

## 研究室だより

豊田工業大学 工学部 機械システム分野 マイクロメカトロニクス研究室

佐々木 実 (豊田工業大学)

### 1. 大学について

豊田工業大学は、トヨタ自動車(株)の社会貢献活動の一環で1981年に開学した。五十嵐伊勢美先生、杉山進先生(立命館大)が勤められていた旧豊田中央研究所の場所にある。初期は社会人向けであった。最近是一般学生が8割を越える。学部1学年定員80名の小規模校である。校風は特徴的で、学部卒業には学外実習(インターンシップ相当)2回が必修で、クリーンルーム内で行う学生実験がある。

学内の共同利用クリーンルームは1986年に開設された。クラス100(イエロールーム)と1000の2室からなる。面積は~400m<sup>2</sup>である。利用料や装置の設置スペース課金を払いながら利用している。管理協議会を小生がまとめているが、技官の方3名に実務のサポートを頂きながら、維持している。先端研究施設共用イノベーション創出事業(ナノテクノロジー・ネットワーク)にも参加している。興味がある方は利用を検討頂ければ幸いである。

小生の関連設備には、片面アライナ、Si用Deep RIE装置(2008年度設置)、poly-Si, SiN用CVD装置、イオン注入装置、酸化・拡散炉、気相フッ酸エッチング装置(2008-9年度、手作り)、レジストアッシング装置(2008年度、特注)、真空アニール炉(2007-9年度、手作り)、蒸着・スパッタ装置、レジストのスプレー成膜装置、斜め露光装置(2008年度、手作り)、触針段差計(2007年度)、光干渉方式膜厚計(2008年度)、表面形状観察用白色干渉計(2008-9年度)、赤外線モノクロメータ(2008年度)等がある。

2007年4月の着任当初、配属学生は0人であった。後期に、修士進学予定の4年生2人が研究室異動してきた。翌年4月に、熊谷慎也准教授と協力する体制となった。現在、ポスドク1人、博士3年1人、修士2年5人、修士1年3人、学部4年6人である。

### 2. 実験室について

MEMS 研究には、装置類など環境構築が大きなハードルとなる。学内クリーンルームは夜閉まる。クリーンとは言いがたいプロセスや、長時間処理の装置は、実験室に用意している。普通の実験室でプロセスをしていた1996年頃の東北大学江刺研究室がお手本である。規模により最適解は異なるが、予算と時間が限られるのは研究者共通の悩みであろう。参考になるかもしれない工夫をいくつかご紹介する。

チャーと塩ビパイプによる冷却水ラインを用意した。図1(a)に示す。柱や既設備の出っ張りを避け、パイプに直角曲げを入れながら這わせた。床に接するパイプそのものがベ

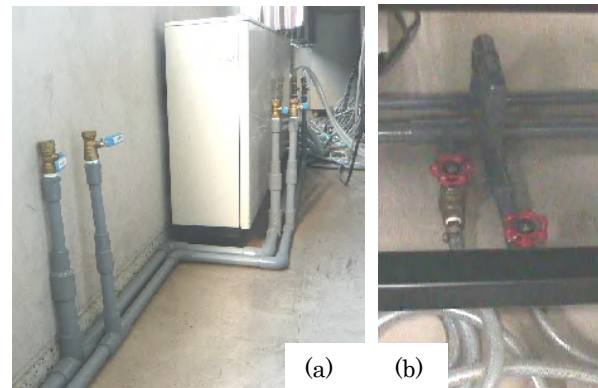


図1 構成の異なる冷却水ライン2例。

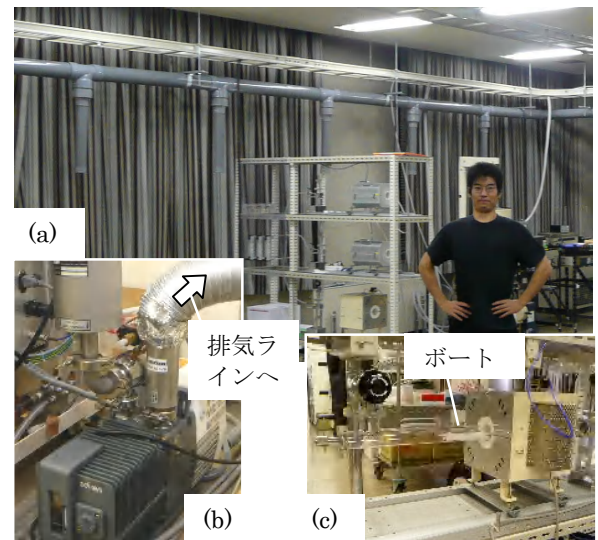


図2 (a)天井に沿って用意した熱排気ライン。(b)ポンプとの接続部。(c)アニール炉の様子。

ースとなる。床面に垂直にT形分岐を立てることができる。ラインの開閉にボールバルブを利用すれば、重心ぶれも少ない。図1(b)に比較例を示す。図1(a)の構成がよりシンプルで、占有床面積も少なくできる。

熱排気配管を、天井沿いに塩ビVU管で行った。肉厚が薄く、切断やネジ固定が容易である。図2(a)は2008年12月に、学部4年生(~3名のグループ)がラインを作ってくれた様子である。さて、装置類を接続する際に、コストと時間を意外に費やすのが、排気ポンプ類との接続部ではないだろうか。真空引き性能と関係無いので、高価なNWフランジ部品の利用は避けたい。接続例を図2(b)に示す。アルミのフレキホースは、簡単に変形でき、排気口に接続できる。具体的にはAF75, 4m(1800円程度)を利用し、VU65パイプに接続している。ジャバラを完全に伸ばすと4mで、納品時

は長さ~1mである。接続口仕様に關係なく適用できる。

図 2(a)の学生の後にあるアニール炉は、図 2(c)のように横型炉が車に乗っておりスライドする。サンプルが 2cm 角程度と小さいために可能な構成である。ゴールドイメージ炉を使わず、炉をスライドして、サンプルを急加熱急冷できる。石英管は NW40 規格のガラスフランジと組み合わせて製作した。NW40 のステンレス製部品類と組み合わせて、スクロールポンプによる真空引きを可能にした。プロセスガス導入も可能である。小型なため石英管洗浄が容易で、クロスコンタミを恐れず実験ができる。

実験室の埃やゴミを少なくするため、値段が下がってきた、お掃除ロボットの利用を検討している。ゼミや打ち合わせ前にスタートして、終了したらストップし、埃を棄てている。装置類にぶつかるが、ダンパ状の接触スイッチが働いて衝撃を抑える。多くの場合は近接センサが働き減速する。柔らかい紙類が吸い込み口に中途半端に詰まると、小片に引き千切り、撒き散らすことはあるが、紙類を床に放って置くことが問題ということになる。学生の清浄度維持と整理整頓の意識向上に有効と感じている。

### 3. 研究テーマ

現在 3 つの柱がある。1 つ目は、マイクロ加工である。スプレー成膜など 3 次元フォトリソグラフィも入る。2 つ目は、プラズマ応用である。レジスト犠牲層のアッシング技術、MEMS 化に適した大気圧プラズマ源を志向している。3 つ目が、デバイス研究である。プラズマ源応用の他、Si が透明となる赤外線応用（光通信よりも長波長領域）に着目している。文部科学省の私立大学戦略的研究基盤形成支援事業「サステナブル小型・軽量機械システム開発へ向けた基盤技術研究」、愛知県の知の拠点・重点研究プロジェクト研究会「超早期に安全かつ迅速に診断するための生体計測技術研究会」を通して、興味を持ったからである。

加工手段の呪縛から離れて、速やかに用意できる実験系で重要部分を検証するマクロモデルの概念に至った。米マイクロビジョン社は最初、MEMS ではない光スキャナにより超小型プロジェクトの確認実験を行っている。2009 年度の「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウムにて、平行平板型による静電駆動マイクロミラーの pull-in 特性を議論できることを紹介した。トーションバーを鉛直配置すれば、上下変位が無くなり重力は無視できる。外部機構との接続も可能で、トーションバーに加える張力を自在に設定できるなど、マイクロデバイスでは検証が難しい事項を評価できる。

別例は、マイクロプラズマである。東海地区の知的クラスター創成事業（第 II 期）「先進プラズマナノ基盤技術の開発」で進めている。ガラスエポキシ基板に、トレンチと誘導結合プラズマ用コイル電極を製作した。図 3 は通常の接着材も使ったプロトタイプである。Ar 0.6L/min, 100MHz, 35W での点灯の様子である。トレンチは、2x18mm<sup>2</sup> 深さ 1.2mm である。光源や分析応用を検討している。

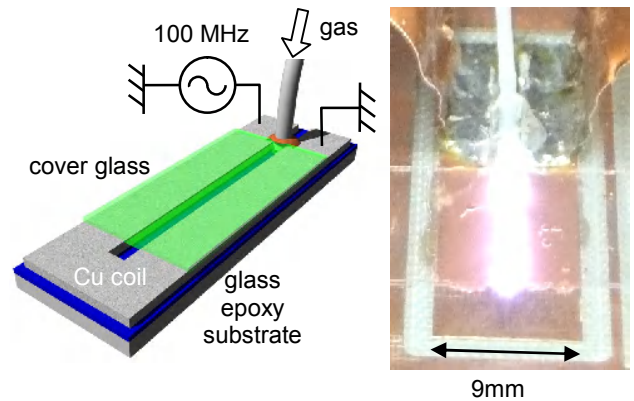


図3 マイクロプラズマ源の構成と点灯の様子。

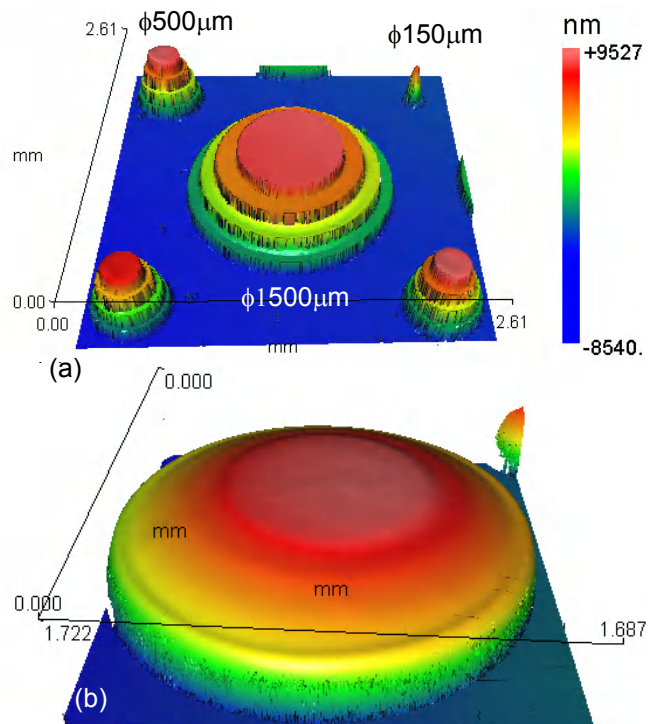


図4 (a)レジスト階段状プリフォームと(b)レンズ形状。

最初の学生が修士 2 年で、マイクロレンズを製作した。レジストの UV キュアと組み合わせて、図 4(a)のような階段状構造からなるプリフォームを製作し、その上に厚いレジスト成膜とリフローにより、直径 1.5mm と大きなサイズであっても図 4(b)のようなレンズ形状を得た。波長 8-14µm の赤外線像が確認された。太陽電池専門の山口教授と学内連携し、Si 太陽電池にレンズを製作した。赤外線にはレンズとして働き、可視光は電力利用するアイデアである。

### 4. おわりに

少しずつながら基盤構築を進め、デバイス研究のフェーズに入ってきた。恥ずかしながら、自身のホームページ製作にまで手が回っていない。本稿がご紹介になれば幸いである。これまで励まして頂いた方々に感謝する。科学技術の発展に貢献したい意思と、誠実さを旨としていきたい。