrated Circuits", *JJ8.1, Stretchable Electronics and Conformal Biointerfaces, 2010 MRS Spring Meeting, San Francisco, April 8-9, 2010.

3) (Invited) Takao Someya, Tsuyoshi Sekitani, Tomoyuki Yokota, Ute Zschieschang, Hagen Klauk, Siegfried Bauer, Ken Takeuchi, Makoto Takamiya and Takayasu Sakurai, "Flexible Organic Floating Gate Transistors for Non-volatile Memory", *II7.7, Symposium II: Materials Science and Charge Transport in Organic Electronics, 2010 MRS Spring Meeting, San Francisco, April 8-9, 2010.

[図書] (計 5 件)

1) 関谷毅, 福田憲二郎, 染谷隆夫, 「アクチュエーター」"シート型点字ディスプレイ", シーエムシー出版, 2010年12月

2) Tsuyoshi Sekitani and Takao Someya, "Picoliter and subfemtoliter inkjet technologies for organic transistors", Book chapter of "Organic Electronics II. More Materials and Applications", Edited by Hagen Klauk, to be published in 2010.

3) 関谷毅, 佐野康, 染谷隆夫, 「エレクトロニクス高品質スクリーン印刷技術 2010」 "有機トランジスタ", シーエムシー出版, 2010年6月出版

4) 関谷毅, 染谷隆夫, "フレキシブルデバイス" 監修: 東北大学 宮下 徳治, 月刊 機能材料, シーエムシー出版, 環境に溶け込むアンビエントエレクトロニクス, 2009年10月

5) 関谷毅, 染谷隆夫, "非接触電力伝送技術の最前線", シーエムシー出版 監修 東北大学 松木英敏, 第2章シート型ワイヤレスインテリジェントシステム, 2009年8月

[その他]

URL <http://www.ntech.t.u-tokyo.ac.jp/>