

特定テーマ

5 ナノテクノロジーと中央研究所の目指す技術

Future Prospect of Nano-Technology for Central Research Laboratory

佐藤 明伸	Akinobu Sato	中央研究所 研究開発部	マネージャー	工学博士
鈴木 晃子	Akiko Suzuki	中央研究所 研究開発部	主任	理学博士
赤澤 優	Masaru Akazawa	中央研究所		シニアエキスパート

1 まえがき

会社創立 50 年を迎えるにあたり、中央研究所の歴史を振り返ると同時に、これから目指す一つの方向性について述べます。

会社設立 3 年後の 1956 年には製造部研究室が新設され、当時の日本ではどこも手掛けていなかった航空機用のジャイロ스코プの研究開発が本格的に行われるようになりました。その後 1961 年には研究開発部として独立し、部長に就任した池田研三氏は、航空宇宙用慣性センサや制御システムの研究開発をはじめ、高信頼性リレー、めっき技術やインシュレータ用有機材料の研究を行う傍ら、物性関連の研究にも着手しました。1970 年から 72 年にかけては若手の研究開発部員を毎年電子技術総合研究所（現、産業技術総合研究所）に派遣し、これから大きな発展が期待される半導体技術、薄膜技術を習得させ、今日の中央研究所の基盤技術の一つを作りました。

これらの技術を基に、リングレーザジャイロや光ファイバジャイロ、高精度加速度計の重要部品開発を行い、さらにそれらの技術をより高度に洗練し、高性能ミラー、光通信用各種フィルタ、加速度センサや光変調器、f-CONNECT 等に展開されてきました。

このように 1970 年～ 80 年代に研究を開始した半導体技術や薄膜技術をベースに、様々な応用製品を創り出す上でのマザーテクノロジーとして現在の微細加工技術、化合物半導体技術、薄膜技術、光伝送技術等を確立してきましたが、今日の変化の激しい技術革新、厳しい市場要求を考えると、今後の当社の事業展開の為には中央研究所で新しい技術を開発することが必須であります。市場のより高精度に、より高密度に、より大容量に、という要求はとどまることを知らず、実用上の限界単位である原子のサイズを基準にしたデバイスの発想が必要になりました。これがいわゆるナノテクノロジーで、この技術は非常に幅広い技術の総称であり、これまでの中央研究所の蓄積された半導体技術、シリコン微細加工技術との親和性も高く、将来の応用範囲も広いため、中央研究所の基盤技術の一つとして取組んでいく所存です。

本特定テーマでは、中央研究所が今後も取組んでいこうとするナノテクノロジーの一つである MEMS 技術、フォトリソグラフィ技術について述べます。

2 MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) 技術

MEMS デバイスは、半導体加工プロセスを用いて製作されるミクロな構造体、センサ、アクチュエーターなどであり、デバイス寸法のオーダーが一般的な機械デバイスのそれと異なり、マイクロメートルオーダーとなります。非常に微小であることから、高度な微細加工技術を必要とし、一般的にシリコンなどの半導体基板に対して、エッチング、薄膜形成を加えるなどの微細加工が施されます。

この MEMS 技術は、これからの産業に革新をもたらす先進技術の一つとしてますます注目が高まる分野です。MEMS の基本的アイデアのほとんどは 1980 年代までに提示されていましたが、80 年代は応用製品の主力ターゲットが少なく、エアバック用途などの自動車用センサ等がドライビングフォースとなっていました。90 年代に入ると、情報通信分野やバイオテクノロジーなどに主力ターゲットが移り、その裾野を広げていきました。今後は、テレビや携帯情報機器など身近な製品にも MEMS 技術で作った部品が数多く搭載されるようになると考えられています。

現在注目されている応用分野として、光 MEMS (Micro Opto Electro Mechanical Systems、MOEMS) があります。これはマイクロマシン技術とマイクロ光学技術を組み合わせた分野であり、光通信、光電子機器、画像処理等へ展開されています。なかでも、光通信用の光スイッチやチューナブルフィルタ、チューナブルレーザ等のチューナブルデバイスの開発が活発です。また、バイオメディカル分野ではシリコンやガラスなどの基板上に微小な流路、バルブ、ポンプなどを形成し、ケミカルプラントをマイクロチップ上に集積した μ -TAS (Micro Total Analysis System)、Lab-On-a-Chip などのデバイス、あるいは DNA 増幅のためのマイクロリアクターなど、多数のバイオ MEMS が提案されています。携帯情報機器や家電への応用としては、インクジェットプリンタヘッド、携帯電話に用いる RF スwitch や各種ディスプレイデバイスがあります。

以上のように、今後ますます発展が期待される MEMS 技術ですが、中央研究所では 1980 年代末からシリコン微細加工技術として取組んできました。その研究開発成果として、シリコン加速度計^{1) 2)}、シリコン V 溝基板³⁾、MEMS 光スイッチ⁴⁾などの製品に適用されています。

3 フォトニック結晶技術

フォトニック結晶とは、その内部に周期的な屈折率分布をもつ材料です。屈折率分布が1次元方向にのみ形成されている構造は、従来から多層薄膜と呼ばれており、1次元フォトニック結晶となります。しかしながら、フォトニック結晶として特徴的な性質が強く現れるのは、屈折率分布が2次元あるいは3次元方向に設けられた場合で、前者を2次元フォトニック結晶、後者を3次元フォトニック結晶と呼びます(図1)。

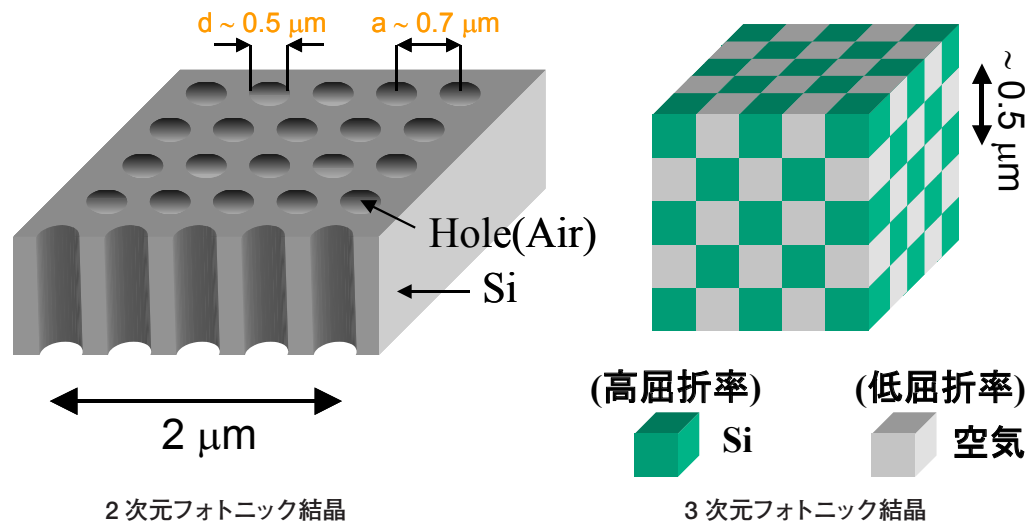


図1 2次元、3次元フォトニック結晶の例

フォトニック結晶の特徴は“フォトニックバンドギャップ”の形成により(図2)、電磁波を効率よく制御できることにあります。“フォトニック”という言葉から“光”のみを対象とした現象のように思われるかもしれませんが、マイクロ波領域を含めた電磁波一般に通用する概念です。この電磁波を自在に操る「フォトニック結晶技術」が将来の光分野、情報通信分野に革新をもたらすとして、大きな注目を集めています。

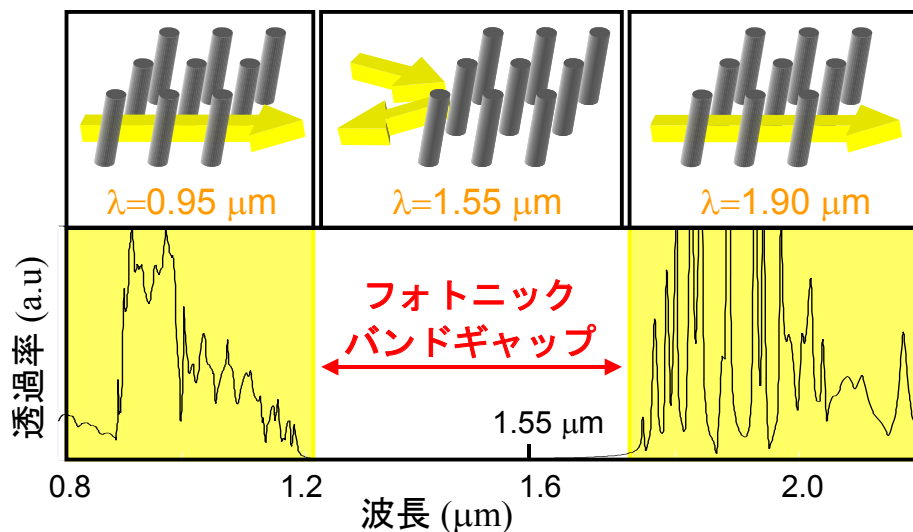


図2 2次元フォトニック結晶の透過スペクトル例。
光が透過できない波長帯(フォトニックバンドギャップ)が形成されている。

周期的な屈折率（誘電率）分布を有する構造体が、その周期と同程度の波長の電磁波に対して特異な誘電特性を示すことは、学術的興味の観点からは数十年以上も前から認識されており、「人工誘電体」と呼ばれていました。近年になって、フォトニック結晶技術が急速に発展しているのには主に2つの理由があります。光通信等に用いられている波長は $1\mu\text{m}$ オーダーであるので、この波長域を制御するフォトニック結晶は、複雑な2次元・3次元構造をサブ μm オーダーで精度良く作製することが必要になります。現在、ナノテクノロジーの進展によってサブ μm オーダーの半導体微細プロセスが、フォトニック結晶作製に応用できるようになったことが第一の理由としてあげられます。また、複雑な周期構造やその中に欠陥が存在する場合の電磁波伝搬特性を解析するにはコンピュータシミュレーションが不可欠であり、高性能なコンピュータが手軽に使えるようになったことがもう一つの理由です。

フォトニック結晶の特徴とその応用は多岐にわたりますが、なかでも注目されているのが光通信分野で用いられる光集積デバイスです。分合波器、フィルタ、レーザー、導波路、カプラ、等を一括して集積化し作製することができます。従来の光デバイスではそれぞれのデバイスを組み立て等で集積化していたので、その大きさは $\text{mm} \sim \text{cm}$ オーダーであったのに対して、フォトニック結晶デバイスでは $100\mu\text{m}$ オーダーで作製することができ、桁違いに小さなデバイスを実現することができます。また、光以外の電磁波への応用として、高指向性アンテナや、電磁波の反射板や防護壁として利用できます。自動運転型の交通システムにおけるミリ波レーダーや、大容量移動体通信におけるミリ波アンテナなどへの応用が有望で、電磁波を特定方向に受発信する機能やバンドギャップによる電磁波の遮断機能を使うことによって、人体に対する電磁波障害の防止にも対応できます。

さらに、フォトニック結晶特有の物理現象を用いることによってユニークなデバイスを作製することも活発に行われています。たとえば、負屈折率媒体を用いることによる非常に薄いレンズの実現やフォトニックバンドギャップ端の光エミッションを利用した高効率発光体などが考えられています。

中央研究所では現在、これまで培ってきたシリコンの微細加工技術をベースに、次世代デバイスの開発に取り組んでいます。今後、光通信分野および携帯情報機器分野を中心にMEMS技術、フォトニック結晶技術を幅広く展開し、新たな魅力あるデバイスソリューションを提供していきたいと考えています。

参考文献

- 1) 倉本 憲次 ほか；“シリコン3軸加速度センサ（JA-30S）の開発”，航空電子技報，No21,p.68（1998）
- 2) 富岡 昭浩 ほか；“3軸シリコン加速度センサの開発”，航空電子技報，No24,p.63（2001）
- 3) 加来 良二 ほか；“光通信用シリコンV溝基板の開発”，信学技報，OPE97-61（1997）
- 4) Yoshichika Kato et al；” Development of a multi-channel 2×2 optical switch”，2002 IEEE/LEOS International Conference on Optical MEMS,p.161（Aug.2002）