

研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名： 大面積ナノシステムのインターフェース応用

2. 研究代表者名及び主たる研究参加者名(研究機関名・職名は研究参加期間終了時点):

研究代表者

染谷 隆夫(東京大学 大学院工学系研究科 教授)

主たる共同研究者

櫻井 貴康(東京大学 生産技術研究所 教授)

3. 研究実施概要

本研究は分子性ナノ材料の自己組織化により、ナノスケールで生ずる機能をミクロンスケールに拡張、さらに独自のナノ印刷技術によりメートルスケールへ展開することで次世代ヒューマンインターフェースへの応用を目指す大面積ナノシステムの基盤技術を構築することを目的とする。具体的には、要素技術となる自己組織化ナノ機能、ナノ印刷、大面積ナノシステムの研究開発を行った。自己組織化ナノ機能においては、自己組織化単分子膜を用いた有機トランジスタとその集積回路の作製に成功した。有機トランジスタは、2V 駆動で、移動度 $1\text{cm}^2\text{Vs}$ 、オン/オフ比 10^6 の優れた特性を持ち、平坦化を施したプラスチックフィルム上に集積化された有機トランジスタ回路はフィルムの曲げに対して強靱な特性を有する。ナノ印刷プロセスにおいては、アトリットルインクジェット描画装置を用いて、1-2 ミクロンの電極を持つ高性能有機トランジスタを安定に作製できる技術を確認、さらに大面積化へ向けスクリーン印刷技術の開発に着手した。大面積ナノシステムについては、点字ディスプレイ、ディスプレイ用途の特性バラツキ補償回路、印刷機で自由にカスタマイズできる論理システム、足踏み発電型エネルギーハーベストシステムを実現、一連の開発技術が大面積ナノシステム実現に向けて有効であることを実証した。

本研究では、大面積デバイス技術の開発を担当した「染谷隆夫」グループと、集積回路設計、システム構築の開発を担当した「櫻井貴康」グループの緊密な連携によって、大面積ナノシステムの多くの実証実験に成功しており、ナノ材料からシステム技術につながるデバイス研究がなされた。

4. 事後評価結果

4-1. 研究の達成状況及び得られた研究成果(論文・口頭発表等の外部発表、特許の取得状況等を含む)

本研究は平成21年度採択されたが、研究代表者の ERATO プログラムへの移行のため、平成23年度に終結することになった。短期間であったが、研究概要に記載した通りの多くの成果が生まれた。自己組織化単分子膜をゲート構造に用いた有機トランジスタ作製技術の高度化により、2V という低電圧動作下で 10^6 の電流オンオフ比を有するトランジスタ動作を可能にした。これにより動作の信頼性が向上し、有機トランジスタによる各種集積回路の動作実証が可能となった。また有機トランジスタ集積回路が搭載されたプラスチック基板を極度に曲げても安定動作が可能な事は、有機トランジスタの応用を拓げる意味でも意義深い。回路的には、補償機能を備えた有機トランジスタ駆動回路を考案することにより、アクティブマトリクス OLED ピクセル回路の安定動作を実証した事、またp型有機半導体で構成する擬 CMOS 回路を実現し、その有用性を実証した事を特に注目したい。本質的に特性バラツキが大きく、実用化への大きな障害になっていた有機トランジスタが、デバイス構造や回路の工夫によりその欠点が克服できることを示しており、有機エレクトロニクスの応用を広げるうえで重要なステップを示したものと評価される。

本 CREST 期間中に、Nature Materials を始めとするトップクラスの国際論文誌への発表が 26 件、招待講演は国際会議で 43 件、国内会議で 20 件、受賞は日本 IBM 賞を始め 9 件と、国内外で学術的に高く評価されており、十分な成果が得られたと考える。

現状は、有機半導体トランジスタ及びその集積回路に関し、作製プロセスのノウハウが蓄積され、基礎技術が

確立したフェーズにあり、今後は具体的な応用へ向けての開発が ERATO や JAPER A といった別プロジェクトの形で実行される。今後は知財の確保が重要になると予想されるので、特許出願に向けた体制を整え、積極的な取り組みを行う事で、本 CREST 期間中の知財確保に関する出遅れを取り戻して欲しいと考える。

4-2. 研究成果の科学技術や社会へのインパクト、戦略目標への貢献

本研究は平成21年度採択されたが、研究代表者の ERATO プログラムへの移行のため、平成23年度に終結することになった。短期間であったが、研究概要に記載した通りの多くの成果が生まれた。自己組織化単分子膜をゲート構造に用いた有機トランジスタ作製技術の高度化により、2Vという低電圧動作下で 10^6 の電流オンオフ比を有するトランジスタ動作を可能にした。これにより動作の信頼性が向上し、有機トランジスタによる各種集積回路の動作実証が可能となった。また有機トランジスタ集積回路が搭載されたプラスチック基板を極度に曲げても安定動作が可能な事は、有機トランジスタの応用を広げる意味でも意義深い。回路的には、補償機能を備えた有機トランジスタ駆動回路を考案することにより、アクティブマトリクス OLED ピクセル回路の安定動作を実証した事、またp型有機半導体で構成する擬 CMOS 回路を実現し、その有用性を実証した事を特に注目したい。本質的に特性バラツキが大きく、実用化への大きな障害になっていた有機トランジスタが、デバイス構造や回路の工夫によりその欠点が克服できることを示しており、有機エレクトロニクスの応用を広げるうえで重要なステップを示したものと評価される。

本 CREST 期間中に、Nature Materials を始めとするトップクラスの国際論文誌への発表が 26 件、招待講演は国際会議で 43 件、国内会議で 20 件、受賞は日本 IBM 賞を始め 9 件と、国内外で学術的に高く評価されており、十分な成果が得られたと考える。

現状は、有機半導体トランジスタ及びその集積回路に関し、作製プロセスのノウハウが蓄積され、基礎技術が確立したフェーズにあり、今後は具体的な応用へ向けての開発が ERATO や JAPER A といった別プロジェクトの形で実行される。今後は知財の確保が重要になると予想されるので、特許出願に向けた体制を整え、積極的な取り組みを行う事で、本 CREST 期間中の知財確保に関する出遅れを取り戻して欲しいと考える。

4-3. 総合的評価

フレキシブルエレクトロニクスとして世界を先導する成果をあげている。学術的にも論文、口頭発表、受賞、プレス発表等、高い成果を上げている。産業応用はこれからの段階であり、競合技術も多く存在するが、環境に埋め込まれて人間の活動を支援するアンビエント・エレクトロニクスの構成要素として、大面積ナノシステムのコンセプトを打ち出し、その実現に向けて本 CREST で基盤技術の構築を図った事を高く評価したい。今後は ERATO や JAPER A といった応用を指向した大型プロジェクトでの活躍を期待したい。