

# ファナック株式会社

## マイクロマシンプロジェクトの成果 /ファナックのロボナノUiマシンについて

### 1. マイクロマシン技術への取り組み

ファナック株式会社では超精密マイクロ加工技術の開発に通産省(現 経済産業省)のマイクロマシンプロジェクトのご指導を頂きながら取り組んで参りました。最近、光学デバイスや小型電子機器部品などの金型製作に、当社の超精密マイクロ加工技術の使用が増加してきておりますが、マイクロマシンプロジェクトの成果の一つとして紹介致します。

### 2. 超精密マイクロ加工技術・トピックの紹介

ファナックの超精密マイクロ加工技術は独自開発のFANUC ROBO nano Ui機をベースに、古くより行われてきた切削や研削といった機械加工を、マイクロからさらにナノの領域まで追求したものであります。単結晶ダイヤモンド工具による切削加工でマイクロ構造の加工を行い、その加工面の表面粗さはナノレベルを実現しています。ドイツのアーヘン工科大学の統計によると、マイクロ加工に実用される技術はエッチング方式40%、切削・研削方式30%ですが、加工精度の第1位は在来技術である切削・研削方式である、となっております。

超精密マイクロ加工技術の一つに光回折格子に代表されるマイクロ溝列の加工があります。通常は $\mu\text{m}$ オーダーで溝が並んだものです。この溝はスケールなどの用途のほか、レーザ光の集光デバイスとして使用され、また応用技術として液晶ディスプレイの導光板を製作する金型としても注目を集めています。



図1 FANUC ROBO nano Ui  
摩擦なし超精密ナノ加工機



相談役名譽会長 稲葉 清右衛門  
(マイクロマシンセンター第1期理事長)

特に最近では携帯電話用液晶のフロントライトパネル金型に超精密マイクロ加工技術が生かされつつあります。

またマイクロ溝の中にさらに細かい溝列を加工するという技術も実用化の領域にあります。この技術は歯科医療用に拡大してきております。

通常の単純溝列以外のマイクロ構造体の超精密加工も実用に向けた技術開発が加速しています。例えば引き切り加工により可能となった自由な形状の溝加工を応用し、一つの光源に対し多数の焦点を持つミラーやレンズなどは、CDやDVDの次世代ピックアップ方式として有望視されています。

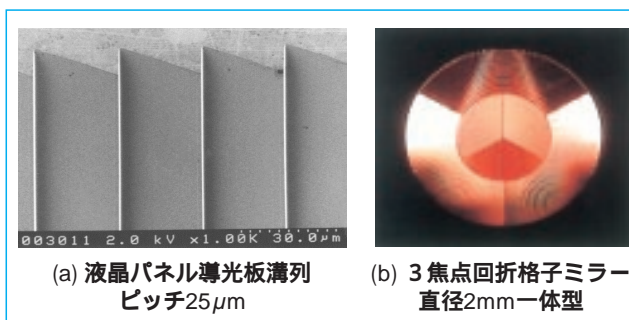


図2 超精密マイクロ加工例

### 3. 成果と今後の取り組み

本研究開発の成果は、リソグラフィ、エッチング加工よりも在来技術であるダイヤモンド加工の方が面粗さが優れていることを確認できたことにあると思います。この考えは、既にマイクロ加工業界にも広まりつつあり、今年3月に終了したマイクロマシンプロジェクトの大きな成果の一つであると考えます。

ファナックではROBO nano Uiマシンによる超精密マイクロ機械加工技術をより発展させ、マイクロ・ナノ技術分野へ貢献していきたいと考えています。

# 株式会社フジクラ

## 1. マイクロマシン技術への取り組み

昨年度で完了した産技プロジェクトでは、機能デバイスの高度化技術の研究開発の一環で、「マイクロジョイントの研究」を行ってまいりました。主にシリコンデバイスを積層し、3次元実装する際の層間電気配線を、シリコン基板に貫通電極（配線）を形成して行う技術の開発でした。現在は、この中のいくつかの要素技術について、実際のデバイスに適用し、実用化するための研究開発に取り組んでおります。

## 2. マイクロマシン技術の開発

シリコン基板に貫通電極（配線）を形成するためには、いくつかの要素技術が必要になります。形成プロセスの順を追うと、最初にシリコン基板に貫通孔を形成いたします。当社では、このための技術として一般的なDeepRIEやレーザー加工等の検討も行ってありますが、これに加え光アシスト電解エッチング法による高アスペクト比の貫通孔形成を行っています。この方法は、ウェットエッチングの一種で、安価な装置で行えるため1穴当たりの形成コストが低いこと、他の方式では形成不能な高アスペクト比（100以上）の貫通孔を形成できることが特長です。図1は、シリコン基板に光アシスト電解エッチング法で貫通孔を形成し、断面を観察した結果です。エッチング条件を最適化し、孔壁の品質向上とエッチングの高速化が課題です。

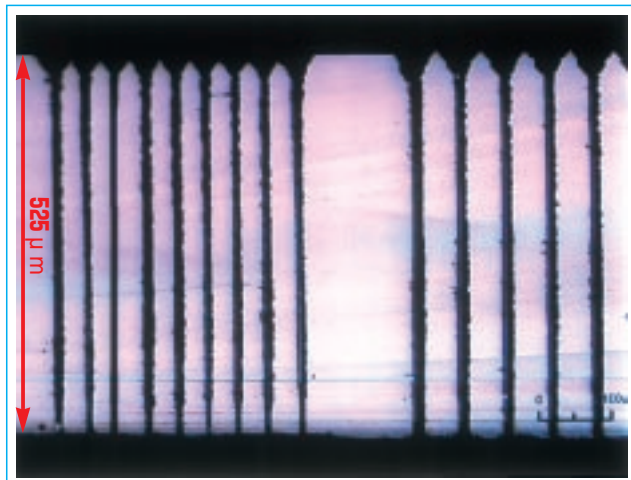


図1 貫通孔の断面写真



専務取締役・研究開発部門長 稲田 浩一

次に貫通孔の孔壁に絶縁層を形成する必要があります。現在は、熱酸化膜を使用していますが、シリコン基板に既にデバイスが作り込まれている状態ではこの技術は利用できません。このため、低温（400℃以下）で高アスペクト比の貫通孔壁に絶縁層を形成できる技術開発に取り組んでおります。

最後に導体を貫通孔に充填して、電気的な接続が出来るようにします。貫通孔のアスペクト比が高くなると、利用できる技術が限られます。現在は、無電解メッキ法の他に溶けた半田を真空吸引する熔融金属吸引法の検討も行っております。この方法も簡単な装置で短時間に導体充填が出来るのでプロセスコストが低いこと、形成された貫通電極（配線）の気密性が高いことが特長です。

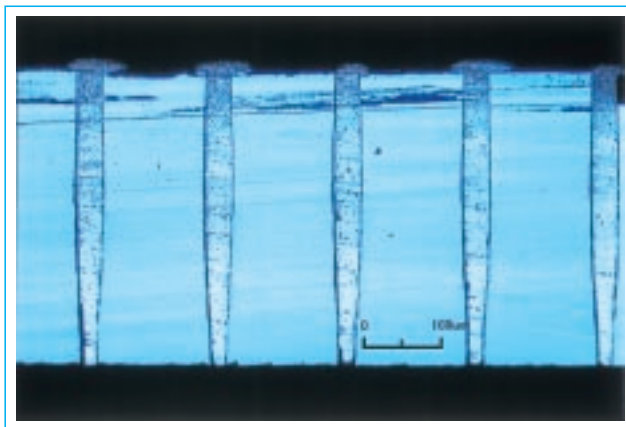


図2 熔融金属埋吸引法によりスズを充填した例

## 3. 今後の取り組み

シリコン基板への貫通電極（配線）形成技術だけに止まらず、これまで開発してきたマイクロマシン（MEMS）要素技術を半導体パッケージ、実装分野へ幅広く応用出来る様に技術開発を今後も進めてまいりたいと考えております。