

(中間評価)

新しい情報処理プラットフォームのための アクティブ原子配線網に関する研究

(研究期間：第 期 平成12～14年度)

研究代表者： 橋詰 富博 (株式会社日立製作所)

研究課題の概要

現在の情報プラットフォームの集積度は2010年には限界に達すると予想されており、真空管、半導体集積素子に次ぐ第3世代の情報処理プラットフォームを実現することが重要である。そのため、集積度限界の3桁以上の向上、低消費電力化、複雑系を扱えるレベルの統合シミュレーション計算技術の早期実現が必要である。本研究では、原子レベル細線の配線機能と演算機能を堅密化したアクティブ配線網を、その統合シミュレーション技術と作製プロセス/信号計測技術を研究開発することにより具体化する。また、信号処理技術の多様化(光、磁性等)を図る。

(1)総 評

次世代プラットフォームの構築という競争的で挑戦的かつ魅力的な課題である。学術的に興味深いだけでなく社会的貢献も期待できる。原子・分子配線を作製することや、その細線を四端子法により計測する技術を開発するなど、三年間で優れた研究成果が上がっている。情報発信については、特許が国内外で多数出願されている点が高く評価される。情報処理プラットフォームのためのアクティブ原子配線網に関する研究は順調に進捗しており、研究成果は極めて高いと評価される。また、目標設定・研究体制も適切であると判断され、優れた研究であると言える。従って、今後も研究を継続すべきであると評される。〈総合評価：a〉

今後の進め方については、基礎を固めつつ応用にも目を向けなければならず、原子配線網構築とデバイス化には更なるブレイクスルーが求められる。その意味で、原子配線に関するこれまでの研究を発展させて、原子・高分子配線網化に関する研究に統合する第 期移行案は、適切である。〈今後の進め方：a〉

(2)評価結果

原子・高分子配線の相互結合網化に関する研究

本課題の実証研究として最も重要な統合研究で、サブテーマ毎に研究開発される原子配線と高分子配線を有機的に階層化し、アクティブ原子配線網を作製する技術の研究開発を行うものである。パルスバルブにより溶媒中の分子被覆導線を水素終端シリコン表面へ直接導入する手法や、配線間を接続するためにS P Mリソグラフィーによる補助配線技術等の要素技術が開発されている。これらと別サブテーマで開発されたピスマス埋め込み細線技術を統合し、3種類の原子・高分子配線が複合化できる目途が立っており、順調に技術開発が進んでいる。アトムテスターの開発については、1個のアトミックプローブを持つアトムテスターの動作チェックが完了して、現在は2プローブ化段階にあり、第 期における完成が大いに期待される。今後は、位置決め技術にも力を注ぐとともに、自己組織化的要素技術とマニピュレーション的要素技術を統合して、具体的な原子配線網作製技術の研究を進めることが必要であると考えられる。

原子配線の高度第一原理計算に関する研究

理論面からの強力なサポートグループの存在はこの分野の研究には不可欠である。主要には水素終端化した半導体表面における原子・分子の反応過程を、電子相関を取り扱える高度な第一原理計算手法を用いて理論的に解析し、原子・分子の表面ナノ構造の形成過程や伝導特性の解析を試みている。本課題における要素開発を理論的に裏付けるとともに指針を与える研究として有効であり、成果も順調に上がっている。しかしながら、実験系テーマとの具体的な連携がやや弱く、研究対象は本課題で実現する原子配線網の材料に絞り込む必要がある。第 期では、特に伝導特性の理論的解析に集中することを期待する。

複雑系の統合シミュレーション（アクティブ原子配線網シミュレータ）に関する研究

複数の原子・高分子配線を組み合わせた複雑系の電氣的信号応答特性を予測する統合シミュレーション技術を開発することを目的としており、本課題のデバイス化の指針を与えるとともに、汎用性の高いデバイス特性予測技術の開発として期待が持たれる。シリコン表面でのピスマス原子配線や、ポリチオフェン分子導線やシクロデキストリン被覆分子などからなる分子被覆導線について、第一原理計算とモデル計算を組み合わせ安定構造と電子状態の計算を行い、物性を予測した。これは本課題で実現を目指す原子配線網の指針となるもので、目標が順調に実現されている。現在、分子デバイスの電極接続に関しても伝導性予測が試みられているが、これらを更に進め、第 期では原子・分子配線網の統合シミュレーション技術を確立することが、大いに期待される。

原子配線に関する研究

本課題を実現する上での基礎技術となる原子細線の基盤内・基板上配線の要素技術を研究開発するものである。ピスマス原子細線基盤の絶縁化技術、 SiH_2 をシリコン基板上に原子層エピタキシャル成長させる技術、ピスマス細線のホモエピタキシャル層や混晶への埋め込みなど、基板上・基盤内細線の複合化に必要な要素技術が順調に開発されている。同時に、これら原子細線の構造や形成原理などの理論的裏付けが並行して進められていることから説得力があり、外部からも高い評価を得ている。また、極微細電極の作製を実現して四端子法による原子配線のダイオード特性などの測定に成功している。このようにデバイス化のための原子配線に関する基礎的な要素技術は確立しつつあるということができ、高く評価できるが、所期の目標である相互結線技術の確立を早急に実現することを期待する。

高分子配線（分子被覆導線）に関する研究

高分子配線の諸物性の測定を実現し、固有の物性を明らかにすることを目的としており、原子・分子配線網確立のためのもうひとつの基礎的な要素技術と位置付けられる。ポリアニリン（導線性高分子）を架橋シクロデキストリン（分子ナノチューブ）で被覆して架橋分子被覆導線を作成し、微細電極基板上に乗せて、電流電圧特性の測定に成功している。その結果、ナノチューブの隙間からヨウ素などをドーピングすることにより、電気特性の制御（ヨウ素の場合伝導性の向上）が可能であることも示している。これらの基本技術の開発は高く評価できるが、導電性高分子材料の選択については更に広範な検討が求められる。

(3)第 期にあたっての考え方

要素技術の開発には目覚ましいものがあり、第 期においては、これらを統合すると同時にターゲットを絞り込み、一定の機能を有するデバイスとして実現されることが求められる。その際、より一層のサブグループ間の連携と代表者の指導性が求められる。また、デバイス開発の指導原理となる統合シミュレーション技術、特性評価に必要なアトムテスターの開発などは、困難ではあるが完成を大いに期待されるものである。情報発信については、本プロジェクトの成果に直接根ざした内容を外国特許として申請するとともに、学術論文においてもさらに発信することを期待する。

(4) 評価結果

| 総合評価 | 今後の進め方 | 進捗状況 | | 目標設定 | | 研究成果 | | | 研究体制 | |
|------|--------|------|------|------|----|------|---------|-----|------|----|
| | | 達成度 | 進捗状況 | 設定 | 最終 | 科学価値 | 科学的波及効果 | 達成度 | 進捗状況 | 設定 |
| a | a | a | a | a | a | a | a | a | a | a |

(体制移行図)

