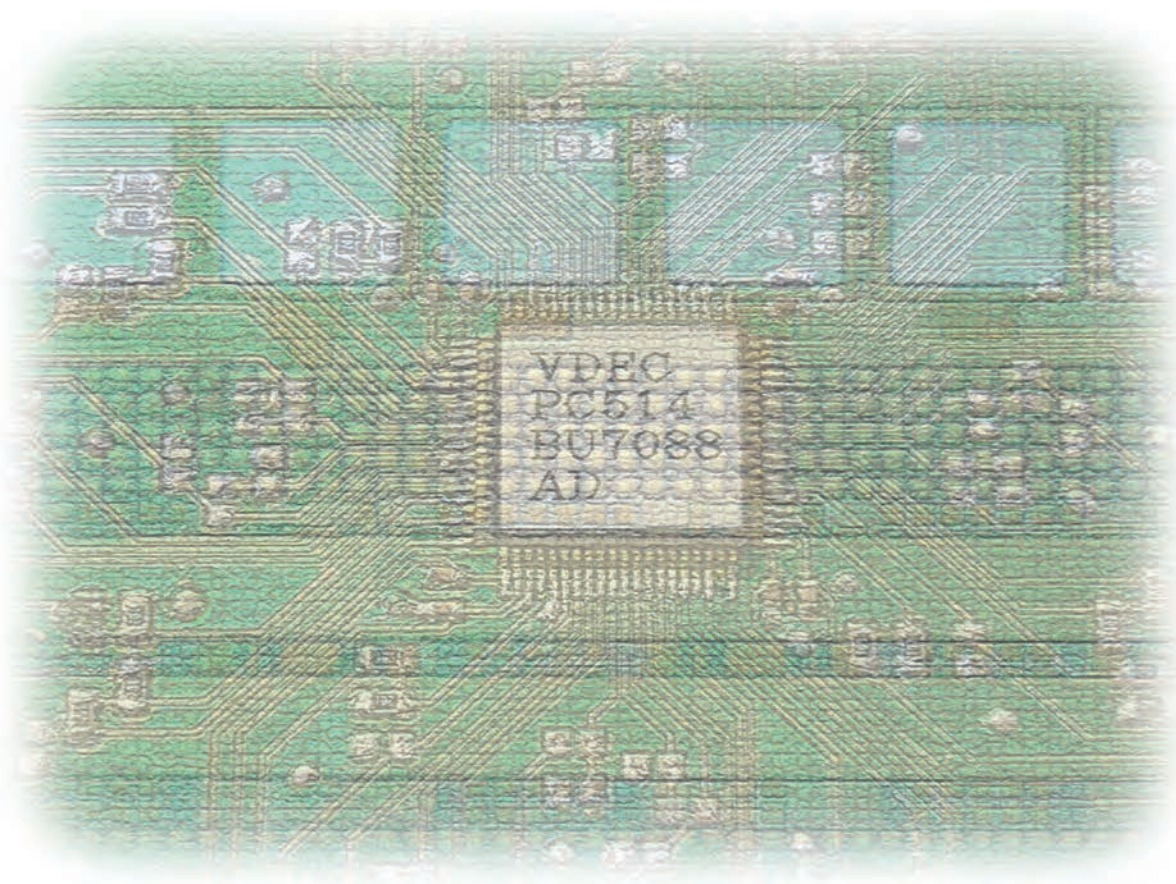


装置開発室 *Equipment Development Center*

Annual Report 2011



前室長の宇理須恒夫教授が定年退職され、2011 年 4 月から、私、加藤政博が室長を引き継ぐことになりました。これまで装置開発室の運営に深く関わる機会はありませんでしたので、今後いろいろと勉強しながら務めてまいりたいと思います。不慣れでご迷惑をおかけするようなこともあるかと思えます。ご指導のほどよろしくお願い申し上げます。

今年 2011 年は東日本大震災の年として長く記憶されることになろうかと思えます。被災された多くの方々には心よりお見舞い申し上げます。分子科学研究所は幸い直接の被害はありませんでしたが、東海地方の原子力発電所が政府の要請で停止し、夏季に電力供給に不安が出る事態となりました。また、この地域では近い将来の大規模地震の発生も予想されております。今回の未曾有の事態を教訓に、我々の研究活動も、幅広い観点から見直していくべきときに来ているのかもしれない。

さて、装置開発室の業務ですが、2011 年も所内からの製作依頼件数は 291 件におよび、例年通り活発に利用されています。また、平成 17 年度より開始された所外からの施設利用件数も 15 件が実施され、装置開発室の業務の一環としてしっかりと定着してきました。こういった依頼業務を装置開発室の活動の基盤としつつ、一方で、高度化の続く最先端の研究活動への技術支援に対応していくために、技術水準の向上、新しい技術の習得も進めていきたいと考えています。このために、装置開発室職員が自主的に進める研究開発・技術開発を「将来技術開発プロジェクト」と位置付けて今後展開していきたい、ということを今年度の運営委員会において提案いたしました。これに対して、趣旨についてはご理解・ご賛同いただきました。その進め方について、「装置開発室で保有する技術をさらに伸ばしていく方向で考えていくべき」、「研究者との連携を重視し、研究ニーズに合ったものとすべき」などのご意見をいただきました。これらの意見を参考にしながら、技術職員の技術力向上への意欲を後押しするための仕組みとして発展させていきたいと考えています。「これを作れるのは分子研の装置開発室しかない」と言っていたような高度で独自性のある技術の確立を目指します。

分子研外部からの製作・開発依頼を受け入れる施設利用を平成 17 年度より分子研の共同利用の一環として開始しました。その目的は、装置開発室の技術力向上と共同利用機関として外部からの依頼に対応することでした。今後も発展的に継続してゆきたいと考えていますが、開始から 5 年あまりを経て、受け入れに際しての審査の在り方など、少し整理が必要な部分もありました。この件についても運営委員会でご議論いただき、その結果、受入れの判断基準として、分子科学の発展への寄与、装置開発室の技術力向上への寄与、装置開発室の保有する技術の特徴を活かせること、の 3 点を考慮し、受け入れの可否を審査することとなりました。繰り返しになりますが、「これを作れるのは分子研の装置開発しかない」ということでご依頼いただけることを理想と考えております。先に述べた「将来技術開発プロジェクト」を通してそのような技術の獲得を目指します。

室長
加藤政博

構成スタッフ	1
イベント in 2011	2
主要設備	6
セクション報告	7
利用者報告	10
施設利用	12
研究会発表	13
技術報告	15
2011 年 製作品	32
2011 年 工作依頼リスト	36
トピックス	39
出張報告	44
設備関連	45



(後列左から) 豊田朋範、吉田久史、青山正樹、浦野宏子、
内山功一、近藤聖彦、宮下治美、杉戸正治
(前列左から) 水谷伸雄、矢野隆行、加藤政博、高田紀子、永田正明

装置開発室長（併任）

	加藤政博	KATOH, Masahiro	極端紫外光研究施設 教授
--	------	-----------------	--------------

技術職員

機械グループ	青山正樹	AOYAMA, Masaki	技術班長
	水谷伸雄	MIZUTANI, Nobuo	係長
	矢野隆行	YANO, Takayuki	主任
	近藤聖彦	KONDO, Takuhiko	主任
電子回路グループ	高田紀子	TAKADA, Noriko	
	吉田久史	YOSHIDA, Hisashi	技術班長
	内山功一	UCHIYAMA, Kouichi	主任
	豊田朋範	TOYODA, Tomonori	
ガラス加工グループ	永田正明	NAGATA, Masaaki	係長

技術支援員

	宮下治美	MIYASHITA, Harumi	
	杉戸正治	SUGITO, Shouji	

事務支援員

	浦野宏子	URANO, Hiroko	
--	------	---------------	--

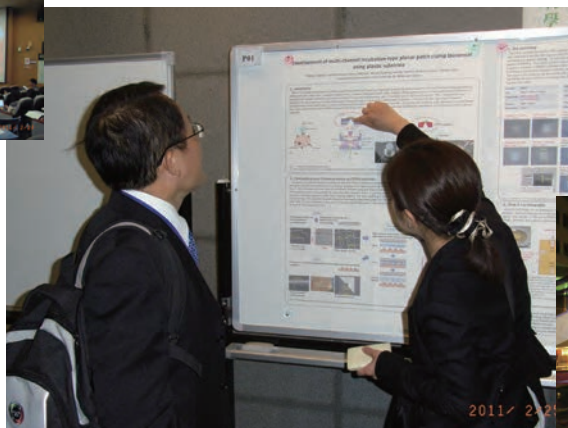
1月

2月

23

～26日

台湾ー日本 ナノメディシンミーティング（青山、吉田、水谷、近藤、高田）
(記事 44 ページ参照)



3月

11日

宇理須教授・西教授・薬師教授退職記念の会



公演中の宇理須教授



公演中の西教授

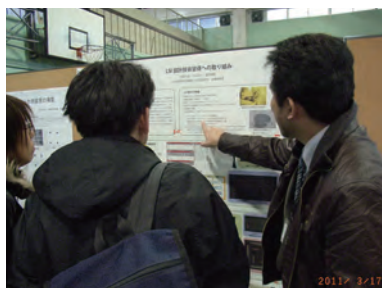


公演中の薬師教授

17日

～18日

技術研究会（熊本大学）（吉田、内山、豊田、近藤、青山、水谷、矢野）



ポスターセッションをする内山氏



発表中の近藤氏（上）と豊田氏（右）



3月

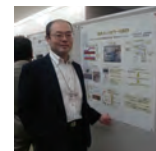
- 23日 技術課セミナー「ナノ・マイクロ加工技術の基礎と応用」
(場所：岡崎コンファレンスセンター小会議室)
(記事 39 ページ参照)



4月

5月

- 26日
～27日 自然科学研究機構技術研究会
発表(豊田)



6月

- 1日 回路工作に関する講習会



回路工作講習中の様子

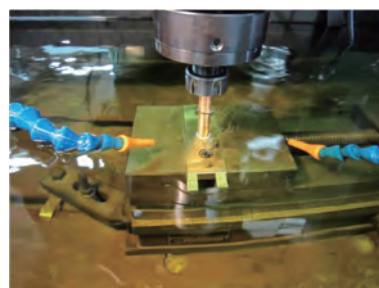


機械工作講習中の様子

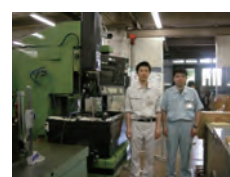


- 8日 機械工作に関する安全講習会

- 20日
～24日 技術職員研修(名古屋大学：大西)



(記事 42 ページ参照)

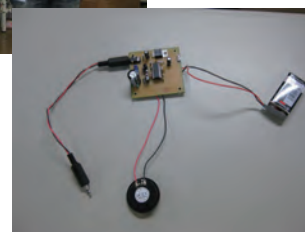
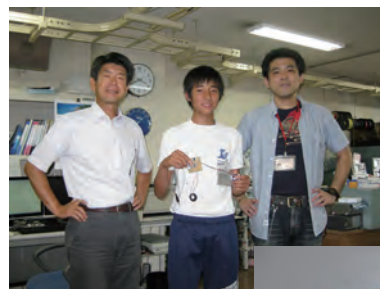


7月

26 日
～ 27 日 ガラス工作研修 (高田)

8月

4 日 中学生職場体験
岡崎市立竜海中学校の2年生男子1名
回路工作の業務を体験



12 日
～ 16 日 装置開発室 一斉休業

20 日
～ 24 日 技術職員研修 (岩手大学：武田)



実際に溶接した加工品

(記事 40 ページ参照)



9月

1 日 東北大学多元物質化学研究所 見学 (高田)

8 日 VLSI 夏の学校 (大阪：吉田)

28 日 装置開発室運営委員会

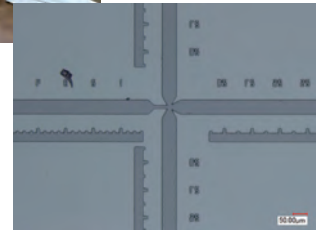
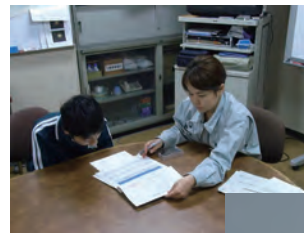
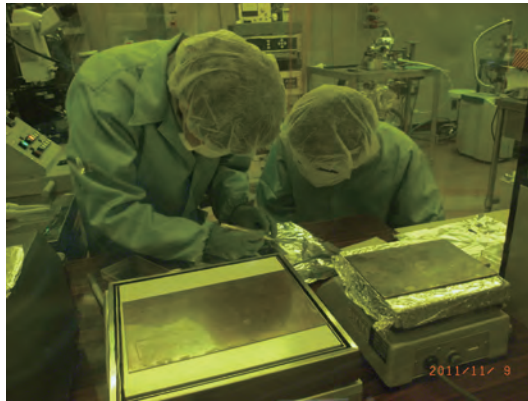
運営委員会の様子



10月

11月

- 9日 中学生職場体験
豊田市立猿投台中学校の2年生男子1名
フォトリソグラフィ業務を体験



製作したマイクロミキサー
(記事 43 ページ参照)

- 14日 構造解析ソフト ANSYS 講習会 (名古屋：近藤、高田)

- 18日
～19日 放電加工技術勉強会 (日産自動車：矢野)



12月

- 1日 中学生職場体験
豊田市立藤岡中学校の2年生男子1名
回路工作の業務を体験



- 8日
～10日 北海道大学低温科学研究所 技術部セミナー (吉田、高田)

- 21日 静岡大学技術報告会 (豊田)

- 20日
～22日 VDEC リフレッシュセミナー
アナログ集積回路設計と演習 (東京大学 VDEC：内山)

メカトロニクス・セクション

工作機械

種別	形式
精密旋盤	RBL-50 (理研製鋼)
普通旋盤	LR-55A (ワシノ機械)
	LEOG-80A (ワシノ機械)
	LS 450 × 550 (大隈鐵工所)
	TAL-460 (滝澤鐵工所)
NC 旋盤	SUPER QUICK TURN 100MY (Mazak)
タッピングボール盤	BT13RL (日立工機)
フリーボール盤	DMB (帝人製機)
ボール盤	TYPE DD-4300 (日立工機)
	KID-420 (KIRA)
	NRD-340 (KIRA)
フライス盤	KSAP (牧野フライス)
	VHR-SD (静岡鐵工所)
	RUM-5 (碌々産業)
NC フライス盤	BN5-85A6 (牧野フライス)
	SBV400 (遠州工業)
ワイヤ放電加工機	DWC90H (三菱電機)
	ROBOFIL2020Si (アジェ・シャルミー・ジャパン)
形彫放電加工機	A35R (Sodick)
切断機	ファインカット HS-100 (平和テクニカ)
電子ビーム溶接機	EBW(1.5)500 × 400 × 500 (日本電気)
抵抗溶接機	NRW-100A (日本アビオニクス)
ノコ盤	HB-200 (フナソー)
コンターマシン	VA-400 (AMADA)
シャーリング	SHS3 (コマツ産機)
ダイヤモンド	VW-55 型 (LUXO)
カッティングマシン	UT-3 (三和ダイヤモンド工業)

測定器

種別	形式
電子顕微鏡	VE-8800 (KEYENCE)
双眼実体顕微鏡	EMZ-5TRD (メイジテクノ)
測定顕微鏡	STM6 (オリンパス)
マイクロスコープ	VHX-1000 (KEYENCE)
非接触三次元測定装置	NH-3SP (三鷹光器)
表面粗さ計	SURFTTEST SV-400 (ミットヨ)
万能投影機	V-24B (ニコン)
硬さ試験機 (ロックウェル)	RH-3N (東京試験機)

設計・解析

種別	形式
2D CAD	Advance CAD (伊藤忠テクノソリューションズ)
3D CAD	SolidWorks (ソリッドワークス)
CAM	ナスカプロ・ワイヤー (ゴードーソリューション)
数値解析	ANSYS DesignSpace (アンシス・ジャパン)

フォトリソグラフィ

種別	形式
スピニングコート	K-359S1 (協和理研)
マスクアライナー	MA-10 (ミカサ)
プラズマクリーナー	PDC-32G (HARRICK PLASMA)
走査型プローブ顕微鏡 (SPM)	SPI3800N/SPA-400 (エスアイアイ・ナノテクノロジー)

エレクトロニクス・セクション

計測器

種別	形式
デジタル オシロスコープ	6200A (LeCroy)
	354 (LeCroy)
	TDS3014B (Tektronix)
	TDS2014 (Tektronix)
	DS-5354 (IWATSU)
ミックスドシグナル オシロスコープ	MSO2024 (Tektronix)
ロジックアナライザ	TLA5201 (Tektronix)
ネットワーク/スペクトラム /インピーダンスアナライザ	4396B (Agilent)
データロガー	GL900 (GRAPHTEC)
マルチメータ	2001 (Keithley)
エレクトロメータ	6513 (Keithley)
LCR メータ	ZM2353 (NF)
ユニバーサルカウンタ	53132A (Agilent)
ファンクション ジェネレータ	AFG3251 (Tektronix)
パルスジェネレータ	Model8600 (Tabor Electronics Ltd.)
直流電源・電流モニタ	6243 (ADCMT)

加工機

種別	形式
プリント基板加工機	ProtMatC60 (LPKF)

エレクトロニクス・セクション報告

吉田久史

2011年のエレクトロニクス・セクションの依頼件数は、現在製作中の物も含めて29件であった。依頼件数はその年毎でばらつきはあるものの、これは過去5年間の平均(約21件)と比較して4割程の増加であった。しかしながら、依頼件数の1/3は小規模な回路製作や故障修理などであり、開発期間が1ヶ月を超えるような大規模あるいは開発的要素の高い依頼工作は4件ほどであった。どの依頼も研究を進める上では重要な業務であると認識してサポートを行っているが、技術職員の技術向上と業務に対するモチベーションを維持するためにも研究成果により大きく貢献するような工作依頼が増えることを期待する。

依頼内容を技術分野で分類すると、微小信号処理技術、高速ディジタル回路技術、高電圧・高周波回路技術、ソフトウェア開発技術と多岐に渡っている。中でも、STMのトンネル電流やバイオセンサーのイオンチャンネル電流の検出に用いる微小信号回路の依頼が多く、pAオーダーの電流を扱うための回路設計から実装方法に至るまで多くのノウハウを蓄積することができた。また、高電圧・高周波回路やLabVIEWによるプログラム開発といった過去にあまりなかった技術分野の工作依頼が現在進行中であり、今後の装置開発室における基盤技術の一つとして確立して行きたい。

セクションで推進する大規模集積回路の設計・製作技術の導入は、昨年引き続き大峯所長奨励研究の援助により2回目のLSIの試作を実施した。昨年製作したLSIの特性評価試験を基に、駆動電流の増強やバイアス電源回路の集積化を行うことで、より実用的な演算増幅器の製作を目指した。試作LSIの完成は、2012年1月の予定である。また、VDECが主催するセミナーや講習会に参加し、LSI設計に関する先端技術やノウハウの習得を行った。以下に本年受講したものを示す。

- ・ LSI設計常識講座1～10(インターネット配信), 4/18～6/27, 参加者: 豊田, 内山, 吉田
- ・ VLSI夏の学校「LSI設計者のためのノイズ対策」, 8/19, 参加者: 吉田
- ・ VDECリフレッシュ教育「アナログ集積回路設計と演習」, 12/20～12/22, 参加者: 内山

技術職員個々には、所長奨励研究等に応募して技術向上への取り組みを行っている。以下に本年度の所長奨励研究の課題を示す。

- ・ 「多層プリント基板による高速・高分解能AD変換回路の製作」, 吉田
- ・ 「FPGAを用いた高速CMOS論理回路設計技術の習得」, 内山
- ・ 「金属錯体結晶生成用定電流定電圧電源の開発」, 豊田

工作依頼や研究課題で製作した装置に関する創意工夫や得られた成果は、技術研究会や技術セミナー等で積極的に報告を行っている。以下に本年参加したものを示す。

- ・ 熊本大学総合技術研究会, 3/17～18, 口頭発表: 吉田, 豊田, ポスター発表: 内山
- ・ 北海道大学低温科学研究所技術部セミナー, 12/9, 口頭発表: 吉田
- ・ 静岡大学技術部報告会, 12/21, 口頭発表: 豊田

メカトロニクス・セクション報告

青山正樹

機械グループは、機械系技術を基盤として研究者から要求される実験機器の設計・製作を、5名の技術職員と2名の技術支援員の7名で行っています。2011年度の製作依頼件数は、267件でほぼ例年並みの利用がありました(図1)。依頼内容は、スピーディーな対応が求められる部品製作や装置の改良のほか、実験装置の構想段階から研究者との綿密な打ち合わせを行いながら設計・試作を繰り返す、以下のような開発的要素を含む製作課題も多く行っています。

(1) レーザー開発研究機器の設計・製作

先端レーザー開発部門で進められている各種レーザー機器開発に協力しています。詳細設計から組み立て調整、またヒートシンクの設計・製作、性能評価やLDとレーザー結晶の位置調整および動作テストまで、研究者と協力して行い、3点発光プラグ型レーザーモジュールやマイクロチップレーザーなどのレーザー研究機器を製作しました。

(2) タンパク質の構造変化に関する研究用マイクロ流路ミキサーの製作

製作しているマイクロ流路ミキサーは、2液混合によるタンパク質の構造変化を、蛍光強度の変化から予想するために使用されます。機械加工では製作することが出来ない幅10ミクロン、深さ50ミクロンの微細な流路構造が必要のため、フォトリソグラフィとPDMSモールディングにより製作を行っています。装置開発室では、このようなフォトファブリケーションによる微細加工技術を新たな支援技術として展開しています。

(3) アンジュレータ用マルチワイヤ補正コイルの製作

任意の磁場分布を発生させるための、マルチワイヤ補正コイルの製作を行いました。銅製のフラットワイヤーを精度よく配列させる製作方法や、アンジュレータ内真空ダクトの上下面への正確な設置方法の提案、組み立てジグの設計・製作を行い真空ダクトへの設置を行いました。

(4) 多チャンネルバイオセンサー用PMMA基板の製作

神経細胞のシグナル伝達などの研究に利用されるセンサー用PMMA基板は、表裏面にミクロンレベルの微細な3次元構造が必要とされています。このPMMA基板を、熱ナノインプリント技術を適用して成型する技術の開発を行いました。またこの基板の所定の位置には、X線リソグラフィによる $\phi 1\sim 2$ ミクロン程度の微細貫通孔の加工を行います。そのため、X線マスクとPMMA基板との位置合わせを正確かつ簡便に行うことができる7軸調整ステージの開発を行いました。

(5) μ -XAFS用セルの製作

蛍光XAFS用に使用するために窓の立体角の確保、高温での使用、密閉性の確保、蛍光スペクトルを妨害しない構造材料の選定などの研究者からの要求に対して、透過窓材の強度評価、各種構造材料に対する溶接やロウ付け、継ぎ手構造などの製作方法の試作検討を行い、 μ -XAFS用セルを完成させました。

その他、所外からの施設利用による製作課題では、

(6) 固定表面反応のin-situ赤外吸収分光のための片持ち梁型試料ホルダーの製作

既存の赤外吸収分光装置に組み込むため、限られた空間内で動作可能な特殊な移動機構、かつ熱的・機械的に安定な試料ホルダーの製作を行いました。申請者との緊密な連携のもと、3次元設計、有限要素法解析などを行い、設計・試作検討を繰り返し行い、市販にないオリジナルな試料ホルダーの開発に協力しました。

(7) 高磁界超電導線材の臨界電流特性における曲げ歪み印加効果測定プローブの製作

核融合炉や加速器などの大型超電導マグネットに使用される、新しく開発された Nb_3Sn 超電導線材の曲げ歪みに対する臨界電流特性測定用プローブの開発を行いました。せん断応力の発生しない純曲げ機構の提案、プローブ全

体の詳細設計・製作、配線および曲げ機構動作検証までを一貫して行いました。現在組み立て調整が完了し、臨界電流測定実験での最終動作検証を研究者と協力して行う予定です。

今年度の施設利用の申し込みは、15件と2010年の2倍の利用がありました（図2）。2004年にこの制度を開始して以来、これまで23の機関からの利用申請がありました（表3）。さらに多くの分子科学研究者からの利用を促進するためWEBページの充実を行っています。

メカトロニクス・セクションでは依頼業務以外にも、技術力向上のため先端技術への自主的な取り組みを長期的な視野で行っています。光学結晶材料の超精密加工に関する技術開発は、6年前より天文台先端技術センター、名古屋大学理学研究科装置開発室と共同で実施してきました。今年度は、真空紫外放射光を使用したサブミクロンスケールの顕微分光での用途が期待される、 MgF_2 非球面レンズの製作という所内ニーズも見つかり、ナノレベルの要求精度に応えるために、加工条件の検討に取り組んでいます。

また3年前より取り組み始めたフェムト秒レーザー加工機開発でも、研究者からの依頼を受けてマイクロメートルオーダーの微小な磁性薄膜の作製に使用される蒸着マスクの製作を行うなど、具体的な成果が得られました。その他、研究会や各種講習会などにも積極的に参加し、技術レベルの向上に勤めています（表2）。

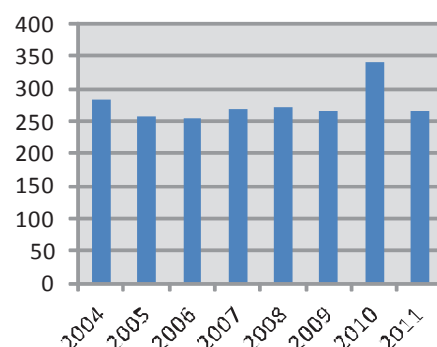


図1 製作依頼件数の推移
(メカトロニクス)

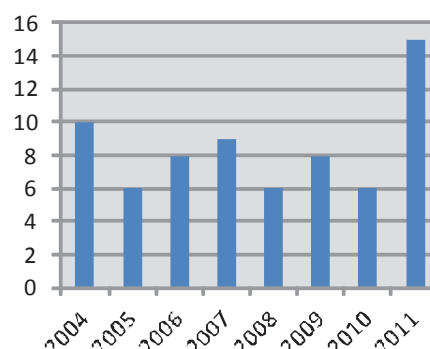


図2 施設利用件数の推移
(メカトロニクス/エレクトロニクス)

表1 機関別施設利用申請件数 (2004年～2011年 メカトロニクス/エレクトロニクス)

申請者所属機関	件数	申請者所属機関	件数	申請者所属機関	件数	申請者所属機関	件数
名古屋大学	9	京都大学	3	北海道大学	1	千葉大学	1
大阪大学	6	産業技術総合研究所	3	神戸大学	1	愛媛大学	1
東京大学	5	生理学研究所	3	東京工業大学	1	高知工業高等専門学校	1
東北大学	5	基礎生物学研究所	3	横浜国立大学	1	早稲田大学	1
核融合科学研究所	5	広島大学	2	九州大学	1	東邦大学	1
大阪府立大学	4	名城大学	2	国立天文台	1		

表2 研究会・講習参加状況 (2011年1月～2011年12月メカトロニクス/エレクトロニクス)

研究会・講習会	参加形態	研究会・講習会	参加形態
第33回生理学技術研究会、第22回生物学技術研究会	ポスター発表1件	放電加工技術研究会	口頭発表1件
パルスレーザーを用いた微細加工の基礎実用技術セミナー	1名参加	ANSYS講習会	2名参加
熊本大学総合技術研究会	口頭発表2件 ポスター発表1件	静岡大学部技術報告会	口頭発表1件
The2nd Taiwan-Japan Symposium on Nanomedicine	ポスター発表1件	アナログ集積回路設計と演習	1名参加
自然科学研究機構技術研究会	口頭発表1件	北海道大学低温科学研究所技術部セミナー	口頭発表2件
LSI設計者のためのノイズ対策講習会	1名参加		

施設利用研究題目 FIB 加工用自動回転機能付サンプルホルダーの改良

集束イオンビームによる光ファイバー表面のシームレス加工

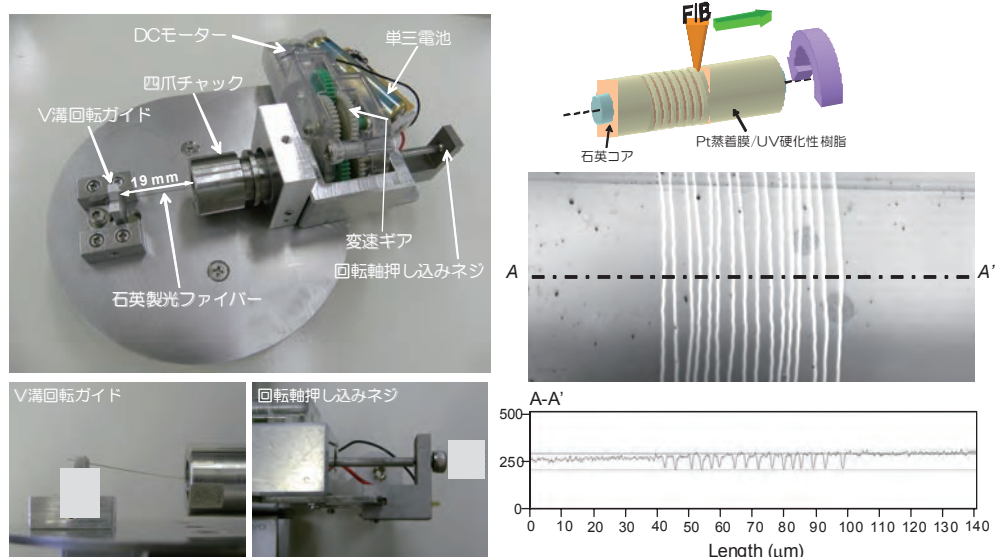
産業技術総合研究所 集積マイクロシステム研究センター、銘荊 春隆

我々は光ファイバーの円筒表面上に集束イオンビーム（FIB）エッチングによって螺旋構造をシームレスで加工し、めっきやインクジェット技術によって導電材料層を挿入することで、マイクロコイルやカテーテルの電気配線を形成するプロセス技術を開発している。後工程で基材を比較的高温で熱処理することも想定して、石英製光ファイバーを被加工材料として選択した。光ファイバーの円周表面を FIB で連続的に加工するためには、FIB の描画中に光ファイバーを回転させなければならない。そこで（株）エリオニクス社製の FIB 加工装置 EIP-5400 に組み込める簡便な回転機能付きサンプルホルダーを開発した。その結果、光ファイバー回転時の偏芯運動や回転軸のスライド運動を抑制することが技術的課題として浮上した。

左図は開発した FIB 加工用の回転機能付きサンプルホルダーを示しており、ほぼ 4inch ウエハーと同じでサイズである。DC モーターや単三電池等の回転駆動機構は光ファイバーと共に FIB 加工装置内に格納できるようにコンパクトに配置されている。この実験で使用した石英製光ファイバーは、直径 $125\mu\text{m}$ の石英コアが外径 $250\mu\text{m}$ まで UV 硬化性樹脂で覆われている。石英製光ファイバーはチャージアップ防止のために 10nm 厚の Pt をスパッタした後、四爪チャックを介して回転軸と接続した。

開発初期の段階では、FIB でエッチングした螺旋パターンのエッジはギザギザで、ピッチも大きく変動していた。この原因は石英製光ファイバーが回転する際の偏芯運動と、変速ギアボックス内での回転軸のスライド運動であった。そこで、左下の拡大写真に示したような V 溝回転ガイドや回転軸押し込みネジをサンプルホルダーに追加した。回転軸押し込みネジの役目は、回転軸を背後からボルトで押し付けることによって不規則なスライド運動を抑制することである。これらの改良を施した後、石英製光ファイバーの円筒表面を FIB エッチングした結果を右図に示す。右上に挿入したイラストのように、石英製光ファイバーを 0.5rpm で回転させながら、FIB を移動速

度 37nm/s で回転軸の同じ方向に走査した。その結果、線幅 $1\mu\text{m}$ のスパイラルラインを平均ピッチ $3.75\mu\text{m}$ 、最大深さ $252\mu\text{m}$ で光ファイバー上にエッチングし、円筒面全周に渡って均一なシームレス加工に成功した。



図（左）回転機能付きサンプルホルダーと（右）FIB エッチングで加工した石英製光ファイバー表面のシームレススパイラルパターン

なお本研究は、平成 21 年度後期および平成 22 年度後期の分子科学研究所施設利用（装置開発室）として採択され、強力な技術的支援を受けて実現しました。

工作依頼

ナノ光学研究のための走査型プローブ顕微鏡の開発

光分子科学第一研究部門 成島哲也

私の所属する岡本グループでは、各種分光法と顕微鏡法を併用し、ナノスケール構造が有する光学特性・応答や分子の光化学反応などの研究を行っている。この研究に用いる顕微鏡は、形状だけではなく、光学的な情報もナノスケールという高空間分解能で取得できるものでなくてはならない。そのため、特殊な探針（プローブ）を用いた走査型プローブ顕微鏡（SPM）を中心に活用している。通常、この探針の先端に近接場光という 10~100nm 程度の大きさの光電場を局在させ、試料に 1~10nm 程度の距離まで探針を接近することによりこの近接場光を直接照射し、その位置（一点）での散乱・吸収・発光等の現象を調べる。また、この探針を二次元で走査することにより、近接場光の大きさ程度の空間分解能を有するナノスケールの光学イメージングが可能となる。

上記のような顕微鏡の開発は、形状像を超高空間分解能で測定できるその他の SPM（STM や AFM）の要素技術を参考にして行うが、光学系と探針の特殊性から、そのまま流用することができないことが多い。結局、多様なプローブ・分光測定に対応できるように、装置開発室スタッフの皆様にも多大なご協力をいただきながら、ほぼゼロから設計・構築している。

図 1 に、開発した顕微鏡の一例を示す。本装置では、市販の倒立顕微鏡上に AFM ベースの SPM を構築した。通常の AFM と異なり、探針上に複数の光軸を集約する必要があるため、光アイソレータという仕組みを用いている。また、試料からの光情報は倒立顕微鏡に据えつけられた対物レンズにて検出するが、その対物レンズの焦点位置、有効距離を維持するために、極薄ステージを開発した。また、探針-試料間の安定な距離制御のため、専用の電子信号処理回路を設計、幾度もの改良を行った。その結果、図 2 に示すように、通常の光学顕微鏡では、全く分解できない構造を安定して観察できる顕微鏡が完成し、現在、様々なナノ構造の非線形光学現象解明のための研究に活用している。

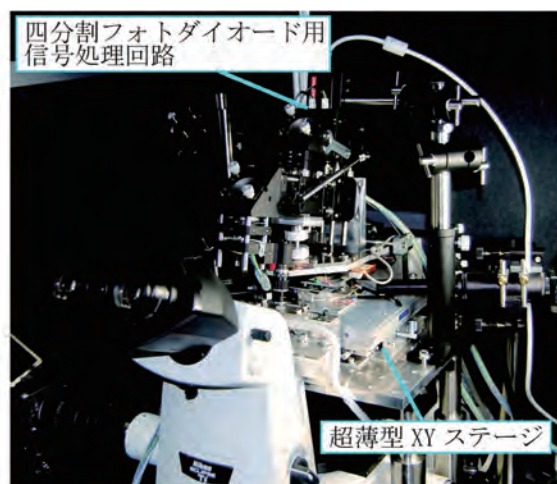


図 1 ナノ光学研究用に開発した SPM

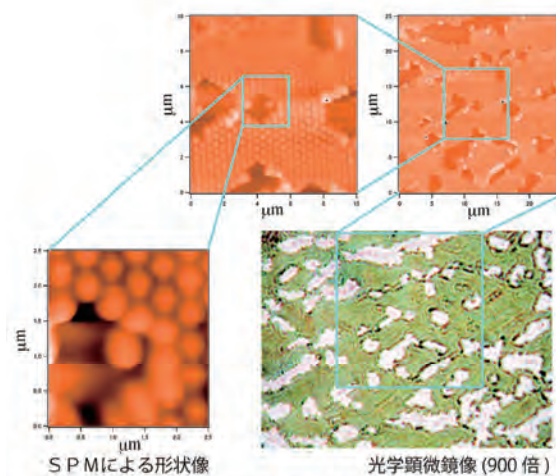


図 2 SPMによる形状像と光学顕微鏡像との比較

「施設利用」の内容を見直して認知度も上がり、研究成果も徐々に出てきている。今回は非常に件数が多く、しかも開発的要素のあるものも多く、内容は充実している。今後の課題としては、利用者が比較的、分子科学研究所 OB の教官や研究員に偏る傾向があるため、今まで分子科学研究所とは縁のなかった新規研究者の開拓をどのようにしていくかという点であり、今後真剣に検討していくべきことである。

ここで申請課題の一部を紹介する。

生理学研究所小松秀彦教授から申請のあった「視覚と触覚の感覚統合による素材弁別の神経メカニズムについての研究」は、実験動物が製作した実物体刺激に直接触れることで触覚経験が素材弁別の行動と神経活動に与える影響を調べるためのもので、様々な素材を全く同じ形状に製作することが求められた。また、こちら側からは製作可能な形状について様々なサンプルを用意し提案した。

東邦大学の菅井俊樹准教授の課題である「超高分解能・超長時間保持型気相移動度測定システムのための、多チャンネル高電圧高周波・低周波ハイブリッドマイクロコンピュータ制御電源の開発」は、原子数の異なるクラスターなどを気相移動度によって分離し、それらを高周波と低周波を重ねた電場により長時間にわたって保持する装置である。高周波として数十 KHz ～ 数 MHz, 1KVpp、低周波として数 Hz ～ 数百 Hz, 数 V ～ 100V の電源回路が必要となる。また、それら電源回路のパラメータ設定および制御は、ホスト・パソコンとオン・ボードのマイコン間のデータ通信により行われる。当面は 10 チャンネル分の電源回路の開発を行う。

以下に申請課題の一覧を表にまとめた。

施設利用申請課題一覧

申込者名	所 属	研究課題（備考）
野田昌晴	基礎生物学研究所 統合神経生物学	浸透圧センシング機構の解析
長山好夫	核融合科学研究所 ヘリカル研究部	マイクロ波イメージング
馬場正昭	京都大学大学院 理学研究科	高集光効率回転楕円面鏡の製作
宇理須恒雄	名古屋大学革新ナノイテック研究センター	光神経電子集積回路開発
小松英彦	生理学研究所 感覚認知情報部門	視覚と触覚の感覚統合による素材弁別の 神経メカニズムについての研究
吉信 淳	東京大学 物性研究所	固体表面反応の in-situ 赤外吸収分光のための 方持ち梁型試料ホルダーの改造
菱沼良光	核融合科学研究所	高磁界超伝導線材の臨界電流特性における曲げ歪印加効果 測定プローブの開発
荻野俊郎	横浜国立大学 工学研究院	グラフェン分子読取りデバイス開発
増田忠志	名城大学 理工学部材料機能工学科	電子ビーム溶接における異種金属の接合 及びものづくり教育のための試作装置の製作・開発
長山好夫	核融合科学研究所 ヘリカル研究部	マイクロ波イメージング
菱沼良光	核融合科学研究所	高磁界超伝導線材の臨界電流特性における 曲げ歪印加効果測定プローブの開発
宇理須恒雄	名古屋大学革新ナノイテック研究センター	多チャンネル光神経電子集積回路素子の PMMA 基板開発・微細貫通孔形成の精度向上
宇理須恒雄	名古屋大学革新ナノイテック研究センター	多チャンネル光神経電子集積回路素子の 電子回路開発・4ch 素子用回路開発
菅井俊樹	東邦大学 理学部化学科	超高分解能・超長時間保持型気相移動度測定システムのための多チャンネル高電圧高周波・低周波ハイブリッドマイクロコンピュータ制御電源の開発
高橋正彦	東北大学 多元物質科学研究所	時間分解電子運動量分光装置のための超音速 分子線源および画像観測イオン検出器の開発
榎本和城	名城大学 理工学部材料機能工学科	ものづくり教育のための試作装置の製作・開発

研究会発表一覧

研究会、会議名	タイトル	発表者
The 2nd Taiwan-Japan Symposium on Nanomedicine 2011 年 2 月 24 日～ 25 日	Development of multi-channel incubation-type planar patch clamp biosensor using plastic substrate (ポスター発表)	○高田紀子 近藤聖彦 水谷伸雄 青山正樹 吉田久史 宇理須恒夫
平成 23 年度 熊本大学総合技術研究会 2011 年 3 月 17 日～ 18 日	精密 CNC フライス装置の製作 (口頭発表) PIC マイコンの応用事例と活用方法 (口頭発表) 地磁気キャンセラーの製作 (口頭発表) LSI 設計技術習得への取り組み (ポスター発表)	○近藤聖彦 青山正樹 鈴木光一 ○吉田久史 ○豊田朋範 吉田久史 ○内山功一
第 6 回 自然科学研究機構技術研究会 2011 年 5 月 26 日～ 27 日	磁気キャンセラーの製作 (口頭発表)	○豊田朋範
平成 23 年度 静岡大学技術報告会 2011 年 12 月 21 日	VHDL と CPLD を用いた カスタムロジック回路の製作手法 (口頭発表)	○豊田朋範

Development of multi-channel incubation-type planar patch clamp biosensor using plastic substrate

○Noriko Takada, Takuhiko Kondo, Nobuo Mizutani, Masaki Aoyama, Hisashi Yoshida, Mitsukazu Suzui, Tsuneo Urisu
Equipment Development Center, Institute for Molecular Science

1. Introduction

We are developing multi-channel incubation-type planar patch clamp biosensor, which can measure ion channel currents of cells including neurons positioned at multi-points at the same time. It has such characteristics, compared with pipette patch clamp method, which is generally used in electrophysiological field, as (1) possible multi-channel measurements at the same time, (2) long term measurements, and (3) that high level of skill is not required. These characteristics are suitable to the application such as high throughput screening and signal transduction measurements of neurons. Until now, we have developed 1-channel incubation-type planar patch clamp biosensor, and succeeded in measurements of ion channel currents. At present, we are aiming at the fabrication of multi-channel one. Here, we chose the PMMA (PMMA) material, which has various micro fabrication and functional modification possibilities, as a substrate on which cells are patterned.

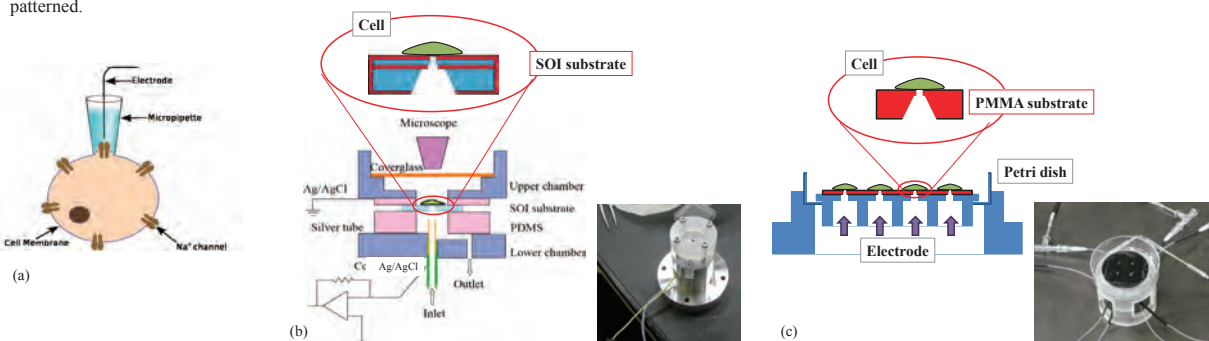


Fig. 1. Structures of patch clamp biosensors.

(a) Pipette patch clamp biosensor, (b) Incubation-type planar patch clamp biosensor (1 channel type), (c) Incubation-type planar patch clamp biosensor (4x4 channel type).

2. Fabrication process of micro structures on PMMA substrates

At present, it is under development to fabricate the micro fluidic structure for cell patterning on one side of PMMA substrate surface and the well structure for storing the pipette solution and AgCl /Ag electrode to measure ion channel current on the other side. The fabrication process and the substrate structure are shown in Fig. 2. Hot embossing from both sides on one PMMA substrate using two kinds of molds is the main fabrication process of our device. The mold (Fig. 2. Mold 2) for forming the pipette solution wells, by which thin film structures with 5-10 μm thickness at the pipette solution well are constructed, was fabricated by ultra-precision machining equipment of Dr. Omori's group, RIKEN. The other mold (Fig. 2. Mold 1) for micro fluidic structure formations is fabricated by electroforming. The master for electroforming was fabricated by photolithography and wet etching. After hot embossing, we are planning to form micro through holes with 1.5-2 μm in diameter at the centers of the cell positioning regions of the micro fluidic structure, which are formed just above the pipette solution wells, by Deep X-ray lithography (DXL).

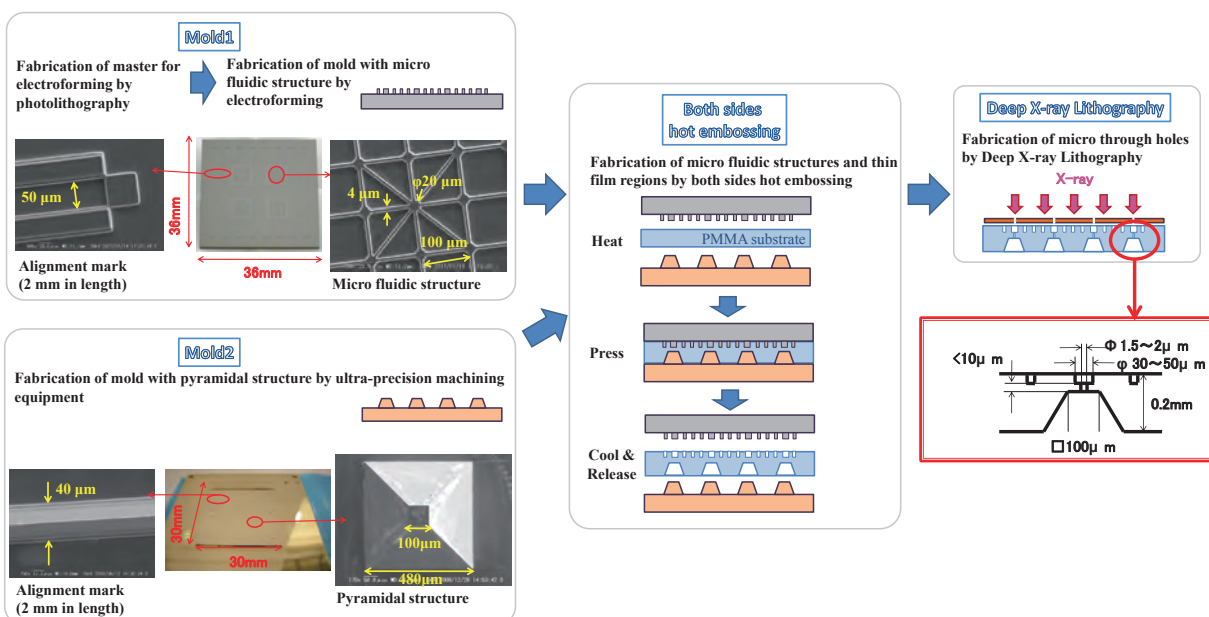


Fig. 2. Fabrication process of micro fluidic structures and pipette solution wells by both sides hot embossing and micro through holes by Deep X-ray lithography.

マジックミラーの製作

青山正樹

マジックミラーは、線光源である放射光（SR）を 1 点に集光するための非球面・非対称の集光鏡であり、今回製作するマジックミラーはテラヘルツ SR の集光で利用されるもので 10 ミクロン以下の形状精度が求められている。マジックミラーを装置開発室に設置されている NC フライス盤により製作を行ったので加工結果について報告する。

材質には残留応力除去熱処理を施した、アルミニウム合金 A5052 を用いた。工具には超硬ボールエンドミル $\phi 6\text{mm}$ を使用した。

今回製作を行ったマジックミラーの外観写真を図 1 に示す。大きさは $270\text{mm} \times 150\text{mm}$ 、最大厚み部は約 47mm となっている。曲面形状を加工する時は、形状表面の各座標点に工具経路を指令すると工具 R 形状の影響による干渉のため曲面形状が正しく加工されない。そのためミラー表面非球面式から各座標点における X 方向（長手方向）の傾きを求め、各座標点の法線方向に工具半径分だけオフセットさせた座標値を求めた。次に Y 軸方向の傾き分だけその座標点を移動させて X 軸方向、Y 軸方向ともに工具干渉を起こさない工具位置座標点を求めた。さらにボールエンドミル工具の回転中心部が切削に関与しないように、ワークを 15° 傾斜させて加工を行うため、 15° Y 軸周りに回転移動させた座標点を加工経路指令値とした。各座標点間隔は直線移動送りで加工を行う。そのため形状誤差を必要精度以下にするため、X 軸方向の座標点は 2mm ピッチ、Y 軸方向は 0.1mm 間隔で座標点を求めた。指令座標点は約 20 万点に及んだ。

加工後の形状測定結果を図 2 に示した。X 軸（長手）方向、Y 軸方向ともに約 20 ミクロンから 30 ミクロン程度の形状誤差が生じている。長手方向には、加工により生じた加工歪みの影響によるものと思われる形状誤差が、また Y 軸方向の形状誤差については、送りネジ反転に起因するものと考えられる。今後誤差要因については検証を行う予定である。切削加工後は、形状精度を悪化させないように、必要最小限の手磨きによる研磨加工を行いマジックミラーを仕上げた。図 3 に研磨加工後のミラー外観写真を示した。現在さらに形状精度の向上を目的に、熱処理工程を追加するなど仕上げ加工工程の見直しを行っている。

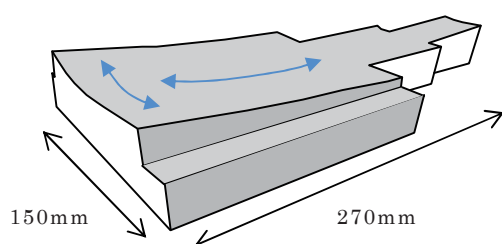


図 1 マジックミラー形状図

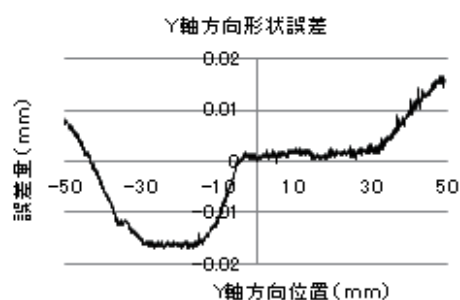
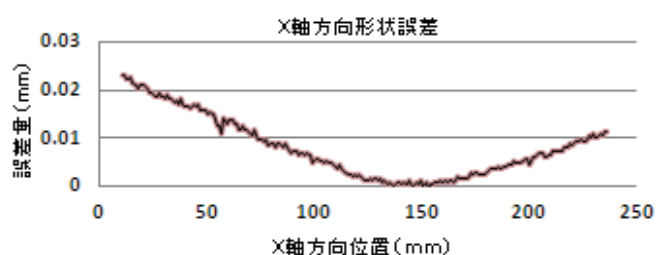


図 2 切削加工後のミラー形状精度



図 3 マジックミラー外観写真

微小容量測定回路の製作

吉田久史

1.はじめに

平成 22 年度の施設利用課題である「走査トンネル顕微鏡用増幅回路」に関連し、探針と試料間にある微小容量の測定方法について相談を受けた。測定対象となる容量の大きさは数十 pF 程度であると予想され、微小容量を高精度に計測する必要がある。そこで、アナログデバイス製の容量デジタルコンバータ(CDC)と呼ばれる専用 IC を用いて微小容量測定回路を試作した。これは、入力端子に接続したコンデンサの容量を直接デジタル値に変換する集積回路である。測定範囲としては 8pF 程度の微小容量であるが、精度 4fF の高精度な測定が可能となる。CDC の使用に際しては内部レジスタの設定やデータの読み出しを行う必要があり、マイコンとのインターフェースは不可避となる。本稿では、この間の通信方式である I²C 通信を中心に試作回路による微小容量の測定結果などを報告する。

2.容量デジタルコンバータ

表 1 は、分解能 24bit の高精度タイプの CDC シリーズの基本性能を示している。今回使用した AD7747 は、シング

	更新レート	チャンネル数	測定範囲	コモンモード容量	最小分解能	精度	直線性
AD7745	90SPS	1	±4pF	Max. 17pF	4aF	4fF	0.01%
AD7746	90SPS	2	±4pF	Max. 17pF	4aF	4fF	0.01%
AD7747	45.5SPS	1	±8pF	Max. 17pF	20aF	10fF	0.01%

表 1. 容量デジタルコンバータ

ルエンド(一方の端子が接地)入力の容量センサとしてデザインされ、フローティング用には AD7745/AD7746 がある。これらは単一電源(2.7V~5.25V)で動作し、他に外付けする部品を殆ど必要としない。また、内蔵 AD 変換器の入力はマルチプレクサ入力であり、コンデンサだけでなく電圧や内蔵の温度センサを入力とすることも可能である。内蔵温度センサによる温度測定は、分解能:0.1℃で精度:±2℃である。

図 1 は AD7747 の代表的な应用回路を示す。AD7747 の入力容量範囲は±8.192pF(簡易的に±8pF と表記)であり、シングルエンドの回路構成では 0~8pF の測定範囲となる。ここで、内蔵された 2 つの CAPDAC(コモンモード容量)を設定することで、入力範囲の変更が可能となる。図のように、CIN(-)に接続された CAPDAC(-)を 0 に、CIN(+)に接続された CAPDAC(+)を 8pF に設定した時、入力範囲は 0~16pF となる。また、CAPDAC の設定値は最大 17pF であり、この時の入力範囲は 9~25pF となる。

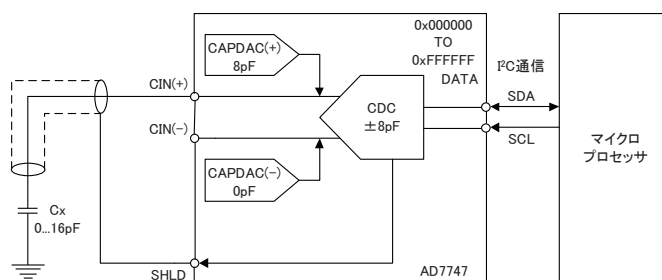


図 1. AD7747 の代表的な应用回路

3.マイコンとのインターフェース

CDC の各種設定とデータの読み出しは、内部の 19 個(レジスタ・アドレス:0x00~0x12)のレジスタを介して行われる。この時の通信プロトコルである I²C 通信は、SCL(クロック)と SDA(データ)の 2 線による双方向シリアル通信である。一般的に、マイクロプロセッサがマスターとなってデータ転送メッセージを開始し、アドレス指定されたスレーブがメッセージに応答してアクノリッジを返す。図 2 に AD7747 のデータ転送プロトコルを示す。

AD7747 のアドレスは書き込みの場合 0x90、読み出しの場合 0x91 で固定であり、複数の CDC を一つの I²C インターフェース上で使用することはできない。レジスタへの

データ書き込み(スレーブアドレスの LSB=0)時は、マスターがスタートビットに続きスレーブアドレス、レジスタアドレス、データ、ストップビットの順で送信する。この時、各データの区切りでスレーブはアクノリッジを返して受信が完了したことを示す。データの読み出し(スレーブアドレスの LSB=1)時は、スレーブアドレスを受信した AD7747 が指定されたレジスタのデータを SDA ラインに送信し、マスターは SCL クロックを出力してそのデータを読み取る。スレーブはマスターからのアクノリッジを受け取ると次のデータを SDA ラインに送信する。この読み出し動作は、マスターがノーアクノリッジ、ストップビットを送信することで終了する。AD7747 の I²C 通信の通信速度は、最大 400Kbps である。

試作回路は、マイクロチップ製のワンチップマイコン dsPIC30F4012 を使用し、プログラムは MPLAB C30 コンパイラで開発を行った。dsPIC30F4012 は I²C 通信モジュールを内蔵し、C30 コンパイラにはそのモジュールをサポートする関数ライブラリがある。その関数を使って前述の転送プロトコルを実現したプログラムの一部をリスト 1,2 に示す。

4.おわりに

チップ積層セラミック・コンデンサ 1pF~6pF(許容差:0.25pF)を用いて、試作回路で測定した結果を表 2

に示す。試験容量の絶対値を計測していないが、測定した値はいずれも許容誤差範囲内に収まり、データのばらつきも約±15fF と極めて安定した結果が得られた。しかしながら、測定ケーブルの浮遊容量の影響で配線に触れただけで数百 fF の変動があった。容量の絶対値を正確に測定したい場合には、ケーブルの配線を固定し、既知のコンデンサ等を用いて測定値の校正を行う必要がある。

```
#include "i2c.h"
...
// Baud rate is set for 100kHz, Fcy:30MHz
config2 = 0x111; // 0x30 ~ 400KHz
// Configure I2C for 7bit address mode
config1 = (I2C_ON & I2C_IDLE_CON & I2C_CLK_HLD
& I2C_IPMI_DIS & I2C_7BIT_ADD & I2C_SLW_DIS
& I2C_SM_DIS & I2C_GCALL_DIS & I2C_STR_DIS
& I2C_NACK & I2C_ACK_DIS & I2C_RCV_DIS
& I2C_STOP_DIS & I2C_RESTART_DIS & I2C_START_DIS);
OpenI2C(config1,config2);
IdleI2C();
...
```

リスト 1. I²C 通信モジュール初期設定

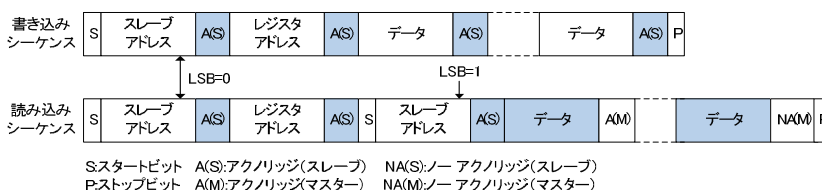


図 2. データ転送(書き込み/読み出し)プロトコル

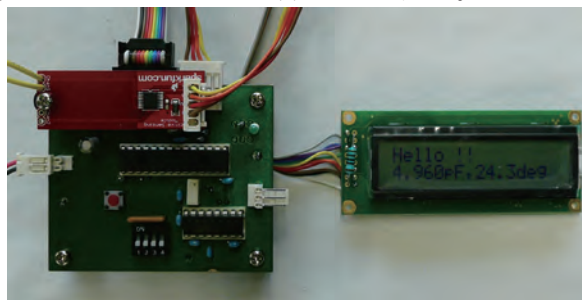


図 3. 試作した微小容量測定回路

試験容量	1pF	2pF	3pF	5pF	6pF
測定値	1.16~1.18	2.03~2.06	3.18~3.21	5.05~5.08	5.82~5.84

表 2. 試験容量測定結果

```
/* ----- I2C transfer for AD774X -----
void tx_start(void)
{
    StartI2C();
    // Wait till Start sequence is completed
    while(I2CCONbits.SEN);
    // Write Slave address and set master for transmission
    MasterWriteI2C(*p_tx_buff);
    // Wait till address is transmitted
    while(I2CSTATbits.TBF);
    // Wait ACK bit receipt
    while(I2CSTATbits.ACKSTAT);
    // Indispensable wait
    IdleI2C();
    // Transmit string of data
    p_tx_buff++;
    MasterputsI2C(p_tx_buff);
    StopI2C();
    // Indispensable wait
    IdleI2C();
}
```

リスト 2. データ書き込みプロトコル

LIGA プロセス位置合わせ用 7 軸調整ステージの設計製作

水谷伸雄

はじめに

本ステージは、生命錯体分子科学研究領域、生体分子情報部門、宇理須恒雄教授（平成 23 年 4 月より名古屋大学革新ナノバイオデバイス研究センター特任教授）の依頼により設計製作した。宇理須教授のグループと装置開発室は、これまでに 1 チャンネルの培養型プレーナーパッチクランプバイオセンサー（以下バイオセンサー）を開発してきた。しかし、1 チャンネルのバイオセンサーでは一度に得られるシグナルに限りがある。そこで、一度に多くのシグナルを得る為に 16（4×4）チャンネルのバイオセンサーの開発が求められた。

16 チャンネル培養型パッチクランプバイオセンサー

16 チャンネルバイオセンサーの開発に当たり、1 チャンネルのバイオセンサーで使用している Si 基板の加工上の課題である製作時間とコストの低減、及び量産を考慮して、プラスチック材料（PMMA）を使用することになった。厚さ 0.2 mm の PMMA 板はホットエンボス加工により升目状にならんだ 16（4×4）個のくぼみが熱成型される。くぼみは $100\mu\text{m} \times 100\mu\text{m}$ の正方形で残膜厚さ $10\mu\text{m}$ 以下を目指す。この基板はさらに、16 箇所の薄膜部分の中央に $\phi 1.5 \sim 2\mu\text{m}$ の貫通穴が必要になるが、この穴の加工手段として LIGA プロセスの放射光エッチングを応用する。放射光エッチング用マスクには、ステンレス枠に張られたポリイミドメンブレン上の金薄膜に 16 個の $\phi 1.5 \sim 2\mu\text{m}$ の穴があいたものを使用する。今回製作したステージは、上述の PMMA 基板とマスクを $10\mu\text{m}$ 以下の精度で位置あわせし固定するための装置である。

ステージ設計にあたり

設計にあたり研究室所有の何台かの顕微鏡が提示され、これらを用いて（改造して）低予算での製作が求められたが、近年の工業製品は外観の美しさに反し改造や追加工が難しく、構造上の問題もあり装置開発室で古くから使用していた工具顕微鏡の鏡筒部分を流用した。また、放射光エッチングは、兵庫県立大学のニュースバル放射光実験施設を利用するため手軽に持運べるサイズを目指し調整機構は全て手動式で最小限の調整量にとどめた。顕微鏡とステージは分割式とし、ステージ単体での使用も考慮した（図 1）。



（図 1. 分割した顕微鏡とステージ）



（図 2. システム全景）

仕様

システム全景を図 2 に示す。顕微鏡を含む全体の寸法は、幅 542mm、奥行 300mm、高さ 303mm となり、ステージ単体での寸法は、幅 542mm、奥行 160mm、最大高さ 94.5mm で、中央には $60\text{mm} \times 60\text{mm}$ の開口部を持つ（図 3）。移動部分には、スライドガイド、クロスローラーベアリング、ボールスプラインが組み込まれ X 軸の早送り機構と Z 軸以外はマイクロメーターヘッドにより微調整する。

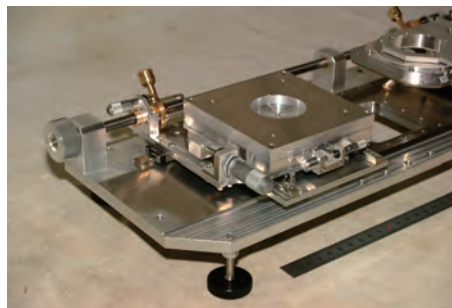
・顕微鏡

対物レンズ 10 倍、接眼レンズ 10 倍で、接眼レンズ内のクロスワイヤーにより PMMA 基板と

マスクの位置合わせを行う。焦点調整部にある専用ポストにダイヤルゲージを取付ける事で Z 軸移動量の読取も可能である。



(図 3. ステージ単体)



(図 4. PMMA 基板用調整機構)

- ・ PMMA 基板用調整機構

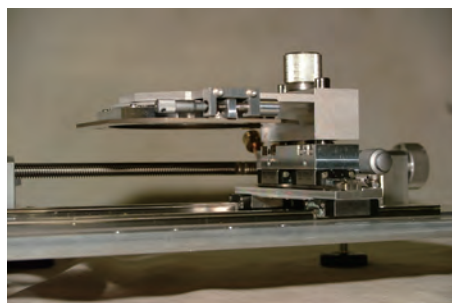
ステージ左側に PMMA 基板用調整機構を備え、ホットエンボス加工された PMMA 基板はアクリルベースに接着後、アルミ板を介してネジ止めされる。中央には $\phi 44\text{mm}$ の開口部がある。X 軸はハイリードネジ ($L=6\text{mm}$) による早送り機構 (移動量 140mm) とマイクロメーターヘッドによる微調整機構 ($\pm 3\text{mm}$) を併せ持ち、Y 軸 ($\pm 6\text{mm}$) θ 角 ($\pm 3.5^\circ$) の調整が可能である。図 4 にアルミ板を取付けた状態の PMMA 基板用調整機構を示す。

- ・ メンブレンマスク調整機構

ステージ右側にはメンブレンマスク調整機構を備え、ステンレス枠に設けられた 8 箇所 M2 ネジにより取付ける。中央には $\phi 44\text{mm}$ の開口部がある。X 軸は PMMA 基板用調整機構と同様の早送り機構 (移動量 145mm) と微調整機構 ($\pm 3\text{mm}$) を持ち、Y 軸 ($\pm 6\text{mm}$) Z 軸 (5mm) θ 角 ($\pm 4.5^\circ$) の調整が可能である (図 5. 図 6)。PMMA 基板とマスクの位置合わせの様子を図 7 に示す。



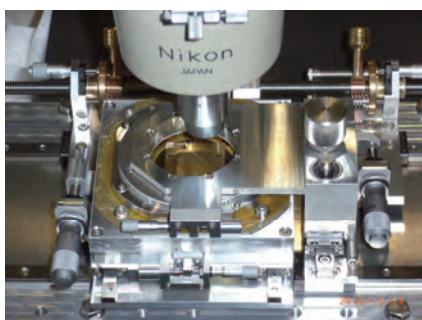
(図 5. メンブレンマスク調整機構)



(図 6. メンブレンマスク調整機構)

使用状況 (おわりに)

設計時には持運びを考慮して PMMA 基板とマスクの位置合わせ専用設計であったが、後にマスク全体の観察にも使用可能のように市販の X-Y ステージを顕微鏡ベースとステージの間に組込んだ (図 8)。対物レンズの倍率も 20 倍の物に交換し、現在は兵庫県立大学に常駐する廣瀬氏によって、ニュースバル BL-11 での放射光エッチング実験に用いられている。



アンジュレータ用マルチワイヤ補正コイルの製作と設置

近藤聖彦

1. はじめに

UVSOR には、様々な偏向状態の光を発生させることができる挿入光源として、図 1 に示す長さ 3m 程度のアンジュレータが導入されている。しかし、このアンジュレータは縦偏向モードにて運転した場合、蓄積リングの電子ビーム寿命が極端に低下することが確認されている。これは、電子ビームが不均一な磁場中を蛇行運動することによって、あたかも多極磁場成分中を運動しているかのような挙動となり、その運動が不安定になるためだと考えられている。そのため、この多極磁場成分の補正には、アンジュレータ内真空ダクトの上下面に図 2 に示すように複数本の銅製フラットワイヤを設置し、それぞれのワイヤに異なる電流を流すことにより、任意の磁場分布を発生させ、電子の運動を補正する方法が有効であることが知られている。UVSOR においてもこの方法を導入することとなった。この複数本のフラットワイヤをマルチワイヤと呼び、補正コイルとして機能させるため、これを真空ダクトの上下に設置する。このペアのマルチワイヤを総称してマルチワイヤ補正コイルと呼ぶ。この製作と設置について報告する。

2. マルチワイヤの製作

マルチワイヤは図 2 に示すように 14 本のフラットワイヤとポリイミドシート、これらを結合するポリイミドテープで構成される。フラットワイヤの形状は長さ 3000 mm 程度、厚さ 0.3 mm、幅 3 mm である。また、上下のマグネットは可動することができ、その間の距離は最小 24mm まで接近できる。これと真空ダクトの厚さ 22 mm を考慮すると上下のマグネットを最接近させた時の真空ダクトとマグネットの隙間は 1 mm となる。これにより、マルチワイヤの厚さは最大で 1 mm 未満でなければならない。ただし、本製作の設計においては、マルチワイヤとマグネットが接触しないように安全を考慮し、その厚さを 0.5mm 未満にした。

フラットワイヤを精度良く平行かつ等間隔に並べて固定するため、図 3 に示す長さ 3000 mm、幅 3 mm の溝が 1 mm 間隔に加工された亚克力製治具を用いた。図 4 に示すように、この治具の各溝に 14 本のフラットワイヤ、その両側にポリイミドシートを設置後、厚さ 0.07 mm、幅 38mm のポリイミドテープを使用して、この 2 種類の部材を図 4 に示すように治具の端側から順に固定する方法でマルチワイヤの製作を行った。このシートは、テープが治具に接着するのを防ぎ、治具からの取り外しを容易にするために用いた。その後、電流を流すための被服電線をフラットワイヤの両端にハンダ付けし、電流制御器と接続できるようにした。



図 1 アンジュレータの外観

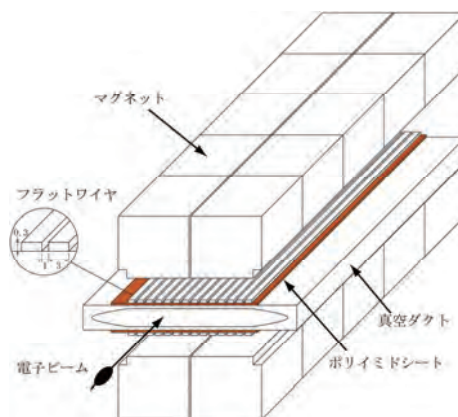


図 2 マルチワイヤ設置簡略図

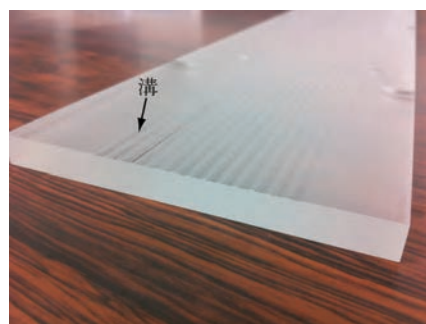


図 3 アクリル製治具

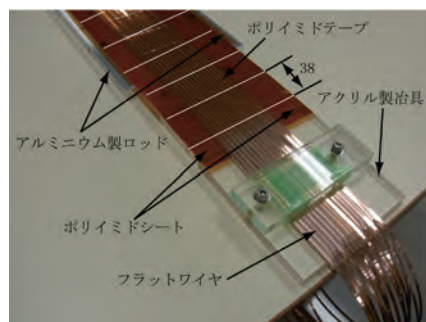


図 4 製作に使用した部品

3. マルチワイヤの設置

本設置においては、2つの設置条件があった。一方は、既設のアンジュレータの真空ダクトにマルチワイヤを設置することであった。このため、設置作業スペースに制約があり設置手順を十分に考える必要があった。

特に注意した点は、3000 mm程度の長さを有する剛性の小さいマルチワイヤをアンジュレータの隙間から真空ダクトまで、そのままの状態で挿入するとフラットワイヤが折れ曲がり、ダクトに密着させ固定することが困難になることであった。そこで、長さ 3000 mm、幅 150 mm、厚さ 10 mm の板上にマルチワイヤを固定し図 5 に示すように、この板と一緒にマルチワイヤをアンジュレータ内真空ダクトまで搬送した。これにより、フラットワイヤの曲がりを抑えることができ、真空ダクトとマルチワイヤの隙間を極小にすることができた。

他方は、磁場の補正精度をより良くするために、マグネット中心とマルチワイヤ中心が一致するように、マルチワイヤを真空ダクトに設置する必要があった。この設置の位置決め精度を向上させるため、マルチワイヤの両側に図 4 に示す位置決め用のアルミニウム製ロッド (152 mm×□10 mm) を等間隔に 8 本ずつ取り付けた。また、これらを固定する位置決め治具 (図 6 参照) を 8 個製作し、図 7 に示すように、これらをマグネットサポートに固定すると、マルチワイヤ中心がマグネット中心と一致するように設計を行った。これにより、マグネットサポート上に等間隔に設置した 8 個の位置決め治具に 8 本のアルミニウム製ロッドをそれぞれ固定するだけで、位置決めを容易に行うことができた。

ダクト下面の設置は、自重によりマルチワイヤが下方にたわむため、図 6 に示す治具中央のロングプレートをスライドさせ、マルチワイヤの長手方向側を引っ張ることで、このたるみを抑えた。たるみを抑えた状態でマグネットサポートを真空ダクトにゆっくり接近させ、マルチワイヤが真空ダクトに接触した位置で、これを停止しポリイミドテープを使用してマルチワイヤを真空ダクトに固定した。その後、固定したテープが剥がれないように注意しながら、アルミニウム製ロッドをマルチワイヤから取り外すことにより設置を完了した。

4. おわりに

長さ 3000 mm 程度、幅 110 mm、厚さ 0.5 mm 程度のマルチワイヤを 2 個製作し、これらを真空ダクト上下に設置して、補正コイルとして機能するようにした。この製作したマルチワイヤ補正コイルを励磁することにより、電子ビーム寿命が大幅に改善されることが確認された。また、アンジュレータマグネットとマルチワイヤをそれぞれ励磁した 2 つの条件で、電子ビームの位置とチューンシフトの関係を調べ、両者を比較することにより設置精度の確認を行った。その結果、0.5 mm 程度の精度で設置できていることがわかった。今後、マルチワイヤを励磁するための電源制御装置の導入と諸調整を経て、ユーザー利用時に稼働される予定である。

5. 謝辞

この製作と設置にあたり、UVSOR の林技術職員、禿子技術支援員、装置開発室メンバーの協力を得て行うことができた。ここに深く感謝の意を表す。



図 5 設置作業の様子

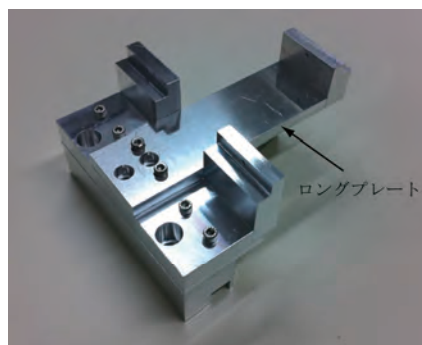


図 6 位置決め治具

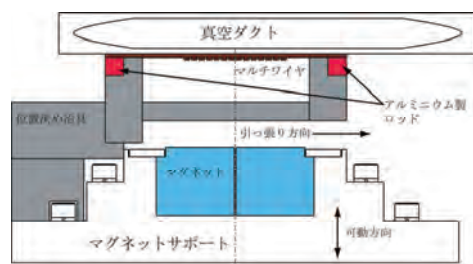


図 7 位置決め治具の設置図

一軸試料ステージのばね機構の製作

矢野隆行

1. はじめに

本課題は、東京大学物性研究所との施設利用（課題名：固体表面反応の in-situ 赤外吸収分光もための片持ち梁型試料ホルダーの製作）として採択された課題である。シリコンなどの固体表面で原子・分子が反応し化学結合を形成すると微小な歪みを発生することがわかっており、その発生する歪みをリアルタイムに精密測定すること、および予め外部から力を加えて反応の制御をめざす試料ホルダーが提案された。外力を加える方法としては片持ち梁型の構造を採用することになり、高温対応でしかも熱膨張が少なく非常にコンパクトなばね機構が必要となった。ここでは一軸試料ステージのばね機構の製作に関して報告する。

2. ばね機構の構造と材質

今回使用する材料は、スーパーインバーである。鉄63%、ニッケル32%、コバルト5%で構成されており、鉄と比較して熱膨張係数が約100分の1と非常に小さいのが特徴である。

この材料を用いてコイルばねを参考に図1に示すような形状でステージを移動させる構造をとった。中央のステージ部分をなるべく平行に移動させるため、ばねの接続部分はステージを中心に点対象とした。また加工方法は、ばね構造のばねとばねの間隔が1.2mmでばねの厚さが0.6mm、幅が9mmとなり切削加工を行うためには直径1.2mm以下刃長9mm以上の刃物が必要となり加工も困難で、さらに通常の切削加工では加工歪の影響が懸念されるためワイヤ放電加工を選択した。

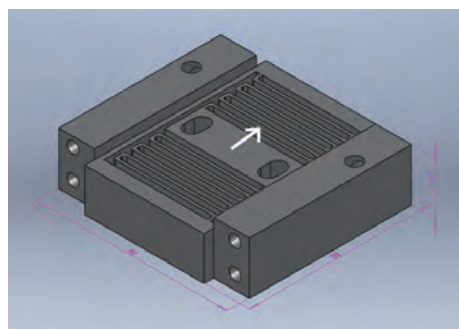


図1 解析対象のステージ部品

3. 製作上の問題点

製作上の問題点は、使用するばね構造がコイル型ではないため、ばね定数などの算出が困難であり、どのような構造にするとどのぐらいの強さのばねになるか、というのが考えにくいことである。そこで実際に設計・製作したばね構造を使って実験を行い、ばね定数と変位量を求めた。また3次元CAD SolidWorksにバンドルされている設計・製造支援ツールSimulationXpressを使って構造解析を行い、2つの結果を比較し、その信頼性を検討することにした。なお、スーパーインバーは非常に高価でサイズによっては入手が困難なものであるため、この実験にはステンレス（SUS304）を使用した。

4. 実験方法

実験は、図2に示すようなばね構造にアルミニウム合金製のアングルを取り付け、その上に分銅を乗せ、電気マイクロメータで変位を計測した。結果を図3に示す。

5. 実験結果

構造解析ソフトウェアでは、図1の中央部分に位置する可動部分に1.2Nの力を矢印方向に加え、この部分の変位量を計算した。結果を図4に示す（ただし、変形のスケールは70



図2 実験方法

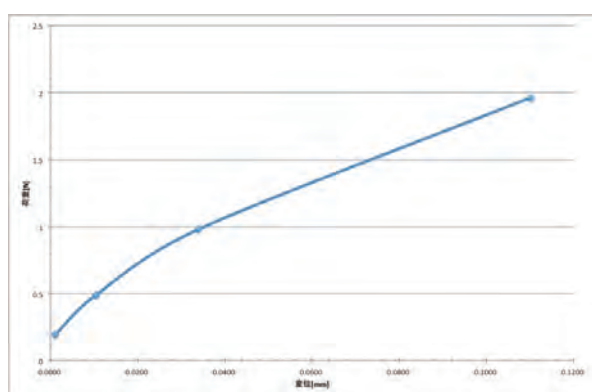


図 3 ばね構造の変位量と荷重の関係

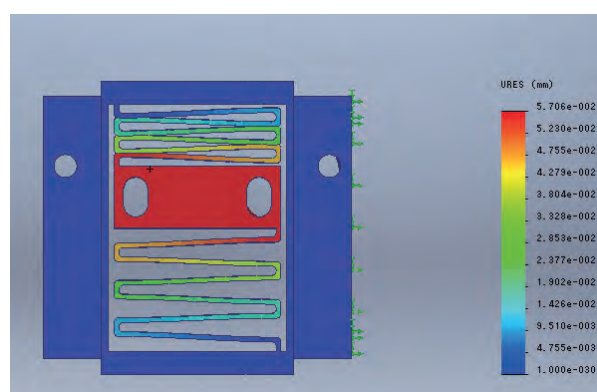


図 4 構造解析ソフトウェアによる結果

倍に拡大した)。

実験の結果、今回製作したばねのばね定数は 約 20N/mm となり、1.2N の荷重をかけたとき変位量は、0.06mm となる。またコンピュータでの構造解析の結果から同量の荷重をかけた場合、可動部分の変位量は 0.05706mm と算出された。

この 2 つの結果は実験での様々な誤差等を考慮すると妥当であり、その信頼性は充分であると考えた。

次に実際に使用するスーパーインバーの物性値を入力して構造解析を行った。計算結果を図 5 に示す。これにより 1.2N の荷重をかけたとき変位量は、0.04019mm となった。これによりスーパーインバー製のばね定数は 29.858N/mm と算出された。今回このばねに力を加える New Focus 製のピコモーター (Model 8301-UHV) は、最大出力が 22N であるので、最大移動量として 0.737mm が期待できることになる。

6. まとめと今後の課題

今回限られた空間にばね構造を持った分光用一軸ステージを製作するため、構造解析ソフトウェアを使用して形状を検討した。またシミュレーション結果の妥当性を検討するため、テスト用の実機を製作し、実際の動きを検証した。これにより、低熱膨張材料を使用した非常にコンパクトなばね構造を製作することができた。

しかし、今回使用した構造解析ソフトウェアは、解析方法にかなりの機能制限があり、部品単位での解析作業しか行えなかった。次回はより高度な解析を行える ANSYS Design Space によって解析を行い、装置全体の構造解析を行う予定である。

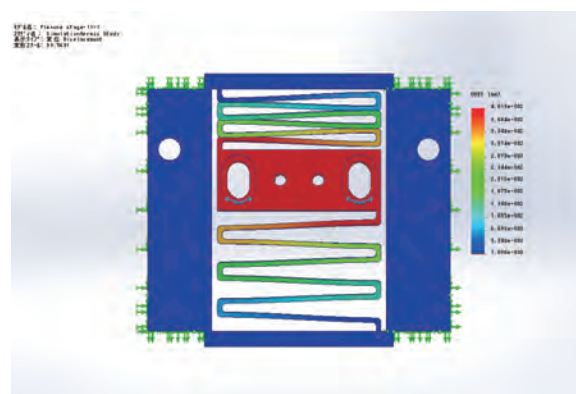


図 5 構造解析ソフトウェアによる結果 (スーパーインバー)

CPLD を用いた NMR 用 2 チャンネル高速高分解能 A/D ボードの製作

豊田朋範

はじめに

NMR の原理は、強磁場中の試料に RF パルス波を照射し、共鳴した原子核が放出した運動エネルギーを FID(Free Induction Decay: 自由誘導減衰)信号として受信することである。FID 信号はフーリエ変換などの演算を行うため、最終的には PC に取り込む。

FID 信号は微弱で様々な周波数成分が混在する信号であるため、高速高分解能で差動入力タイプの A/D 変換器が必要である。また、FID 信号は A/D 変換前に位相敏感検波器でコサイン成分とサイン成分に分離するため、A/D 変換器は 2 チャンネル必要である。

今回は北海道大学大学院理学研究院の河本充司准教授らと共同で、CPLD を用いて 2 つの高速高分解能 A/D 変換器の信号制御を行う A/D ボードを製作した。CPLD の回路構築には Xilinx 社の ISE Webpack を、ハードウェア記述言語は VHDL を用いた。

1. 回路構成

今回製作した A/D ボードの全体像を図 1 に示す。

A/D 変換器は Analog Devices 社の 1.5MSPS(Normal Mode 時)、18bit 分解能で差動入力の AD7641BSTZ を用いた。高速な A/D 変換にはパイプライン型が適しているが、NMR では DC レベルから広範囲の周波数を対象にした高精度の A/D 変換が求められることと、A/D 変換の周期が測定対象によって異なることから、逐次変換型のものを使用した。

CPLD は Xilinx 社の XC9572XL-VQ64-7C を用いた。内蔵するマクロセルは 72 個と現在のプログラマブルデバイスの中では小規模であるが、マクロセルを多く消費する演算回路や多段カウンタが少ないため、今回の用途には十分である。

ブロック図を図 2 に示す。

CPLD は 100MHz 水晶発振器で駆動して、2 個の A/D 変換器を同時に制御する。

A/D 変換器は CNVST 入力を 'L' にすることで A/D 変換が開始され、A/D 変換中は BUSY 出力が 'H' となる。A/D 変換が完了すると BUSY が 'L' となって、データ読み出しが可能になる。CNVST 入力のパルス幅は最小 15nsec で最大 70nsec、BUSY 出力が 'H' の時間、すなわち A/D 変換時間は最大 520nsec である。

A/D 変換器は 2bit の MODE 入力により、データの出力形式を 18bit 平行、16bit × 2 組(後半の 16bit は上位 14bit が '0')、8bit × 3 組(最後の 8bit は下位 6bit が '0')、シリアル の 4 つから選ぶことが出来る。今回は配線を減らすことと変換速度の向上を両立させるために、8bit × 3 組の出力形式とした。この時、3 組のデータの切り替えは、2bit のセクタ入力信号 A0, A1 で行う。

2 つの A/D 変換器からの 8bit データは CPLD を介して 40pin の出力コネクタに集約される。クロストークや外部ノイズの影響を抑えるため、片側 20pin を全て GND にすることで、フラットケーブル接続時に信号線と GND が交互に並ぶようにした。残りの 20pin には、2 バイト

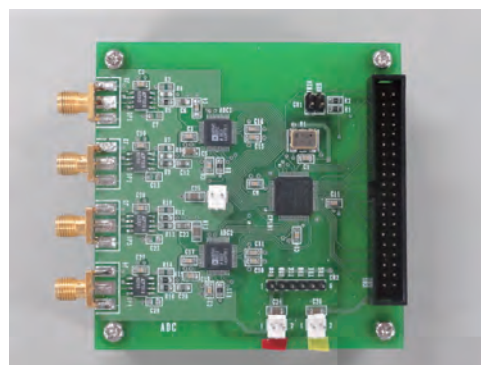


図 1：製作した A/D ボードの全体像

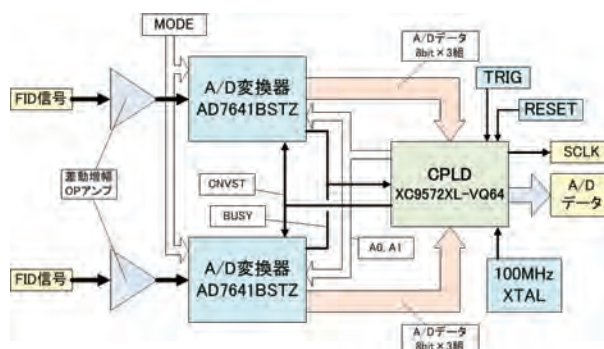


図 2：製作した A/D ボードのブロック図

のデータと、データ読み取り用の同期クロック SCLK を接続した。PC などの外部機器は SCLK の立下りエッジで A/D データを読み取る。

2.CPLD による A/D 変換器のシーケンス制御信号の構築

A/D 変換器の 8bit×3 組のデータ出力シーケンスを図 3 に示す。最大 1.5MSPS の変換速度に近づけるには、BUSY 出力が'H'→'L'になってからのデータ読み出し時間である A0,A1 の保持時間を不必要に長くしないことが必要である。また、A0,A1 の切り替え後最大 20nsec のセトリングタイムが存在するため、この期間は待機することもある必要である。

このようなシーケンス制御を VHDL で構成するには、図 4 のような状態遷移図を描いて、それに基づいてステートマシンを構成するのが適切である。

まず、電源を投入するか RESET 入力を'L'にすると'INIT'で制御信号を初期化する。A0 と A1 は共に'L'になる。次に外部トリガ信号 TRIG が'L'になるまで'WAIT_T'で待機する。

TRIG 入力が'L'になると、CNVST 信号を生成して 2 つの A/D 変換器の BUSY 出力が'H'になるまで'WAIT_BH'で待機し、2 つの BUSY 出力が'L'になるまで'WAIT_BL'で待機する。

ここからデータを順次選択・転送する。最初は A0=A1='L'なので上位 2 バイトが選択されている。READ_H1'で SCLK を'H'にして 20nsec 待機する。続いて'READ_H2'で SCLK を'L'にして 20nsec 待機する。この過程で SCLK が'H'→'L'と変化するので、SCLK の立下りでデータを読み取れば安定したデータを読み取れる。

続いて'SET_A1'で A0='H'、A1='L'として中間 2 バイトを選択し、'READ_M1'と'READ_M2'で上位 2 バイトと同様の手順で SCLK を'H'→'L'としてデータを出力する。最後に'SET_A2'で A0='H'、A1='H'として下位 2 バイトを選択し、'READ_L1'と'READ_L2'でやはり同様の手順でデータを出力する。

20nsec 待機した後 A0=A1='L'とし、'WAIT_BH'に戻って A/D 変換とデータ出力を繰り返す。

構築したシーケンス制御による A/D 変換速度は 750nsec≒1.33MSPS となった。また、CPLD のマクロセル使用率は 84%となった。

まとめ

CPLD を用いることで、高速かつ安定した時間間隔で遷移するシーケンス制御回路を構築できた。今後もプログラマブルデバイスと VHDL を用いたデジタル回路の幅を広げていく所存である。

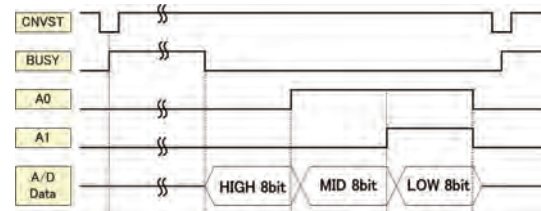


図 3 : AD7641BSTZ の A/D 変換・8bit×3 組データ出力シーケンス

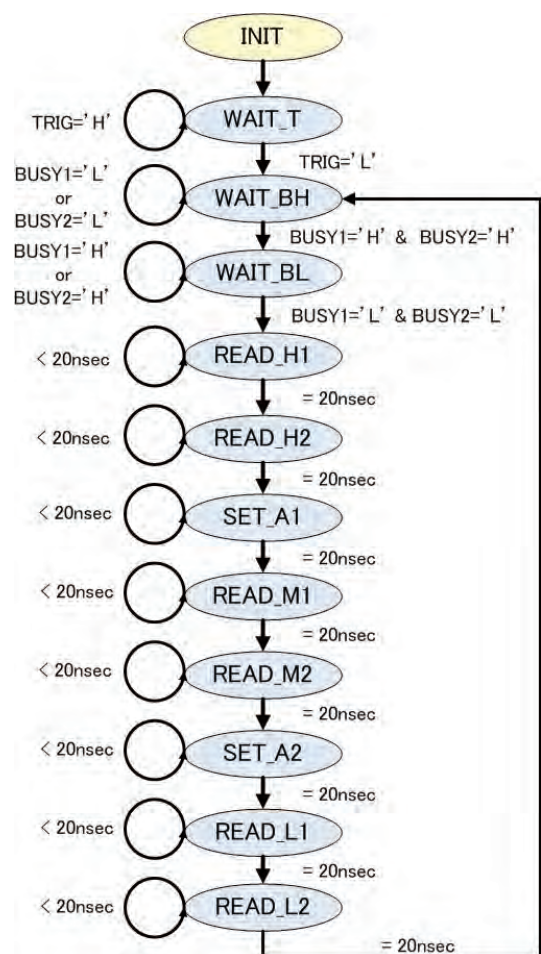


図 4 : AD7641BSTZ 制御の状態遷移図

フォトリソグラフィーによるマイクロ流路ミキサーの製作

高田 紀子

1. はじめに

今年は、分子科学研究所 生体分子情報研究部門 木村助教から製作依頼を受けて、2液混合のマイクロ流路ミキサーの製作を行った。マイクロ流路ミキサーとは、2種類の溶液をマイクロ流路内で混合させ、混合による化学反応や物質の構造変化を調べるのに利用される。マイクロスケールであることの利点として、少量のサンプルで、かつ迅速に実験ができることを挙げられる。

2. マイクロ流路ミキサーの構造

マイクロ流路ミキサーの構造を図1に示す。 $\phi 2\text{mm}$ の穴からAとBの溶液をそれぞれ注入することで、幅 $10\mu\text{m}$ 、長さ $50\mu\text{m}$ の混合部分で拡散による混合が起こる。そして、次の幅 $50\mu\text{m}$ 、長さ 10mm の観察部分で顕微鏡観察を行うものである。

マイクロ流路では、ほとんどの場合溶液は層流で流れるため、溶液の混合は拡散によってのみ起こるとされている。このことから、十分な混合を行うためには混合部分の幅は小さい方が望ましく、今回は $10\mu\text{m}$ で製作を行っている。また、混合の後、蛍光顕微鏡で観察を行うため、蛍光強度を上げる必要があり、流路の深さは $50\mu\text{m}$ を目標値とした。また、顕微鏡観察用に、目盛を $25\mu\text{m}$ ごとに、また数字を $100\mu\text{m}$ ごとに記している。

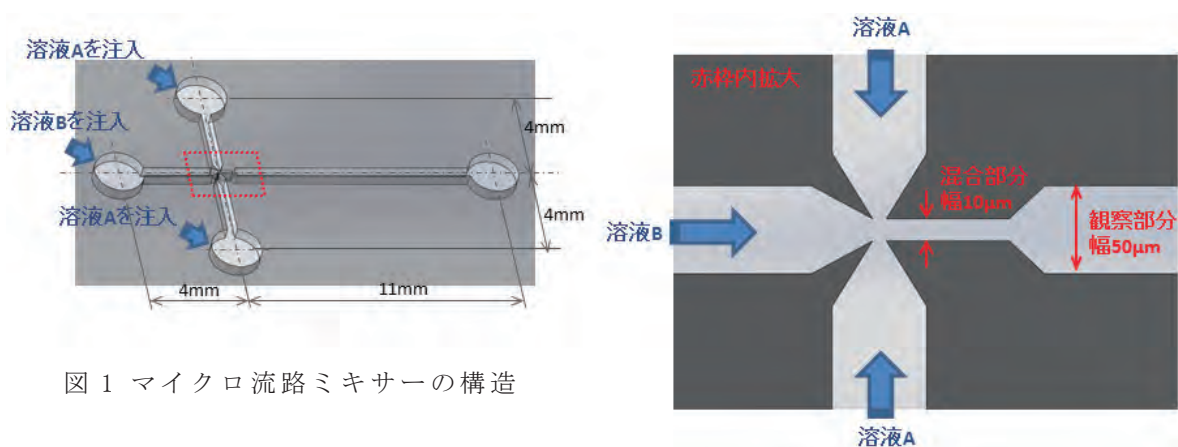


図1 マイクロ流路ミキサーの構造

3. マイクロ流路ミキサーの製作方法

製作方法を図2に示す。工程は大きく分けて次の(1)～(3)の3つである。まず、(1)シリコン基板上に均一に塗布したレジストに対して、フォトリソマスクを介して紫外線を照射し、その後現像液に浸けて未照射部分を溶解することで、レジストパターンを製作する。次に、(2)PDMSと呼ばれるゲル状の液体をレジストパターンに流し込み、硬化させることで型をとる。そして、(3)型をとったPDMSとガラスを O_2 プラズマ処理により永久接着し、さらに溶液を流し込むためのコネクタを接着して完成である。今回は一通り(3)まで行い、不十分な点はいくつか残ったが、納品まで行うことができた。

各工程において実験条件や手順を考える必要があったが、特に(1)のレジストパターンの製作については詳細な条件検討が必要だったため、その最適化に最も多く時間を要した。ここではその内容について報告する。

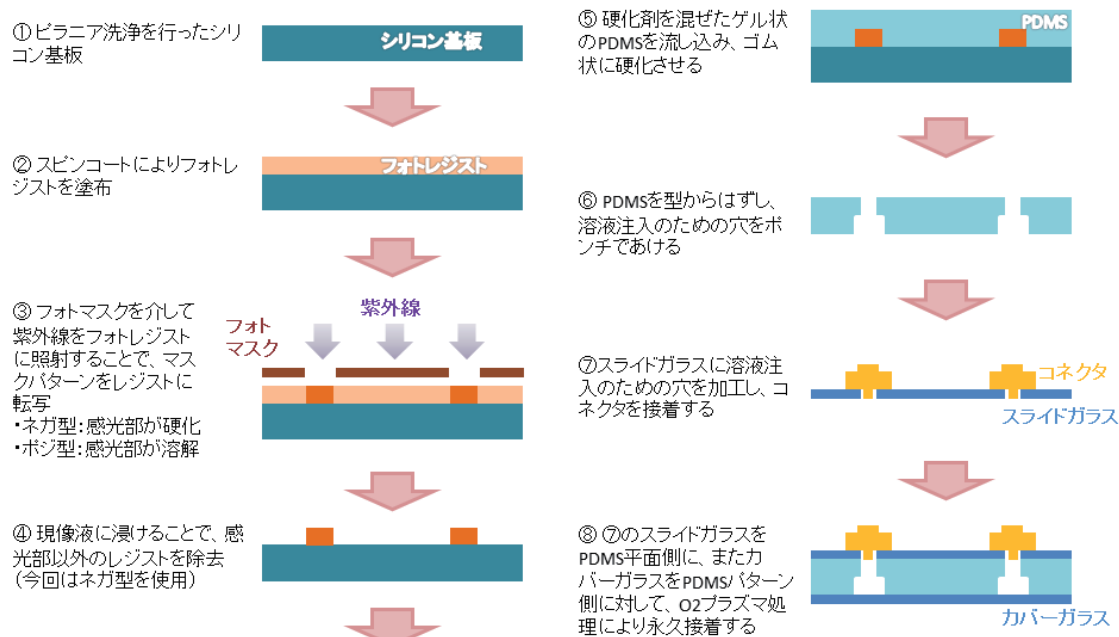


図2 マイクロ流路ミキサーの製作工程

4. フォトリソグラフィーにおける実験条件の検討と実験結果

精度の良いレジストパターンを製作するためには、レジストを均一に塗布することが必要である。しかし、スピコートを用いて塗布すると、表面張力の影響で基板の端の部分でレジストが盛り上がるエッジビードという現象が起こる(図3)。エッジビードがある状態のまま露光を行うと、光の回折の影響でパターンの形状や寸法の精度が悪くなる。実際どの位置に、どの程度の高さのエッジビードが生じているのかを把握するため、レジストを塗布した基板を切断し断面を顕微鏡観察することで、膜厚分布を確認した(図4)。その際レジストの膜厚は、 $20\mu\text{m}$ 、 $30\mu\text{m}$ 、 $40\mu\text{m}$ 、 $50\mu\text{m}$ となるように、スピコートの回転数と回転時間を調整した。その結果、いずれの膜厚においても、基板中心からの距離が 15mm の辺りからエッジビードが生じ、レジストの膜厚が厚いほどエッジビードの高さは高いことが分かった。例えば、膜厚 $50\mu\text{m}$ に関しては、最高で $130\mu\text{m}$ の高さのエッジビードが生じている。エッジビードを除去するには試薬で余分なレジストを溶解する方法があるが、試薬の滴下量や滴下位置などのノウハウが必要となるため、今回は単純にシリコ



図3 スピコートでレジストを塗布した基板の写真。基板の端の部分でレジストが盛り上がって付いていることが分かる(エッジビード)。

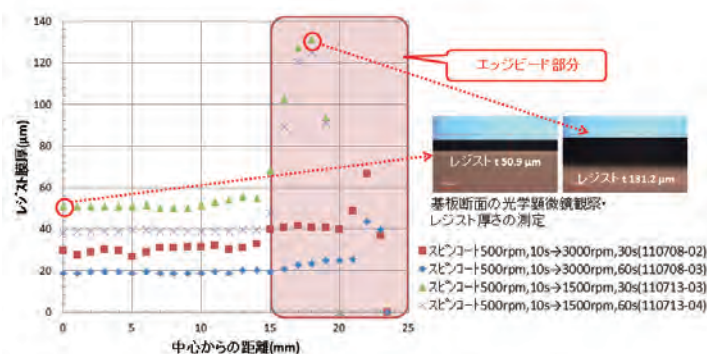


図4 フォトレジストの膜厚分布

ン基板ごとダイヤモンドで切断することで、エッジビードの除去を行った。

エッジビード除去の効果を図 4 に示す。エッジビードを除去していない場合、幅 $10\mu\text{m}$ 間隔のラインアンドスペースのマスクパターンが、レジストパターンでは幅 $14.3\mu\text{m}$ まで広がっていることが分かる。また、幅 $4\mu\text{m}$ の流路構造に関しては幅 $12.1\mu\text{m}$ まで広がり、さらにパターンの縁がギザギザになっている部分が多く見られた。それに対してエッジビードを除去した場合には、パターンの広がりが、 $9.7\mu\text{m}$ から $12.9\mu\text{m}$ と完全ではないが抑えられ、また、縁のギザギザもほとんど見られなくなった。その他にも、塗布したレジストの乾燥条件の検討やフォトマスクの洗浄を行うなどして、レジスト高さ $50\mu\text{m}$ に対して、幅 $10\mu\text{m}$ の混合部分を製作することができた。

5. 今後の予定

製作したレジストパターンから型をとった PDMS をガラスと接着する際、これらの間にゴミや空気が入ることによって接着が不十分な箇所をいくつか確認している（図 5）。これらは、実験で溶液を注入した際に液漏れを起こす原因となるため、今後対策が必要である。

また、今回は入口側が 3 本の流路パターンであるが、混合を開始するタイミングを調整するため、次回は 5 本の流路パターンの製作に取り組む予定である。

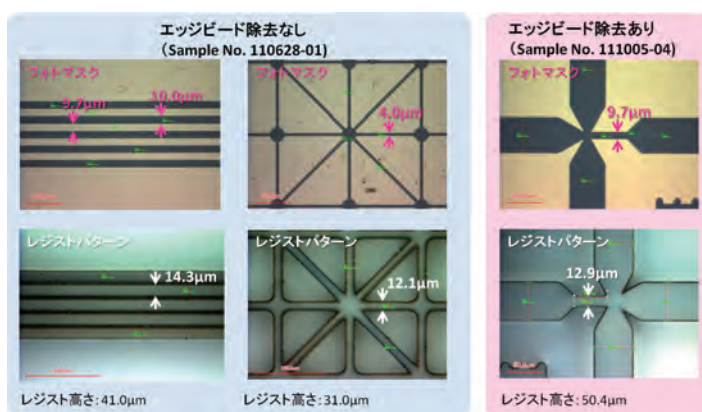


図 5 レジストパターンに対するエッジビード除去の影響

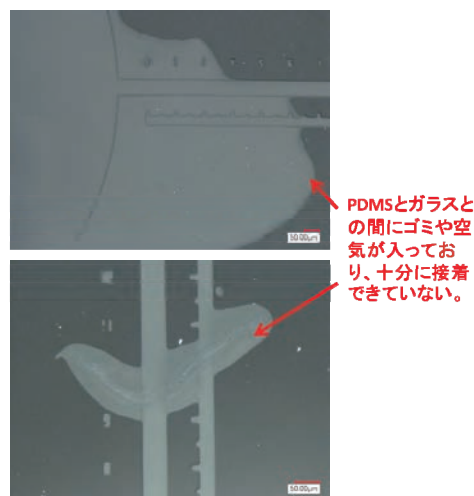


図 6 PDMS とガラスとの間における接着が不十分な部分

CMOS オペアンプ集積回路の評価試験 及び機能性回路(デジアナ混在 LSI)の設計

内山 功一

はじめに

昨年度エレクトロニクスセクションでは、VDEC(東京大学大規模集積システム設計教育研究センター)の試作サービスを利用して CMOS アナログ LSI の試作を行った。LSI の設計環境の構築から第 1 回の試作までの報告は、Annual Report 2010 に掲載しているのでそちらを参照されたい。今年度の LSI 設計を行うにあたり、前回試作した LSI の評価試験を行った。この試験結果を元に、問題点の解決や性能の改善案を検討し 2 回目の LSI 試作設計を行った。そこで今回行った評価試験の結果と、今年度製作した CMOS アナログ LSI の設計について報告する。

第 1 回試作 LSI の仕様

試作した LSI の仕様を表 1 に示す。試作 LSI は特性の異なる 3 種類の差動入力オペアンプを 5 個ずつ(1 種類のみ 10 個)の計 20 個集積している。また、位相補償用のコンデンサとして内部に MIM キャパシタを用意しているため外付けする必要が無い。また、入出力用のパッドにはクランプダイオードを接続し、ESD 対策用の保護回路としている。

	アンプ 1	アンプ 2	アンプ 3
ゲイン(dB)	20	40	60
帯域幅(KHz)	2700	900	120

※電源電圧：3.3V、バイアス電源：1.65V

表 1. 第 1 回試作 LSI 仕様

評価試験

評価試験を行う前に、LSI の動作確認をするためにオシロスコープによる波形観測を行った。テスト基板を用いて 20dB、40dB、60dB のオペアンプから 1 回路ずつ抽出して動作確認を行った。最初は出力波形が歪んだり電源電圧近くまで振り切れたり正しい動作が得られなかった。この原因は、適正なバイアス電圧や入力信号を加えていなかったことであつた。試験に用いた発振器を確認したところ、出力振幅は最小で $50\text{mV}_{\text{P-P}}$ であつたため、60dB のアンプに通すと出力が飽和してしまい波形が歪んでしまう。このため、減衰率 34dB のアッテネータで入力信号レベルを $1/50$ にした。また、バイアス電圧源も安定度の高い基準電源 IC を用いて製作した。これらの回路は、テスト用回路基板として製作を行った(写真 1)。この基板を用いて再度行った動作試験で得られた波形図を図 1 に示す。紙面の都合により 20dB のオペアンプの動作波形のみであるが、 $10\text{mV}_{\text{P-P}}$ の入力に対して 10 倍の $100\text{mV}_{\text{P-P}}$ の出力波形が観測された。同様に 3 種類の回路全ての波形観測を行い、アンプとして正しく動作していることを確認した。

オペアンプの動作確認ができたので、続いて評価試験を行った。評価試験は、周波数特性と DC 特性の測定を行った。周波数特性の測定結果は、DC ゲイン/帯域幅の表記でそれぞれ、22dB / 470KHz、40dB / 150KHz、62dB / 30KHz となり設計仕様と比べて帯域幅がかなり低減していることがわかった。その原因は、測定に用いた同軸ケーブルの寄生容量(約 100pF)が過大な容量負荷となっていると考え、シミュレーションにて

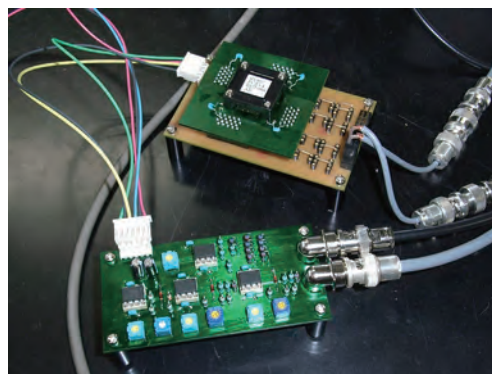
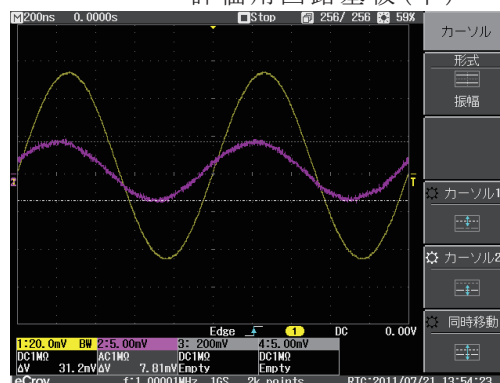
写真 1. LSI テスト基板(上)
評価用回路基板(下)

図 1. 20dB オペアンプ波形図

検証を行った。シミュレーションの結果は、評価試験とほぼ同じ周波数特性となった。これにより帯域幅が低下している原因が特定できた。次に DC 特性の結果を図2に示す。図右に示すように MOSFET のスイッチング動作からしきい値電圧を境に出力が急峻に反転するような結果が得られるはずである。しかし、20dB のオペアンプについては測定結果に異常が見られた。これは設計時に行った MOSFET のパラメータの最適化において、回路を構成する MOSFET のゲートサイズ比を考慮しなかったためであると推測される。この問題を解決するためには、MOSFET のゲートサイズ比を式 1 に示した条件式のように設定し、オペアンプ中の各トランジスタを正しく飽和領域で動作させる必要がある。

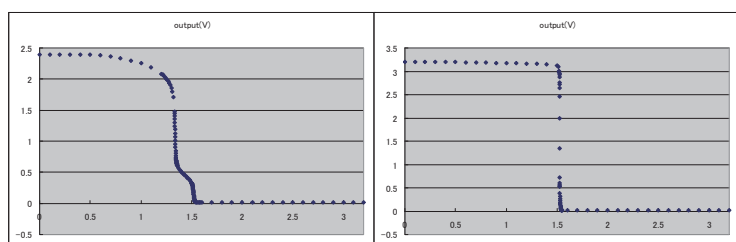


図 2. 左 : DC 特性 (20dB)、右 : DC 特性 (40dB)

2011 年度の LSI 試作設計

評価試験の結果を踏まえ、今年度は特性の異なる2種類のアンプを設計した。どちらのアンプも、同軸ケーブルなどの数百 pF の容量性負荷にも対応できるように、出力段のドライブ能力を強化した。また、外部電源として 3.3V を接続すれば動作可能のように、バイアス電源回路の設計も行った。また、インバータや NAND のデジタルゲート回路の設計も行い、それらとアンプを組み合わせた三角波発振器の設計も行った。

今回設計したアンプの回路図を図 3 に示す。1 つめのアンプは位相補償用のキャパシタを内蔵し、DC ゲイン 73dB、帯域幅 12KHz の特性である。こちらは位相余裕が 72 度確保され、ユニティゲインまで安定に負帰還動作させることが可能である。もう 1 つは外部に位相補償キャパシタを取り付ける DC ゲイン 72dB、帯域幅 400KHz の特性である。こちらは位相補償キャパシタを接続しない状態では位相余裕が 17.5 度しかない。そのため外部に 20pF のキャパシタを接続するのだが、この場合でも位相余裕は 50 度しか確保できないので少々安定度に問題が残る。また、この場合帯域幅も減少し 92KHz となるが、前出のアンプよりも若干高い周波数まで使用可能である。今回設計したアンプも前回と同様の差動入力アンプである。評価試験で問題になった容量性負荷のドライブ能力不足は、アンプの出力段に使用する MOSFET の個数を増加することで対応している。また、アンプの DC 特性を改善するため、上述の条件式を満たすように各 MOSFET のゲートサイズを設計した。

次にバイアス電源の回路図を図 4 に示す。今回設計したバイアス電源は帰還回路によって安定化されており、シミュレーション上では変動率が 0.014% に収まっていることを確認している。

また、今回は機能回路の組み込み例として三角波発振器の設計を行った。三角波発振器は、RC による積分回路、アンプで構成した三角波の振幅の上限下限を判別する比較回路(コンパレータ)、積分回路の充放電を行う FET スイッチ回路の組み合わせにより構成されている。比較回路で使用するインバータおよび NAND ゲートの回路図を図 5 および図 6 に示す。これらは三角波発振器だけではなく、それぞれ単体で評価試験を行えるように入出力用のパッドに接続した素子も設計している。次にアンプ

$$\frac{\text{出力段のPMOS}}{\text{カレントミラーのPMOS}} = 2 \frac{\text{出力段のNMOS}}{\text{テイル電流源のNMOS}}$$

式 1. 飽和領域で動作させるための MOSFET のゲートサイズ比

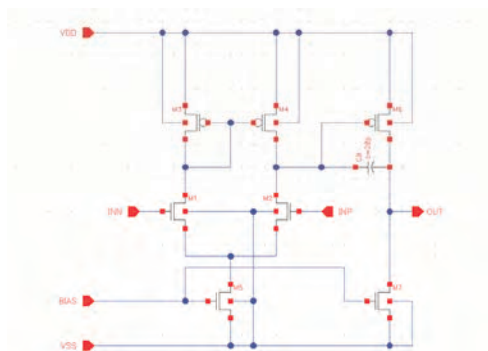


図 3. オペアンプ回路図

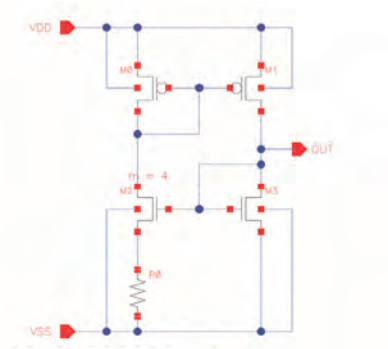


図 4. バイアス電源回路図

ンプ回路と論理ゲートを組み合わせた三角波発振器の回路図を図 7 に示す。この発振器は発信周波数 308KHz の三角波と方形波を出力することができる。

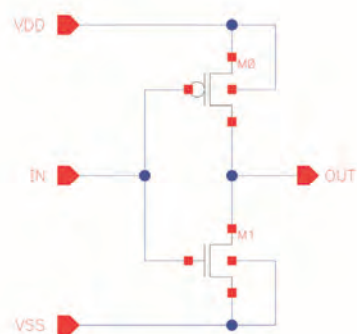


図 5. インバータ回路図

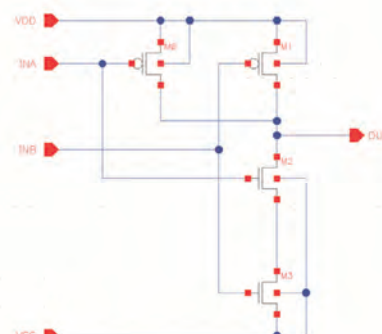


図 6. NAND ゲート回路図

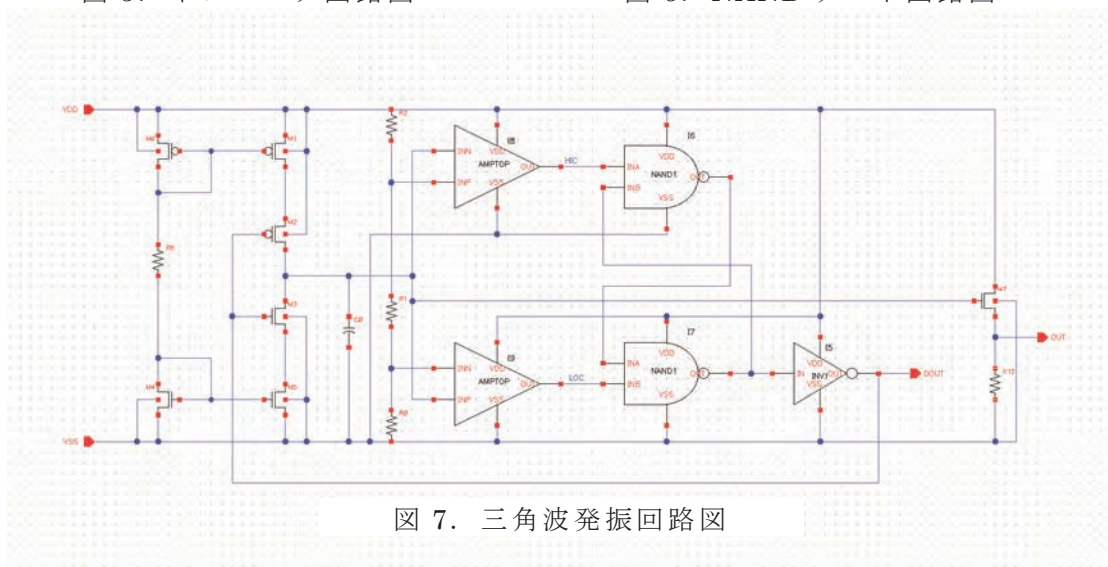


図 7. 三角波発振回路図

おわりに

今回設計した LSI のレイアウト図を図 8 に示す。機能回路として三角波発振器を組み込んだことによりデジタル回路とアナログ回路が混在することとなったが、時間的制約から回路の分離を考慮せずにレイアウトを行っている。これによりアナログ回路の動作になんらかの悪影響を及ぼすのではないかと想定される。LVS や DRC などのルールチェックにおいては、前回のレイアウト設計の経験が生かされ、今回の設計ではエラーの対処を的確に行うことができた。今回最も問題となったのは、データ提出時に提出用 web サイトのスクリプトエラーによりデータが提出できなかったことである。提出期限間際でこの問題が起きたため、最悪試作工程に入れない恐れがあった。提出用データに何らかの不具合があると考え再度データ出力を行ったところ、Stream Out でエラーメッセージが確認された。エラー内容への対応方法がわからなかったため、VDEC のメーリングリストに質問することで迅速に解決方法を知ることができた。原因は、デフォルト設定されていた Stream Out と提出用 web サイトのバージョンが異なるためであった。Stream Out のバージョンを変更して出力したところ、無事にデータの提出を行うことができた。今回設計した LSI は昨年末に完成し、1 月早々に納品された。この LSI は、今年度中に評価試験を行う予定である。

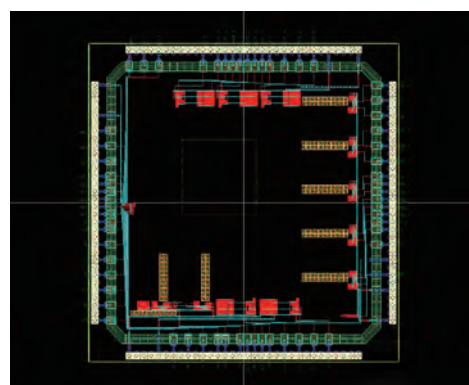
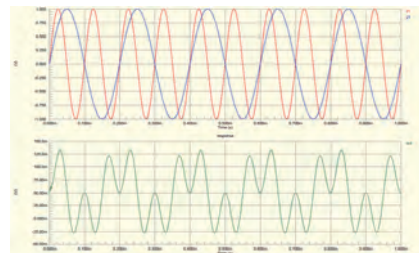
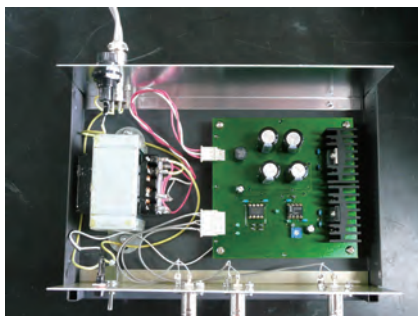


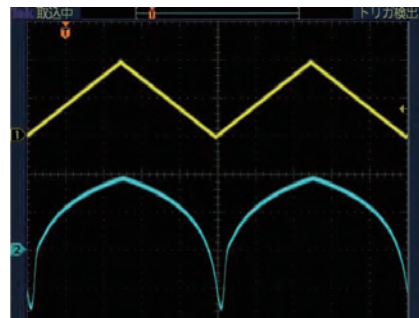
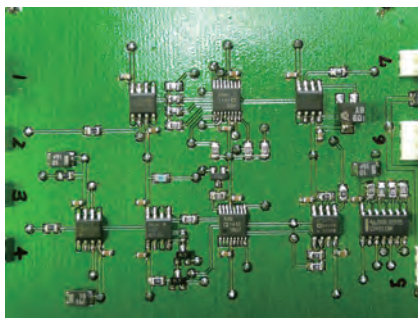
図 8. LSI レイアウト図

ダブルバランスドミキサー回路



AD633 (Analog Devices) アナログ乗算器を使用した DBM 回路
2つの入力信号 f_1, f_2 の和周波と差周波 ($f_1 \pm f_2$) 信号を出力

STM 用プリアンプと LOG アンプ



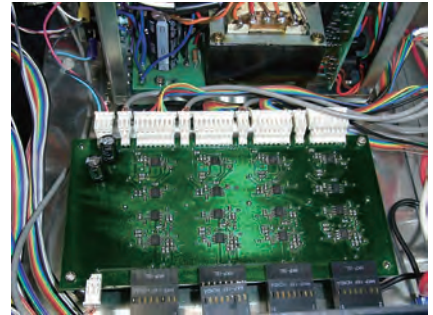
LOG101 (Texas Instruments) 対数アンプを使用した STM 用信号処理回路
IV 変換部ゲイン: 0.1 [V/nA] 、非反転アンプゲイン: $0\text{dB}, 20\text{dB}, 40\text{dB}$
LOG アンプ: $V_{\text{out}} = \text{LOG} ((V_{\text{in}} \text{ [V]} / 10\text{K} [\Omega]) / 1 \text{ [uA]})$

高圧電源ユニット



2 チャンネル 3KV 高圧電源
出力電圧: $0\sim 3\text{KV}$, 出力電流: $0\sim 1\text{mA}$

4ch 素子用 Patch clamp amplifier + Capacitor compensator



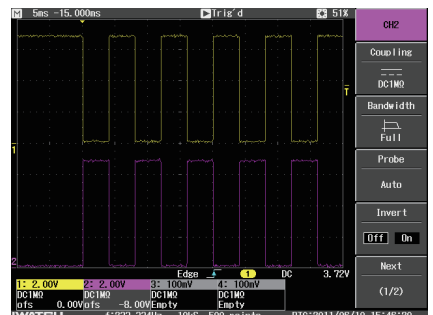
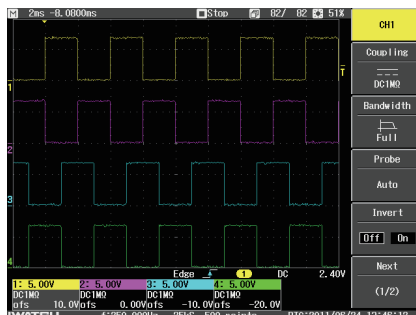
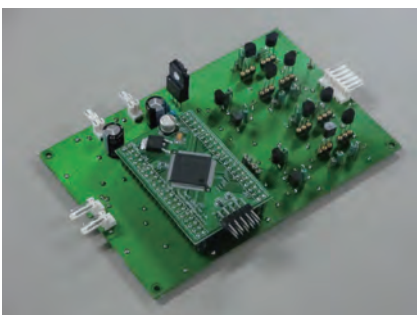
パッチクランプ法による細胞膜電流測定用のプリアンプ回路とコントローラ
4チャンネルのプリアンプを1倍、10倍、100倍の3段階で独立に増幅
入力容量を補償するための容量補償回路をコントローラに内蔵

顕微鏡用探針作製回路



STM 用探針を電解研磨によって作製する回路
探針形状が電源の安定度に依存するため単1型乾電池10本で供給している
電解研磨が過剰に進行するのを防止するため警告用ブザーを内蔵

アクチュエータドライバ



分光器のアクチュエータを駆動するドライバ回路
パルス入力と外部トリガ入力により、正転／逆転のパルス列を出力する
CPLD(EPM570T100C5N)で構成したことにより、複雑な出力シーケンスの構築や高速応答が可能

高温対策用水冷ジャケット



サンプルを非常に高温にするため真空チャンバー本体の冷却方法が問題となった



既存のチャンバーやフランジ部品を二重構造にすることで冷却用の水路を確保した

顕微鏡用試料ホルダー



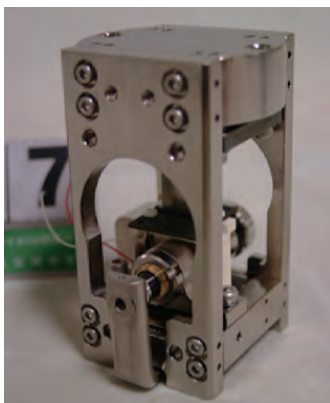
加熱機構を組み込んでいるため顕微鏡への試料移送と加熱処理が可能

蒸着器試作



超高真空中で使える高温（1800℃）で小型（15mm）の分子線蒸着器の試作品

施設利用（東京大学物性研究所）
分光用一軸試料ステージ



（詳細記事 22 ページ掲載）

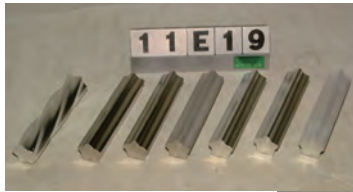
低熱膨張三軸ステージ



熱によるステージへの影響を抑えるためほとんどの部品をスーパーインバーで製作

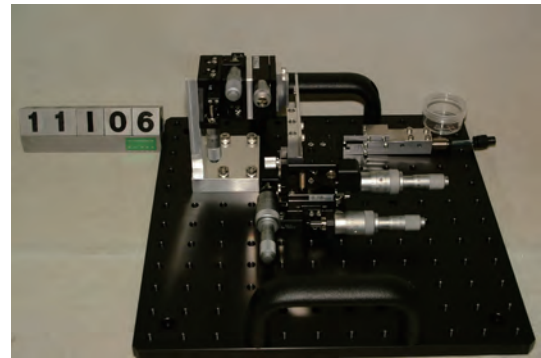
施設利用（生理学研究所）

LD レンズアライメントシステム



同型異種素材のサンプル

視覚と触覚の感覚統合による素材弁別のメカニズムを解明するのに使用する



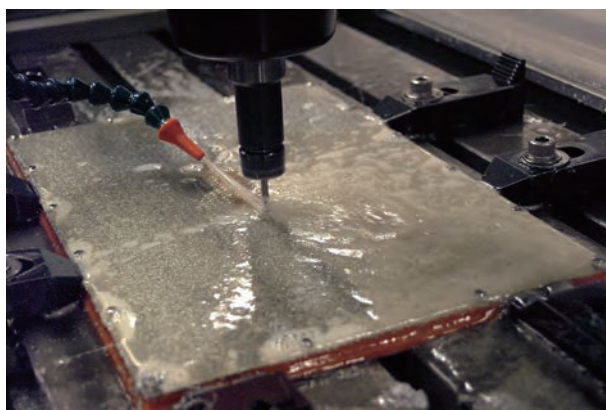
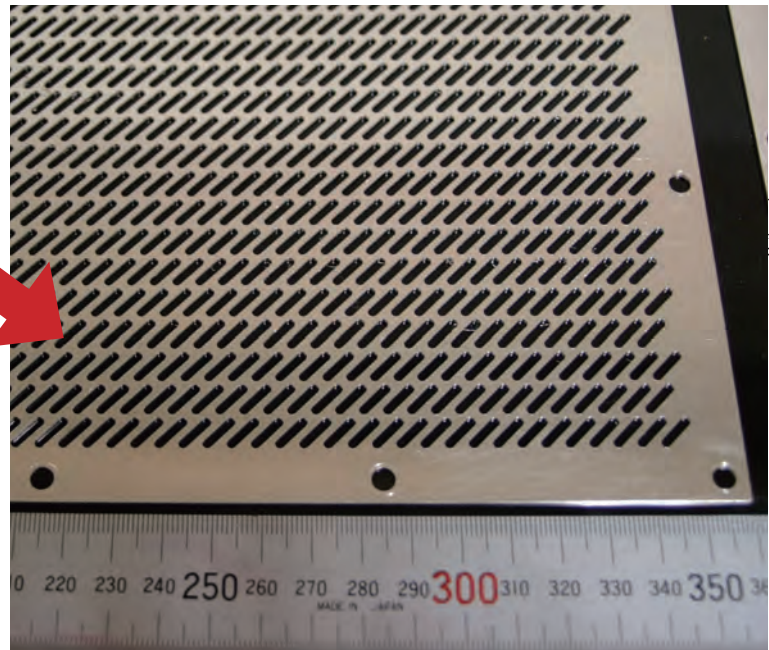
アライメントに必要な
6軸調整機構を装備している

マイクロ波 BS（ビームスプリッター）板の製作



← 三次元マイクロ波イメージング用ビームスプリッター

イメージングに必要な波形の感度を向上させるため
決まった角度を持った長穴を
多数配置している



NCフライスによる製作の様子

完成した BS 板



2011 年 工作依頼リスト

装置開発室の業務に所内からの依頼による装置製作がある。機械、電子回路、ガラスの各グループが 2011 年 1 月から 12 月までに受けた工作依頼のリストを以下に掲載する。リストは工作依頼書に記入された品名と管理のための伝票番号のみの記載とした。

このリストにあるすべての依頼製作品には記録写真があり保管されている。本レポートにすべての物を掲載できないが、抜粋し [写真](#) と付記された依頼品名について後のページに掲載した。また、17 年度より開始した「施設利用」による依頼工作には伝票番号に * 印を付けている。

機械グループ (267 件)

11A01	サンプル冷却ホルダー一式
11A02	マイナスイボ部品
11A03	水冷電極保温用フード
11A04	電極
11A05	フランジ加工、電流導入端子交換
11A06	結晶台
11A07	UV スペーサー
11A08	アダプタープレート、ビームスプリッター 固定用リングマウント
11A09	水冷ジャケット加工 写真
11A10	PDMS mold
11A11	Tsurupika Quick coupling Port Support
11A12	極細マイクロレーザーの設計製作
11A13	結晶ホルダー保管用ケース
11A14	Translation stage adapter
11A15	アイリスアダプタ
11A16	1チャンネルプラスチック用パッチクランプ素子
11A17	コイル支持台
11A18	直交用サンプルホルダー他
11A19	FTIR cell コンパートメント加工
11A20	φ 9 用結晶ホルダー
11A21	大 DAC 用ガスカート Φ 0.7
11A22	台板
11A23	アンジュレータ多極磁場補正用マルチワイヤー
11A24	レーザープローブ用アクリルロッド
11A25	調整ネジ改造 M 3 → M4
11A26	FRAC ケース
11B01	センサー支え板
11B02	LD 発光実験用パーツ
11B03	FRAC 用アダプター各種
11B04	透過法 EXAFS セル
11B05	顕微鏡下方光源 LED システム
11B06	EXAFS ステンレス棒
11B07	レンズアレイマウント
11B08	グローブボックス用ホットプレートカバー、トレー
11B09	ヒータ板のタップ加工
11B10	ロッドジョイント
11B11	フォトマル用アダプタ
11B12	レーザー結晶ホルダー
11B13	結晶ホルダーの追加工
11B14	すりガラスの分割
11B15	ドアフランジ修理
11B16	レトロリフレクター用フレーム
11B17	真空装置内固定器具
11B18	カスタム NW40 ブランクフランジ
11C01	カスタム ISO100-NW40 変換フランジ
11C02	モリブデン製試料押え
11C03	蒸着用金属板

11C04	ダイソル製シーラ用新 JIG 関連部品
11C05	FRAC 用ケース部品追加工
11C06	顕微鏡試料ホルダー調整 写真
11C07	Cu 蒸着マスク
11C08	イオンリペラー用ロッド
11C09	Rod
11C10	レーザー用カバー改造
11C11	干渉計 He-Ne レーザー入射用フランジ
11C12	モリブデンナット M2
11C13	面研磨用板 1 と 2
11C14	カートリッジヒーターホルダー
11C15	Q スイッチレーザーモジュール (改)
11C16	He-Ne レーザー用ホルダーマウント
11C17	水素ガス導入管
11C18	ヒートシンク輸送容器
11C19	レーザ Ver.4 電極 parts
11C20	Mo 試料ホルダー
11C21	レーザー用ブレッドボード
11C22	分光用一軸試料ステージの改良
11C23	EXAFS 用セル
11C24	キャスト用プレート
11D01	ソケット
11D02	楕円回転体面ミラー
11D03	Attachment
11D04	ステージ用アダプタ
11D05	制御装置前面パネル他
11D06	Attachment
11D07	ピエゾステージ用プレート
11D08	Rotation Holder A
11D09	ガイドセット
11D10	FTIR6100BS 用ケース
11D11	バイオセンサー出力ケーブルシールドボックス
11D12	1 LD 発光実験用ヒートシンク
11D13	水冷電極用電極
11D14	LIGA 金膜透過、熱影響試験用マスク
11D15	ステージ周辺部品改修
11D16	ヒートシンクリークテスト台
11D17	IO モニター
11D18	エアアダプタ
11D19	レトロミラーホルダ
11D20	アダプタープレート
11D21	LD 発光実験用パーツ Ver.2
11D22	レーザー天板改造
11D23	支持台用支柱
11D24 *	BS 試験板
11E01 *	マイクロ波 BS (ビームスプリッター) 板の製作 写真
11E02	物置台板

11E03	マイクロ流路ミキサー
11E04	PSD 取付リング加工
11E05	FTO (導電性ガラス) ホルダー
11E06	ピエゾステージ用マウントプレート
11E07	低熱膨張三軸ステージ [写真]
11E08	RF コンタクト
11E09 *	実物体ハンドル用ロッド [写真]
11E10	レーザープローブ用アクリルロッド
11E11 *	65GHz カットオフ導波管試験器
11E12	冷却用アルミブロック
11E13	トランスファーロッド修理
11E14	スパーサー
11E15	レーザー Ver.4(TOP マウント)
11E16	蛍光用 EXAFS セル
11E17	酸化亜鉛テンプレート用スタンプ
11F01	端子台固定プレート
11F02	PMT ホルダ
11F03	サンプルホルダー
11F04	制御装置前面パネル
11F05	バランス PD ケース
11F06	AL ボックス部品追加加工
11F07	二槽式セル用ホルダー
11F08	FTO ホルダー
11F09	真空仕切板
11F10	レーザー Ver.4 モデル用パーツ
11F11	ファイバーレーザー支持台
11F12	銅ワッシャー
11F13 *	マイクロ波 BS3A 試験板
11F14	ガス採集ボンベ
11F15	分子線源ユニット
11F16	NW25+SUS 管 1/4
11F17	UVSOR BL5U 用ホルダー 1 と 2
11F18	ロッド
11F19	NMR ネジ修正
11F20	ヒーターカップ
11F21	GM 冷凍機コールドヘッド周辺部品
11F22	レトロリフレクタ用フレーム
11F23	EXAFS 用セル
11F24	レーザー Ver.4 組立て装置
11F25	FARIS クライオヘッドねじ部修理
11F26	ホルダー受け
11F27 *	分光用一軸試料ステージの改良 2 [写真]
11F28	ピンホールおよびミラーアダプタ
11F29	アルミケース角穴加工
11F30	歯車加工
11F31	アルミフタ
11G01	スキマー他
11G02	分子線チャンバー再製
11G03	FAN PLATE
11G04	結晶位置合わせ部品
11G05	電極
11G06	マニホールド
11G07	AL 合金板の加工
11G08	φ 2-40 スキマー、φ 2-20 スキマー
11G09	サンプルホルダー一式
11G10	レーザーアライメント用プレート&マウント
11G11	レーザーカバー改造

11G12	サンプルホルダ A & B
11G13	レーザー蒸着装置サンプルホルダー等
11G14	レーザー蒸着装置架台
11G15	ベースプレート加工
11G16	スーパーインバー製ブレッドボード (30x30)
11G17	試料台 (18mm □ガラス基板用)
11G18	歯車加工
11G19	ブリュースター窓取付部品
11G20	保守用フランジ
11G21	アダプター各種
11G22	レーザー蒸着用チャンバー部品(ハッチ、シールド)
11G23	アダプター各種
11G24	蒸着用マスクの製作
11G25	XAFS セル Ver.3
11G26	固定用プラスチック板 (シリンジコネクタ)
11G27	FTIR VERTEX サンプルチャンバー窓
11G28	UVSOR 5U 用ホルダー
11G29 *	シリコンデバイス加工
11G30	ECLD 部品
11G31	冷却ユニット
11G32	ミラーマウント用リング
11H01	金属の板
11H02	干渉計用アクリル箱
11H03	ステージアダプタ
11H04	ECLD 部品
11H05 *	臨界電流測定用プローブ
11H06	浮力調整治具
11H07	BL7U サンプルホルダー
11H08	ミラーホルダー改造
11H09	BS ホルダー
11H10	ガス導入機
11H11	FTIR サンプル室用天窓
11H12	カンチレバー台用ステージ
11H13	ステンレス BA 管レーザーポート 1/4"
11H14 *	マイクロ波 BS5C 試験板
11H15	ハーメチックシールの溶接
11H16	FTIR 試料室天窓追加加工
11H17	拡散反射 IR 加熱用受皿
11I01	電子干渉増幅スリット
11I02	真空蒸着用部品
11I03	ステージスパーサー
11I04 *	グラフェン分子読取りデバイス開発
11I05	SNOM 用ホルダ 2 種 (Φ 8 と Φ 10)
11I06	LD レンズアライメントシステムの試作 [写真]
11I07	マルチポートフランジ一式
11I08	UHV フランジ用水冷ジャケット [写真]
11I09	ESR 装置クライオスタット治具の設計製作
11I10	アクリル穴あけ
11I11	試料回転ステージ
11I12	膜厚センサー固定部品一式
11I13	カンチレバー抑え
11I14	アルミ板黒アルマイト加工
11I15	PE 治具
11I16	ブレッドボード改造
11I17	バリケード
11I18	アクリルケース

2011 年 工作依頼リスト

11I19	フィルターホルダー
11J01	脆性材料用試料台
11J02	蒸着器試作 [写真]
11J03	グラッシーカーボンプレート of 切断
11J04	Faris-1 用サンプルホルダーネジ穴加工
11J05	ガス導入器他一式
11J06	遠心分離器アダプター
11J07	端子ボックス
11J08	アクリルケース
11J09	1 インチレンズホルダー他
11J10	MgF2 観察用部品
11J11	試料ホルダー
11J12	LD 特製評価実験用パーツ
11J13	ビューポートアダプター他
11J14	非磁性スペーサー
11J15	粉末 X 線回折用低温サンプルホルダー
11J16	赤外テラヘルツ用試料ホルダー
11J17	ダイソル製シーラ用 新 JIG 関連部品スペーサー板仕様追加
11J18	サンプルホルダー
11K01	Solar Simulator 用部品、簡易マスク
11K02	リングホルダー一式
11K03	蒸着用部品修正
11K04	UHV 用電極部品
11K05	ペDESTAL
11K06	入射ポート
11K07	ダイフロンスリーブ、ネジなど
11K08	3 点発光レーザーシステム Ver.2 追加製作
11K09	EXAFS サンプルセル
11K10	ベースプレート
11K11	フィルタホルダ
11K12	フォーク加工
11K13	AL 角型チャンバー穴加工
11K14	ICF70 フランジ用スペーサー (両面エッジ)
11K15	ガイドなど
11K16	LEMO フランジ
11K17	結晶マウント
11K18	AL ケース
11K19	MCP じぐ加工
11K20	PMTハウジング
11K21	CW ノズル
11K22	XMCD 用ストックホルダー
11L01	ダイオードアダプタ
11L02	ECDL アーム製作
11L03	Solar Simulator 用セルホルダー
11L04	電極
11L05	ビームスプリッター台
11L06	蛍光 EXAFS 用サンプルホルダーとセル
11L07	ベースプレート
11L08	テレスコープホルダ
11L09	固定用パイプ
11L10	Mo 電極部品
11L11	ブリズムホルダー
11L12	Sample Cell Holders
11L13	フォトマスク面積測定
11L14	サンプルステージ
11L15	UV マイクロチップレーザーハウジング

11L16	BL7U 高温サンプルホルダー
11L17	SMA ファイバー固定用 LD モジュール
11L18	エアロフロー用アダプタ
11L19	ESR 試料管の修理

電子回路グループ (29 件)

伝票番号	品名
11B01	顕微鏡下方光源 LED システム
11B02	電熱器の断線修復
11B03	ヒーター断線修理
11D01	ダブルバランスドミキサー回路 [写真]
11D02	バランスフォトリダイオード検出回路
11D03	STM 用プリアンプ [写真]
11D04	1/25 アッテネータ
11D05	チューニングフォーク用プリアンプ
11E01	温度調節器
11E02	シグナル・コネクタ変換ボックス
11F01	アクチュエータドライバ [写真]
11F02	リミットスイッチ分岐ケーブル
11F03	エンコーダ変換ケーブル
11F04	電気炉
11F05	加熱制御器の再配線
11F06	パルスアイソレータ
11G01	ログスケールアンプ [写真]
11H01	高圧電源ユニット [写真]
11H02	N ケーブル製作
11H03	NMR 用 2ch 高分解能 AD ボード
11H04	NMR 用 PSD ボード
11I01	TTL → sin 波変換器
11I02	BL3B エンコーダ表示器
11I03	NMR 用広帯域 90° シフト信号発生器
11J01 *	多チャンネル光神経電子集積回路素子の 電子回路開発 -4ch 素子用回路開発 [写真]
11J02 *	多チャンネル高電圧高周波 - 低周波ハイブリッド 電源
11J03	ターンバイターン BPM 信号処理系
11K01	顕微鏡用探針製作回路 [写真]
11K02	シャッター用 TTL 信号インバータ

ガラス加工グループ (14 件)

伝票番号	品名
11A01	サンプルホルダー
11C01	石英試験管修理
11D01	石英部品修正加工
11D02	修理
11D03	修理
11E01	技術指導 (ガラス切断)
11F01	毛細管
11F02	NMR 管加工
11G01	サンプルホルダー
11G02	ガラスアンプル加工
11I01	毛細管
11J01	サンプルホルダー加工指導
11J02	赤外分光セル
11K01	サンプルホルダー

技術課セミナー「ナノ・マイクロ加工技術の基礎と応用」

青山正樹

2011年3月23日に技術課セミナー「ナノ・マイクロ加工技術の基礎と応用」を、岡崎コンファレンスセンターに於いて開催いたしました。基調講演では兵庫県立大学の松井真二教授より、立体ナノ構造デバイス作製を可能にする「集束イオンビームCVDによる3次元造形技術」と、10nmレベルの量産技術である「ナノインプリント技術」の最近の研究成果についてご講演いただきました。(株)デンソー基礎研究所の大原淳士氏からは、従来のSi深堀技術の限界を大幅に超えた高アスペクト比化を可能にするエッチング技術と、その応用例について紹介いただきました。(株)不二越の廣瀬智博氏からは、超精密加工機を支える要素技術や、機械システムの最新動向から新たな加工ニーズについて、(株)アライドマテリアル小嶋一志氏からは、半導体加工プロセスでしか実現できなかった超微細加工を可能にする切削工具の最新動向について紹介していただきました。

装置開発室では、シリコン基板や熱可塑性樹脂などを使ったバイオデバイスなどの製作要求が増えてきており、フォトリソグラフィ、シリコン基板のTMAHエッチング、PDMSモールドニング、ナノインプリントなどの加工技術を適用した技術支援を推進しています。今回の講演では、これらに関連した技術の基礎から詳細に説明をしていただき大変勉強になりました。

当日は、大学・研究機関から27名、この地域の企業の皆様からも33名と多数のご参加を頂きました。また講演会終了後の交流会では、和やかな雰囲気の中で様々な分野の技術者との交流も活発に行われ大変有意義なセミナーとなりました。

プログラム	
13:30-13:40	開会の辞 鈴木技術課長
13:40-14:40	(基調講演) 「集束イオンビームとナノインプリントによるナノ構造形成技術」 兵庫県立大学 高度産業科学技術研究所 教授 松井真二氏
14:40-15:20	「2層保護膜形成法を用いた高アスペクト比Siエッチング技術とその応用」 株式会社デンソー 基礎研究所 大原淳士氏
15:20-15:40	休憩
15:40-16:20	「超精密加工機におけるナノ・マイクロ加工の最新動向」 株式会社不二越 開発事業部 廣瀬智博氏
16:20-17:00	「ナノ・マイクロ加工用ダイヤモンド切削工具の最新動向」 株式会社アライドマテリアル ダイア営業部営業技術部 小嶋一志氏
17:30-19:30	交流会



装置開発室での研修を受講して

岩手大学高度試作加工センター 武田 洋一

1. はじめに

私は、日頃の業務で行っている機械加工については、切削加工や NC 機械、溶接など基本的な知識は身に付けていると思っておりました。しかし、その基本だけでは真空装置関連の加工では歯が立たない事が、よくありました。切削は、材料の大半が難削材であるため、切削条件等に気を使い、TIG 溶接では参考書などを読み漁り自己流で覚えたため、漏れはありませんでしたが、満足がいくものが出来ずにいました。また、本当の真空装置の製作がどのような現場か分からないままでした。そこで、真空関連の装置開発および部品加工の実績のある分子科学研究所の装置開発室において、「真空機器溶接の勘所と漏れ試験技術に関する技術研修」として 8 月 24 日より 3 日間受け入れて頂きました。

2. 主な研修内容と考察

今回の研修の内容は主に、真空溶接の手溶接における作業の要点について、私が過去に作った物を参考に解決するという形で行いました。この中でも真空の要点として以下の事が今後の重点だと感じました。

- 溶接作業を考えた装置設計と前加工
- 溶接部の入念かつ綺麗な面取り加工と洗浄作業
- 入熱量を考えた溶接速度と治具の活用
- クレータースポット等を考慮したアーク運び

今回研修から、真空つまり 1 気圧にさえ耐える設計・加工をすれば良いという事を、再認識しましたが、ヘリウム分子 1 個漏れてはいけない超高真空部品を扱う装置開発室での加工は、今まで真空溶接を少々甘く考えていたと思います。今回は、装置開発室の水谷様のフランジ溶接作業を見せて頂きましたが、ビードが一定でかつ、色もきれいなアメ色かかった虹色でした。前処理は丁寧に、溶接の作業は一気に行う事で得られる物で、後処理が殆どいらない溶接でした。

また、今回は、新たな電子ビーム溶接を研修させて頂きました。初めて見る溶接手法ですが、真空状況にする手間が必要ですが、溶け込みが深く狭い、異種金属の接合が可能といったメリットがあり、今後の私の装置製作の際に使用する機会があれば使用したいと考えております。



図 1 真空溶接の様子



図 2 研修後の製作部品 1



図 3 研修後の製作部品 2

3. おわりに

今回の研修を通し、日頃の業務で抱えていた、真空溶接の技術課題を解決することが出来ました。さっそく真空部品の製作に反映しております。しかし、超高真空装置の製作の為には、まだまだ、私の技術・技能不足を感じました。今後は装置開発室の方々に負けない加工が出来るよう、今回の経験を生かし、溶接加工環境を整備すると共に、自己研鑽を重ねていきたいと思えます。最後に、この研修にご指導下さいました、装置開発室の水谷様、青山様を始めとする職員の皆様、ならびに研修を受け入れて頂きました技術課長の鈴木様に感謝を申し上げます。



図 4 装置開発の職員と
(筆者右から 3 人目)

形彫放電加工技術研修を受講して

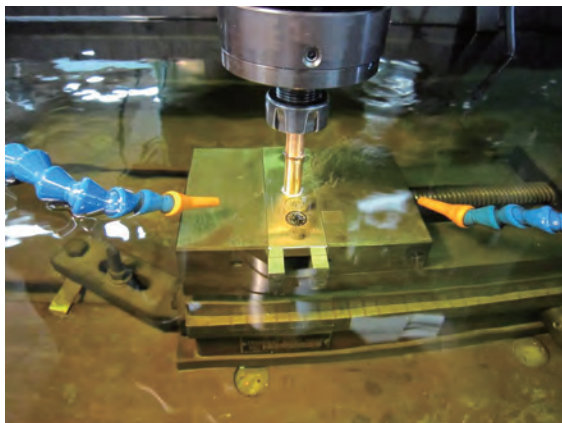
名古屋大学 全学技術センター（理） 教育・研究技術支援室 大西崇文

私は本年の4月に名古屋大学の技術職員として採用され、これまで機械工作を中心として様々な技術研修を受けてきました。その一環として、6月20日から24日までの5日間、自然科学研究機構分子科学研究所にて、装置開発室の矢野隆行氏のご指導のもと、形彫放電加工機を使用した研修を受ける機会をいただきましたのでご報告いたします。

今回の研修では、最初に、形彫放電加工機のマニュアルに一覧表になっている加工条件と加工性能の関係の検証を行いました。機械の操作に慣れることと、それまで長年使用してきた機械が本当にマニュアル通りの性能を発揮できるか確認することが主な目的でした。直径10 mmの無酸素銅の電極を作製し、加工条件を変えて、加工物表面からのストロークが0.5 mmになるように設定し、止まり穴の加工を行いました。加工後、マニュアルに記載されている加工性能である加工速度、表面粗さおよび電極消耗比の計測を行いました。これらの値を計測した結果、今回使用した形彫放電加工機の加工性能は、マニュアルの加工性能と同じような傾向を示すことが確認できました。実際に加工を行う前に、これらの計測をどのような方法で行うかについて検討した際、矢野氏がおっしゃった「何かのやり方を考える際に3通り以下のやり方を考えるのは普通。4通り以上考える習慣をつけると、発想が広がり技術開発に役立つ。」とのアドバイスが強く印象に残りました。¹

次に、加工液に超音波振動を付加した放電加工を行いました。今回は超音波の影響を確認するには至らなかったのですが、新しい加工法の開発の一端を見ることができました。

研修の最終日には、極端紫外光研究施設(UVSOR)や山手地区の施設まで見学させていただき、大変貴重な経験となりました。5日間という長い間、貴重なお時間を割いて丁寧に指導してくださった矢野隆行氏をはじめ、研修を受け入れていただいた装置開発室の方々には大変お世話になりました。この場をお借りして、お礼を申し上げます。



加工中の様子



矢野氏（右）と筆者（左）

¹ これはもともと増田忠志氏（前名古屋大学全学技術センター）から教えていただいた内容です。（矢野 記）

中学生職場体験

高田 紀子

11月9日、豊田市立猿投台中学校の生徒一名が来所し、装置開発室で職場体験を行った。

今回の職場体験では、「フォトリソグラフィーによる最小幅 10 ミクロン (0.01 ミリメートル) のマイクロ流路構造パターンの製作」を行った。フォトリソグラフィーとは、光と、レジストとよばれる感光性有機膜を利用して基板上にパターンを転写する技術のことで、通常の切削加工では難しい微細な加工が可能という特徴がある。この技術を使って今回は、2種類の溶液を混ぜ、経時変化を観察するためのマイクロ流路ミキサーを製作した (図 1)。このミキサーは、生体分子情報研究部門の木村助教から、現在製作依頼を受けているものである (詳細は技術報告参照)。

職場体験では、はじめにマイクロ流路ミキサーの構造や製作方法について簡単に説明を行った後、一緒に作業に取り掛かった。フォトリソグラフィーは、使用するレジストが紫外光に感光することと、ミクロンレベルの加工のためゴミやほこりの影響が大きいことから、イエローランプの付いたクリーンブースの中で行う。基板にパターンを転写するためには、レジストの塗布、熱処理、基板のカット、光の照射、現像など多くの工程があるが、約 4 時間という短い時間の中で、幅 $10\mu\text{m}$ の混合部分や幅 $4\mu\text{m}$ の数字の部分まで、きれいに転写を行うことができた (図 2)。

この職場体験を通して、研究所や加工の仕事に少しでも興味をもつきっかけになればと思う。



図 1 作業風景
使用するレジストは紫外線に感光するため、イエローランプの付いたクリーンブースの中で行う。

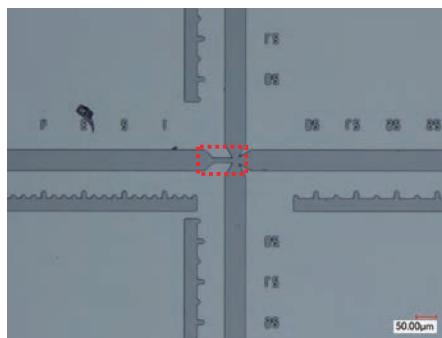


図 2 レジストパターンのマイクロスコープ画像
赤枠内が幅 $10\mu\text{m}$ の混合部分。

台湾出張報告

高田 紀子

2月23日～26日の4日間、宇理須教授（現名古屋大学特任教授）と鈴井技術課長、装置開発室のメンバー数人と共に、台湾へ出張する機会を得た。

目的は、24日～25日に台湾中央研究院(Academia Sinica)で開催された「The 2nd Taiwan-Japan Symposium on Nanomedicine」に参加し、宇理須グループが開発している神経細胞ネットワーク素子に関する情報収集を行うことであった。特に、Academia SinicaのPeilin Chen教授は、昨年度の11月に宇理須教授らが主催となって岡崎で開催した「4th International Symposium on Nanomedicine」で講演されたこともあり、今回の台湾出張の初日には研究室を見学させて頂いた後、お互いの研究内容について情報交換を行った（図1、図2）。Peilin Chen教授は、リソグラフィや酸素プラズマ処理、ディープエッチング等の技術を用いて、高分子のナノピラー構造を製作し、その上で細胞を培養した際のナノピラー構造の反りや歪みをリアルタイムに観察することで、細胞の接着力を調べる研究を行っている。また、酸素プラズマの処理時間によりナノピラー構造の直径をコントロールすることも可能としている。

24日と25日は、「The 2nd Taiwan-Japan Symposium on Nanomedicine」に出席し、講演の聴講とポスターの発表を行った。ポスター発表では、主として装置開発室が担当してきた両面エンボスとDeep X-ray Lithographyによるプラスチック基板への微細構造の製作について発表を行った（図3）。

最終日には、ポスターを聞きに来てくださったNational Chung Hsing UniversityのGou-Jen Wang教授の研究室を急遽訪問することとなった。急の訪問だったにも関わらずとても親切に対応して下さい、研究室のメンバーが行っている研究の内容についてそれぞれ紹介して下さいなど、大変貴重な経験を得ることができた（図4）。

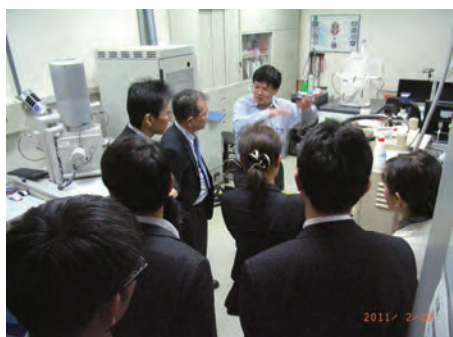


図1 Peilin Chen教授の研究室を見学させて頂いた



図2 Peilin Chen教授とお互いの開発内容について情報交換を行っている様子

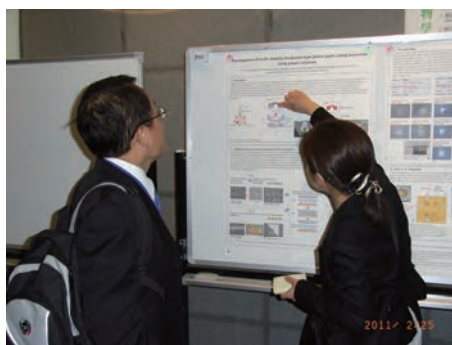


図3 The 2nd Taiwan-Japan Symposium on Nanomedicineでポスター発表を行った



図4 研究内容について説明する Gou-Jen Wang教授

遠州工作所製フライス盤のレトロフィット

青山正樹

装置開発室に設置されている遠州工作所製のフライス盤（SBV-400）は、昭和 63 年に導入され主に大型部品の加工に利用されてきました。SBV-400 は 1 軸ごとの自動位置決め機能は搭載されていたものの、効率的なプログラミング加工や複雑な 3 軸同時制御加工には対応していませんでした。そのため穴あけや平面削りによる単純形状の部品加工など、限定的な利用に留まっていました。

メカトロセクションの製作依頼業務を効率的に推進できるよう最新数値制御（NC）装置を搭載するレトロフィットを行いました。これにより 20 年前の機能の劣る機械が高機能な NC フライス盤に生まれ変わりました。（写真 1）

新 SBV-400 の工作精度の評価を JIS B6336-7「マシニングセンター工作精度検査条件一」に準拠して行いました。写真 2 は精度測定のために加工を行った評価用工作片です。JIS B6336-7 では水平面内の直線精度および円弧精度しか評価対象としていないため、複雑なミラー形状などを製作する時の精度基準とするため、Z-X 面内の円弧精度、Z-Y 面内の円弧精度評価を追加しました。表 1 に検査事項および測定値を示しました。直線加工の真直性は概ね許容値以内に収まっていますが、やはり 20 年以上使用してきた機械のため、送りネジバックラッシュの影響を受ける位置決め動作や、円弧加工などは許容値を超える結果となりました。しかし、いずれも 0.05mm 以内の工作精度に収まっており、一般的な製作依頼には十分対応可能です。なお制御装置にバックラッシュ補正パラメータが設定できるので、精度の改善を試み、製作依頼に対応していく予定です。



図 1 新 SBV-400

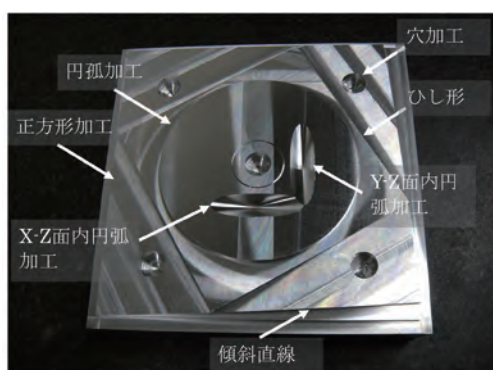


図 2 評価用工作片

表 1 JIS B6336-7 検査事項及び測定値

検査事項	許容値	工作片測定値
(穴加工部) 中心穴に対する穴位置精度	φ0.05mm	φ0.047mm
(円弧加工) 真円度	0.015mm	0.039mm
(ひし形) 各辺の真直度	0.01mm	0.009mm
向かい合う辺の平行度	0.01mm	0.013mm
(正方形) 各辺の真直度	0.01mm	0.003mm
(傾斜面) 基準面に対する角度精度	0.01mm	0.023mm
(Z-X、Y-Z面内円弧加工) 真円度	—	0.025mm (Z-X面内) 0.035mm (Z-Y面内)
(別途、面削り試験片により) 平面度	0.03mm	0.013mm

装置開発室 Annual Report 2011

平成 24 年 3 月発行

編集・発行所 自然科学研究機構 分子科学研究所 装置開発室
444-8585 岡崎市明大寺町西郷中 38

ISSN 1880-0440