

特集に際して
Guest Editor

マイクロ・ナノメカトロニクス特集号の編集に当たって

Editorial for Micro/Nano Mechatronics

藤田博之*

Hiroyuki FUJITA

国際的で研究分野を融合した総合工学ディシプリンを作り上げるとの本所の方針に従って、マイクロメカトロニクス国際研究センターが2000年4月に新設された。本特集号では、マイクロメカトロニクス国際研究センターの活動を中心に、マイクロマシニングを利用したマイクロナノ構造の製作とその応用について、センター所属の教官と関連の教官が、最新の成果を解説する。製作方法としては、放電加工や厚いフォトレジストを用いた立体微細加工を取り上げる。応用については、光技術、無線通信、生化学実験、バイオテレメトリー、ナノテクノロジーなど、広くマイクロ・ナノメカトロニクスが使われる分野を紹介する。

そもそもマイクロマシニング技術は、従来からの精密機械加工技術と、80年代の後半から発達したシリコンチップの微細加工に基づく半導体マイクロマシニング技術が一体となり、マイクロの世界の機械を作る技術となったものである。現在ではさらに発展して、複雑な立体マイクロ構造や、数十ナノメートルの寸法のナノ機械構造などを製作可能になっている。実用化も進み、大量に使われているマイクロマシン製品は、インクジェットプリンタヘッド(3.5億個/年)、エアバッグ始動用加速度センサ(7500万個/年)、エンジン制御用圧力センサ(2500万個/年)、使い捨て血圧センサ(1800万個/年)が挙げられる。現在は、マイクロマシン光スイッチをはじめとする光通信ネットワークへの応用が製品化競争となっており、さらに高周波無線通信応用やバイオ応用が次の世代を担う情勢である。また、近年国家規模での研究開発が盛んに進められているナノテクノロジーに対しても、マイクロマシンは重要な技術である。原子間力顕微鏡のプロブがマイクロマシン技術で作られていることに象徴されるように、マイクロマシン技術によってナノの世界を探求するためのツールを提供することができる。さらに、ナノテクノロジーやバイオテクノロジーで創成された高機能材料を取り込み、その機能を発揮させ

たり、マクロの世界とナノの世界をつなぐ橋渡しとなるデバイスやシステムを、マイクロマシニング技術で製作することになる。

本号では、まず増沢隆久教授らが「マイクロEDM旋盤の開発」と題して、ワイヤ放電加工を発展させたWEDG(wire electro-discharge grinding)とマイクロ放電加工法に基づき、数百から数十 μm の回転対称なマイクロ構造を旋盤のように自由にする工作機について解説している。マイクロEDM旋盤のコンセプトや機械の構成、これで加工したマイクロ構造の例などを述べている。

次に、B.J. Kim助教授は、「Microstructures and Microfabrication using Thick Photo Resist」と題し、近年マイクロマシン用に開発された厚いフォトレジストを用いたマイクロ構造の製法を解説している。代表的な厚膜レジストであるSU-8を例にとると、膜厚は50-200 μm 、露光した構造のアスペクト比(構造の高さを幅で割った値)は、10程度になる。このレジストはエポキシ系の樹脂であるため、現像して得たレジストパターンそのものをマイクロ構造として用いることが可能である。また、レジストパターンの谷間に電気メッキを行う電鍍法により、金属のマイクロ構造を得ることもできる。さらに、レジスト塗布前の基板に適当なくぼみをつけておけば、そのレプリカができる。こうして作った、近接場光走査顕微鏡用のプローブなどを紹介する。

3番目は、年吉洋講師が「MEMS光ファイバスイッチのデバイス設計小論」と題して、最近注目されているマイクロマシン応用光スイッチの性能を決める要因について解説する。光ファイバーから引き出した光信号をレンズで平行ビームとし、それを可動マイクロミラーで適切な角度に反射し、望みの出力ファイバーに結合させる構造の光スイッチは、チャンネル数の拡張性、省スペース・省エネルギー、通信プロトコルに無依存であるなど優れた特質を備えており、光通信ネットワークの拡大に無くてはならない装置である。しかし、ミラーの切り替え速度、可動の角度範囲、

*東京大学生産技術研究所 マイクロメカトロニクス国際研究センター長

反射するビームの品質の間には設計上のトレードオフが存在する。このトレードオフを定式化するとともに、よりよい性能を得る指針を論じている。

4番目は、フランス人のD. Collard教授が“Microsystem for Telecommunication”に関して解説する。携帯電話や、無線LANなどの無線通信機器をより小型で高性能にするために、フィルターや発信器に使われている振動子を、別部品でなくチップ上に集積化することが望まれている。マイクロマシン技術で作った振動デバイスは、この目的を満たすものであり、各国で開発が盛んに行われている。また、高周波領域で用いられるスイッチにもマイクロマシン技術が応用される趨勢である。これらの動向を紹介する。

5番目の解説は、藤井輝夫助教授らによる「PDMS (polydimethylsiloxane) を用いた電気泳動デバイスによるDNAの分離」である。マイクロマシン技術で μm 寸法の流路や反応器をチップ上に作り、その中で電気泳動分離などの分析操作を行うことができる。PDMSと呼ばれるシリコン樹脂を材料とした電気泳動デバイスによってDNAの分離操作を行った例を紹介する。こうした技術は、微量な血液しか必要としない医学診断や遺伝子解析、環境の汚染物質の微量検出などに重要な役割を果たすと期待されている。

6番目には、新任の竹内昌治講師が「マイクロ電極を用

いたバイオテレメトリー」を解説する。神経を伝わる信号の検出は、脳神経系の解明に必須の情報を与える。また、感覚障害者の感覚神経に直接刺激を与えて、外部のセンサー情報を伝える研究も盛んに行われている。マイクロマシン技術で、数十から数百ミクロンの電極を作り、神経繊維の周りに固定することで、内部を伝わる信号を検出する手法について紹介する。また、昆虫を実験対象として、その神経信号を無線伝送するバイオテレメトリー装置について述べる。

最後に、川勝英樹助教授から「プローブ顕微法へのナノマシーニングの応用」について解説する。マイクロマシン技術を洗練し、10から100 nmの寸法を持つ構造を作る方法を紹介した後、それで作ったナノプローブを用いて次世代のプローブ顕微鏡を構成する方法を示す。とくに、アレイ状に多数並べたプローブの製作と応用を論ずる。

なお、マイクロメカトロニクス国際研究センターは、これまで7年間に渡って行ってきたフランス国立科学研究センター (CNRS) との国際共同研究の成果に基づいて設立されたものである。上記の解説で紹介されている成果の多くが、この共同研究から得られた。文部科学省、日本学術振興会、CNRSをはじめとする関係諸機関のご援助と、東大と本所の事務官の方々、関連研究室の方々の惜しみない努力に、改めて篤く感謝申し上げたい。