

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 16 日現在

機関番号：10103

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25420310

研究課題名(和文)有機半導体メモリの作製と擬似ニューラル回路への応用

研究課題名(英文) Fabrication of organic semiconductor memory and application to neural network circuit

研究代表者

福田 永 (FUKUDA, Hisashi)

室蘭工業大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：10261380

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：有機薄膜材料は軽量かつ耐衝撃性に優れ、低温成膜できるため従来と比較して低コストでの半導体素子が生産可能となる。本研究では、ペンタセンをチャンネル層、絶縁層に電荷捕獲層を設けた有機半導体メモリの作製を試みた。ゲート電極としては、硼素ドーピングのp型半導体を使用し、その上に酸化膜と電荷捕獲層(CYTOP)を積層した。最後にソース・ドレインとして金電極を形成した。情報の書き込みはゲートに負バイアスを印加することで行い、しきい値電圧を測定したところ、ストレス印加前と比較して最大1.4V程度の変化がみられた。このことは、人間の脳の記憶保持機能に対応する。また、初期値に戻すことができることも確認した。

研究成果の概要(英文)：Organic semiconductors have the potential to low cost fabrication owing to lower temperature processing. Organic semiconductor thin-film device (OTFT) has a mobility corresponding to amorphous Si devices. Application to electric papers and display devices is strongly expected. In this study, we have fabricated OTFTs with pentacene as a channel layer and CYOP film as a charge trapping layer for the purpose of memory function. Data storing is performed by negative stress for the gate electrode. The threshold voltage shift of 1.4 V was observed. positive bias stress induced the recovery of threshold voltage. In future, n-type OTFT memory will be fabricated to obtain complementary device operation.

研究分野：半導体工学

キーワード：ナノテクノロジー

1. 研究開始当初の背景

今日の高度情報化社会は、シリコンの微細加工技術を駆使した超大規模集積回路 (ULSI) の発展により実現した。一方、微細化は素子内部での電流の揺らぎを引き起こし、突発的なノイズはすべてのシステムに影響を及ぼしかねない。このような中、ニューラルネットワークを用いた情報処理がポストディジタル技術として重要視されている。

2. 研究の目的

本研究は、人間の脳神経回路を有機薄膜トランジスタ(OTFT)メモリを用いて構築することを目的とする。OTFTメモリは、pチャネルおよびnチャネルOTFTで構成され、それぞれのトランジスタにはチャンネル層と絶縁層が配置されている。メモリの動作において、捕獲層内の電荷量に依存してチャンネル層を走行するキャリア数を制御し、最終的にしきい値電圧を離散的に変化させる。

個々の OTF メモリに電荷を与え最適に重みづけすることでデバイスの学習機能を発現させる。

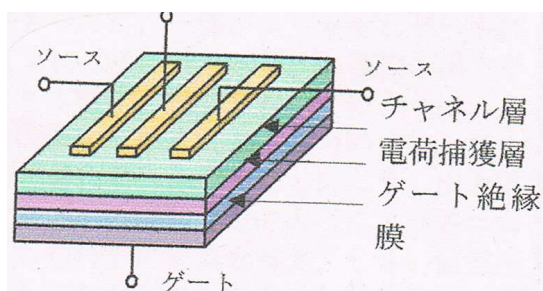


図1 作製する OTFT メモリ

3. 研究の方法

これまでペンタセン系 p 型 OTFT および n 型 OTFT (図1) をスピンド塗り法 (図2) により作製し、それらの電気的特性を評価してきた。キャリア移動度においてはともに $0.1\text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上、オンオフ比については 10^3

以上であることが確認されている。

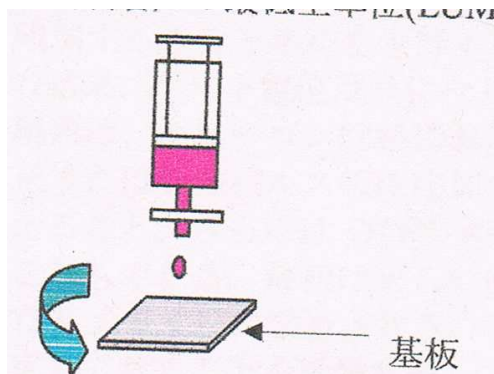


図2 スピンド塗り法による薄膜の成膜

研究期間内においてこれらの OTFT チャンネル層下部に電荷蓄積層を設け、電荷捕獲層によりメモリ機能を発現できるようにする。続いて1チップ上に2入力1出力のニューラル回路 (図3および図4) を構成しシナプス動作を確認する。

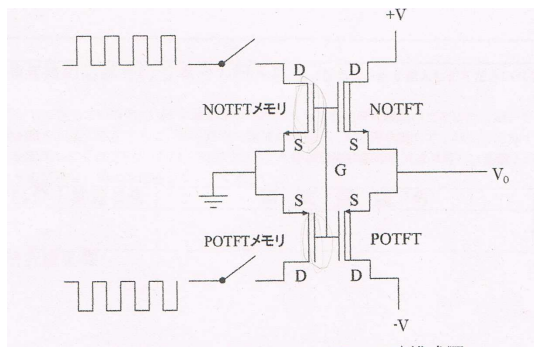


図3 2入力1出力回路

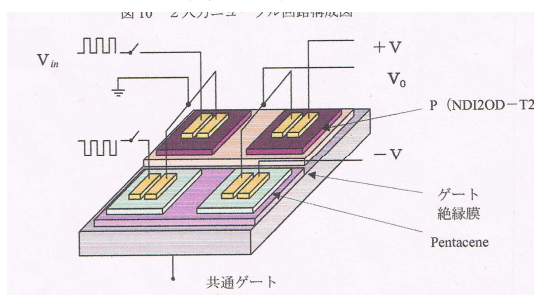


図4 OTFT で構成されたニューラル回路

4. 研究成果

p 型 OTFT メモリを作製し、ゲートストレス印加を行い、電荷捕獲層に電荷が蓄えられることを確認した。ゲートストレス印加後、p 型 OTFT メモリのしきい値電圧特性において約 1.4V のしきい値電圧変化がみられた。今後の課題は繰り返し回数を増加させることと電荷保持特性を詳細に調べる。

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 4 件)

- ① 小川健吾, 鳥越俊彦, 澤田研, 岩佐達郎, 永野宏治, 柴山義行, 埜田芳広, 植杉克弘, 福田永:「液相中への縦波放射を利用したレイリー型表面弾性波センサーの開発」, 電気学会 論文誌 E, Vol.135, No.12(2015-12)
- ② 小川健吾, 山田真也, 鳥越俊彦, 澤田研, 岩佐達郎, 杉山史一, 埜田芳広, 植杉克弘, 福田永:「レイリー型表面弾性波を用いた液相系センサーの動作特性」, 表面科学, 第 35 巻第 6 号 pp.319-323 (2014-6)
- ③ 杉本博文, 梅田直之, 福田永, 岩佐達郎, 澤田研:「アカハライモリ嗅覚組織切片を用いた嗅神経の匂い分子選択性の解析」, 日本味と匂学会誌 VOL.21, No.3, pp.437-440, 2014 年
- ④ K.A.Mohammad,A.Alisa,I.Saad,B.K.Uesugi and H. Fukuda, Mixed P3HT/PCBM Organic Thin-Film Transistors relation between Morphology and Electrical characteristics, Journal of Chemical Engineering, Vol.8, No.5, pp.476-481,2014 年.

[学会発表] (計 4 件)

- ① 小川健吾, 山田真也, 埜田芳広:縦波放射を利用したレイリー型 SAW 液相センサーでの ADP, ATP 水溶液濃度測定について、第 76 回応用物理学会秋季学術講演会、名古屋市、名古屋国際会議場、2015 年
- ② 小川健吾, 山田真也, 菅原智明, 岩佐達郎, 埜田芳広, 福田永:「アデノシ

ン三リン酸 (ATP) 水溶液におけるレイリー型 SAW 溝流路液相センサーの動作特性」, 第 76 回秋季応用物理学会学術講演会, 2015-9、第 76 回応用物理学会秋季学術講演会、名古屋市、名古屋国際会議場、2015 年

- ③ K. Ogawa, T. Abe, Y. Seino, T. Torigoe, Y. Tada, K. Uesugi, H. Fukuda, K. Sawada, T. Iwasa:「Highly Sensitive Analysis of Water-Insoluble Nanoparticles and soluble Proteins in Liquid by Resonant Surface Acoustic Wave Modulation Measurement Wave Biosensors」, 26th International Conference on Microprocesses and Nanotechnology Conference, 7P-7-102, Sapporo, Japan(2013-11)
- ④ Kengo Ogawa, Toshihiro Abe, Yoshinori Seino, Toshihiko Torigoe, Yoshihiro Tada, Katsuhiko Uesugi, Hisashi Fukuda, Ken Sawada, Tatsuo Iwasa:「Highly Sensitive Analysis of Glutathione and Glutathione S-transferase Reaction in Liquid Phase using Surface Acoustic Wave Biosensors」, 7th International Conference on Molecular Electronics and Bioelectronics, D-P13, p.231, Fukuoka, Japan(2013-3)

[産業財産権]

○出願状況 (計 1 件)

名称: 表面弾性波センサーおよび表面弾性波センサー装置

発明者: 福田永、小川 健吾

研究組織

(1) 研究代表者

室蘭工業大学・工学研究科・教授

福田 永 (FUKUDA, Hisashi)

研究者番号： 1 0 2 6 1 3 8 0

(2) 研究分担者

室蘭工業大学・工学研究科・助教

多田 芳広 (TADA, Yoshihiro)

研究者番号： 3 0 6 3 7 2 0 2