

## 奨励賞こぼれ話

# 「ナノスケール機械加工と化学エッチングを併用した 3次元微細構造形成法に関する研究」こぼれ話

富山県工業技術センター 川堰宣隆

## エピソード1

### 1. 本研究のきっかけ

近年、電子・光学・磁気デバイスなどの微小化、高密度化が進んでいます。これにともない、ナノメートルスケールの3次元微細構造の形成技術に期待が寄せられています。微細構造の作製法としてはリソグラフィ技術が一般的ですが、複雑な3次元構造の形成に対しては多くの制約があります。一方、機械加工や高速粒子ビームを用いたシングルポイント工具を用いることで、3次元構造の作製が原理的には可能ですが、加工精度とスループットの点で実用技術に至っていません。これらの長所を生かした加工が実現すれば、高能率、高精度の3次元微細構造の形成が可能になると考えられます。

このような背景から本研究では、トライボナノリソグラフィ(TNL)およびイオンビーム照射を利用したナノスケール機械加工と化学エッチングを併用し、両者の長所を生かした高能率な3次元微細構造の形成法を提案・検証するとともに、その加工原理の究明について検討を行いました。

今回奨励賞を頂いた研究テーマは、恩師である富山大学の森田昇教授が1990年代中盤から行っている摩擦力顕微鏡(FFM)機構を利用したナノスケール機械加工に関する研究の延長線上にあり、私が博士前期課程2年生の時(2002年)に始めたものです。それまでの研究では、FFM機構を利用して数十～百nm単位の除去加工を行い、微細構造を形成することを主な目的にしていましたが<sup>1)</sup>、その過程で図1に示すようにナノスケール機械加工を行った単結晶シリコンをKOH水溶液でエッチングすると、加工部が溶け残る、すなわちエッチングマスクとして作用することがわかりました<sup>2)</sup>。さらに、加工方法としてイオンビーム照射を行った場合でも、同様の現象が発現します。本研究ではこれらの原理を応用して、加工条件によりこれらの作用の強弱を変化させることで、任意の3次元微細構造を形成することを目的に研究を行いました(図2)。

### 2. 苦労話

研究の当初は、全く新しい研究分野のため何もわからず、



川堰宣隆  
2006年富山大学大学院博士後期課程修了。  
2006年より富山県工業技術センター勤務。  
博士(工学)  
富山県工業技術センター：〒933-0981 高岡市二上町150  
TEL 0766-21-2121 FAX 0766-21-2402  
E-mail: kawasegi@itc.pref.toyama.jp

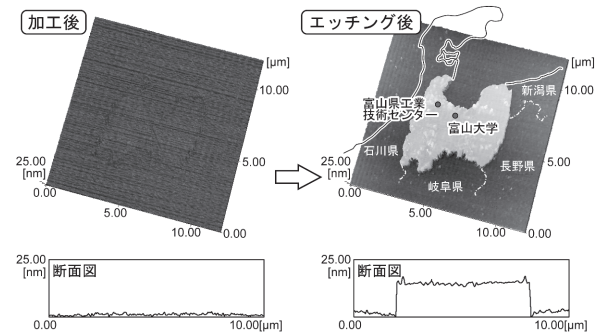


図1 微細構造形成法

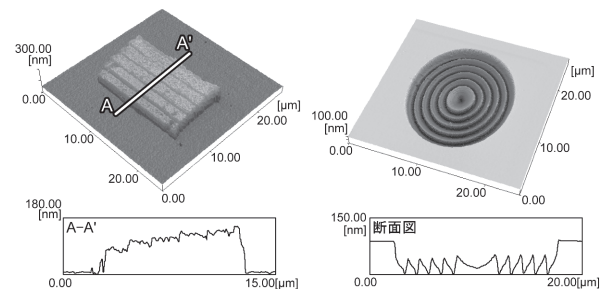


図2 3次元微細構造の形成例

すべてを学び、慣れることからスタートしました。

まずは、「ナノメートル」という単位でした。それまではせいぜい、「マイクロメートル」までの加工や測定しか扱ったことがなく、「ナノメートル」という単位を頭では理解していても、感覚(イメージ)がついてこない状態が続きました。このため、加工しているイメージがつかめないとともに、加工痕の深さが10nmと測定されても、一体どれくらいの深さかピンと来ない日々が続きました。ただ研究を続けていくとその感覚には慣れていくもので、途中からはナノオーダーの切削やイオンの衝突を頭でイメージしながら実験を行うことができていたように思います(イメージが正しいかは不明ですが)。このため加工痕の深さが100nmくらいあると、「深すぎ！」と思うくらいになっていました。

つぎに、道具の小ささです。FFMによる加工では、工具として図3に示す「加工用カンチレバー」と呼ばれる先端の幅100μm、長さ1mm前後の針の先端にダイヤモンド砥粒(のちにピラミッド状のダイヤモンド)が1つ取り付けられたものを使用します。この目に見えないような工具を、自分達で作製しなければ

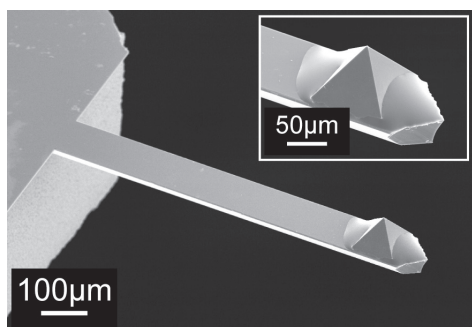


図3 加工用カンチレバー



図4 中間発表の風景(筆者が発表中)

なりません。フォトリソグラフィーは、現職場である富山県工業技術センターのクリーンルームで行います。当時クリーンルームに入るのは初めてだったため、どんな所だろうとワクワクしながら入ったのを覚えています。ただ実際の作業では注意しなければいけないところが多く、慣れるまではうまくいかないことも多くありました。フォトリソグラフィーによりパターンをつけた後は、研究室にてエッチングや組み立てを行います。組み立ても顕微鏡下で、幅 100  $\mu\text{m}$  の針の先端に目で見えないくらい小さな砥粒 1 粒を付けるような作業で、最初はなかなかうまくいきませんでした。また、実際良いものができても、ピンセットで触れて折れてしまったり、装置からの取り外しで落として折れてしまったりと、その扱いには非常に苦労をしました。

また実験でも、初めての分野のためか最初の頃はうまくいかないことが多く、ほとんどデータがない状態が続きました。何が悪いのか、何がうまくいった時と異なるのかわからず、悩んだときもありました。その後、改善点がわかり、やっとデータが始め、結果を出せたときの充実感は今でも忘れられません。

このように、いろいろな新しいものに触れ、悩むところからスタートし、結果を出せたときの充実感を味わい、さらにそれを発展させていくという研究の面白さを知ることができたという点で、良い研究テーマを与えて頂けたと、非常に感謝しております。

また本研究を初めてから大きく変わった点として、出張に行くことが非常に多かった点が挙げられます。研究で使用する装置は学内にないものが多く、装置をお借りするために富山県内だけではなく、つくば、千葉、高知へと毎月のように行っておりました。それに加えて、博士後期課程の学生でもあることから国内外での学会発表が加わってくるため、ほとんど大学にいない月もあるほどでした。ただ確かに最初は大変だったのですが、慣れてくると楽しみながら出張をしていたように思います(決して遊んでばかりいたわけではありません)。

### 3. 裏話

当時の研究室は、「不〇城」という言葉が当てはまるかもしれません。深夜まで研究(など)を行っている意欲的な?人が多くいたため、日が変わる時間帯になっても研究室には多くの人がありました。とくに輪講、中間発表(図 4)の前夜や卒

論・修論の締め切り近くになると、多く人が残っているため、研究室内は非常に活気のある(殺気立っている・・・)状態でした。しかし、時には苦しいこともありましたが、それ以上にやりがいのある研究テーマばかりであり、データが出た際や発表が終わった後の充実感は格別でした。また研究室ではバーベキューや花見などの楽しいイベントがあったり、時には夜中にひっそりと学生で鍋パーティーを行ったりと、非常に楽しい学生生活を過ごすことができました。

### 4. 論文賞受賞

授賞式は、ものづくり大学での ABTEC2009 で行われ、奥山繁樹砥粒加工学会会長より賞状を賜りました。賞状を頂いたときは受賞したことを改めて実感し、賞の重さから身の引き締まる思いがしました。その後の懇親会にも招待して頂き、そこではサンバが実演されました。参加者同士懇親を深めつつ、さらにサンバに参加して踊るなど、会場は大いに盛り上がりました。このように非常に親しみやすい雰囲気を持っているところも、砥粒加工学会の良いところではないかと感じました。

今回頂いた奨励賞を励みにして、今後さらに社会、学会に貢献できるよう研究を進めていきたいと思っております。

### 5. ふりかえって

筆者は大学を卒業後、就職していた会社を退職し、大学院に入り直しました。その後、多くのすばらしい方々に出会い、ご指導、ご協力を賜り、現在に至ることができました。本研究を遂行するにあたり、ご指導、ご協力を賜りました富山大学 森田昇教授、山田茂准教授、高野登助手、大山達雄先生、産業技術総合研究所 芦田極氏、東京理科大学 宮本岩男教授、谷口淳准教授、高知工科大学 百田佐多生准教授、Chosun Univ. Jeong Woo Park 氏、(株)不二越、富山県工業技術センターおよび関係各位に深くお礼申し上げます。

最後に、筆者のわがままを受け入れ、ここまで支えてくださった家族に心から感謝いたします。

### 6. 参考文献

- 1) 芦田極, 森田昇, 吉田嘉太郎: 日本機械学会論文集(C 編), 64, 626 (1998) 4072.
- 2) 陳利益, 森田昇, 芦田極: 精密工学会誌, 66, 11 (2000) 1807.