

ナノ構造の電気・熱・機械特性の測定と評価に関する研究

香川大学工学部 助教授 橋口 原

東京大学生産技術研究所 教授 藤田 博之 / 助手 安宅 学

1. はじめに

近年注目を集めているナノテクノロジーを実用のものとするためには、ナノオーダーの微小物質の評価法を確立することが必須であると考えられる。本研究ではマイクロマシン技術を利用したナノオーダー物質の電気・熱・機械特性を測定するための方法を検討した。ナノ構造の特性を測定するためには、2つの手法が考えられる。1つはナノ構造を我々がアプローチできる電極構造と一体化形成する方法、もう1つは複数のナノプローブでナノ構造に対してプロービングする方法である。以下本研究で検討した上記2種の手法について報告する。

2. フリースタANDINGシリコンナノ4端子構造

シリコンナノ構造の熱的な応答を測定するために、ナノ4端子構造を作製した。図1に作製した素子のSEM写真を示す。ワイヤーの断面は二等辺三角形であり、幅は約0.5 μm、長さは4 μmである。図2に本素子の抵抗変化と入力パワーの逆数の関係を示すが、抵抗値はある入力電力値ですどいピークを持つ特性になっている。図3に本素子のフローセンサーとしての特性及び周波数特性を示す。風速にきれいに比例したセンサー出力及び高速応答の結果が得られたが、さらに高速化のためには、ナノワイヤーを長くする必要がある。

3. マイクロアクチュエーター一体化素子によるシリコンナノ構造試験デバイス

ナノ構造の機械的特性を調べるために、シリコンワイヤー構造と静電型アクチュエータを一体化して形成するプロセスを開発した。図4にそのSEM写真を示す。本デバイスは3層SOI基板で作製され、中間のSOI層に静電型アクチュエータが、最上部のSOI層に電極端子を有するナノ構造が作製される。ナノ構造をフリースタANDING化するプロセスに工夫を施している。

4. おわりに

マイクロマシニング技術を利用したナノ計測について報告した。本研究ではシリコンナノ構造の測定用デバイスに限定したが、最近ではDNAのようなバイオナノオブジェクトに関する関心が高まっており、それらをルー

チン的に測定できるシステムが必要とされている。そのような用途のためにナノグリッパー及びナノテスターと呼んでいるマイクロアクチュエーター体型的デバイスも開発しているため、そちらも是非参照していただきたい。

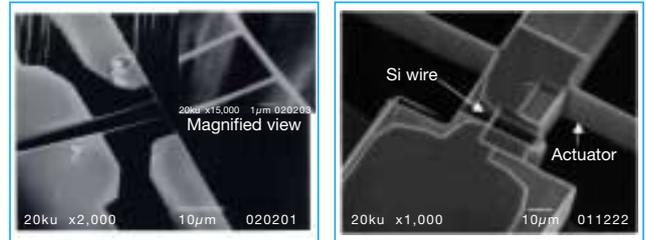


図1. フリースタANDINGシリコンナノ4端子素子のSEM写真

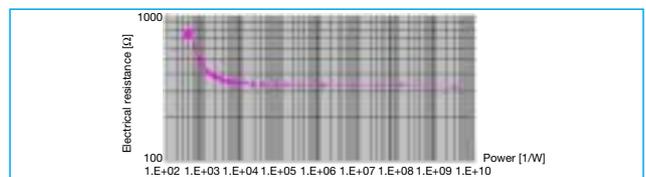


図2. フリースタANDINGナノワイヤーの抵抗値変化

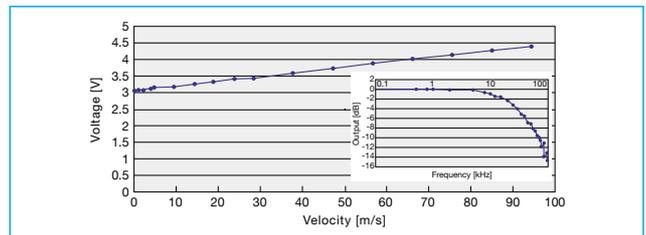


図3. フリースタANDINGシリコンナノワイヤーによるフローセンサーの特性

人工臓器を目指した化学システムの集積化

東京大学大学院工学系研究科応用化学専攻 教授 北森 武彦 / 講師 久本 秀明

1. はじめに

臓器機能における代謝、解毒、生合成などの化学変換過程は、細胞反応、酵素反応、合成反応などから構成され、毛細血管、細胞表面など、微小な空間領域での一連の反応として高効率に進行すると考えられる。

我々は、マイクロチップ上に作製した幅数十～数百マイクロンの溝(マイクロチャンネル)を毛細血管に見立て、細胞反応、酵素反応、合成反応などの臓器内素過程を集積すれば、単純なマクロスケール反応過程の組み合わせを超える効率的な人工臓器モデルがマイクロチップ上に実現できると考えた。本研究では、細胞反応、酵素反応、合成反応を集積化し、糖質の多段階化学変換プロセスの検出を目的とした。

2. 臓器内モデル反応過程のマイクロチップ集積化

図1にデザインしたチップを示す。これは細胞培養槽、酵素反応部、合成反応部及び検出部からなる。チップ外部から糖質としてリポポリサッカライドが導入された場合、マクロファーゼとの反応で一酸化窒素(NO)が生成する。生成したNOは水との反応で迅速にNO₂、NO₃に変換される。このうちNO₃は別チャンネルから導入された酵素によってNO₂に変換され、次のチャンネルから導入された合成試薬との反応によって、着色化学種を生成する。したがって、着色化学種を熱レンズ顕微鏡で検出すれば、一連の化学変換過程を確認できる。

実際に上記の一連の反応を検出したところ、単純なマクロスケール反応過程の組み合わせでは半日を要する過程が、マイクロチップ上では30分で実現できた。これは糖質がマイクロチップという人工

臓器デバイスに導入されると、様々な化学過程を経て効率的に化学変換された着色化学種が生成したことを示している。

3. まとめ

上記のような微小空間内素反応の集積化は、臓器機能など、高度な生体機能を人工デバイス上で実現する上で極めて重要である。今後、生体機能分子固定化技術、機能性分離膜作製技術など、より多くの技術を一枚のチップに集積していくことで、さらに複雑な生体機能模倣デバイスが構築でき、今後の再生工学、人工臓器開発に新たな知見を与えられよう。

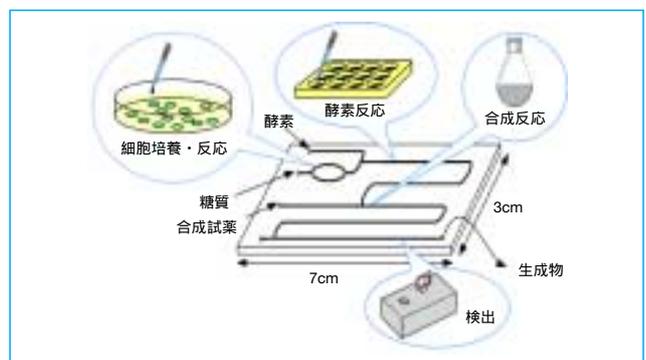


図1. 臓器内反応過程のマイクロチップ集積化