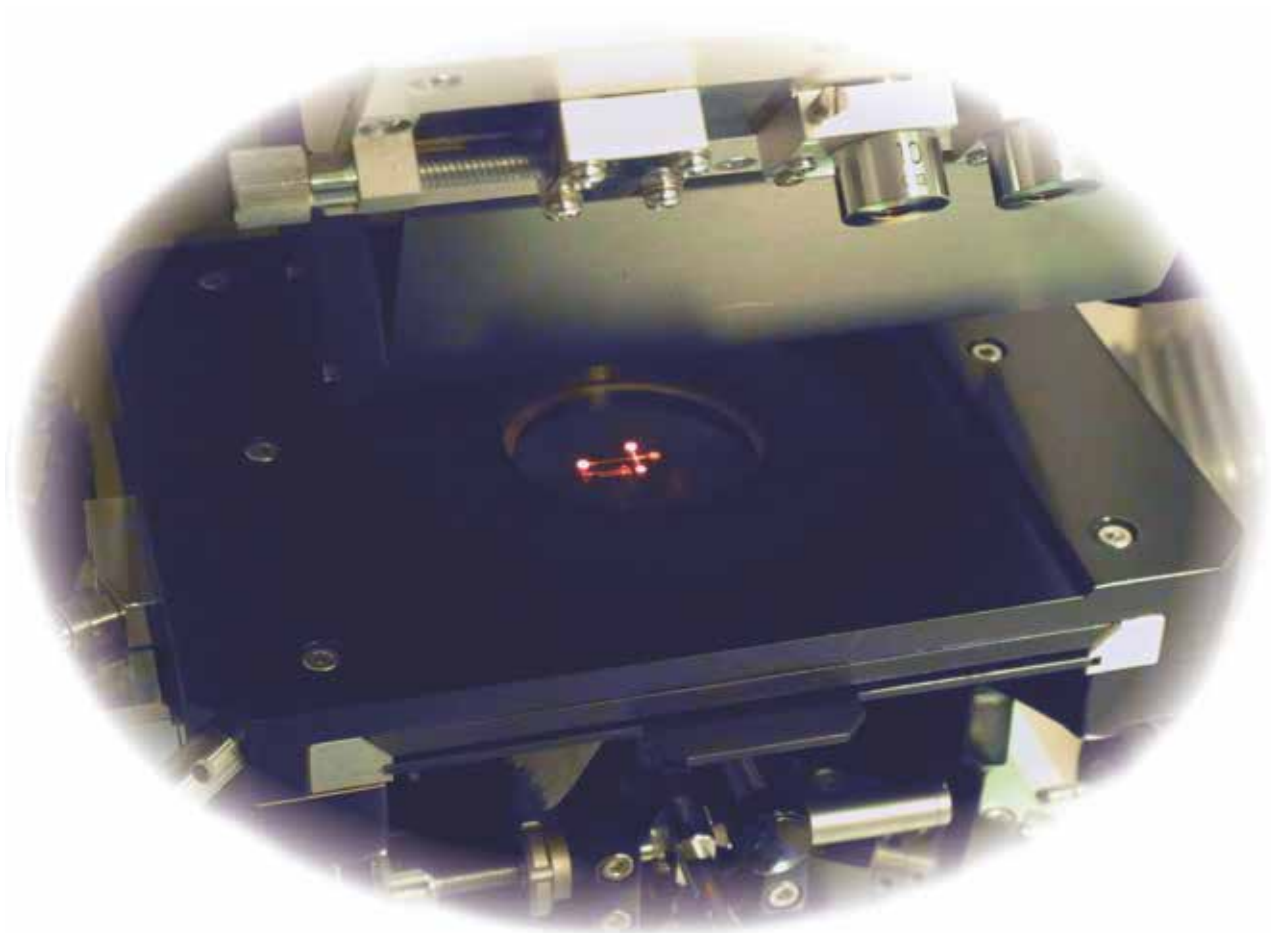


装置開発室 *Equipment Development Center*

Annual Report 2012



分子科学研究所装置開発室では、研究所創設当初から、所内外の研究者と密接に連携し、独創的な研究を可能とする様々な実験装置の開発を手掛けてきました。市販の実験装置では不可能な独創的・先進的実験研究の実現を技術的側面から支援しています。所内からの製作依頼件数は年間 300 件にも及びます。また、各種技術相談にも日常的に対応しています。その中には、必ずしも最先端の技術開発とは言えないものも含まれていますが、研究グループの規模が小さく、学生の数も限られている本研究所においては、装置開発室の提供する技術支援は、実験研究グループの研究活動に不可欠なものとなっています。所内の研究グループに対して、早い・安い・うまい、と三拍子そろった技術支援を提供することは、分子研における実験研究を底辺で支えるものであり、装置開発室の業務の基盤のひとつであると確信しております。しかしその一方で、分子研装置開発室といえばこれ、あるいは、これを作るのは分子研装置開発室しかない、こういった、いわば看板ともいえるべき技術を保有しているか、ということを問われることが多くなってきています。独自の技術、より先端的な技術を習得し、分子研装置開発室の存在感を所内外に示すことが求められるようになってきています。

こういった状況に対応するために、装置開発室職員がある程度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」と位置付けて展開しています。その一つは、超精密機械加工です。マイクロ流路の製作など、分子科学研究所の最先端の現場ではナノスケールでの超微細加工技術が求められるようになってきています。従来の機械加工技術の超精密化に、フォトリソグラフィをはじめとする非機械加工の手法を組み合わせることで、分子研装置開発室ならではの装置開発が行える技術の確立を目指しています。その一方で、高速化・大規模化の進む実験研究に対応するため、実験内容に特化した LSI の開発とそれによる計測システムの高速度化、多チャンネル化の実現を目指し、大規模集積回路製作技術の習得を進めています。これらの開発は、研究者と連携し、研究ニーズを吸い上げながら進めてまいりたいと考えております。

分子研外部からの製作・開発依頼を受け入れる施設利用につきましては、今年度から、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、受け入れの可否を判断することを始めました。装置開発室の存在を所外に示すよい機会であり積極的に受け入れたいと考えております。よい開発課題の提案を是非よろしくお願いいたします。

本 Annual Report もそうですが、これまで、装置開発室では製作した装置の紹介を前面に、業務の紹介を行ってきました。しかし、運営委員会でのご意見もあり、それら装置が如何に分子科学研究所において活用されどのような成果と結びついたのか、こういった情報をより強く所内外に発信していくことにいたしました。そのためには、利用者の皆様からの、研究成果に関する情報提供が不可欠です。装置開発室で製作した装置がどのような研究成果に結びついたのか、今後積極的に情報収集を行っていこうと考えております。ご協力のほど是非よろしくお願いいたします。

室長
加藤政博

構成スタッフ	1
イベント in 2012	2
主要設備	6
セクション報告	7
利用者報告	10
施設利用	21
受賞	22
研究会発表	22
技術報告	30
2012 年 工作依頼リスト	47
2012 年 製作品	50
トピックス	54
出張報告	62
設備関連	65



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

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	
	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

- 5日 脆性材料の超精密切削に関する技術打合せ（近藤：名古屋大学）
 27日 回路工作用ストックルーム（実験棟 216 からレーザーセンター棟 201）へ移動
 31日
 ～ 1日 曲げ歪効果測定プローブの設置調整作業出張（近藤、杉戸：物質・材料研究機構）

2月

- 9日
 ～ 10日 労働安全衛生に関する情報交換会（永田、豊田：核融合科学研究所）
 9日 脆性材料の超精密切削に関する技術打合せ（近藤：名古屋大学）
 13日
 ～ 17日 レーザー描画加工実験（高田：北海道大学）（記事 62 ページ参照）
 20日
 ～ 23日 MgF_2 非球面レンズ加工時の振動測定（吉田、近藤、青山：国立天文台）
 20日
 ～ 23日 池上金型工業出張（青山：埼玉県）
 27日
 ～ 28日 測定機器（装置開発棟 105 から 202）へ移動（記事 66 ページ参照）

3月

- 2日 牧野フライス製作所工場見学（水谷、近藤：神奈川県）



- 8日
 ～ 9日 技術研究会（場所：岡崎コンファレンスセンター）

- 12日 東洋精密工業工場見学（青山、高田：奈良県）

- 26日 日本化学会化学技術有功賞 受賞（青山：慶應義塾大学）

- 27日 技術課セミナー 「フォトリソグラフィ技術の基礎と応用」
 （場所：岡崎コンファレンスセンター小会議室）
 （記事 54 ページ参照）



- 30日

新型牧野 NC フライス 搬入

4月

2日 牧野フライス製作所 フライス操作講習会（場所：分子科学研究所）

5月

1日 名古屋大学クリーンルーム設備 見学（青山、高田：名古屋大学）

23日
～24日 自然科学研究機構技術研究会
発表（近藤）（場所：岡崎コンファレンスセンター大会議室）

24日 電気加工研究会（矢野：徳島阿波観光ホテル）（記事 63 ページ参照）

25日 東北大学高橋G打ち合わせ（青山、水谷、矢野、近藤、高田：東北大学）

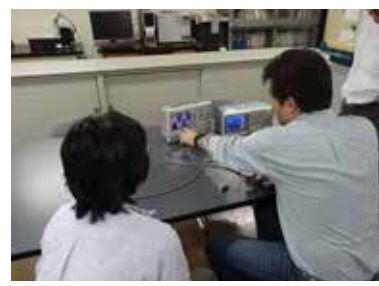
31日 機械工作に関する安全講習会



機械工作講習中の様子

6月

6日
～7日 回路工作に関する安全講習会

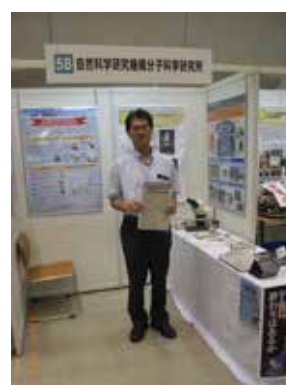
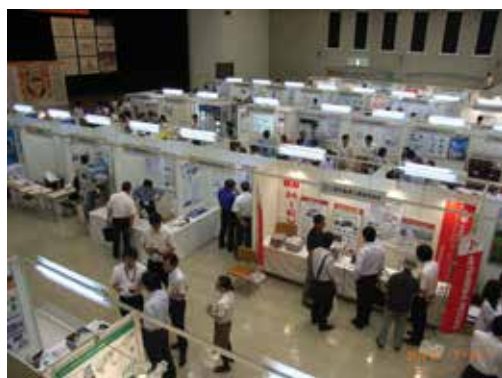


回路工作講習中の様子

20日 LabVIEW セミナー（豊田：安城商工会議所）

7月

10日
～11日 ものづくりフェア2012（青山、高田：岡崎市竜美丘会館）（記事 55 ページ参照）



7月

- 12日 MEMS 展出張（青山、水谷、近藤、高田：東京ビックサイト）
 13日 東京工業大学打ち合わせ（青山、水谷、近藤、高田：東京工業大学）
 27日 ANSYS CFD 体験セミナーの受講（高田：サイバネットシステム西日本支社）

8月

- 20日
 ～31日 技術職員研修（北海道大学：今村）
 （記事 58 ページ参照）
 27日
 ～31日 技術職員研修（一関高専：阿部）
 （記事 56 ページ参照）



- 28日 名古屋大学工学部機器分析室施設見学（高田：名古屋大学）
 30日 共同開発セミナー（場所：分子科学研究所）
 （記事 59 ページ参照）



9月

- 14日 装置開発室運営委員会



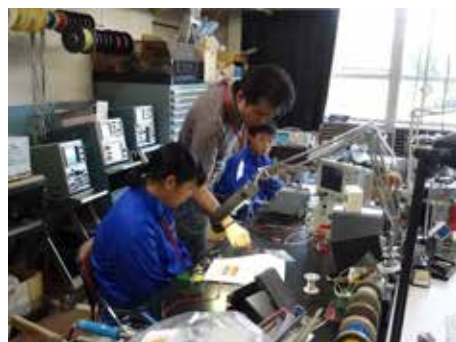
（記事 64 ページ参照）

- 30日
 ～2日 IBIC2012 ポスター発表（豊田：つくば国際会議場）



10月

- 5日 中学生職場体験
岡崎市立美川中学校の生徒2名が回路工作の業務を体験



- 7日 岡崎市小中学校理科・技術家庭科作品展（豊田：岡崎市中心総合公園武道館）
20日 一般公開（場所：分子科学研究所）（記事 60 ページ参照）



- 24日 東京大学駒場キャンパス技術発表会（矢野：東京大学）（記事 24 ページ参照）

11月

- 19日
～20日 XFEL 用センサーの機械設計打ち合わせ（近藤：理化学研究所播磨研究所）
26日
～30日 MgF₂ 切削実験（近藤：国立天文台）
29日 微細加工に関する技術サロン会（青山、高田：分子科学研究所）（記事 61 ページ参照）
29日
～30日 放電加工ネットワークセミナー（矢野：東京大学生産技術研究所）



12月

- 4日 「めっき技術の最先端と新展開コース」受講（青山、高田：神奈川サイエンスパーク）

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)
	AEV-74 (牧野フライス)
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 (ゴードンソリューション)
数値解析	ANSYS DesignSpace (アンシス・ジャパン)

フォトリソグラフィー

種別	形式
スピンコーター	MS-A100 (ミカサ)
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)
精密手動スクライバー	SC-100 (ムサシノ電子)
マイクロスコープ	SKM-Z200B-1 (齊藤光学)
超純水製造装置	アリウムプロ UV-DI (ザルトリウス)

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

エレクトロニクス・セクションでは、所内外からの工作依頼を受け、研究者と協力しながら分子科学の先端的な研究に必要な実験装置の設計・製作を行っている。製作する電子回路はアナログ回路からデジタル回路まで、また、ソフトウェアはハードウェアに付随したプログラム開発から実験に必要な計測アプリケーションに至るまで回路技術全般に亘っている。図 1 は 2004 年からの工作依頼件数の推移である。2012 年は 36 件(内 4 件が施設利用)の受付を行い、ここ数年で最も多い

件数となった。開発期間が 1 ヶ月を超えるような大規模なあるいは開発的要素の高いものは 6 件程度で、依頼の大部分が小規模な回路製作であった。技術職員各自が年間数件の開発的な回路製作に携わりつつ、緊急を要する工作依頼や故障修理の対応、研究者からの技術相談、技術課業務、技術向上のための自己研鑽などを遂行するには適当なバランスであったように思われる。工作依頼の中では、近年減少していた高速高電圧パルスに関する製作依頼が 4 件集中した。従来、高電圧パルス回路は分子研での需要が大変多く、今後も継続的に技術の蓄積を行ってゆきたいと考える。また、施設利用では高周波電源の製作依頼があり、過去になかった回路技術にチャレンジする機会を得た。

エレクトロニクス・セクションで推進する大規模集積回路の設計技術は、今年も大峯所長奨励研究の援助により 3 回目の CMOS アナログ集積回路の試作を実施することができた。過去 2 回の経験を積み重ねたことで、シミュレータを利用した回路の最適化設計やレイアウト設計から LSI チップデータの提出までに必要な様々な設計ツールの操作、あるいは回路設計中に発生するエラーのデバッグ処理など、集積回路設計における一連の作業をスムーズに行えるようになったことが一番大きな成果である。一方、試作した LSI 自身の特性は、未だ実用的なレベルのものが得られていない。その原因の一つは、シミュレータに依存しすぎた設計を行ったために、非現実的なパラメータのデバイスを製作してしまったことにある。そこで今回は、現行のプロセスで得られる標準的な特性の増幅回路を製作することを目標に、増幅器の仕様策定から再検討を行った。また、昨年度の講習会で学んだ集積回路特有の設計手法や半導体製造プロセスを考慮したレイアウト設計方法などのノウハウを取り込んで注意深く設計を行った。第 3 回の試作 LSI は 12 月末に納品され、現在その特性評価のための準備を行っているところである。

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。なお、本年度の技術研究会は分子研で開催され、実行委員として主に回路技術分科会の運営に携わった。

・ International Beam Instrumentation Conference 2012, 9/30-10/2, ポスター発表: 豊田

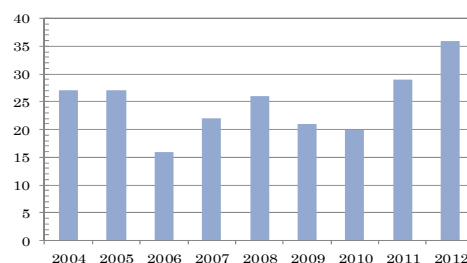


図 1 工作依頼件数の推移
(エレクトロニクス)

メカトロニクス・セクション報告

青山 正樹

当セクションでは、「実験研究に必要な機器の設計・製作への迅速な対応」および「分子科学の新展開に必要な新しい装置および技術の開発」を主たる業務とし、実験研究機器の製作を行っている。また共同利用機関である分子科学研究所で展開される施設利用を通して、分子科学分野を中心とする全国の研究者からの製作依頼も受け幅広く研究支援を行っている。

1. 製作依頼業務

2012 年の製作依頼件数は例年並みの 264 件の利用があった(昨年は 267 件)。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部品の改良のほか、実験装置の構想段階から研究者と綿密な打ち合わせを行いながら比較的長期にわたり設計・試作を行うもの、また技術開発を伴う以下のような製作課題も行っている。

(1) レーザー開発研究機器の設計・製作 (水谷、近藤)

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る。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など、研究者と協力して行い各種レーザー研究機器を製作した。

(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製作 (高田)

生体分子情報研究部門からの製作依頼によりマイクロ流路ミキサーを製作している。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るもので、フォトリソグラフィーにより製作している。

(3) 時間分解 FTIR 用回転セルの製作 (水谷、内山)

生体分子情報研究部門からの製作依頼により、標記装置の設計製作を行った。CaF₂ セルの回転と上下動作を組み合わせた機構およびサンプル冷却機構、動作制御回路などを依頼者と綿密なミーティングを重ね完成させた。

(4) 各種高精度ミラー製作 (青山、杉戸)

UVSOR からの依頼により、テラヘルツ SR 集光用非球面非対称ミラーや IPES 用回転楕円面鏡の製作を行った。要求精度を満たすため製作工程を工夫し、ハンドラッピングや国立天文台の設備を利用した超精密加工により製作を行った。

(5) 質量分析機能を備えた気体核磁気共鳴分光装置開発への協力 (矢野、青山)

神戸大学名誉教授の富宅教授からの製作依頼で、以前装置開発室で製作協力した当装置の改良に協力している。主に RF (Radio Frequency) コイルや NMR セル支持フランジおよびドリフトチューブなどの製作や技術相談を受けている。

(6) 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 (近藤、杉戸、青山)

核融合科学研究所からの施設利用により Nb₃Sn 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っている。昨年行った予備実験での不具合を改善し、試料の曲げ特性の詳細な検証を行った。

(7) 時間分解電子運動量分光装置の製作 (青山、装置開発室全員)

東北大学多元研からの施設利用による時間分解電子運動量分光装置の開発に協力している。チャンバー内の限られたスペースに、移動可能な超音速分子線源を搭載するために機構設計から製作まで依頼者および多元研工作工場の技術職員とも詳細な打ち合わせを行いながら実施している。

(8) ナノインプリントモールド用グラッシーカーボンの放電加工条件検討 (矢野)

産業総合研究所からの技術相談に応じて、グラッシーカーボン(GC)の放電加工特性について加工テストを行った。GC 製モールドはガラスのナノインプリント成型に使用されるが、機械加工が困難なため放電加工による製作可能性について検討を行った。

(9) 高周波共鳴用アルミナ製アンビルセルの製作 (高田)

ドイツ シュツットガルト大学から製作依頼を受けて、高圧下で試料と高周波を共鳴させるための、超電導窒化ニオブ蛇行パターン成膜したアルミナ製アンビルの製作を試みている。装置開発室の設備ではレジストパターニングまでしかできない為、スパッタ成膜やドライエッチングなどは他機関のナノプラットフォーム設備利用により進めている。

(10) マイクロ波イメージング装置製作 (杉戸、青山)

核融合科学研究所からの施設利用により、マイクロ波イメージング装置の開発に協力している。世界にも例の無い幅 350mm、縦 200mm の大型マイクロ波ビームスプリッタ板の製作を行った。

2. 技術開発

依頼業務以外にも装置開発技術高度化のため以下のテーマで技術開発や技術習得を行っている。

(1) MgF₂ 非球面レンズ製作 (近藤)

MgF₂ 非球面レンズ製作をテーマに、超精密切削加工技術の高度化に取り組んでいる。様々な条件検討を行い、φ 25mm の MgF₂ 非球面レンズを製作した。今後は、レンズの形状精度向上と真空紫外光による集光評価を予定している。

(2) レーザー加工機開発 (矢野)

光を扱う技術の習得を目的として一步一步実施してきた本テーマも、改良を重ね加工装置としてほぼ完成した。金属板への穴あけやスリット加工だけでなく、今後は光硬化性樹脂へのレーザー照射による造形加工に適用し、さらにめっきや電鍍などと組み合わせた微細形状デバイス製作への新たな展開を目指したい。

(3) フォトリソグラフィー技術の推進 (高田)

装置開発室の新しい支援技術として技術習得やニーズの開拓を行っている。装置開発室には露光装置以外の設備は充実していないが、ドライエッチングや成膜などを東工大、北大、名大などと連携を取りながら技術習得を行っている。

3. その他

技術業務以外の装置開発室の主な活動を以下に示す。

(1) 受け入れ研修

担当者: 矢野隆行 「ワイヤ放電加工技術」研修 (平成 24 年 8 月 27 日から 31 日)

受講者: 一関工業高等専門学校 技術室 生産・加工班 阿部 慶子技術職員

担当者: 高田紀子 「フォトリソグラフィーによるマイクロ流体デバイスの製作」研修 (平成 24 年 8 月 20 日から 31 日)

受講者: 北海道大学電子科学研究所 技術部 システム開発技術班 今村 逸子技術職員

(2) セミナー企画開催

技術課セミナー「フォトリソグラフィー技術の基礎と応用」、平成 24 年 3 月 27 日

共同開発セミナー「超精密加工」、平成 24 年 8 月 30 日

微細加工に関する技術サロン会、平成 24 年 11 月 29 日

(3) 技術発表(口頭発表)

高田紀子、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、分子科学研究所技術課セミナー、2012 年 3 月

近藤聖彦、MgF₂ 非球面レンズの製作、第 7 回自然科学研究所機構技術研究会 分子科学研究所、2012 年 5 月

近藤聖彦、「MgF₂ 非球面レンズ」の実施計画について、共同開発セミナー「超精密加工」、2012 年 8 月

矢野隆行、分子科学コミュニティに貢献する装置づくり、第 8 回東京大学駒場キャンパス技術発表会、2012 年 10 月

矢野隆行、グラッシーカーボンの放電加工について、第 10 回放電加工技術ネットワーク研究会、2012 年 11 月

高田紀子、マイクロ流路ミキサーを製作して、微細加工に関する技術サロン会、2012 年 11 月

青山正樹、マイクロミキサー製作用モールドの洗浄について、微細加工に関する技術サロン会、2012 年 11 月

マイクロ波イメージング

核融合科学研究所 長山好夫

歴史的には、「望遠鏡の発明」によりガリレオ・ガリレイが天体観測を行いコペルニクスの天動説を確認することで近代科学の扉を開けたように、新しい観測機器の開発が新しい科学を生み出してきた。マイクロ波イメージングの嚆矢はレーダーであるが、近年、科学観測手段として見直されてきている。高温プラズマは核融合研究の進展により物理研究の対象となっているが、可視光線などには透明であり、電波を反射する。唯一の例外はマイクロ波であり、マイクロ波は反射面がプラズマ中にあるため、これによりプラズマを「見る」ことができる。核融合ではプラズマの熱伝導や粒子拡散、あるいはプラズマの不安定性が最も重要な研究対象であるが、理論的には微小な不安定性が熱伝導や粒子拡散を支配すると考えられている。その実証には微小な不安定性の観察が必要だが、マイクロ波によりプラズマを見ること(=マイクロ波イメージング)が、ナイブだが最も有効な方法であると思われる。そこで、核融合科学研究所では大型ヘリカル実験装置(LHD)においてマイクロ波イメージング計測システムの開発を行っている。プラズマが反射するマイクロ波の周波数は電子密度と磁場の関数であるので、異なる周波数により奥行き方向の情報を得ることができる。LHDでは図1に示すように、4周波数を同時にプラズマに照射し、その反射をマイクロ波撮像素子に結像することで、プラズマの立体像を得る。

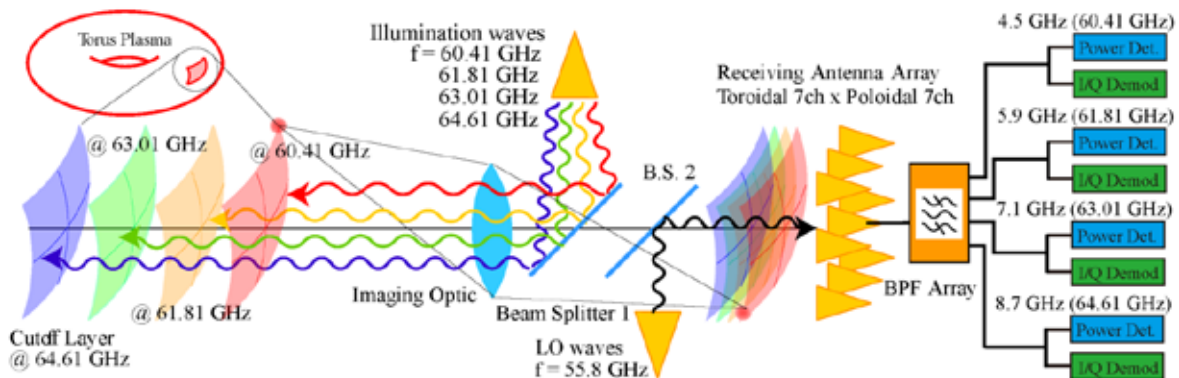


図1 LHDにおけるマイクロ波イメージング計測システム概念図

世界的に高温プラズマのマイクロ波イメージング計測開発を行っているのは、本研究グループのほかは米国カリフォルニア大学デビス校だけであり、3次元イメージングは本研究グループだけである。そのため我々は開拓者の苦しみを味わっているところであるが、幸い一応のシステムは完成し、実験に供している。感度向上が乱流現象観測などの新たな発見に直結することから、感度向上が大変重要である。本システムでは高周波回路の定番であるスーパーヘテロダイン増幅・検波回路を用いており、エレクトロニクスの感度向上には高感度低雑音の新製品の登場をまつことしかない。図1から、2枚のビームスプリッタ(BS)が使われていることがただちにわかるだろうが、この反射率と透過率の比は感度に大きな影響を与える。このほか、感度向上に重要な寄与が期待できるのはマイクロ波撮像素子(HMA)である。

当初のビームスプリッタはアクリル板であった。しかしその反射-透過特性は、偏光方向によって大きく異なる。本計測では図1において紙面方向のマイクロ波電場を用いるが、アクリル板では反射率が透過率より桁違いに小さい。その結果、照射強度も小さいが、反射信号も有効にHMAに導入できない。要するに、プラズマ容器内壁で乱反射して電場方向が回転した成分(すなわち不要信号)が大きいという致命的欠陥があった。そこで、たくさんの小孔を開けたアルミ板ならば

異なっても、透過特性があまり異ならない。しかし、周波数特性に大きな変化が見られる。そこで長孔をぎっしり開けたアルミ板を試作した。しかし、周波数特性には図 2(b)に示すようにディップやピークが見られる。孔の大きさやアスペクト比を変えて見たが、ディップやピークの周波数位置が変わるだけであった。そこで本年度、長孔の長さをランダムとした場合(図 2(c))と、エッチング技術により 0.3mm ピッチのグリッド板(図 2(d))について試作を行った。図 2(d)に示すように、グリッド板の周波数特性は良い。

現在、グリッド板を図1に示すBS1に、ランダム長の長孔板をBS2に用いて、LHD 実験に使用している。この結果、反射信号強度は従来比で約3倍になった。

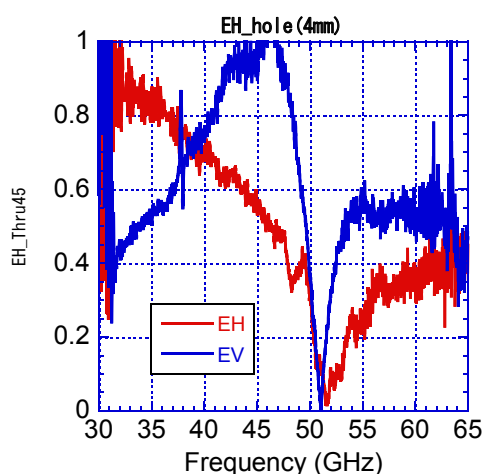


図 2(a) 直径 4mm 円孔板の透過率。電場が紙面方向 (赤)、紙面と垂直方向 (青)。

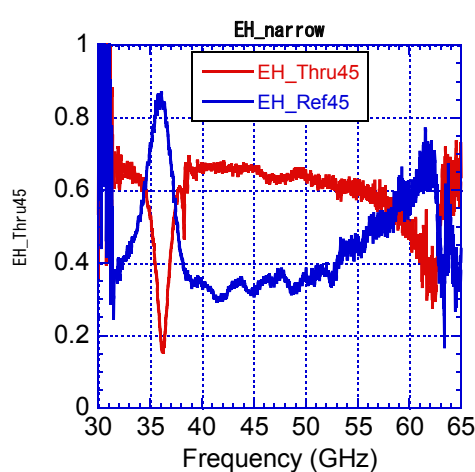


図 2(b) 長さ 4mm 幅 1.2mm の 45° 長孔板の透過率 (赤) と反射率 (青)。

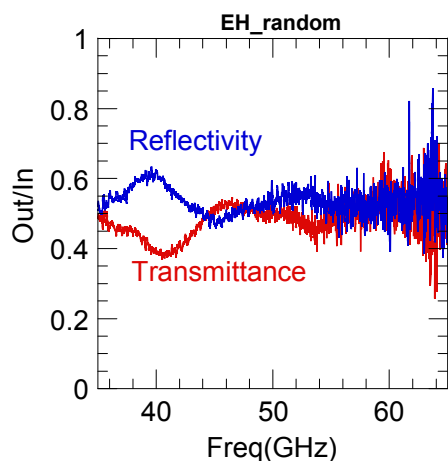


図 2(c) 長さがランダムな幅 1.2mm の 45° 長孔板の透過率 (赤) と反射率 (青)。

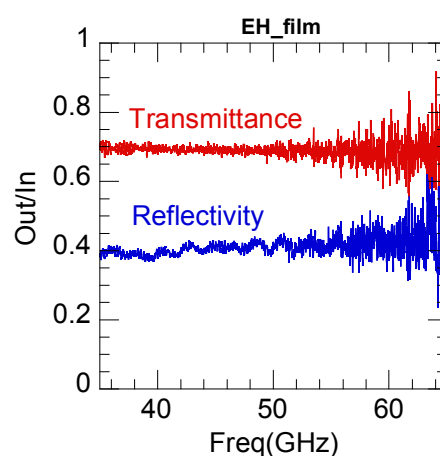


図 2(d) 間隔 0.3mm の 45° グリッド板 (0.3mm 厚) の透過率 (赤) と反射率 (青)。

施設利用研究題目 高磁界超伝導線材の臨界電流特性における真性歪印加効果測定プローブの開発

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

核融合科学研究所 核融合システム研究系 菱沼良光
分子科学研究所 装置開発室 近藤聖彦、杉戸正治、青山正樹

1. はじめに

これまでの超伝導線材開発の中で、MRI（磁気共鳴）、1GHz NMR（核磁気共鳴）、加速器、核融合など民生・医療・エネルギー様々な分野での高磁界超伝導線材の適用を考慮した研究活動が活発になっている。特に、今後の分子科学の発展に欠かすことのできない高分解能の分子構造解析に用いる 1GHz を超える NMR の実現は、25 テスラの強磁場環境を容易に作り出す必要であり、それには高性能な超伝導線材で製作せざるおえない。20 テスラ以上の超高磁場環境を安定に作るには超伝導コイルが最も適しているが、コイルにおける膨張方向の応力（フープ力： $F=Jc \times B$ ）が超伝導線材に印加される。つまり、印加される曲げ・引張等の応力・歪による超伝導特性の変化は強磁場コイル設計を行う上で最も必要なデータとなる。しかしながら、超伝導線材への歪印加機構は非常に複雑で大型装置になるのが一般的であるが、これまでに無い簡易的な歪印加機構を持つ臨界電流測定をコンセプトに歪印加機構の設計から低温環境技術及び電磁気的な技術について検討し、曲げ歪印加臨界電流測定プローブの開発を行った。

2. 線材試料への曲げ歪印加機構の検討

曲げ歪印加臨界電流測定プローブは、市販されている 18T 汎用超伝導マグネットに挿入して使用することから、プローブの形状や曲げ歪印加機構はマグネットのボアサイズ（直径 52mm）に制限され、更に線材長を 35mm という仮定で考えると曲げ歪印加機構の設計は厳しい。そこで、「曲げ歪印加機構」の基本設思想について議論した結果、図 1 に示すような曲げ歪印加機構を考案した。曲げ発生軸を上下運動することで、線材取付部が凹凸に変形する。この変形で、曲げ径 R として 20mm までの曲率で曲げ歪が印加することが可能になった。さらに線径が 1.04mm φ においては最大 3.0% の曲げ歪量が印加可能である。線材取付治具と曲率を測定する時の歪ゲージは曲げ歪印加機構に取り付けた場合に、曲げ発生軸とリンクして可動する構造となっている。このような曲げ歪印加機構部をマグネットのボアサイズ（直径 52mm）に収まるように詳細設計を行った結果、図 2 のように十分ボアに収まることが分かった。

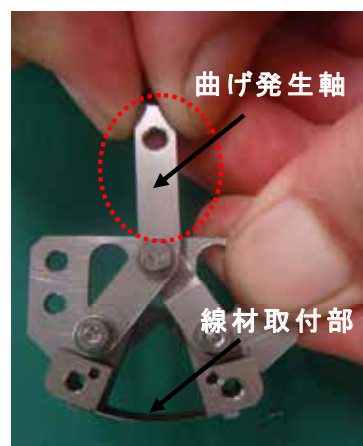


図 1. 曲げ歪印加機構の基本思想

3. 曲げ歪印加臨界電流プローブの設計と製作

図 3 に曲げ歪印加機構臨界電流プローブの詳細設計図を示す。プローブの構成部は、主に曲げ歪印加機構の他に、超伝導線材試料治具、試料通電部品（電極、銅リード、コネクタ）及び試料電圧並びに歪ゲージ信号等の計測部品である。また、上述のように曲げ歪は、曲げ発生軸を上下運動することで印加される。この発生軸の上下運動は、プローブ上部に設置した直線導入機の可動範囲

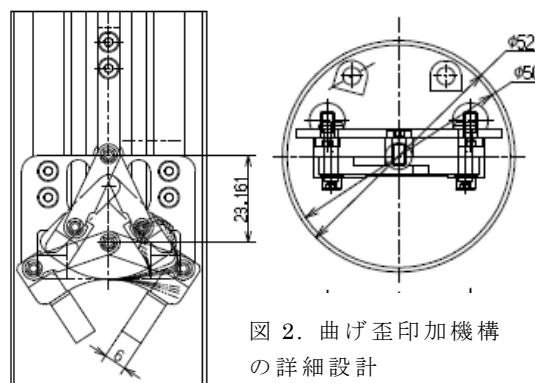


図 2. 曲げ歪印加機構の詳細設計

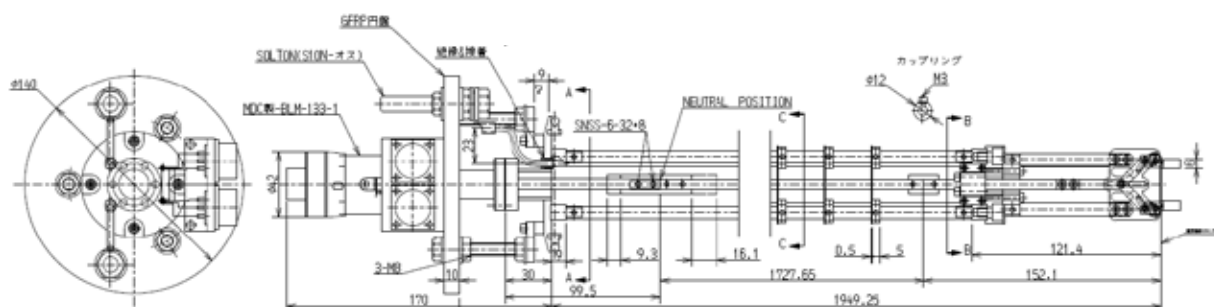


図 3 曲げ歪印加臨界電流測定プローブの設計図

に設定されており、シャフトを通じて接続されている。プローブ長は超伝導マグネットの中心磁場に線材取付部が入るように調節され、全長約 2,200mm となっている。線材試料取付部は線材の剛性を鑑み、大きい弾性限を持つ Be-Cu 合金を採用した（図 4 参照）。線材の曲げ曲率を測定するために、同じ形状した治具に極低温用の 4 ゲージ歪ゲージ（共和電業製）を貼り合わせ、線材試料取付治具と一緒に曲げ歪印加機構に取り付けた（図 5 参照）。曲げを印加した時の歪ゲージからの信号は、信号線を経由してセンサーインターフェース PCD-300（共和電業製）に取り込まれ、専用ソフトにて解析する。試料に通電可能な電流値を最大 500A というように設定し、試料に通電する電流リードは、直径 4mm のタフピッチ銅で作製した。Cu の低温での電気抵抗率から見積もっても十分な設計である。試料電圧と歪ゲージそれぞれの信号線はプローブ上部にある 2 個のコネクタに結線されている。



図 4. Be-Cu 合金で作製した試料治具（歪ゲージ治具）



図 5. 試料治具と歪ゲージ治具

4. 曲げ歪印加機構における変位量と曲率の関係

超伝導線材における曲げ歪量は以下の(1)式の通りで示され、線材の曲率が重要になる。

曲げ歪量 $\epsilon = (D/2R) \times 100$, D:線材の直径, R:曲率 ----(1)

今回のプローブにおける曲げ歪の印加は曲げ発生軸の上下運動で行うことから、曲げ発生軸の変位量と曲率の関係が重要であり、その関係について調べた。図 6 に室温における直線導入機の変位量(=曲げ発生軸の変位量)と曲率の関係を示す。Be-Cu 合金治具の曲率は種々の方法で計測した。その平均値を曲率とした。測定した結果、曲率は、変位量に対して図 6 中に示した指数関数的な関係が認められた。つまり、変位を読み取れば、治具の曲率が安定して求められることが分かった。

謝辞

本報告の曲げ歪印加機構及びプローブの思想・設計・製作・試験は、装置開発室の皆様の大なる協力によって行うことができました。ここに深く感謝の意を表します。

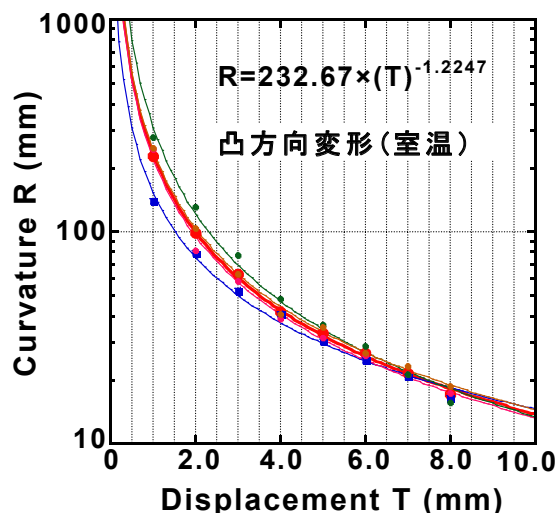


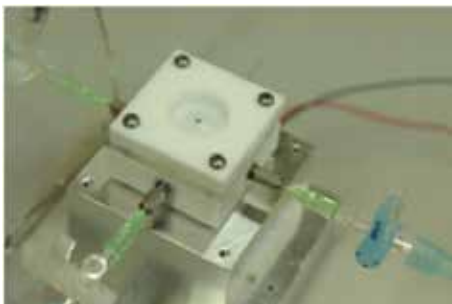
図 6. 室温での変位量と曲率の関係

施設利用研究題目 多チャンネル光神経電子集積回路素子の電子回路開発

世界初の神経細胞ネットワーク素子をめざして

名古屋大学 革新ナノバイオデバイス研究センター 宇理須恒雄

分子の信号をゲート信号として動作するイオンチャンネルに興味をもちプレーナー型のイオンチャンネルバイオセンサーの製作に着手したのは今から約7年前です。2006年の5月ごろ最初の素子（写真）がはじめて動作しました。このころはバイオの知識も浅くテフロンブロックと注射針を組み合わせて作りました。この時、鈴井課長がまだ係長で土曜、日曜、真夜中をいとわず私に付き合ってくれ、何とか最初の信号検出にこぎつけたのを思い出します。今から思うと、電気生理の経験も知識もなく微細加工の経験のみがたよりの私たちには非常に困難な研究で、その後再現性の確認に成功できたのは、半年以上たってからです。着手してから比較的早期の成功が無かったら辛抱強く研究を続けられたかは疑問です。本当に運が良かったとしか言いようがありません。その後アルツハイマーなど神経変性疾患の原因解明への興味から培養型のプレーナーパッチクランプ素子の開発とその神経細胞ネットワーク素子への応用に着手しました。世界に例のない素子ということで、PMMA基板のホットエンボス技術開発、塩橋型の安定電極の開発、高密度マイクロ流路の開発、多チャンネル用電子回路の開発と前例のない技術開発を積み重ね、最近世界で初めて、神経細胞ネットワークからのプレーナーパッチクランプによるイオンチャンネル電流計測に成功しました。この成功の意義は非常に大きいと思います。なぜなら、これまで *in vitro* の神経細胞ネットワークについては、病気の原因解明や創薬の研究に必要とされるハイスループットスクリーニング装置が存在しないからです。プレーナー型での成功は、これまでのピペットパッチクランプ装置を 1/1000 から 1/10000 にできることを意味し、多チャンネル化するなわち世界初のハイスループットスクリーニング素子実現に大きく近づいたことを意味します。また、*In vitro* であることから、患者の体細胞から iPS 技術により患者固有の神経細胞を形成でき、患者固有の疾患モデルの制作が可能となり、これまで分子レベルの解析が不可能であった生きた人間の脳細胞の研究が可能となり、神経難病の原因を解明できる可能性が出てきたことになります。現在20チャンネル素子の2月下旬完成をめざして開発を進めています。最初の1号機のところには想像もできない機能を有する素子に発展してきましたが、このような全く前例のない実験装置の開発には、多くの失敗にも寛大で、志を同じくするような立ち位置で協力してくれる分子研装置開発の人々の協力があつたからこそと思っています。早く装置を完成させ、来年3月ころからは、当初の目標であった神経変性疾患の原因解明の研究に着手したいと考えています。病気の原因解明といっても、iPS細胞の現象とも密接な、細胞核内反応という物理化学の秘境ともいべき領域への挑戦です。多チャンネル装置を完成したといっても、さらに一層の改善が重要で、今後も装置開発の皆さんのお世話になると思いますので、よろしくお願いいたします。



写真：

2006年に初めて動作した
イオンチャンネルバイオセンサー
1号機。

UVSOR における Turn-By-Turn BPM システムの開発

分子科学研究所 極端紫外光研究施設 林 憲志

UVSOR は分子科学研究所が擁する全国共同利用の放射光施設であり、年間のべ約 800 人の全国からの研究者に放射光を供給している。UVSOR では 2012 年の 4 月から 7 月にかけて、大規模な高度化改造を行った。その内容は、1. 偏向電磁石の複合機能化（偏向電磁石で 4 極磁場と 6 極磁場も発生させる） 2. 真空封止アンジュレーター(U4)と専用顕微分光ビームライン(BL4U)の建設 3. パルス 6 極電磁石の導入による入射方式の高度化、である。

このような大改造後のコミッショニングにおいては、初めはビームを蓄積リングに蓄積できないのが普通である。したがって、ビームが何周回ったか、どのような軌道を通ってどのあたりでビームダクトに衝突して失われているか、といった情報をもとに調整を続けていくことになる。このような周回ごとのビームの位置に関して有益な情報を与えてくれるのが、Turn-By-Turn Beam Position Monitor（以下、TBT-BPM）である。今回、我々は分子科学研究所装置開発室と共同で、TBT-BPM システムを構築した。

UVSOR は 24 組の BPM 電極をもち、通常の運転用のモニタとしてビームの平均軌道を得る検波式 BPM 信号処理系をリング中央に備えている（図 1）。TBT-BPM はできるだけシンプルにするため既存の信号経路を流用してリング中央で 24 の BPM から 1 つの BPM を選択、オシロスコープにてパルス波形信号を取得、そのデータを当面オフラインで解析してビーム位置情報を得る。システムの要となる電極信号切替器は新たに開発した（図 2）。TCP/IP を用いた通信・制御には装置開発室の得意とするマイクロコントローラー(NXP 社の mbed)を使用している。信号切替素子は半導体スイッチより挿入損失の小さい同軸スイッチを用いた。

TBT-BPM で得られる信号の例を示す（図 3 上）。BPM の 4 電極（オシロの 4 チャンネル）から得られるパルス高を解析することにより、電子ビームの位置を周回ごとに算出する。ビーム入射直後（1 周目）の軌道の例を示す（図 3 下）。今回の加速器立ち上げ（コミッショニング）においては、このような入射ビーム軌道データから、入射ビームのエネルギーやベータatronチューンといった重要な数値についても情報が得られた。一方で、データの取得・解析において労力がかかる等さらに改善すべき余地もあることが分かった。本システムはコミッショニング後にも既に使用されており、今後も活用されることが見込まれている。

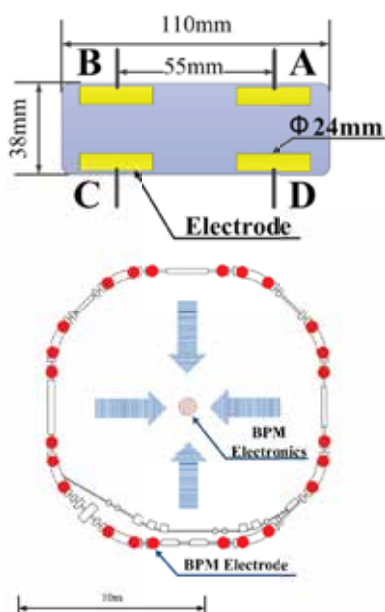


図 1. BPM 電極構成（上）
BPM 信号フロー（下）

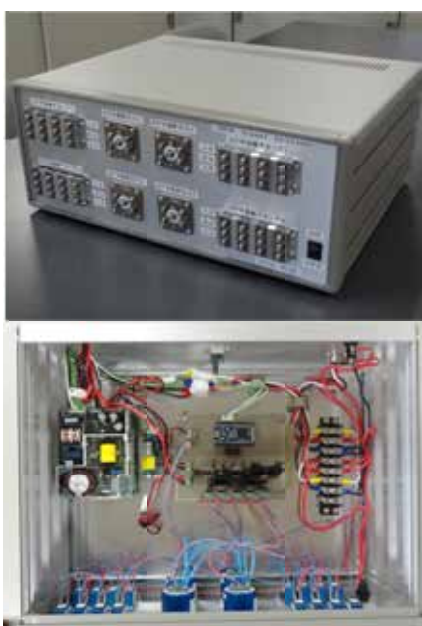


図 2. 電極切替機外観（上）
電極切替機内部（下）

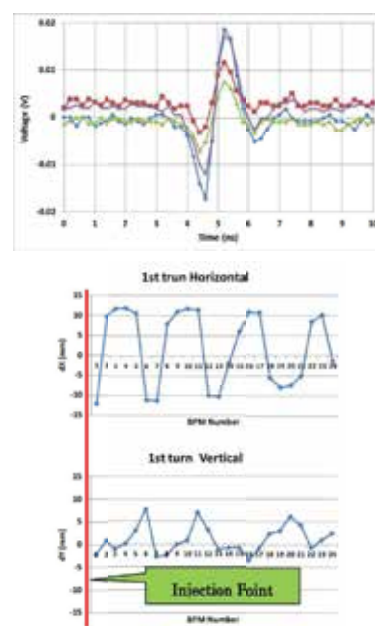


図 3. 電極信号（上）
入射ビーム軌道（下）

工作依頼

次世代超低燃費自動車エンジン点火用 マイクロレーザーモジュールの設計・製作

常包 正樹

1. はじめに

先端レーザー開発研究部門の平等グループでは2004年頃より、日本自動車部品総合研究所、デンソー、豊田中央研究所と共同で、次世代の超低燃費自動車エンジンのためのレーザー点火の研究を行っており、平等准教授の提唱するジャイアントマイクロフォトンクス概念を応用し、心臓となる点火用の高ピーク光出力LD励起マイクロ固体レーザーの研究を進めている。現行のスパークプラグによる電気火花方式に対して、電極のないレーザー点火は燃焼室内中央の燃焼に最適な位置で点火が可能で、しかも多光子吸収過程による燃料ガス分子の直接イオン化により、プラグでは点火が不可能な高圧縮や希薄燃焼状態でも着火が可能であるため、自動車を代表とする内燃機関の大幅な燃焼効率の改善が可能で、化石燃料の枯渇によるエネルギー問題、温室効果ガス発生による環境問題を共に緩和できる有用な将来技術として世界中から注目されている。装置開発室、水谷係長には基礎研究に必要な実験用の多機能レーザーモジュールから、今回紹介するプラグ型のマイクロレーザーモジュールまで様々な形態のモジュール、周辺治具の設計、製作を行って頂いた。

2. モジュール設計の方針、特徴、成果

これまでエンジンの点火には、市販の長さ1m以上の巨大なレーザー装置が必要であると考えられ、自動車には非現実的と思われていたが、分子研ではマイクロ共振器の受動Qスイッチ発振という方法により、これを手のひらサイズまで小型化することに成功した。今回のモジュールの製作では、これがいかに小さく自動車にも搭載が可能であるということを誰にでも分かりやすく説明するために、市販のスパークプラグとまったく同じ外形にレーザー発振器と周辺の光学部品を組み込むことに挑戦した。レーザーモジュールの製作において最も重要なことは、多数のレンズとレーザー発振器との光軸をいかに正確に合わせるかである。しかも小型ゆえに調整機構などを設ける余裕はなく、水谷係長と何度も打ち合わせてアイデアを出し合し、最終設計にたどり着いた。



図 1:1 点点火モジュール

図1は約4年前に製作した1点点火マイクロレーザーモジュール、図2はさらに昨年製作した3点同時点火レーザーモジュールの外観写真（動作状態）である。白く点で見えるのがプラズマによる発光で、大気中の空気分子が非常に強いレーザー光により電離され、ブレイクダウンを起こしている。また比較のために隣に市販のスパークプラグを並べているが、まったく外形が同一であることがわかる。特に図2の3点同時点火モジュールでは、1点点火の約3倍の数のレンズが内蔵されているにもかかわらず、スパークプラグと同一サイズに収めることに成功した。この3点同時点火を用いれば燃焼室内の離れた3カ所に同時に着火できるために火の回りが早く、さらに燃焼効率の向上が可能になる。もちろん、これらの試作モジュールは耐振

動性や耐火性、気密性など設計に考慮していないため、このまま実際のエンジンに搭載することはできないが、各モジュールとも点火に十分なレーザー出力が得られており、分子研の研究成果の説明としては、物理的にこれで十分な説得力がある。実際に一昨年、BBC、ABC はじめ海外の 300 を超える著名なメディアで記事として取り上げられた。

3. まとめ

今回、エンジン点火用レーザーの研究成果の一環として、プラグ型のマイクロレーザーモジュールを装置開発室にて設計、製作した。このような小型モジュールの試作動作実証は世界で初めてであり、分子研平等グループの高い独創性とレーザーの開発研究力、並びに装置開発室が持つ豊富な経験と高い技術力が、今回このようなモジュールの試作成功の要因になっている。水谷係長はじめ、設計製作にご協力頂いた装置開発室の皆さんに改めて感謝する。なお、現在はこのレーザーモジュールをベースに、共同研究企業にて実際にエンジンに搭載可能なモジュールの試作が進められており、昨年実用化に向け市販自動車に搭載して試験走行にも世界で初めて成功したことを最後に付け加えさせて頂く。



図 2:3 点点火モジュール

工作依頼

Development of UV Microlaser

Dr. Rakesh Bhandari

Laser Research Center

Pulsed ultraviolet (UV) lasers are needed for several industrial and scientific applications, such as, materials microprocessing, fast prototyping, pulsed laser deposition, photoionization, etc. However, the large size and high cost of high energy pulsed UV lasers has drastically limited their use.

We have used the high peak power of compact microchip lasers to efficiently generate the fourth harmonic of Nd:YAG to obtain laser output at 266 nm. This is done by first generating the second harmonic of the fundamental wavelength (1064 nm) to give 532 nm, using LiB_3O_5 (Lithium Triborate, LBO) crystal, and then to generate the fourth harmonic using $\beta\text{-BaB}_2\text{O}_4$ (β -barium borate, BBO) crystal to give 266 nm. To maximize the harmonic conversion efficiency, it is required to angle-tune the nonlinear crystals. Normally, this is done by mounting the crystals on 3-angle (θ , α , β) rotational stages. However, using the 3-angle rotational stages increases the size of the UV laser significantly.

Equipment Development Center was requested to design a compact mechanism that can be used to tune the three angles of the nonlinear crystals, instead of using the 3-angle stage. Mr. N. Mizutani designed a novel and very compact mechanism to do this. It basically consists of a spherical crystal holder that can be freely rotated on a hemispherical base to tune the three angles of the crystal. A patent for this mechanism has been applied.

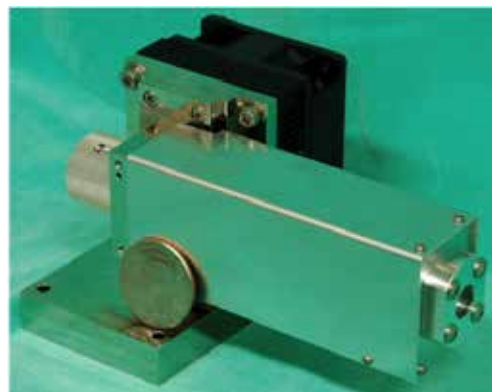
By using the newly designed crystal holder, it has been possible to fabricate a very compact UV microlaser, which can provide several MW peak power at 266 nm. To our knowledge, this is the world's first palm-top size MW peak power UV laser.

Figure 1 (a) shows the prototype of the UV microlaser. Fig. 1 (b) shows the prototype with a peltier & fan cooling, which can enable it to be used under ambient temperature fluctuations.

We thank Equipment Development Center for their professional work.



(a)



(b)

Fig. 1. (a) Prototype laser (a) without peltier cooling (b) with peltier/fan cooling.

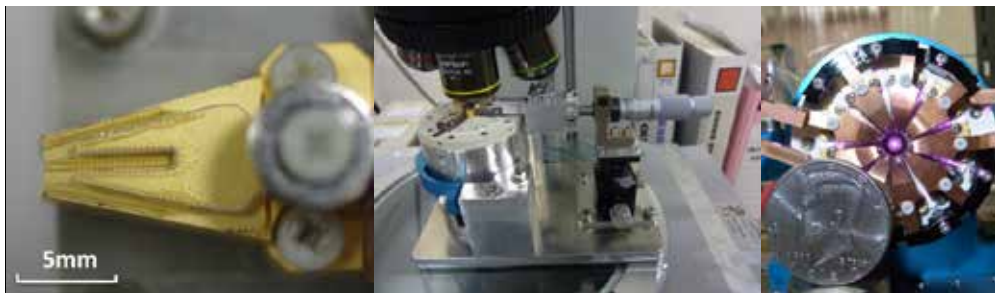
The development of laser headversion 4 for high power microchip laser

Laser research center for molecular science, Weipeng Kong

I am a Ph.D. student belongs to Taira group. My research topic is edge-pumped Yb:YAG microchip laser. In my opinion the ideal laser devices should be compact and high power. We have successfully developed laser head version 3 which obtained 414 W continuous wave output power in 2007 [1] with the help of equipment development center (EDC). In order to realize high power mode-locking laser, we requested EDC to help develop the laser head version 4 for preliminary research.

The design of laser head version 4 requires laser diodes pumping from multi-directions. Because of limited space for pump-diodes, we must abandon commercial laser diode package and fabricate special shape, much smaller heat-sink for the cooling of diode chips. Besides, no space for lens units, we must couple the pump beam directly into the 200- μm -thickness microchip. The challenge is that the distance between diode chips and microchip must be less than 140 μm for efficient coupling.

Firstly, the water-cooling micro-channel heat-sink (the left figure) was developed by EDC, which is tiny but with high cooling ability (0.33 K/W). Secondly, EDC fabricated assistant tools (the middle figure) to realize the lens-less coupling method which made the distance between diode chips and microchip less than 70 μm , half of our initial design. Finally 9-direction pumped laser head version 4(the right figure) was successfully assembled.



By using this laser head, multi-direction designable pump scheme was demonstrated which is a good method to realize Gaussian shape output beam [2]. The mode selection of watt-level high-order modes and vortex modes were also demonstrated [3]. It is also possible to increase the pump direction to 27 and scale up output power to hundred-watt level by current design.

I would like to thanks Mr. Kondo and other members of EDC for great help and support of my research.

1. M. Tsunekane and T.Taira, "High-power operation of diode edge-pumped, composite all-ceramic Yb:Y3Al5O12 microchip laser," Appl. Phys. Lett., Vol.90 no.12 pp.121101-1-3 (2007).
2. W. Kong and T. Taira, "Lens-less edge-pumped high power microchip laser," Appl. Phys. Lett., vol. 100, no. 14, pp. 141105-1-4 (2012).
3. W. Kong, A. Sugita, and T. Taira, "Generation of Hermite-Gaussian modes and vortex arrays based on 2D gain-distribution controlled microchip laser," Opt. Lett., vol. 37, no. 13, pp. 2661-2663 (2012).

実験装置の工夫と愛着

九州大学大学院総合理工学研究院 中川剛志

分子研では着任直後から技術課の方々にはお世話になりました。小さなネジ類や電源の製作から超高真空装置製作まで多岐にわたりました。10年前の私のように、若い研究者や学生の皆さんに装置開発室を有効活用して、もっと研究生活を楽しんでほしいと思っています。

「分子研の研究環境は恵まれている」分子研にきた人からはあまり聞かれないが、分子研を去ったら必ずと言っていいほど思うことでしょう。この恵まれた環境とは装置開発などの技術支援が素晴らしいことがあげられます。いま大学では運営費削減のため技術支援が削られています。(私が勤務する大学では教職員数：技術職員数 = 1.3:1 と意外な数字になっています。しかし、その多くの技術職員の方々は施設部や大学病院に勤務されており、分子研で言うところの技術課の方々とは随分役割が異なります。)大学の電子回路室や機械工作室に担当職員がいないことは驚くことでも無くなっています。工作室自体ないこともあります。その点分子研は10人以上の常勤の技官の方々、そのほか経験豊富な非常勤の方々がおられ、大変こころ強いです。もし新しい実験装置が必要になれば、マンガ絵を書くだけで設計から製作までしてもらえます。

しかし、若い方々には、実験に必要な部品や回路が必要であれば自分で作ることを強くおすすめします。装置作りに分子研ほど恵まれている場所はありません。自分で製作することの利点はもちろん独創的に実験装置を製作・改良できることです。しかしそれより重要なことは、実験装置への愛着を深め、実験の気分転換ができることだと考えています。

幸い、分子研では装置作りのための道具は揃っており、技術職員の皆さんが親切にモノ作りを教えてください。とは言うものの、見ていて危なっかしいのか難しい箇所は職員の方が手伝ってくれたりして上達しませんでした。大きな実験装置へ自分で作った部品を取り付ければ、その装置への愛着がきっと高まります。車好きの人が些細なミラーやライトを改造するのと似ています。傍から見るとあまり変わっていないかもしれませんが、量産品が自分だけのかけがえのない一台になります。博士前期課程の学生が実験装置に手を加えれば、もうちょっとその装置と一緒に居たいと思い、進学するきっかけになるでしょう。またストレス解消にスポーツをするのと似ていて、工作では手と体を動かすので、実験が行き詰まったとき気分転換になります。新しいアイデアが産まれることも期待できます。

我々も大きな部品(車本体に相当)は買うことが多いですが、部品を改良して喜んでいます。我々の実験では超高真空部品を主に使います。真空部品は市販品の種類が少なく、また使える材料がステンレスやセラミックなど一部材料に限られているなどの理由で、部品一個から製作することが多くあります。そのため我々のグループは装置開発にお世話になる頻度が高かったと思います。真空部品の場合、何かが壊れても、接着剤で取り敢えず補修して、ということができません。そこで、また新たに部品を作ることが多くあり、自作できることは実験を迅速に進める上で欠かせない技術であると私は考えています。

装置を製作する経験は分子研でできないのであれば、おそらく他所でも無理です。いちいち作っては時間が掛かり、買った方が効率がいいという声もありますが、実験装置を作ることは他では得られない経験が得られます。分子研におられる方々は時間が十分になるのですから、ぜひ皆さん、研究室だけではなく装置開発室でも成長してはいかがでしょうか。

「施設利用」で製作依頼を引き受けるようになってから分子科学研究所 OB を中心に認知度も上がり、件数が多くなってきた。そのため製作依頼に関してはすべてを受け入れるのではなく、装置開発室の職員の中から対応者を決定し、検討を重ねた上で申請書の提出した後、課題毎に装置開発室運営委員会から 3 名の審査委員を室長が選任し、審査することで採否を決定することになっている。

ここで申請課題の一部を紹介する。

東北大学多元物質科学研究所の山崎優一助教から申請のあった「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」は、(化学反応＝物質内電子運動の変化が先導して起こる核位置の変化) という定義づけから、次世代の化学反応可視化装置を製作するもので、克服すべき技術的困難が満載の課題である。現地に赴き、現状の実験装置内の配置を確認しながら打ち合わせ・議論を重ねて開発を進めており、実験機器製作に関しては多元研・機械工場と分担・協力して製作予定の現在進行中の課題である。

また、広島大学の井口佳哉准教授の課題である「イオンファネルを利用した、効率的イオン輸送システムの開発」は、イオンファネルー Paul 型イオントラップ装置に使用するイオンファネル駆動のための高周波電源の開発である。イオンファネルは、100 枚の電極が 1.27mm おきに積層された構造をしており、この電極に、1 枚おきに位相が 180 度異なる振幅：30 ～ 100V 程度，周波数：数百 Hz ～ 1Mhz の高周波電圧を印加するものである。

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）
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真性歪印加効果測定プローブの開発
山崎優一	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
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,20ch 素子用回路開発 -
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 とマイクロ流路開発
菱川明栄	名古屋大学大学院 理学研究科	高電圧高速パルススイッチの製作
馬場正昭	京都大学大学院 理学研究科	高温高压超音速ジェットパルスノズルの開発
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真性歪印加効果測定プローブの開発
山崎優一	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
井口佳哉	広島大学大学院 理学研究科	イオンファネルを利用した効率的イオン輸送システムの開発 - イオンファネル駆動のための RF 電源の製作 -
荻野俊郎	横浜国立大学 工学研究院	分子読み取りグラフェンデバイス
永原哲彦	京都工芸繊維大学	光サンプリング時間分解イメージング法の開発

受賞

青山正樹氏に日本化学会科学技術有功賞

このたび、「分子科学研究のための先端加工技術による実験機器の製作」という題目にて、平成 23 年度日本化学会化学技術有功賞を頂きました。多くのサポートしていただいた方々のおかげと心から感謝しております。

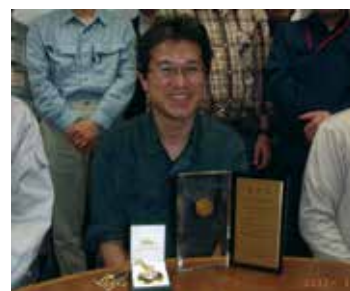
装置開発室では 7 年ほど前から、ガラスマイクロチップやタンパク質パターンニングに使用される PDMS マイクロ流路鋳型など、微細な溝構造を持つ研究機器の製作依頼を受け「マイクロ加工」への取り組みを始めました。当初は、既存の設備の加工限界を見極めながら、可能な範囲での製作対応を行っていましたが、さらに微細な構造や高い精度を必要とする研究機器の製作要求が増え、ほかの研究機関や企業と協同で先端的な加工技術を取り入れ、製作技術のレベルアップを図ってきました。

細胞のイオン電流計測装置に使われる PMMA 基板の製作では、熱ナノインプリント技術を適用して基板に必要とされる $10\ \mu\text{m}$ の薄膜部の成型に成功しました。また、成型に必要とされる金型にはナノレベルの高精度な平滑性が要求されるため、超精密切削加工技術を適用して、面精度 20nm 以下となるよう加工を行いました。この超精密加工技術は、高精度ミラーや特殊レンズの加工など所内からのニーズに応えられる技術であり、今後も装置開発室の重要な加工技術としてさらに推進していきたいと考えています。

これまでの取り組みの成果は、より高度な研究支援が行えるよう装置開発室全員で、先端加工技術に取り組んできた結果だと思っています。このような栄誉ある賞を受賞できたことを大変うれしく思いますが、それにもまして、装置開発室でお祝いの会を設けていただきメンバー全員から祝福していただいたことが何よりもうれしく、また感謝の気持ちでいっぱいです。装置開発室では、これからも研究者からの無理難題に応えられるよう、常に腕を磨き続けていきますので、今後も装置開発室へのご支援ご鞭撻の程よろしくお願いいたします。

最後に、このような先端的な加工技術に取り組む機会を与えていただいた当時の装置開発室長の宇理須恒雄教授、また、受賞に際し推薦していただいた化学会の関係の先生方および大峰巖分子研所長にも深く感謝いたします。

(青山正樹 記、分子研レターズ 66 より抜粋)



研究会発表一覧

研究会、会議名	タイトル	発表者
第 7 回 自然科学研究機構技術研究会 2012 年 5 月 23 日～ 24 日	MgF2 非球面レンズの超精密切削加工 (口頭発表)	○近藤聖彦
International Beam Instrumentation Conference 2012 2012 年 9 月 30 日 ～ 10 月 2 日	Turn-by-turn BPM System using Coaxial Switches and ARM Microcontroller at UVSOR (ポスター発表)	○豊田朋範 林憲志 加藤政博
東京大学駒場キャンパス 技術発表会 2012 年 10 月 24 日	分子科学コミュニティに貢献する装置づくり (口頭発表)	○矢野隆行



Turn-by-turn BPM system using coaxial switches and ARM microcontroller at UVSOR



Tomonori Toyoda, Kenji Hayashi, and Masahiro Katoh
Institute for Molecular Science, Myodaiji, Okazaki, 444-8585, Japan

1. Outline of UVSOR

Ultra Violet Synchrotron Radiation facility (UVSOR) is a synchrotron radiation research facility at the Institute for Molecular Science(IMS). UVSOR provides intense focused light called synchrotron radiation for researches in molecular and material science.

UVSOR has been in operation since 1983. After several upgrading, it is still brightest in the world among low energy synchrotron light sources.

Scientists from all over Japan and from other countries come here to perform photochemistry and photo-physics experiments using THz, infrared, VUV and soft X-rays.

Table 1: Key parameters of UVSOR III

Electron Beam energy	750MeV
Circumference	53.2m
Straight Sections	4m X 4, 5m X 4
Emitance	17nm-rad
Energy Spread	$5.4m \times 10^{-4}$
Betatron Tunes	(3.70, 3.20)
Momentum Compaction Factor	0.033
XY Coupling(presumed)	3%
RF Accelerating Voltage	100kV
RF Frequency	90.1MHz



Fig.1: Portrait of UVSOR storage ring

3. Turn-by-turn BPM system and 'mbed'

The Turn-by-Turn BPM system consists of a signal switching circuit with a microcontroller, FETs, and coaxial switches (Fig.4, 6, and 7). By BPM system, we can select signals from $8 \times 4 = 32$ BPM signals to $1 \times 4 = 4$ BPM signals with coaxial switches of SPDT type (Fig.8) and SP4T type (Fig.9).

For switching and controlling these switches, we adopted 'mbed', the ARM microcontroller development kit (Fig.10).



Fig.6: Photo of BPM system(inner)



Fig.7: Block diagram of BPM system



Fig.8: SPDT type Coaxial Switch



Fig.9: SP4T type Coaxial Switch (Photo:SP6T)

'mbed' is the ARM Microcontroller development kit by NXP Semiconductors. We can connect 'mbed' to PC with USB, and program with C language.

The Integrated Development Environment(IDE) of 'mbed' is on the Web server and run on a Web browser. In this environment which is generally called 'Cloud Computing', we can develop regardless of Operating System of PC if we have an internet connection.

Key features of 'mbed'

- CPU: LPC1768(ARM Cortex-M3)
- Processing Speed: 100MHz, 120MIPS
- Memory: 512kB Flash ROM, 64kB SRAM
- Peripherals: 10/100BASE-T Ethernet, USB2.0 OTG, 12bit A/Dx8, 10bit D/A, etc.



Fig.10: Photo of 'mbed'

5. Conclusion

1. We have developed the turn-by-turn BPM system as switching the BPM signals through LAN with coaxial switches and 'mbed'.
2. We could significantly reduce time and effort for circulating beam after the upgrading the storage ring.

2. BPM and Purpose of BPM system

The storage ring of UVSOR has 24 BPMs (Fig.2), each of which consists of 4 electrodes (Fig.3). We measure by 4-channel digital oscilloscope while switching between these signals.

When major upgrade of the storage ring of UVSOR started from April 2012, to assist the commissioning procedure, we have developed a turn-by-turn BPM system (Fig.4). It switches the BPM signals by remote control through LAN from control room. The construction and characteristics of BNC coaxial cable are shown in Fig.5.

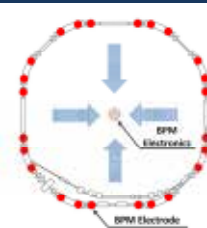


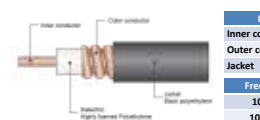
Fig.2: Wiring diagram of BPM signals



Fig.3: Electrodes of BPM



Fig.4: Photo of BPM system(front view)



Item	Outer diameter	Material
Inner conductor	1.9mm	Copper wire
Outer conductor	6.5mm	Helical corrugated copper tube
Jacket	7.5mm	Polyethylene

Frequency	Attenuation (dB/100m)	Average Power (kW)
10MHz	1.89	3.99
100MHz	6.04	1.25

Fig.5: Construction and Characteristics of Coaxial Cable, FHPX-5D(1/4") by Hitachi Cable

4. Performances

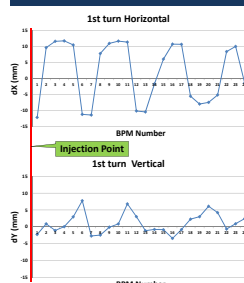


Fig.11: Checking the Injection Orbit

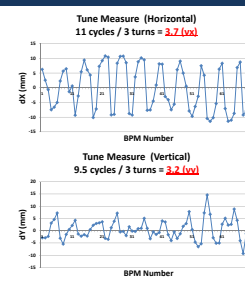


Fig.12: Rough tune Measurement by Horizontal / Vertical Trajectory

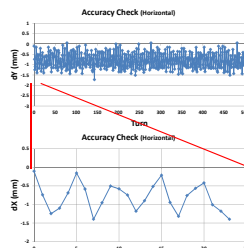


Fig.13: Accuracy Check

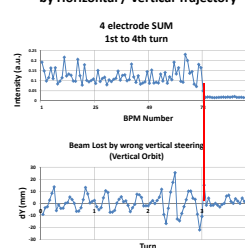


Fig.14: Utilizing Sum Signal (example)

6. Future plan

1. Improvement of accuracy by advanced data processing (pulse form fitting, etc.)
2. Easy swap between Ordinary BPM (Bergoz. Co.) and TBTBPM (extended switcher system)
3. Faster data acquisition (A: automatic BPM switching B: automatic data acquisition from oscilloscope C: full automatic data processing)

分子科学コミュニティに貢献する装置づくり

自然科学研究機構 分子科学研究所 技術課 機器開発技術班 技術職員 矢野隆行

1. はじめに

分子科学研究所技術課機器開発技術班の職員が
配属される部署が装置開発室であり、その装置開
発室の業務の一つに「施設利用」がある。所外研
究者に対しては、平成 17 年度前期まで付属施設の
機器利用のみの対応であったが、同年度後期から
製作依頼にも対応し、技術支援を行うことになっ
た。これは分子科学研究所の実験装置づくりで蓄
積してきた技術を活かし共同利用機関法人の一施
設として所外にも貢献すること、技術領域を広げ
て職員の技術レベルを向上させることを目的とし
ている。

本報告では、製作依頼に対応するようになった
「施設利用」の話を中心に所外研究者と行ってき
た装置づくりに関して現在までの経過等について
報告する。

2. 装置開発室

まず、装置開発室について簡単に説明する。装
置開発室は各研究部門との協力によって、分子科
学研究に必要な実験装置を設計・製作し、さら
には新しい装置技術の開発を行っている。また、先
進的な装置の開発をする中で、他機関と人事交流
によって発展した共同技術開発や今回紹介する施
設利用が積極的に行われている。

3. 「施設利用」の大きな変更点

今回紹介する施設利用は、平成 17 年度前期ま
では所外研究者等に対して既存設備利用のみで、
製作に関する依頼は受け入れてこなかった。しか
し、平成 17 年度後期より今までの設備利用の他
に、試行的に実験装置の製作依頼を受け入れるこ
ととし

た。製作依頼を開始した目的は、共同利用機関の
施設として所外からの依頼に対応すること、先端
装置製作技術の急速な多様化と進歩の速さを考慮
した技術職員の技術レベルを向上させることにあ
る。申請に関しては、従来と変わらず随時受け
付けており申込期限はない。その他に関しても従
来の施設利用と同じ要領で取り扱っている。

なお、「装置開発室が分子科学研究所の支援組織
である」という本来の位置づけは変わっていない。
そのため、装置開発室の利用状況や申込書の研究
計画等を検討した結果、製作依頼を受け入れない
こともある。

図 1 に変更後から昨年度までの施設利用申請の
うち、製作依頼に関する申請件数の推移を、表 2
に利用機関別の利用のべ回数を示す。

この中から代表的なものを取りあげて内容を簡
単に報告する。

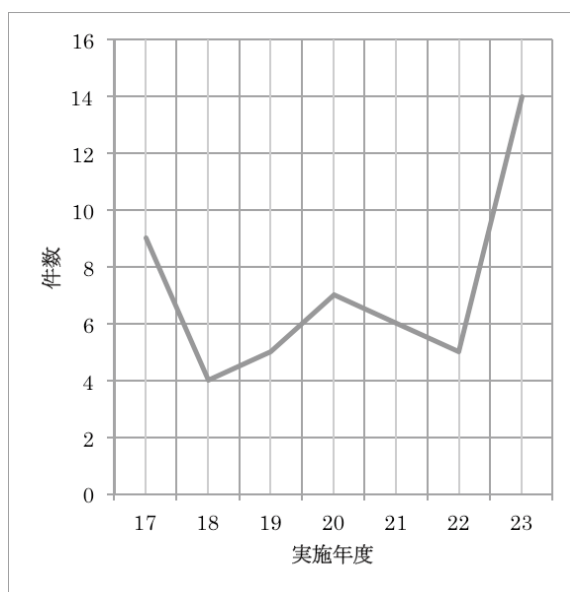


図 1 過去7年間の施設利用(製作依頼)
件数の推移

表 2 機関別施設利用（製作依頼）
利用のべ回数

機関名	件数
名古屋大学	7
大阪大学	5
核融合科学研究所	5
東京大学	5
東北大学	5
大阪府立大学	3
産業技術総合研究所	3
基礎生物学研究所	2
京都大学	2
広島大学	2
愛媛大学	1
九州大学	1
高知工業専門学校	1
神戸大学	1
生理学研究所	1
千葉大学	1
東京工業大学	1
東邦大学	1
北海道大学	1
横浜国立大学	1
早稲田大学	1

4. 製作依頼例

4-1. 低次元系機能性材料開発のための固体 NMR プローブ技術開発

これは九州大学から製作依頼のあった課題で、固体 NMR 法により物質の物性メカニズムを研究するためのプローブを、設計・部品製作・組立調整を一貫して行った。1 号機は、超伝導マグネット及び He ガスフロー型のクライオスタットを用いて 1.5K~500K の広い温度範囲に対応できるように開発された。この 1 号機から得られた結果をもとに、高温実験に重点をおいた 2 号機、試料部の

拡大と電磁コイルの配置に特徴を持たせた 3 号機が製作された。

この課題における製作上のポイントとして以下の 3 点が挙げられる。

- (1) 磁性を発生する材料や部品を使用しない
- (2) 試料設置部位の周辺部品組立には溶接を避け、銀ロー付け、あるいは半田付けを採用する
- (3) 熱流入を考慮した材料を選定する

(1) については、磁性材が観測に影響を与えるためであり、(2) については、一般に非磁性といわれているステンレス鋼を溶接することにより磁性物質が発生することを防ぐためである。さらに (3) については、常温部分から試料設置部までの He ガスフロー用パイプを熱伝導係数の小さい材料を使用したほうが冷却効率の点で有利だからである。

これらの装置は、現在も実験に活用されている。

4-2. 衝突アライメント配向分子ビーム発生用超小型メカニカル速度選択ディスクの開発

今回製作したメカニカル速度選択ディスクは、大阪大学から依頼のあった課題である。図2に示す外周に溝加工を施したディスクを2枚一定の距離を保って同軸上に固定し、サーボモータで高速回転させることにより、2枚のディスクの溝間を通過できる速度を持った分子線を選別する装置の構成部品である。製作したディスクは、図3に示すように厚さ0.1mmのステンレス鋼製(SUS304)で、直径72mm、その円周には720本の溝が、0.2mm間隔(0.5度)、2mmの長さで配置されている。一本の溝幅の目標値は0.1mm

である。このディスクは切り落とし加工によって製作することになるが、その円周上に高精度に溝を加工する

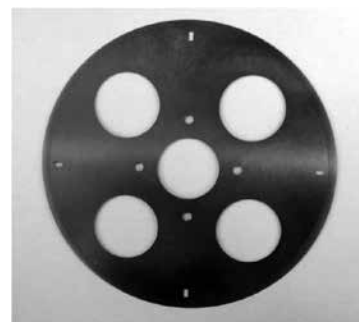


図 2 速度選別ディスク

ことは困難であり、しかもワイヤ放電加工機の加工構造（図4）¹⁾上、ディスクの中心部を固定して加工を行う時、材料の下側に位置するワイヤの巻き取り部分が邪魔になって一度に円の全周加工を施すのは不可能である。そこで今回は、加工のための方法、それに必要な道具（治具）、さらには加工順序を検討して製作を行った。

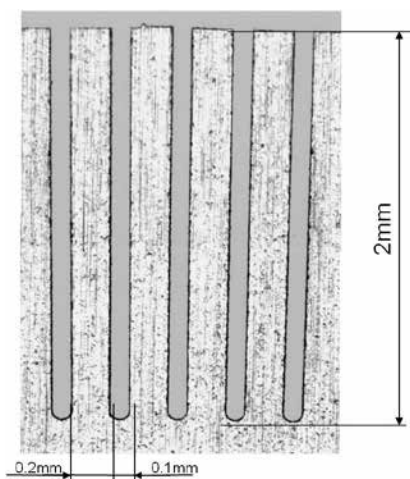


図3 選別部拡大図

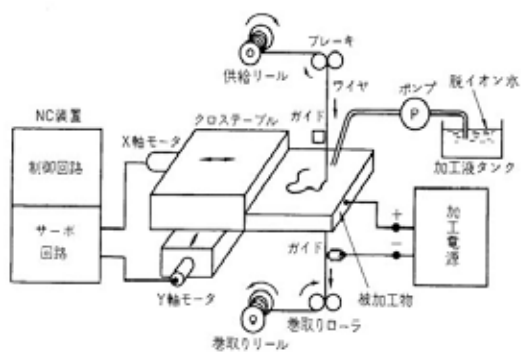


図4 ワイヤ放電加工機の加工原理

4-3. 気体核磁気共鳴分光装置用磁気共鳴セルの開発

これは神戸大学から依頼があったもので、平成19年度 JST・先端計測分析技術・機器開発事業の採択課題である。この装置は、従来、液体と固体試料にしか利用されていなかった NMR 分光法を気相イオンに適用し、質量選別した上で核磁気共鳴の情報が得られるため、極めて高感度の NMR 装置になると期待されている。



図5 気体核磁気共鳴分光装置用磁気共鳴セル

この課題では上記装置の要となる NMR セルの設計と製作を行った（図5）。設計の段階での問題点は図6に示す12Tのマグネット中で行われる実験のため、実験スペースであるおよそφ155×2000mmの空間に質量分析機能と気体 NMR 装置の機能を持つセルを真空単管に納めて組み込む必要があることであった。製作の段階に至っては、磁気共鳴加速の際に用いられる電極に透過率95%の銅メッシュをシワなく取り付けられるかどうかという点であった。その他にも多くの問題点があり、真空機器開発の経験が豊富な他部署の技術職員の協力も得て、テストを繰り返しながら、現在も改良と実験が続いており、今年度2号機の製作が始まっている。

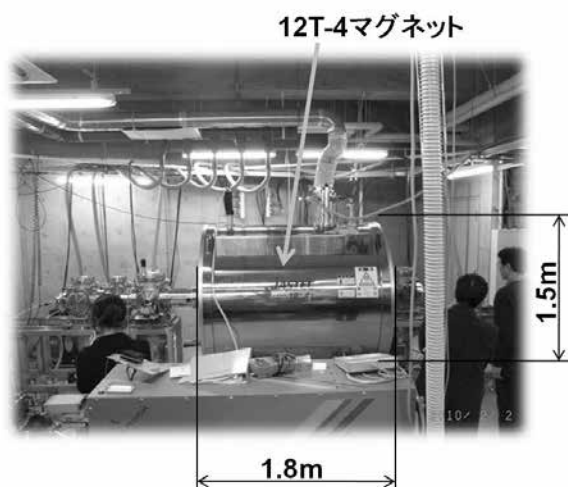


図6 大型マグネット

4-4. 光輝度反射集光鏡の製作

この課題は京都大学から開発依頼のあったものである。分子の構造や変化を知る方法として、レーザーを用いた分光法がある。これを使用した研究で問題になっているのが、分子から発する光の検出感度である。そこで検出感度を向上させる方法として図7に示すような光を高効率に捕集する回転楕円面鏡が考案されその製作を行った。

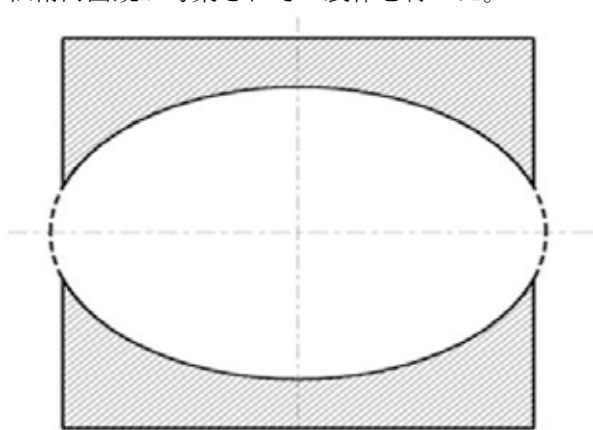


図7 回転楕円面鏡の概略図

このような鏡を一体型で製作するのは困難であるため、図7の縦方向の中心線で分割した分割回転楕円面鏡を2個製作し、それを組み合わせることとした。製作にはヤマザキマザック製CNC旋盤100MYを使用した。

この課題のポイントは、検出感度を向上させるためにその表面を鏡面にする必要があったことで

ある。このため、CNC旋盤で切削後、ペーパーと研磨剤を使用して手作業で仕上げを行った。図8に製作した分割回転楕円面鏡を示す。



図8 製作した分割回転楕円面鏡

4-5. 酸化チタン光励起超親水化反応の機構解明のための装置作製

酸化チタンを利用した例は、空港のガラス窓、自動車のドアミラー、道路のカーブミラーなどが挙げられる。これらは、酸化チタンをコーティングしたガラス表面に太陽光をあてるとその表面が水と非常になじみやすい状態になり、雨水や散水によって油が浮きあがって取れる作用を利用してガラス表面を清浄な状態に保つ製品として使用されている。この現象は超親水化と呼ばれており、この機構には2つの学説がある。これらの学説を実証する実験を行うための装置開発について東京大学から製作依頼があった。図9に製作した装置構成を示す。

今回の装置開発のポイントとしては、メジャーメントチャンバ内に水を導入する点にあった。一般に真空チャンバ内に水を導入することはなく、さらにこれまで水導入機構の設計経験がなかった。そのため、この機構開発を行う上で、(1)水導入機構内の残留水が真空度の向上を妨げるためその排出方法の検討、(2)定量水を導入する方法の検討、(3)水導入後の真空度の確認、などが必要であった。

そこで、予備実験用の装置を製作して実験を行った。この結果、(1)については水導入後に水導入機構内の残留水を補助ポンプで排出すれば、その水が極少になることがわかった。(2)についてはチャンバ内の圧力を制御すれば定量の水を導入することができることがわかった。(3)については、水導入後 10^{-7} Pa の超高真空雰囲気になることがわかった。このように実験と試作を数回繰り返し、水導入機構を開発した。

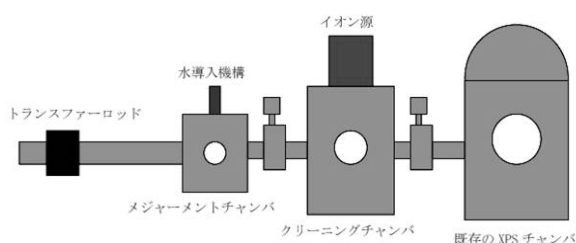


図9 装置構成

4-6. 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用サンプルホルダーの製作²⁾

この課題は、産業技術総合研究所（以下、産総研）から依頼された。産総研では、半導体製造技術を用いた微細加工技術を模索している。その一つとして、集束イオンビーム（FIB）微細加工装置（エリオニクス：EIP-5400：図10）を用いて光ファイバーなどの円筒表面に螺旋構造を製作するための回転機構が必要となり、専用の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。

図11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ともに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 μ m の石英コアが外径 250 μ 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。



図10 FIB微細加工装置

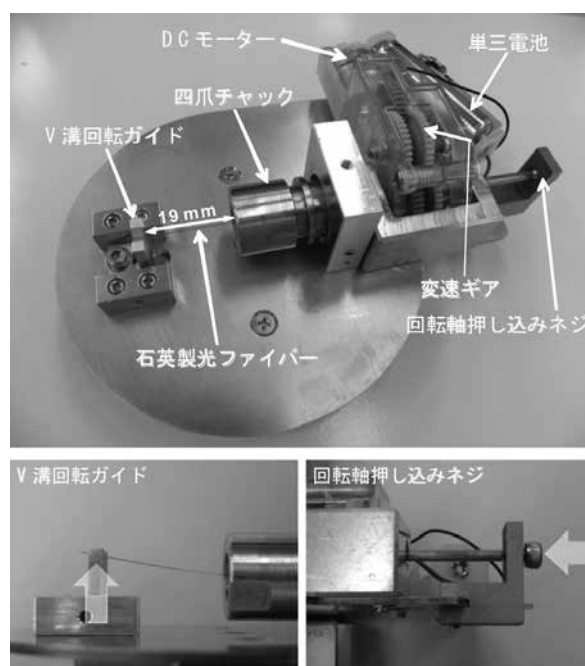


図11 開発したサンプルホルダー

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、図11左下の拡大写真に示したようなV溝回転ガイド

や図 11 右下の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図 12 に示す。図 12 のイラストのように、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 37mm/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。

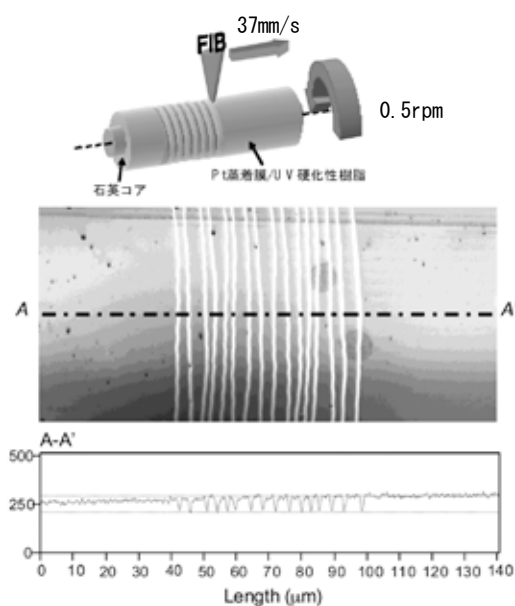


図 12 FIB エッチングで加工した石英製光ファイバー表面のシームレススパイラルパターン

5. まとめ

平成 17 年度後期から始まった製作依頼であるが、今まで分子科学研究所で蓄積してきた装置づくりの経験を所外の研究者にも提供し貢献するという目標は、達成できつつあると考える。また、今までに経験できなかった分野に関する技術習得も行え、所外の研究者ともつながりを持てたことは、今後ますます重要性を増してくると考える。

しかし、実際に製作依頼を受けてみると利用者が分子科学研究所 OB の教官や研究員に偏る傾向がどうしても発生してくる。したがって、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のかが今後の鍵になりそうである。

また、「施設利用」の製作依頼を単に実験機器を安価に製作する手段だと捉えている方もいるようであるが、あくまで分子科学研究所でないと製作できない、開発的要素が多くアウトソーシングでは対応できないものに対して技術支援をしていくのが主目的であるので、その点を広く知っていただくのも大きな課題である。

参考文献

- 1) 齋藤、毛利、高鷲、古谷『放電加工技術-基礎から将来展望まで』、日刊工業新聞社、1997 年、pp. 117。
- 2) 分子科学研究所装置開発室 Annual Report 2011、2012、pp. 10。

各種ミラーの製作について

青山 正樹

装置開発室ではアルミ製のミラーの製作依頼が度々あり、要求精度に応じて次のような製作対応を行っている。数ミクロンの形状精度で良い場合は、通常の NC 旋盤やフライス盤による加工を行った後ピカールなどの研磨材により表面粗さ Ra 数十 nm 程度の鏡面に仕上げている。また $1\mu\text{m}$ 以下の形状精度が必要な場合は、超精密加工機により Ra 数 nm 程度の鏡面加工を行っている。それぞれの方法で最近製作した 2 件のミラーについて紹介する。

図 1 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る。テラヘルツ SR の集光で利用されるもので $10\mu\text{m}$ 以下の形状精度が求められている。以前製作した形状に、冷却用パイプを埋設するための溝形状を追加しものである。材料にはあらかじめ残留応力除去のための熱処理を施されたアルミ合金 5052 材を使用している。加工には一般的な NC フライス盤を使用し、加工後にピカールによるハンドラッピングを行った。図 3 は長手方向の形状誤差量の測定結果である。X 軸方向距離 25mm 付近の大きな形状誤差はボールエンドミル工具中心部での加工の影響であり、その部分を除いた形状誤差量は約 $8\mu\text{m}$ であった。

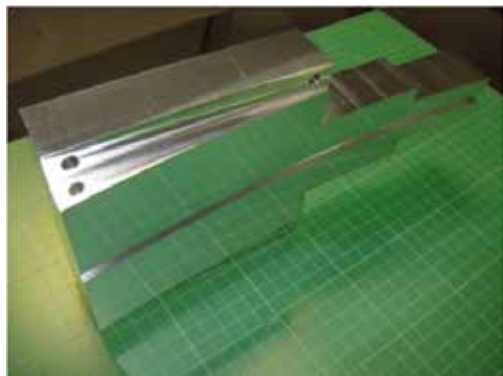


図 1 非球面非対称集光鏡

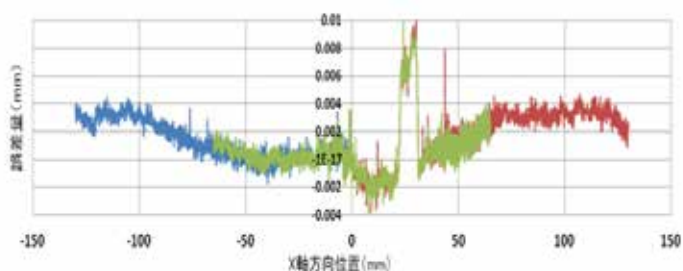


図 2 形状誤差量測定結果

図 3 は IPES 用楕円面鏡の製作写真である。形状精度は、 $1\mu\text{m}$ 以下が理想のため国立天文台先端技術センターの超精密加工機により鏡面切削を行った。図 4 のようにミラー表面の粗さは Ra5nm の鏡面が得られている。形状精度はミラーの形状が深い凹状となっているため、測定用対物レンズと干渉するために測定できていない。接触式の形状測定器なら測定可能であるが、ミラー表面が傷付くため測定を行うことができない。このような製作ミラーの形状測定については今後の課題である。

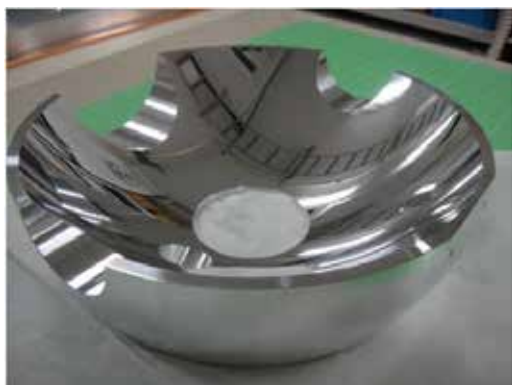


図 3 IPES 用楕円面鏡

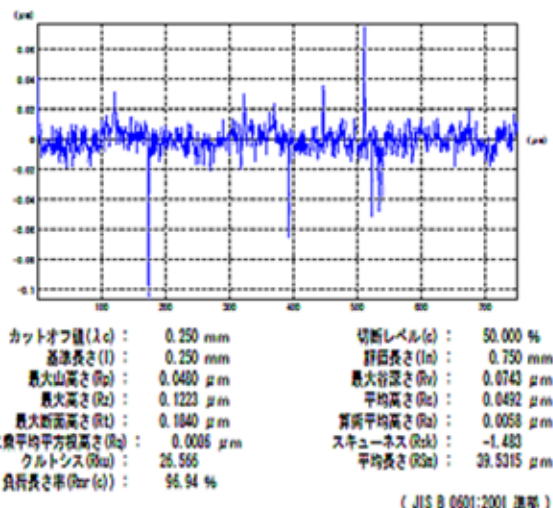


図 4 表面粗さ測定結果

MgF₂ 非球面レンズの超精密切削加工

近藤聖彦

顕微分光実験において、波長 120nm 程度の光を試料に照射する際の集光レンズとして非球面レンズが必要となる。非球面レンズは球面レンズと比較し、球面収差による影響が小さいので、焦点径が小さくなりレンズ全体にわたって歪みの少ない像が得られる。また、この波長の光を透過する材料として、MgF₂ を選定した。しかし、MgF₂ 製の非球面レンズは市販されていないため、製作を行うことにした。

脆性材料のレンズ加工方法として、ナノメートルレベルで動作する機械と鋭利な刃先を有する工具を使用した超精密切削加工に関する研究が行われている。しかし、MgF₂ についての研究報告は少なく、旋削加工についての報告は見当たらない。そこで、国立天文台の超精密非球面切削加工機（図 1）を使用し、図 2 に示す円弧形状の単結晶ダイヤモンド工具をこの機械に取り付け、MgF₂ 非球面レンズの超精密切削加工を行ったので報告する。

製作を行う際の目標精度は、形状精度については波長の 1/4～1/10 程度と考え 12nm～30nm、表面粗さについては形状精度の 1/10 程度と考え 1.2nm～3nm 程度となる。

一般に脆性材料を切削する場合、クラックの少ない切削面を得るには、ナノメートルレベルの切取り厚さで加工が行われる。しかし、MgF₂ の旋削加工に適した切取り厚さに関する情報が無かったため、切取り厚さの実験を行った。

図 3 に示すように、6 種類（13, 38, 75, 149, 292, 361nm）の切取り厚さについて MgF₂ を切削し、そのときの表面性状と表面粗さについて評価を行った。この結果、切取り厚さ 13nm のときは、クラックが僅少の切削面となり、38nm からクラックが徐々に多くなり 149nm～361nm はクラック面となった。このことから、切取り厚さ 13nm で切削することに決定した。

この条件を使用して製作した非球面レンズを図 4 の右に示す。このレンズは、中心高さ 5.1 mm、直径 25 mm である。平均表面粗さは 3.6nmRq、形状精度は+200～-250nm となり、目標値の 8 倍程度となった。

謝辞

本加工は、国立天文台共同開発研究費の助成を受けて行われたものである。また、非球面レンズの製作において、多大なご協力、ご助言を頂いた国立天文台の岡田則夫氏、三ツ井健司氏、名古屋大学の鳥居龍晴氏、立花健二氏に謝意を表す。



図 1 超精密非球面切削加工機

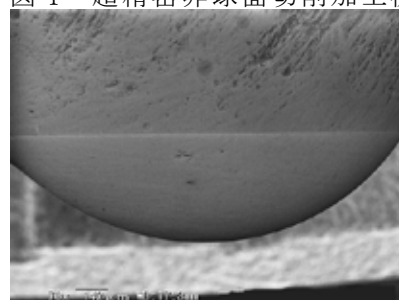


図 2 単結晶ダイヤモンド工具先端の電子顕微鏡像

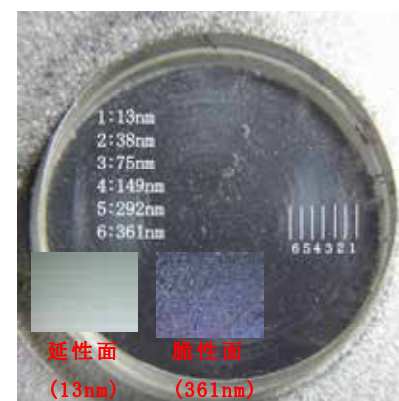


図 3 切取り厚さ実験結果



図 4 製作した非球面レンズ（右）
と同外径の球面レンズ（左）

微小電圧(mV)パルス発生器の製作

吉田 久史

1.はじめに

気相イオンの核磁気共鳴分光に必要な極低温のイオン束の発生装置のために、数 mV～数百 mV の微小電圧パルスの発生器が必要となる。この時、イオンの運動エネルギーが極めて小さいために、パルサーの出力電圧には高精度な安定性が求められる。そこで、表 1 に示す仕様の微小電圧パルス発生器の開発を行うことにした。製作するパルサーは TTL レベルの外部トリガー信号に同期し、トリガー信号幅と同等でユーザーが設定する振幅のパルス電圧を出力するものである。

パルス振幅	5~100mV
パルス幅*1	0.1~1mS
パルス周期*1	100mS
トリガー入力	TTL
負荷抵抗	∞

*1:トリガー信号に準拠

表 1. パルス発生器の仕様

2.半導体スイッチ素子の評価試験

パルス発生回路の設計に先立ち、半導体スイッチが mV オーダーの微小電圧で使用可能かどうか図 1 に示すテスト回路を製作し評価を行った。図 1-(1)はアナログスイッチ用、図 1-(2)はフォト MOS リレー用のテスト回路である。Voltage Source には可変電源を接続し、外部トリガーはパルス・ジェネレータで供給した。トリガーのパルス幅:5mS, Voltage Source:10mV における観測波形を図 2 に示す。図中の上段(黄線)はトリガー信号を、下段(青線)は出力信号である。図 2 の(1)~(3)はアナログスイッチ FSA1156 の出力波形である。また、(2)と(3)はそれぞれパルスの立ち上がり

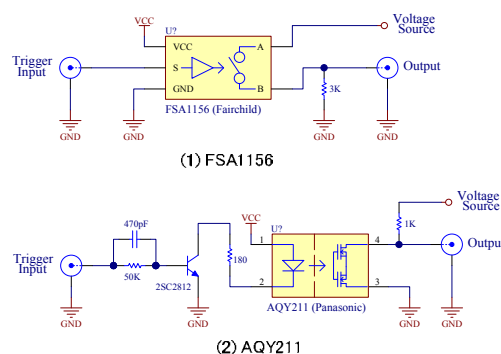


図 1 スwitch素子のテスト回路

りと立ち下がり拡大したものである。同様に、(4)~(6)はフォト MOS リレー AQY211 の出力波形である。

回路構成の違いにより極性は反転しているが、両素子共に出力振幅:10mV のパルスを得た。また、設定電圧が 10mV 以下でも動作することを確認した。しかしながら、アナログスイッチを用いた回路

は、スイッチング時に 100mV を超える大きなスパイク状のノイズとリングングが観測された。一方、フォト MOS リレーの場合は、ターンオン時/ターンオフ時の応答が遅い点に

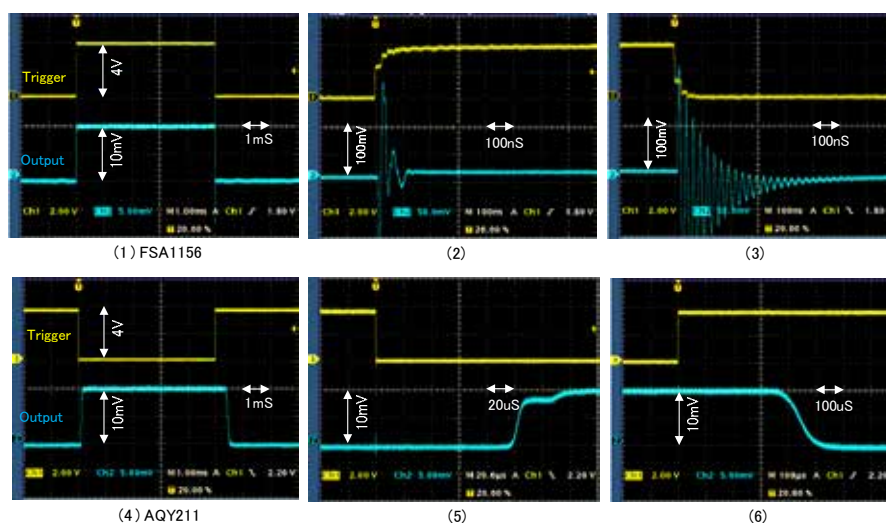


図 2 テスト回路の出力波形

注意すれば、スイッチング時にノイズの無い良好なパルス出力が得られることが分かった。

3.微小電圧可変電源回路

パルス発生回路には、mV オーダーでパルス電圧を設定するための高精度な可変電源が必要となる。図 3 は、そのための可変電源のブロック図である。温度係数 5ppm/℃ の 2.5V 基準電圧を内蔵する 16 ビットの DA 変換器である

AD5660-2(Analog Devices)を用いることで、フルスケール 5V、分解能 76.3uV のプログラマブル電圧源とした。出力電圧は、3 桁のサムホイールスイッチにより mV 単位(最大 999mV)で設定する。

この設定値の読み取りと DA 変換器へのデータ送信のために、8 ビットの PIC マイコンである PIC16F1827(Microchip Technology)を使用した。PIC マイコンは、設定値(3 桁の BCD コード)と DA 変換器の分解能から DA に送る 16 ビットのバイナリデータを求める。そして、SPI 互換のシリアル通信で DA 変換器の出力電圧を設定する。

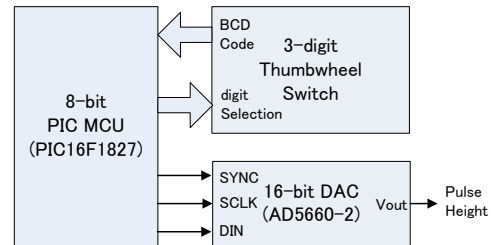


図 3 高精度可変電源のブロック図

4.微小電圧パルス発生回路

アナログスイッチを使った場合、スイッチング時のノイズを低減するための工夫が必要であることが分かった。テスト回路は伝送路のインピーダンス整合について考慮を欠いたものだったので、その点を改良したパルス発生回路を設計することにした。図 4 にその回路図を示す。この回路は、伝送路の特性インピーダンスを 50Ω で整合した回路である。1.6mm 厚のガラスエポキシ両面銅張基板を用い、片面は全体をグランド(アース)とした。そして、表面実装部品を使用し、部品の実装面に特性インピーダンス:50Ω のマイクロストリップラインを形成し配線を行った。マイクロストリップラインの線幅は、計算ツールを使って求めた。誘電率 $\epsilon_r=4.8$ 、銅箔の厚さ $t=35\mu m$ の条件で、線幅は 2.84mm であった。また、信号の入出力は、プリント基板に実装した SMA コネクタで行うようにした。

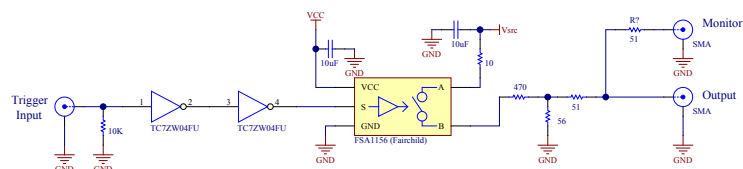


図 4 アナログスイッチを用いたパルス発生回路

図 5 にその回路図を示す。この回路は、伝送路の特性インピーダンスを 50Ω で整合した回路である。1.6mm 厚のガラスエポキシ両面銅張基板を用い、片面は全体をグランド(アース)とした。そして、表面実装部品を使用し、部品の実装面に特性インピーダンス:50Ω のマイクロストリップラインを形成し配線を行った。マイクロストリップラインの線幅は、計算ツールを使って求めた。誘電率 $\epsilon_r=4.8$ 、銅箔の厚さ $t=35\mu m$ の条件で、線幅は 2.84mm であった。また、信号の入出力は、プリント基板に実装した SMA コネクタで行うようにした。

図 5 にテスト回路と同じ条件で観測したパルス発生回路の応答波形を示す。図 5 の(1)～(3)は MAX325 を使用した時の波形を、また、(4)～(6)は

FSA1156 を用いた時の波形である。テスト回路と比較して、パルス出力はリングングの無いかかなり改善された波形となった。図 5-(3)および(5)で見られるように、パルスのエッ

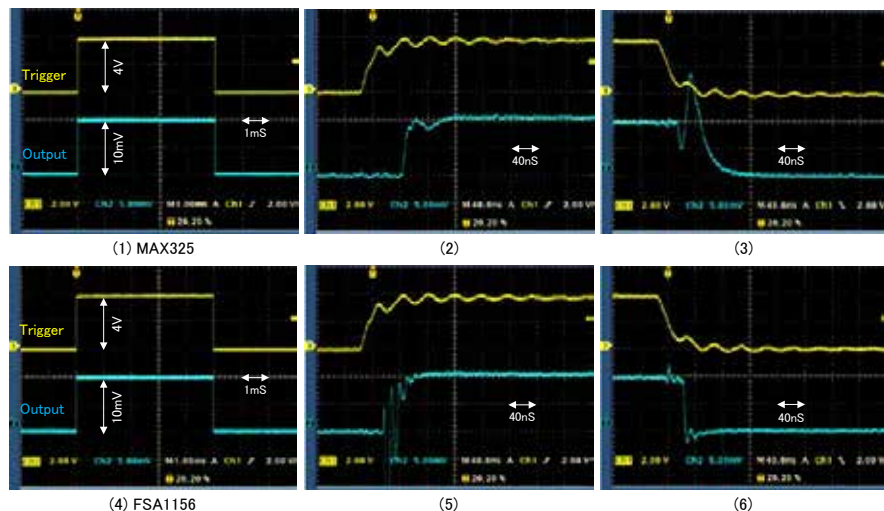


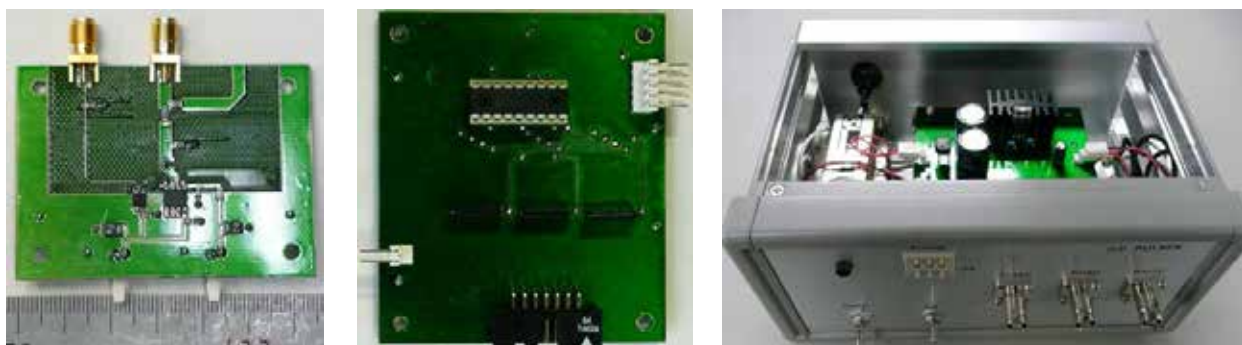
図 5 パルス発生回路の出力波形

ジ部分でスパイク状のノイズが観測されるが、そのピーク値はテスト回路と比較して約 $1/10$ (約 $200\text{mV} > 20\text{mV}$) であった。これはスイッチの出力側に挿入したインピーダンス整合のための抵抗回路で、ノイズが分圧されて減衰したものとする。アナログスイッチで発生するスイッチング時のノイズは、デバイス自身の構造に起因するものであり、ノイズを完全に抑えることは困難である。従って、よりノイズの小さなデバイスを選定することが重要と考える。製作した微小電圧パルス発生器の写真を図 6 に示す。

5. おわりに

CMOS アナログスイッチとフォト MOS リレーは、 mV オーダーの微小電圧のスイッチング素子として利用できることが分かった。特に、フォト MOS リレーは応答速度が遅いことを除くと、ノイズの少ない良好なパルス電圧を得ることができる。一方、CMOS アナログスイッチを使用すれば、立ち上がりの速い高速なパルスを作ることが可能である。しかしながら、スイッチングによるノイズは、ピーク値が数百 mV になることがあるので微小電圧を扱う場合には注意を要する。

温度係数 $5\text{ppm}/^\circ\text{C}$ の高精度基準電圧を内蔵した DA 変換器を電圧源として、出力パルス振幅を mV 単位で設定できる微小電圧パルス発生器を製作した。このパルス発生器は、現在開発が進められている極低温のイオン束の発生装置に使用する予定であり、その試運転の結果に基づき今後も改良を加えて行くつもりである。



(1) パルス発生回路基板 (2) 可変電源基板 (3) パルス発生器の外観

図 6 製作した微小電圧パルス発生器

放電加工を用いたグラッシーカーボンの加工

矢野 隆行

1. はじめに

最近装置開発室に持ち込まれる材料にグラッシーカーボン（表 1）と呼ばれる材料がある。グラッシーカーボンは、黒色ガラス状のガス不透過性炭素素材で、耐熱性や耐薬品性に優れており、電気伝導性が高く、熱伝導率が低いことが特徴である。また、気体や溶液が透過することなく、カーボンの粉が出にくいこと、さらに非常に高純度であるため半導体製造工程の基板ホルダーや遮熱板、燃料電池のセパレータなどに利用されている。

このようにグラッシーカーボンは優れた性能を持った素材であるが、ガラスと同じような加工方法をとらなければならないため、旋盤やフライス盤などを使用した切削加工は非常に困難である。

しかし、ガラスと大きく違う点として「電気伝導性が高い」ということから、放電加工に代表される電気加工が可能であるため、装置開発室が所有する形彫放電加工機を使用してグラッシーカーボンのテスト加工を行ったので報告する。

表 1 主な材料の物性値

	黒鉛	グラッシー カーボン	石英 ガラス	モリブデン
使用限界 温度[℃]	3200	3000	1200	2620
電気伝導度 [1/(Ω m)]	1.4×10^5	2.2×10^4	1.0×10^{-16}	1.79×10^7
線熱膨張係数 [1/K]	6.97×10^{-6}	2.60×10^{-6}	5.10×10^{-7}	5.20×10^{-6}
熱伝導率 [W/(mK)]	200	6.3	1.38	140
発塵性	有	無		
ガス透過性	有	無		

2. 加工試験

放電加工においてカーボンは通常工具電極として使用されるため、加工条件には電極成形用の条件¹3つ（荒加工用・中仕上げ加工用・仕上げ加工用）を用い、工具電極に銅-タングステンを使用した。加工テスト内容は、円筒電極の先端を直径 2mm に成形し、深さ 1mm の止穴加工を行った。このとき、実際に加工された除去体積と加工時間、工具電極の消耗量を計測し、加工速度と電極消耗比を算出する。結果を表 2 に示す。

3. まとめ

今回の加工結果から、グラッシーカーボンが金属材料と同じように放電加工できることが確認できた。荒加工用の条件に関しては加工速度がそれほど上昇しなかったが、仕上げ加工用の条件に関しては通常の金属加工と同等の加工速度で加工できることが確認できた。工具電極に銅-タングステンを使用していることもあるが、電極消耗比も低く、精度の必要な加工も充分可能であると判断した。

表 2 加工結果

加工条件	電極 消耗比 [%]	加工時間 [min]	加工 深さ [mm]	除去 体積 [mm ³]	加工速度 [mm ³ /min]	加工対象が金属の 場合の加工速度 [mm ³ /min]
荒加工	0.0031	6.883	0.960	2.751	0.400	2.92
中仕上げ加工	0.0152	14.683	1.071	2.650	0.180	0.19
仕上げ加工	0.0228	17.867	0.881	2.360	0.132	0.04

¹形彫り放電加工は基本的に転写加工であるため、電極の形が加工物に反映されます。その電極を形づくる為の加工条件のことです。

時間分解 FTIR 用回転セルの製作

水谷 伸雄

はじめに

本回転セルは、光エネルギー変換系における水分子の関わりを時間分解偏光赤外分光法で解明する為の試料駆動装置として、生体分子情報部門古谷准教授、木村助教らの依頼により設計製作した。同時に製作したフィルターホルダーと駆動装置を図 1 に示す。なお、制御回路の設計製作は、エレクトロニクスセクションの内山氏が行った。

設置条件

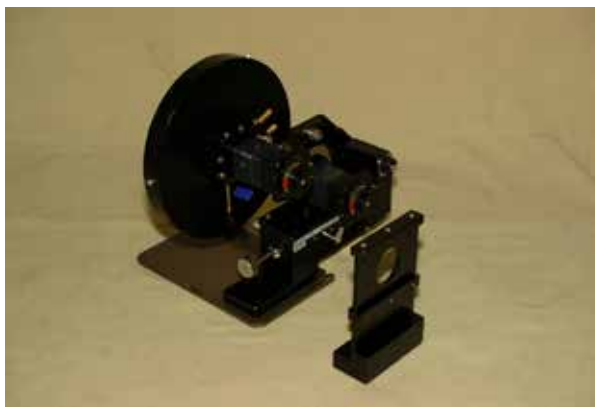
駆動装置は、BRUKER VERTEX80 型分光器内のクイックロックベースプレート (166mm×100mm) 上に固定される。回転セル(試料部分)以外の駆動系は分光器の外に出ても良いが、その場合、サンプルコンパートメントカバーの大幅な改造が必要となり、クイックロックベースプレートのロック機構への負担も増え好ましくない。そのため、出来る限りの小型軽量設計を試みた。

基本動作機構

求められる動作は、直径 $\Phi 140\text{mm}$ 厚さ 3mm の CaF_2 円板 2 枚に封じ込まれたフィルム状試料を独立したモーターにより回転運動 (0.11Hz~1Hz 程度) と上下運動 (0.5Hz 程度) を同時に制御させることである。この動作により照射する励起光は試料全面にサイン波状の軌跡を一定のタイミングで描き続けることになる。この時、照射する励起光を渦巻模様のような連続した円周状の軌跡にすると最後の照射点から最初の照射点に戻る時に空白時間が出来てしまうが、サイン波状の軌跡を描くことで最後の励起点から最初の励起点への移動空白時間を無くすることができる。これにより一度励起された試料部分(一定時間後には、励起前の状態に戻っている。)にも繰返し励起光を照射でき、連続的にデータを蓄積することが可能となる。

試料の冷却

CaF_2 円板に封じ込まれた試料は励起光による温度上昇が考えられるため、中心部には水冷ジャケットを設け恒温循環水を通す事で温度上昇を防ぐ。この水冷ジャケットは、試料回転モーターの発熱を抑える働きもする。試料回転モーターと水冷ジャケットを図 2 に示す。



(図 1. 回転セル駆動部, フィルターホルダー)



(図 2. 試料回転モーター, 水冷ジャケット)

試料回転部

CaF_2 円板を回転させるモーターは、 $28\text{mm} \times 28\text{mm}$ の 5 相ステッピングモーターと減速比 100 のハーモニックドライブギアとの組合せで、低速回転 (0.11Hz~1Hz) で、高出力 (励磁最大静止トルク $2.4 \text{ N} \cdot \text{m}$) な運転を可能にしている。回転数は、モーター後部に取付けたチョップパーで読取っている。 CaF_2 円板は、黒色アルマイト処理を施したアルミ製のカバーで覆われ、

外部の光や反射光の影響を受けにくくしている。他のアルミ製部品も黒色アルマイト処理を施し反射光の低減を図っている。

上下駆動部

回転する試料の上下動は、励起光の軌跡を計算する上では垂直運動が望ましいが、機構が複雑になり重量も増す事から、スウィングアーム式とした。スウィングアームの動きは、試料回転用モーターと同じユニットを使用し、外周にベアリングを装着した偏芯軸（偏芯量 10mm）により上下動する。この偏芯軸付モーターは、スウィングアームと平行に取り付けられたステージの移動により振れ幅の調製を行う。（図 3）減速ギアにハーモニックドライブを使用する事で、バックラッシュを無くすと共に振動の低減を図った。



（図 3. 偏芯軸, スウィングアーム, 調製ステージ）



（図 4. 動作確認の様子）

現状

回路工作室での試運転後、赤外分光器に取付け駆動部が干渉しないか確認した。（図 4）サンプルコンパートメントカバーを閉じた状態での動作に問題は無かったが、設計段階で確認されていた試料カバーの上方への突出し（図 5）は、サンプルコンパートメントカバーのトップリッドを箱形にして嵩あげする事で対応した。（図 6）この時の試運転では、振動やノイズは問題にならないレベルであった。今後、光路確認、スウィングアームの振れ幅微調製の後実験に使用される。



（図 5. 試料カバーの突出し量確認）



（図 6. 箱形トップリッドの製作）

CMOS アナログ LSI 設計技術の習得

内山 功一

1. はじめに

我々は CMOS アナログ LSI の設計技術習得のための取り組みを 4 年前から行っている。この取り組みについては、これまでの Annual Report で紹介している。今回は、前号で紹介した試作 LSI2 号機（デジアナ混載回路）の評価試験を行ったので報告する。また、これまで製作してきた LSI の試験結果を元に、3 回目の CMOS アナログ LSI の設計を行ったので合わせて報告する。

2. 試作 2 号機の仕様

前回報告した通り、試作 1 号機に組み込んだオペアンプ回路は駆動能力不足と極端なパラメータ設定による不安定動作による問題があった。そのため、この問題を解消するように試作 2 号機の設計を行った。（図 1）試作 2 号機は、特性の異なる 2 種類のオペアンプと、インバータ、NAND といったロジックゲート回路と、それらを組み合わせた三角波発振器を集積したデジアナ混載回路として設計した。オペアンプは、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トランジスタ数を増やして駆動能力を強化した。また、もう一つの問題であった安定動作についても条件を満たすようにトランジスタの設計を行った。それに加えて、テイル電流源へのバイアス電源回路を新たに設計し、LSI に組み込むことにより 1 号機で使用した外部電源が要らなくなった。オペアンプの仕様を表 1 に示す。オペアンプは共に DC ゲイン 70dB 程度で、回路 1 は帯域幅が 12KHz で MIM キャパシタによる位相補償回路を内蔵している。それに対し回路 2 は帯域幅が 90KHz で、外部に 20pF の位相補償用キャパシタを必要とする。三角波発振器のブロック図を図 2 に示す。三角波発振器は、積分回路、位相補償内蔵型のオペアンプを用いて三角波の上限及び下限を識別する二つのコンパレータ、充放電の状態を維持するためのロジックゲートによる RS ラッチ、積分回路の充放電を切り替えるスイッチング回路で構成されている。

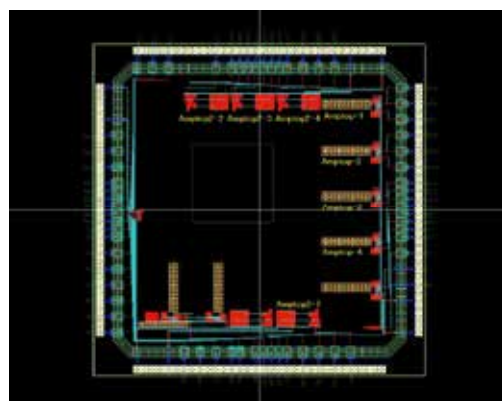


図 1.試作 2 号機レイアウト図

	ゲイン (dB)	帯域幅 (KHz)	位相余裕 (°)
オペアンプ 1	73	12	72
オペアンプ 2	72	92	50 (20pF)

表 1.試作 2 号機オペアンプ仕様

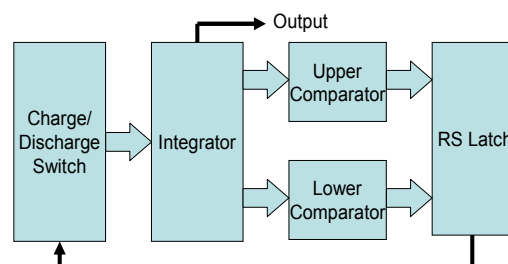


図 2.三角波発振器ブロック図

3. 試作 2 号機の結果

まず初めに、ロジックゲート回路であるインバータ、NAND ゲートについての動作試験を行った。これらの回路は図 3 に示す動作波形図からわかるように、問題なく入力信号に対しての応答出力を得ることができた。インバータ出力は、立ち上り 5nsec、立下り 5nsec、動作遅延 5nsec と良好な結果を得た。また NAND ゲートに関しては、立ち上り 5nsec、立下り 8nsec、動作遅延 5nsec とインバータ同様にこちらも良好な結果となった。実際にまともに動作したのはここまでであり、オペアンプやそれを利用した三角波発振器に関しては正常な動作を確認することができなかった。オペアンプ回路の動作波形を図 4 に示す。動作波形は一応入力信号に反応しているように見えるが、実際は減衰した出力波形が観測された。LSI に

組み込んだオペアンプは、回路 1、2 それぞれ 4 回路ずつ計 8 回路製作し、全ての回路について動作確認を行ったが、全てのオペアンプ回路がまともに動作していないことがわかった。次に、入力を $1/2V_{DD}$ に固定することでオフセット電圧の測定を行った。その結果を表 2 に示す。数十 mV から数百 mV の間でばらつき、無視できないレベルであった。また、無作為に抽出した 3 つの LSI のオペアンプで誤差分布が類似の傾向を示すことが観測された。(図 5) 何故このような結果になったのかいくつかの原因を推測した。ひとつは、電流駆動能力を増強したにも関わらず配線の許容電流を考慮しなかったことである。また、デジタル回路や発信器と混載しているにも関わらずガードリングなどのノイズ対策をまったく行っていなかったことも挙げられる。動作不良の原因が、これらの要因のみかどうかは判断できない。これは基板上の電子回路と異なり、LSI の内部状態を確認する術が無いために原因の特定が難しいからである。通常、内部動作確認用のテストピンやテスト用の要素回路ブロックを用意するが、試作 2 号機ではこれらを作製しなかった。最後に、三角波発振器の動作波形を図 6 に示す。三角波発振器は、上記のオペアンプを利用しているためにコンパレータが働かず出力信号がローまたはハイレベルにはりつくと思われたが、何故か発振波形が観測された。しかし、この発振は不安定であり最初から動作しないことや、動作していても急に停止してしまうことがあった。これは、やはりオペアンプの動作不良が要因ではないかと考える。

	アンプ 1-1	アンプ 1-2	アンプ 1-3	アンプ 1-4
	アンプ 2-1	アンプ 2-2	アンプ 2-3	アンプ 2-4
LSI1	0.214V	-0.136V	-0.586V	-0.97V
	0.384V	0.814V	0.134V	-0.166V
LSI2	0.243V	-0.077V	-0.287V	-0.76V
	0.343V	0.823V	0.134V	-0.166V
LSI3	0.274V	-0.036V	-0.256V	-0.732V
	0.344V	0.834V	0.144V	-0.136V

表 2. オフセット電圧

4. 試作 3 号機の設計

今年度行った試作 3 号機の設計は、これまでの失敗の反省から正しい設計手法を学び、今後の LSI 設計に活用可能なレベルのオペアンプを設計することを目指した。最初に、これまでのシミュレータのみに頼った設計から脱却するために、VDEC 主催のアナログ集積回路設計演習セミナーに参加し、利用するプロセスで使用するトランジスタ特性の導出方法、オペアンプに使われるトランジスタサイズの導出方法、レイアウト時に注意すべき事項及び方法を学んだ。次に、今回試作する 2 種類のオペアンプの設計をセミナーの手法

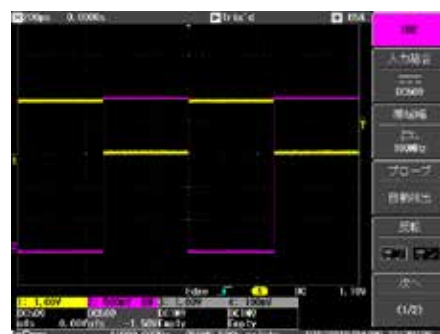


図 3. インバータ動作波形

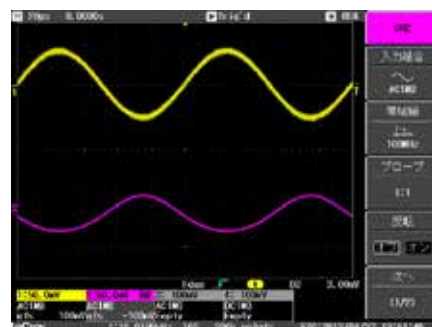


図 4. オペアンプ動作波形

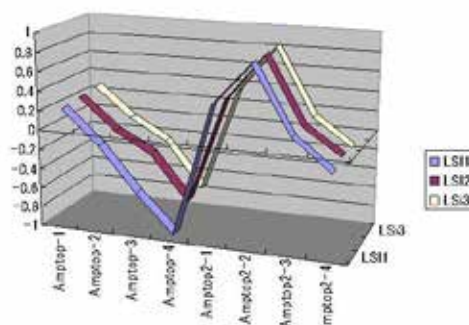


図 5. オフセット電圧分布グラフ

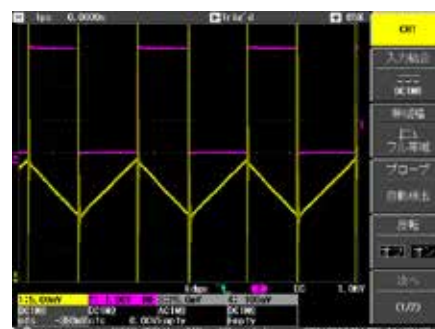


図 6. 三角波発振器波形図

に習って行った。新たに設計したオペアンプの仕様を表 3 にレイアウト図を図 7 に示す。今回は、スルーレートと周波数帯域の異なる 2 種類のオペアンプの設計を行った。1 号機であった駆動能力不足に対しては、単純に出力段(増幅段)のトランジスタ数を増やすことはせず、後段にソースフォロワを設けることで駆動能力を確保している。また、2 種類のオペアンプ共にソースフォロワ付きと無いものを用意した。レイアウトに関しては、プロセスによるトランジスタのばらつきを抑えるための重心を考慮に入れた素子配置やガードリングによる回路の切り分けを行い、前回の失敗から電流密度を考慮した配線を用いた。また、試作 3 号機は、オペアンプの差動入力段、バイアス電源を独立したテスト回路として用意し、個々に動作確認できるようにしている。残念ながら試作 3 号機は、本稿執筆中に納品されたため評価試験を行っていない。本 LSI の評価結果については次号で報告を行いたいと思う。

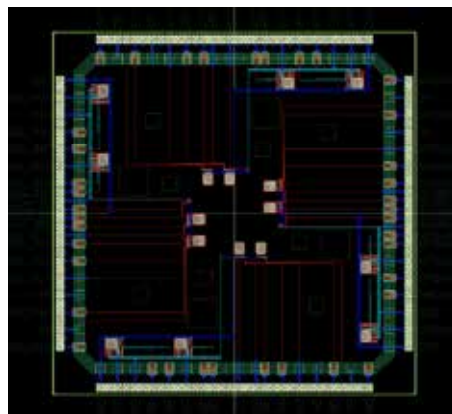


図 7.試作 3 号機レイアウト図

	オペアンプ 1	オペアンプ 2
電源電圧	$\pm 1.65\text{V} (3.3\text{V})$	$\pm 1.65\text{V} (3.3\text{V})$
最大負荷容量	10pF	10pF
直流利得	65dB	63dB
単位利得周波数	6.7MHz	18MHz
スルーレート	$3.3\text{V}/\mu\text{s}$	$11\text{V}/\mu\text{s}$
位相余裕	76°	87°
オフセット電圧	$13\mu\text{V}$	$100\mu\text{V}$
入力雑音	$2\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$	$11\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
消費電力	0.25mW	1.1mW

表 3.試作 3 号機仕様

5. おわりに

これまで 4 年に渡り、CMOS アナログ回路設計技術習得を目標に取り組んできた。その結果、設計ツールのオペレートを理解し設計からデータ提出までをスムーズに行えるようになった。LVS や DRC などのルールチェックにおいても、エラーの対処を的確に行うことができた。また、正しい CMOS アナログ回路の設計方法を習得することで、これまでのシミュレーションに依存した設計により非現実的な回路を製作してしまうことから脱却することができた。今回試作したオペアンプについて設計通りの性能が確認できれば、当初目標として掲げた

LSI 設計技術の習得を達成することになる。今後の展望としては、当初予定されていたバイオセンサや、化学反応をダイレクトに電気信号として取り出すようなピックアップなど分子科学に貢献できるような LSI 製作ができるように取り組んでいきたい。

既存加工機の加工特性測定について

矢野隆行

1. はじめに

装置開発室には、1992年に導入された形彫放電加工機があるが、導入されてから20年以上を迎え加工に関する様々な指標に関して確認する機会を得たのでここで報告する。

2. 実験

装置開発室が所有する放電加工機はSodick社製A35Rである。
(図1)

工具電極としてタフピッチ銅(φ10mm)を用意し、加工対象として分子科学研究所でよく使用される、ステンレス(SUS304)とアルミニウム合金(A5052)を用意して形彫放電加工を行った。

実験方法としては、電極の無消耗加工と有消耗加工の中からそれぞれ3種類の加工条件を選択し、タフピッチ銅の電極を加工物表面から深さ0.5mmまで加工する工程により、できあがった穴の径、深さ、表面粗さを測定し、加工時間から加工速度を、加工物の除去体積と電極消耗体積から電極消耗比を算出した。結果を表1、2に示す。加工対象を鉄としたときの加工速度について、Sodickから提供を受けた値との比較を図2に示す。



図1 Sodick A35R

表1 加工結果(ステンレス)

	加工条件	穴径 [mm]	穴深さ [mm]	加工速度 [mm ³ /min]	面粗さ [μmR _{max}]	電極 消耗比[%]
無消耗加工	1	10.15	0.55	0.99	15.8	0.1
	2	10.18	0.57	8.3	38.8	0.1
	3	10.39	0.69	48.2	42.1	0.2
有消耗加工	4	10.02	0.33	0.05	3.6	53
	5	10.07	0.38	0.22	8.8	35
	6	10.06	0.4	1.07	18.3	38

表2 加工結果(アルミニウム合金)

	加工条件	穴径 [mm]	穴深さ [mm]	加工速度 [mm ³ /min]	面粗さ [μmR _{max}]	電極 消耗比[%]
無消耗加工	1	10.09	0.52	0.88	13.6	0
	2	10.22	0.57	18.4	43.3	0.1
	3	10.56	0.67	97.8	108	0
有消耗加工	4	10.03	0.39	0.23	7.6	7.2
	5	10.04	0.47	1.9	14	3.2
	6	10.09	0.49	14.9	28.1	2.3

3. まとめ

今回、メーカーから提供されている鉄を加工対象とした場合の検証を行っていないので経年変化による比較はできなかったが、加工条件別、材料別の指標の傾向を確認することができ、仕上げ加工用の条件1、4を除いて、ステンレスは鉄の75~80%、アルミニウム合金は鉄の40%程度の加工速度で加工可能であることを確認した。

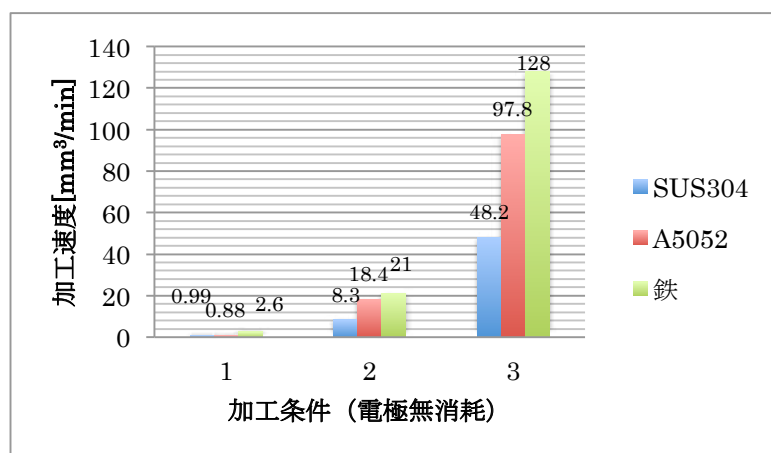


図2 材質別加工速度比較

マイクロ流路ミキサーの改良

高田 紀子

1. はじめに

昨年に引き続き、タンパク質の構造変化の解析に用いるマイクロ流路ミキサー（以下、ミキサー）の製作をフォトリソグラフィーで行った。昨年は、2液を混合する流路部分（以下、混合部分）の幅が $10\mu\text{m}$ のミキサーを製作した。送液テストの結果、2液の反応によって起こる輝線の幅が $5\mu\text{m}$ 程度と流路幅に比べ細かったことから、混合が十分行われないうちに次の観察部分に到達してしまっていることが分かった。製作したミキサーの構造を図1、製作工程を図2、送液テストの写真を図3に示す。マイクロサイズの流路内では基本的に溶液は層流で流れるため、混合は分子拡散によってのみ起こる。分子拡散によって濃度が均一になる時間は流路幅の2乗に比例するため、混合部分の幅を、前回の $10\mu\text{m}$ から $5\mu\text{m}$ に細くした改良型の製作を行った。ここでは、製作したミキサーのレジストパターンとPDMSパターンのSEM画像、また断面形状について確認を行ったので、それについて報告する。

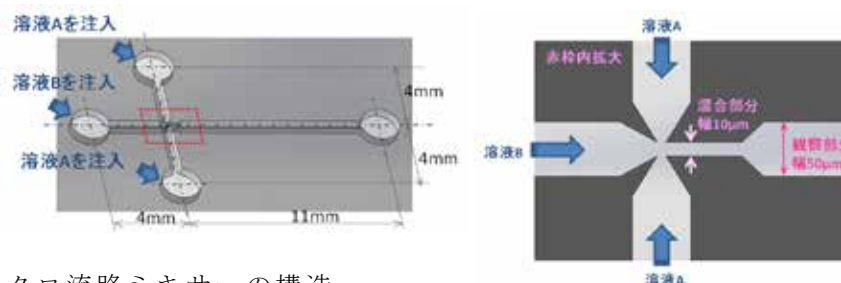


図1 マイクロ流路ミキサーの構造

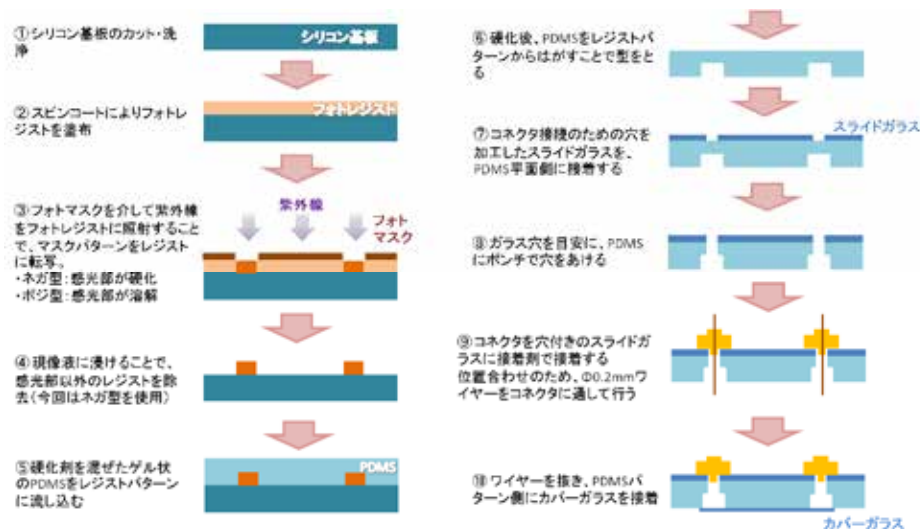


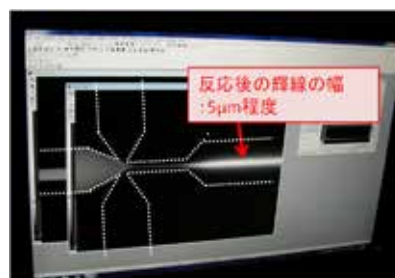
図2 マイクロ流路ミキサーの製作工程

図3 送液テストの様子

(a) 倒立型の蛍光顕微鏡で観察

(a)

(b) 蛍光顕微鏡画像

2液の反応により幅 $5\mu\text{m}$ 程度の輝線が確認された

(b)

2. マイクロ流路ミキサーの改良

これまでの経験から、原版となるフォトマスクと比較して、レジストパターン幅が約 $1.5\mu\text{m}$ 太くなることが分かっている（フォトマスク上でパターン幅が $4\mu\text{m}$ 、レジスト厚が $50\mu\text{m}$ の場合）。そこで、今回改良型を製作するにあたって、最終的な流路幅が $5\mu\text{m}$ になるようフォトマスクの設計値は $3.5\mu\text{m}$ で行った。

また、実験を行う際、蛍光顕微鏡での観察位置が分かるように目盛があると望ましい。前回は、幅 $4\mu\text{m}$ の数字パターンを凸で製作した。この場合、高さはレジスト厚と同様 $50\mu\text{m}$ なので、アスペクト比が 10 以上の突起が立つことになる。当然強度が弱くなるので、PDMS 樹脂で成型を行いはがす時に、数字パターンがとれたり倒れたりしてしまうことが分かった。そしてこれらによって、次の工程であるガラスとの接着が阻害される部分も見られた。この点を踏まえ改良型では、流路に沿って凸になるようレジストで目盛パターンを製作し、その中に数字パターンを凹で掘りこむ形に変更した。

製作したレジストパターンと PDMS パターンの SEM 画像を図 4 に示す。また、断面形状を確認するために、流路部分で切断し SEM 観察を行った（図 5）。レジストにおける突起の断面形状は先が太い逆テーパ型になっており、根元部分がフォトマスクとほぼ同じ寸法であるのに対して、先端部分は $3\mu\text{m}$ 程度太くできていた。それに従い PDMS における溝の形状は、流路入口部分よりも底部分の方が $3\mu\text{m}$ 程度太かった。ちなみに、今回はネガ型のレジスト（照射部分が硬化し凸型に残るもの）を使用しているが、以前別件でポジ型レジスト（照射部分が溶解し凹型の溝になるもの）を使用した時の断面形状は、先が細いテーパ型となる傾向が見られた。これらの原因としては、露光時における光の回折の影響がレジスト上部で強く出ていることが考えられる。対策には、露光をより短時間で行うことが挙げられる。

3. 今後の予定

今回製作したマイクロ流路ミキサーの送液テストに立ち合い、流路幅が混合の程度にどのように影響するか確認する。また、流体解析を用いてあらかじめシミュレーションを行うことができれば、時間やコストの低減につながると共に、依頼者に対して説得力のある提案をこちらからもできるようになる。今年は 7 月に、流体解析ソフト「ANSYS CFD」のセミナーを受講したが、流体に関する基礎的な知識もなく、まだまだ実践には至っていない。今後も引き続きセミナーの受講や情報収集を続けていくようにしたい。

謝辞

マイクロ流路ミキサーの製作依頼にはじまり、研究内容やそれに適した流路パターンについてアドバイスくださり、また、送液テストのご協力をいただいた分子科学研究所 生体分子情報部門 木村哲就助教に、紙面を借りてお礼申し上げます。

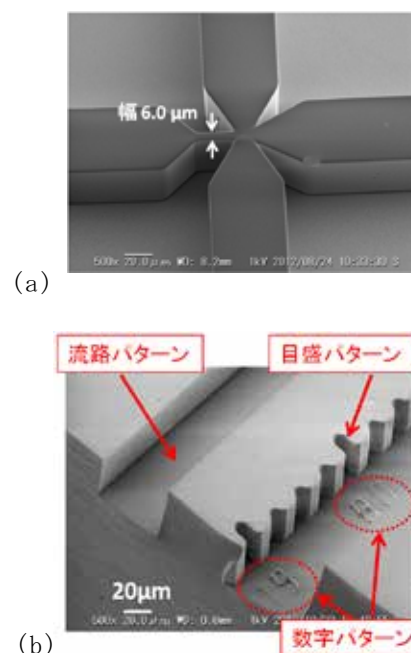


図 4 レジストパターン (a) と PDMS パターン (b) の SEM 画像

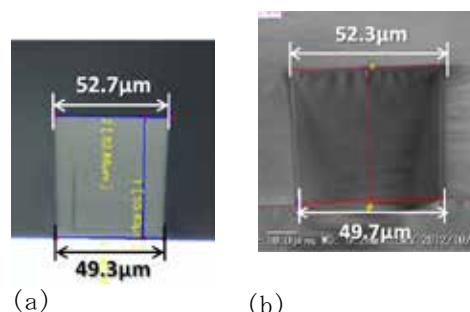


図 5 レジストパターン (a) と PDMS パターン (b) における断面形状の観察

FPGA を用いたデジタルフィルタの製作

豊田朋範

はじめに

円偏光変調測定において、変調周波数 42kHz に 0.2kHz のランダム直線偏光を重畳させた際の和周波(42.2kHz)と差周波(41.8kHz)を分離検出するために、急峻な遮断周波数特性を有するローパス(もしくはハイパス)フィルタが必要である。

フィルタを回路構成で大別すると、受動素子である抵抗・コイル・コンデンサで構成されるパッシブフィルタと、OP アンプを中心に構成されるアクティブフィルタに分類できる。これらは現在では各種の設計支援ツールによって比較的容易に構築できるようになったが、急峻な遮断周波数特性を実現するには、複数のフィルタを連結させる必要があり、回路規模が大きくなる。また、特性の変更は困難である。

今回製作依頼のあったフィルタは、以前筆者が製作した -24dB/oct のアクティブフィルタより急峻な -50dB/oct 以上の遮断周波数特性を必要とする。一時は前述した従来型フィルタの多段構成を考えたが、(1)従来型フィルタでは困難な急峻な遮断周波数特性を容易に実現できる(2)はんだ付け作業なしにフィルタの種類や特性をパラメータの修正で変更できる一などの理由から、FPGA を用いてデジタルフィルタを製作することにした。

1. 回路構成

FPGA を用いたデジタルフィルタのブロック図を図 1 に示す。

FPGA は、Xilinx 社の 40 万ゲート、8064 ロジックセル、16 乗算器の Spartan-3(XC3S400-4TQG144C)を搭載したブレッドボード XCM-008-400(ヒューマンデータ社製:図 2)を使用した。Spartan3 を採用した理由は、デジタルフィルタの機能ブロックである IP コア(後述)を無償で使用できることである。また、異なる特性のデジタルフィルタを 2 回路実装するために、ある程度大規模なロジックセルを有する FPGA が必要であった。

FPGA の開発環境は、Xilinx 社の ISE Webpack14.1 を、ハードウェア記述言語は VHDL を用いた。デジタルフィルタの設計には DSPLinks(デジタルフィルタードットコム社製)を用いた。

A/D コンバータは 16bit、逐次比較型、1MSPS、シリアル/パラレル出力選択可の AD7671ASTZ を、D/A コンバータは 16bit、2MSPS、パラレルデータ入力の AD5546BRUZ(ともに Analog Devices 社)を採用した。パラレル入出力を選択した理由は、IP コアの入出力データバスがパラレルであるためである。

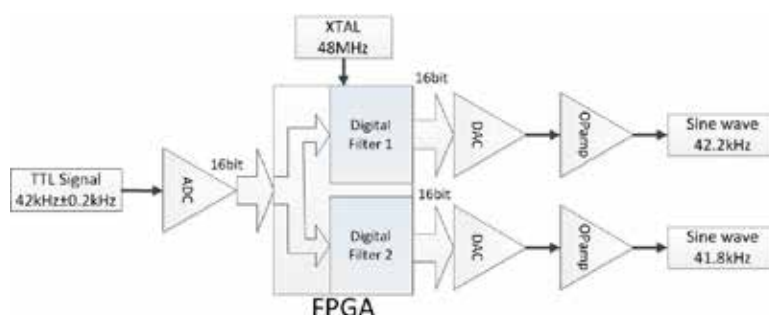


図 1：デジタルフィルタのブロック図



図 2：Spartan3 搭載
ブレッドボード XCM-008-400

2. IP コアを用いたデジタルフィルタの構築

デジタルフィルタの基本は、量子化した信号を順次遅延させつつ係数を乗算することである(図 3)。演算自体は比較的単純だが、これらの機能ブロックを VHDL で 1 から構築するのは困難である。そこで、FPGA メーカーなどから提供されている IP(Intellectual Property: 知的財産)コアを利用することにした。ISE Webpack では付属の構築ツールである Core Generator を使用することで、様々なデジタル信号処理機能の IP コアを導入できる。

使用方法は、初めに DSPLinks でフィルタを設計する(図 4)。必要なパラメータを入力・調整してフィルタの特性を確認した後、係数をファイルとして保存する。続いて ISE Webpack の Core Generator で「FIR Filter」を選択し、「Coefficients File」で係数ファイルを読み込む。以降、他のパラメータを設定してコンパイルすることで、デジタルフィルタの IP コアが完成する。これを他の VHDL ファイルにコンポーネント(部品)として接続することで、入力データといくつかの制御信号を用意すればデジタルフィルタを使用できる。

3. 結果とまとめ

30kHz、40kHz、50kHz の TTL レベル信号(黄色: 2V/div)入力時の、遮断周波数 40kHz の LPF(青色: 500mV/div)と遮断周波数 30kHz の HPF(紫色: 1V/div)

の入出力特性を図 5-1~5-3 に示す。HPF の出力段には遮断周波数 42kHz のアクティブ LPF とアンプを付加している。これら 2 個のデジタルフィルタを実装した FPGA のロジックセル使用率は 36%であった。はんだ付け作業なしにフィルタの種類や特性を容易に変更できることを実証するために、HPF を実装した。

Core Generator が求める係数と DSPLinks で設計・出力した係数には若干の食い違いがあり、設計通りのフィルタを実現するのは難しいことが判明した。これを解決するには、Core Generator に適合した係数を出力する設計ツールを搜索するか、自分で係数を算出する必要がある。製作したデジタルフィルタは実験システムにおいて試験・調整を行い、最適値を決定する方針である。

FPGA を使用することで、音声帯域以上の周波数領域に対応できるデジタルフィルタを構築できた。IP コアを利用することで、ハードウェア構成をシンプルに出来た。

IP コアは、無償で利用できる範囲でも FFT や乗除算・浮動小数点演算、DDS(Direct Digital Synthesizer)など様々なものが存在する。IP コアも活用して高速高機能なデジタル回路構築を進めていく所存である。

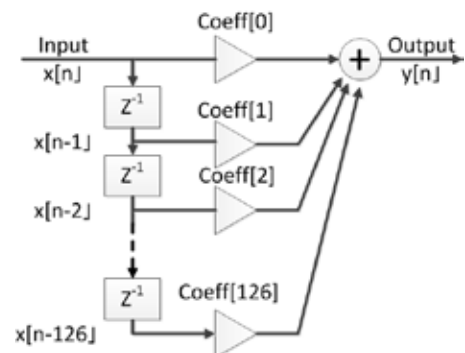


図 3: デジタルフィルタのブロック図(図は係数 127 個)

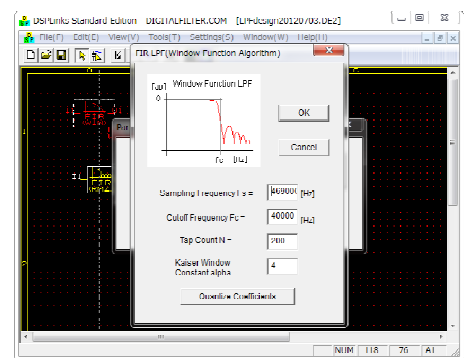


図 4: DSPLinks におけるフィルタ設計画面

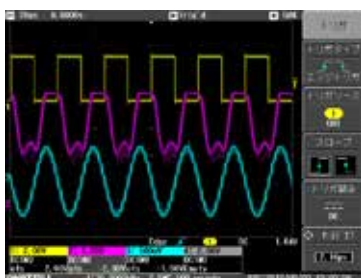


図 5-1: 30kHz 入力時

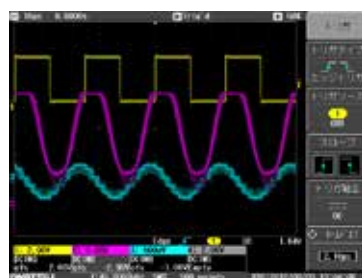


図 5-2: 40kHz 入力時

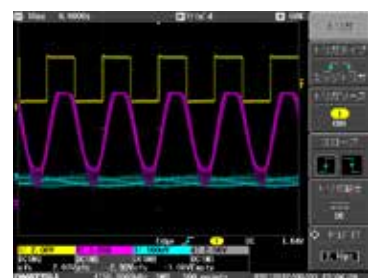


図 5-3: 50kHz 入力時

超音波洗浄による鏡面加工面へのダメージについて

青山 正樹

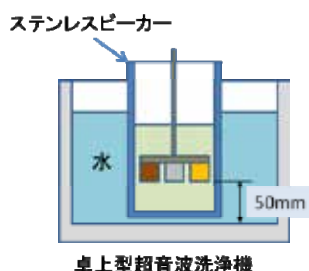
機械加工による製作を行った実験部品は、切削油や切りくずなどの付着があるため、製作後には超音波洗浄を行っている。しかしミラーなどの鏡面加工されたものや微細な構造がある実験部品は、超音波洗浄を行うと鏡面のくすみや破損などのトラブルが発生することがある。これは超音波洗浄で生じるキャビテーションによるエロージョン腐食が原因と言われている。本報告では鏡面部品のダメージについて確認テストを行ったので報告する。

図 1 のようにアルミ合金、無酸素銅、黄銅の 3 種類の材料をピカールで研磨した鏡面試料を用意した。超音波洗浄機は 300W、37KHz の卓上型を使用して図 2 の配置で洗浄テストを行った。洗浄液は純水に中性洗剤 (0.2%) を入れたもの、およびアセトンでテストを行った。洗浄時間 3 分、6 分、12 分、24 分ごとに目視および顕微鏡観察による試料表面ダメージの確認を行った。

図 3 にテスト結果を示した。(a) はアルミ合金を洗浄液 (純水 + 中性洗剤) で洗浄した時の結果、(b) はアルミ合金を洗浄液 (アセトン) で洗浄した時の結果である。(a) では 3 分後には表面に曇った部分が目視で確認できた。顕微鏡観察でも表面が荒れた状態となっていることが確認でき、表面粗さ測定でも Ra16nm から Ra24nm に悪化していた。また (b) アセトンを洗浄液とした場合は、24 分後でも表面性状に変化は見られなかった。(c) 黄銅については洗浄液 (純水 + 中性洗剤) で 24 分洗浄後に表面に曇りが発生した。また、アセトンを洗浄液とした場合には表面性状の変化は見られなかった。(d) 無酸素銅については、どちらの洗浄液に於いても全く表面性状の変化は生じなかった。



図 1 テスト試料



テスト材料：アルミ合金、無酸素銅、黄銅
(表面ピカール研磨)
超音波洗浄機：300W 37KHz
洗浄液：超純水 + 中性洗剤 (0.2%)、アセトン
洗浄液温度：18℃～24℃
洗浄時間：3 分、6 分、12 分、24 分

図 2 テスト方法

(a) アルミ合金
(純水 + 中性洗剤)

(b) アルミ合金
(アセトン)

(c) 黄銅
(純水 + 中性洗剤)

(d) 無酸素銅
(純水 + 中性洗剤)

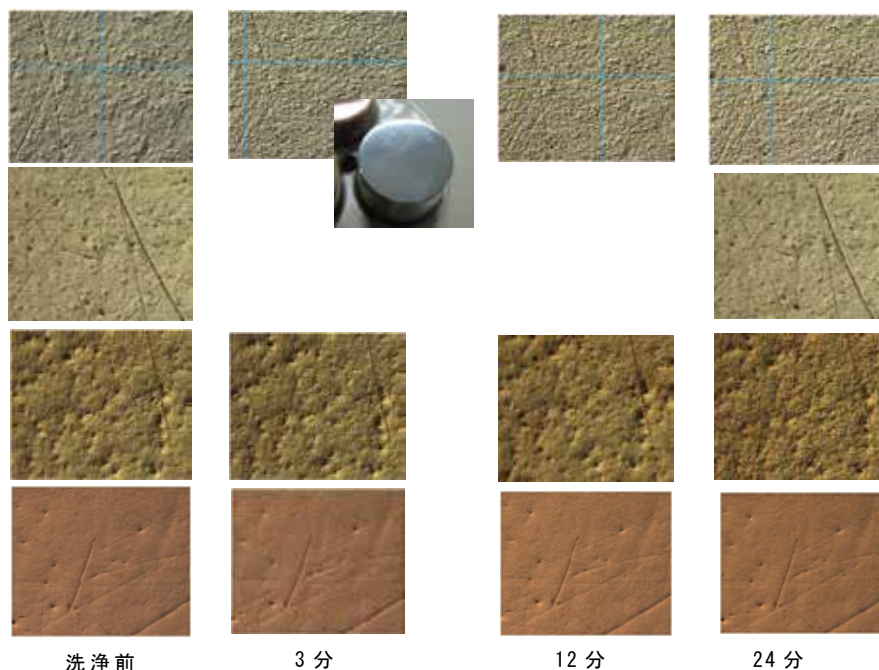


図 3 テスト結果

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、電子回路の各グループが 2012 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 (262 件)

伝票番号	品名
12A01 *	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
12A02	ICF152/70 変換フランジ
12A03	サンプルケース
12A04	EXAFS セル
12A05	ノズル先端
12A06	透明アクリルケース 2
12A07	パルスバルブのフランジ
12A08	ファイバーホルダー
12A09	レーザー 蓋加工
12A10	UVSOR BL5U 用サンプルホルダー
12A11	ペDESTAL
12A12	ノズル
12A13	マイクロ流路ミキサー Ver.2
12A14	テラヘルツビームライン部品
12A15	ステージ用アダプタプレート
12A16	ICF203 フランジ支持台
12A17	フランジカバー
12A18	シャッター支持台
12A19	ステンレス真鍮管
12A20	Cr:YAG ホルダー
12A21	BL7U レーザー取付け部品
12A22	マジックミラー集光確認用光源駆動装置
12A23	マジックミラー
12A24	磁気シールド追加加工
12B01	ソーラーシミュレーター用セルホルダー電極
12B02	IPES 用試料ホルダー
12B03	ICF114 フランジ支持台
12B04	上下台
12B05	レーザー結晶サンプルホルダー
12B06	ノズル先端 (LHe 生成器)
12B07	レンズクランプ
12B08	ステージホルダー
12B09	EXAFS セル修正
12B10	膜厚計修理
12B11	ファイバーレーザー支持棒
12B12	スリット支持台
12B13	透明アクリルケース 3
12B14	Pt 電極
12B15	非球面レンズ加工
12B16	レンズマウント
12B17	サンプルマウント
12B18	コーターカバー
12B19	マルチポートフランジ
12B20	機械ステージ治具
12B21	X4 テレスコープ本体
12B22	非軸パラボラ穴あけΦ 0.7

12B23	BL7U 試料固定ネジ (CuBe)
12B24	サンプルホルダー
12B25	膜厚計用土台
12B26	He 容器フランジアクセスポート取付
12B27	DuraSampIR 用恒温チャンバー
12B28	超高真空 6 源蒸着源 写真
12B29	穴あけΦ 25x2
12B30	Solar Simulator 用セルホルダー
12B31	グレーティングホルダー
12B32	機械ステージジグ-A.B
12C01	紫外線照射ハウジング
12C02	PEEK ネジなど
12C03	パネル加工
12C04	サンプルマウント加工
12C05	顕微鏡投光管取り付けアダプター
12C06	M16 ベース
12C07	レーザーホルダー
12C08	超高真空窓
12C09	PZT HOLDER
12C10	アルミ支柱
12C11	ミラーホルダー用スペーサー
12C12	セルガイド台
12C13	アクリル台
12C14	PES 用 Mo サンプルホルダー
12C15	板バネ
12C16	ベースプレート
12C17	顕微鏡ステージ用アダプタ
12C18	ステージホルダー 2
12C19	アクリル台
12C20	ガスセル部品
12C21	ビームスプリッターアダプタ
12C22	ターボ底上げ台
12D01	レーザ Ver5
12D02	超高真空用セル一式
12D03	XFEL 用サンプルホルダー
12D04	PES_Si 用
12D05	試料混合容器
12D06	IPES 部品
12D07	フィルタホルダー
12D08	ブラケット
12D09	ストレージリングビームダクト用 RF コンタクトフィンガー
12D10	光電子装置サンプルホルダー一式
12D11	光電子装置バンクー一式 写真
12D12	偏向ダクト固定治具
12D13	ミラーマウントアダプタ、 ベースプレート一式
12D14	KBr 用金具

2012 年 工作依頼リスト

12D15	RF コイル
12D16	連続光照射用回転セル [写真]
12D17	Turn by Turn BPM 電極 切りかえ器のパネル加工
12D18	シルクスクリーン用部品／アルミボード
12D19	レトロリフレクターホルダー
12D20	サポートリング
12D21	ベスペル軸受
12D22	小パイプ
12E01	EXAFS セル
12E02	シルクスクリーン用部品
12E03	真鍮ロッド
12E04	テフロンスペーサー
12E05	ブレードボード追加工
12E06	ワイヤー式マスゲート [写真]
12E07	真鍮アダプタ
12E08	アレー抵抗基板
12E09	試料受け
12E10	ジョイント溶接
12E11	ファン取付
12E12	Aspheric lens 評価装置
12E13	IPES 用楕円面鏡
12E14	両面エッジフランジ一式
12E15	アダプタープレート 2 種
12E16	Φ 5 結晶ホルダー外径 0.5、1 インチ厚み 5 mm
12E17	チューブアダプタ
12F01	蒸着るつぼ
12F02	ESCA 用試料ホルダー
12F03	CCD カメラマウント (ICF70 用)
12F04	コイルー式
12F05	ICF34-70 変換フランジ
12F06	ESR プリアンプ用ケース
12F07	He-Ne チューブアダプタ
12F08	ロゴウスキー電極
12F09	ガス導入
12F10	二槽式セル用ホルダー、プラグ
12F11	NMR フランジ
12F12	恒温チャンバー溶液滴下用窓板
12F13	ブレードボード M4 穴追加工
12F14	ホールプローブホルダー
12F15	BL7U サンプルホルダー一式
12F16	FTO ホルダー t1.8 用
12F17	恒温チャンバー溶液滴下用窓板ふた
12F18	ICF305 ニップル追加工
12F19	サーチコイル固定軸
12F20	X- キューブのねじ
12F21	顕微クライオ用フランジ
12F22	レトロリフレクターホルダー
12F23	メッシュ電極一式
12F24	取付け板追加工
12F25	マイクロ流路ミキサー用 調整ステージ [写真]
12F26	シリンジポンプ用ブレードボード
12G01	ATR セル熱電対アタッチメント
12G02	1 回反射 ATR セル用恒温チャンバー
12G03	光軸合わせ治具
12G04	実験室ラウエ用サンプルホルダー

12G05	detwin 用 7U ホルダー
12G06	EB 試料光学測定用マスク
12G07	UV マイクロチップレーザー 結晶ホルダー改造 [写真]
12G08	20KeV 偏極電子銃 RF 偏向空洞
12G09	SNMO 用板
12G10	セル支柱
12G11	BL3U 試料ホルダー
12G12	新 NMR 支持パイプ
12G13	連結管
12G14	レーザーケース用板
12G15	ステージ支持台
12G16	マイクロ流路ミキサー Ver.3
12G17	アンカー部品
12H01	VCSEL モジュールの小型化
12H02	電極土台
12H03	Q スイッチレーザーモジュール結晶マウント
12H04 *	多チャンネル光神経 電子集積回路素子の基板開発
12H05	積層用蒸着システムの製作
12H06	イオン光学系支持
12H07	ネームプレート
12H08	サンプル取付け軸棒
12H09	スペーサ
12H10	切り欠きマウント他一式
12H11	真空用化学反応セル
12H12 *	引っ張りプローブ
12H13	トラップ部品
12H14	アルミベース、ジョイント
12H15	プレート電極評価セルキット、 テフロン部品改修
12H16	サンプルホルダー押さえバネ
12H17	ロゴウスキー電極アダプタ
12H18	真空蒸着用恒温チャンバー
12H19	ダイフロンプレート
12I01	ユニバーサルジョイント溶接
12I02	LHe 汲み入れアダプタ
12I03	円柱ヒートシンク
12I04	イケール
12I05	レーザーモジュールマウント
12I06	AFM 試料観察 (ためし)
12I07	UHV チタン部品
12I08	ECDL
12I09	超高真空チャンバーフランジ修正
12I10	色素ボトルカプラー
12I11	アレー抵抗配置治具
12I12	コリメーター用部品一式
12I13	BFD 用ブレードボード
12I14	Spectra Tech 用台座及びマスク
12I15	ダイフロンプレート No. 2
12I16	NW40 ロングニップル管 スウェジロック溶接
12I17	チューニングピン溶接治具
12I18	光電子サンプルフィンガー
12I19	IPES 用楕円面鏡 [写真]
12J01	クランプ支柱の切断
12J02	一般公開用オブジェ

12J03	モリブデンサンプルホルダー一式
12J04	レトリフレクタアダプタ
12J05	分子線ノズル
12J06	真空蒸着用セルホルダー
12J07	電極ホルダー
12J08	電子源室のためのアダプタ
12J09	結晶アダプタ
12J10	分子線スキマー
12J11	レーザーモジュールマウント
12J12	Spectra Tech 用台座
12J13	EXAFS セル
12J14	偏向空洞フランジ加工
12J15	Φ 5-1/20" 結晶ホルダー
12J16	ピストン型るつぼ等
12J17	電極加工
12J18	高電圧パルサー・パネル加工
12J19	アクリルフランジ穴あけ
12J20	気相 NMR 用組立スタンド再加工
12J21	光反应用アルミブロック [写真]
12J22	バイトセンター出し治具
12K01	モリブデンサンプルホルダーの改良
12K02	OAD アライメント用治具
12K03	パルス六極電磁石の加工
12K04	新 NMR トリマー連結治具
12K05	Au 電極
12K06	Cu 用板
12K07	STM 用サンプル板
12K08	アダプタ改良
12K09	スリット電極
12K10	FIR 光導入口他
12K11	顕微クライオ用ヘリウムフローアダプタ
12K12	銅線付きネジ
12K13	レーザービーム用スキマー
12K14	アナライザー封止キャップ
12K15	サンプルチャック
12K16	Q スイッチレーザーモジュール基盤
12K17	アルミシールド BOX
12K18	ヒート結晶ホルダー
12K19	MCP マウント
12K20	長尺穴加工の修正
12K21	電極
12K22	光反应用アルミブロック (改)
12K23	分光器用 CCD アダプタ
12L01	MCP アダプターリング
12L02	干渉計カバー
12L03	ポペット
12L04	ダイフロンソケットなど
12L05	接合部部品
12L06	光電管シールドケース加工
12L07	レーザー台の高さ調製用足のネジの修理
12L08	ホルダーアダプター一式
12L09	高周波共鳴用金属蛇行パターン of 製作
12L10	NMR 用ドリフトチューブ
12L11	ファラデーカップ他
12L12	VCSEL モジュールのレンズ追加製作
12L13	波長板ホルダー
12L14	IPES 用分光器台座

12L15 *	光サンプリング時間分解 イメージング法用結晶用マウント
12L16	アダプタ
12L17	R F コネクタ
12L18	通電加熱関連部品一式
11L15	UV マイクロチップレーザハウジング
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	エアフロー用アダプタ
11L19	ESR 試料管の修理

電子回路グループ (36 件)

伝票番号	品名
12A01	FT-IR 用温度調節器
12A02	NMR 用 2ch データロガー
12A03	高速デジタルフィルタ回路
12B01	低ノイズ高周波プリアンプ [写真]
12B02	信号増幅器
12B03	FTIR Vertex トリガーボックス用 ノイズフィルター
12C01	Vertex 用バルブドライバ [写真]
12C02	TTL 発生器 [写真]
12C03	LD ドライバー [写真]
12D01	Turn by Turn BPM 電極切替器 [写真]
12D02	連続光照射用回転セル
12E01	ESR 用プリアンプ
12F01	ARPES 用試料操作コントローラー
12F02	2 段高電圧パルサー [写真]
12F03	P M T 用制御電源 (USB)
12F04	温度調節器 動作確認・修理
12G01	オープン温調器改良
12G02	光電管用増幅回路
12G03	ペルチェ温度コントローラの改良
12G04	シャッターコントローラ [写真]
12H01 *	多チャンネル光神経 電子集積回路素子の電子回路開発
12H02 *	高電圧高速パルススイッチの製作
12H03	SMB-BNC 交換ケーブル
12I01	高電圧モジュール
12J01	NMR 用 mV パルス電源
12J02	I/O ターミナルアプリケーション
12J03 *	イオンファネル駆動のための RF 電源の製作
12J04 *	分子読み取りグラフェンデバイス
12J05	分周アナログ出力回路 [写真]
12J06	5KV 高電圧パルサー
12J07	2Ch 高電圧パルサー
12K01	パルスピッカー用トリガ回路 [写真]
12K02	フォトンカウンティング用プリアンプ
12K03	電極ホルダー用ケーブル
12K04	光電管用増幅回路改良
12L01	トップアップ信号参照用回路

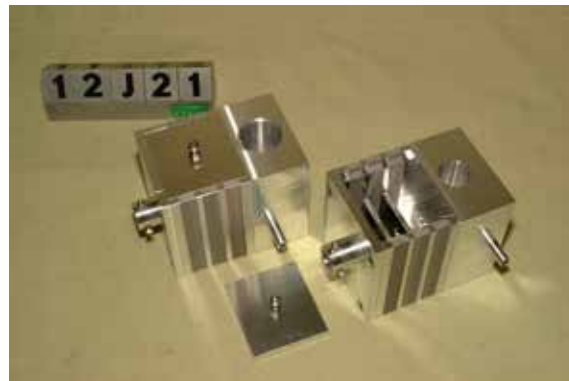
UV マイクロチップレーザーハウジング



手のひらサイズで、ピークパワー出力 3MW の UV マイクロチップレーザー。

(関連記事 18 ページ掲載)

光反応用アルミブロック



光照射下、恒温条件で反応させるためのセルホルダー。光学フィルターを3枚まで設置可能であり、光量および波長域の制御ができる。

超高真空6源蒸着源



水晶振動子膜厚計を独立内蔵しており、各元素ごとの蒸着スピードを制御できる。



超高真空下で、最大6元素まで同時蒸着できるコンパクトな蒸着源。

光電子装置バンク



超高真空装置内での実験中、複数のサンプル交換を可能にするサンプルホルダー。



一度に4ケのサンプルを装着することが可能。

IPES 用楕円面鏡



超精密加工機によりミラー面の表面粗さを
Ra 5nm の鏡面に仕上げた。

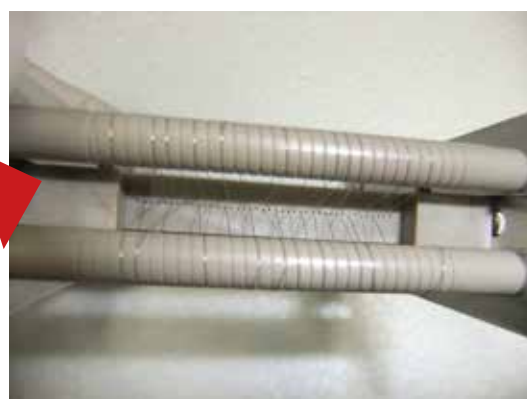
(関連記事 30 ページ掲載)

マイクロ流路ミキサー用調整ステージ



ガラス面上に製作されたマイクロ流路内を
観察するため[あおり](#)回転機能を付加した。

ワイヤー式マスゲート



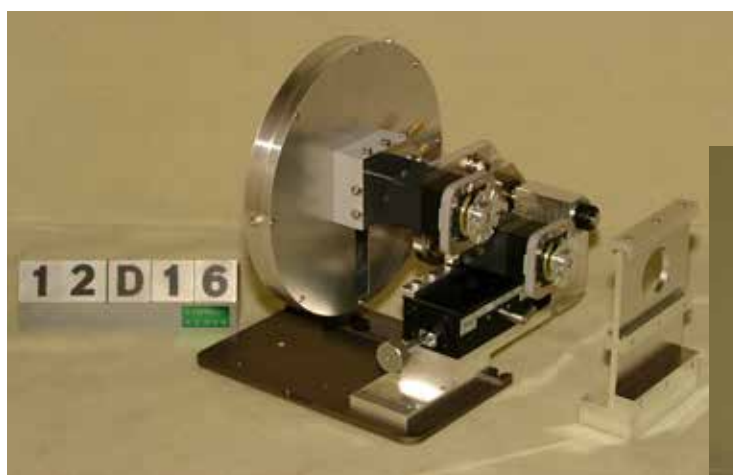
2 本のワイヤー (**0.1mm**) が、1 mm 間隔で交互に張っており、絶縁部分には、PEEK 材を使用した。

時間分解 FTIR 用回転

さきがけ研究「様々な光エネルギー変換系における水分子の構造・機能相関解明」(研究領域:光エネルギーと物質変換)

(詳細記事 36 ページ掲載)

回転軸には、水冷ジャケットを装備。



直径 140mm の CaF_2 セルを回転・上下運動させるため、
独立したモーターで制御する機構をもつ。

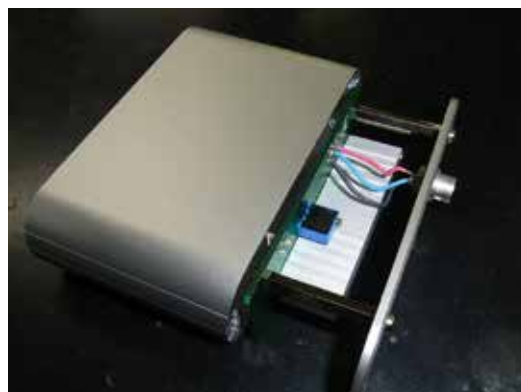


レーザーダイオード・ドライバ



LDP-C1805(PicoLAS) を用いた
高出力 LD 駆動回路

低ノイズ高周波プリアンプ



低雑音 FET 増幅器 CA-251F4
(エヌエフ回路設計ブロック)
を使用したプリアンプ回路

2 段高電圧パルサー



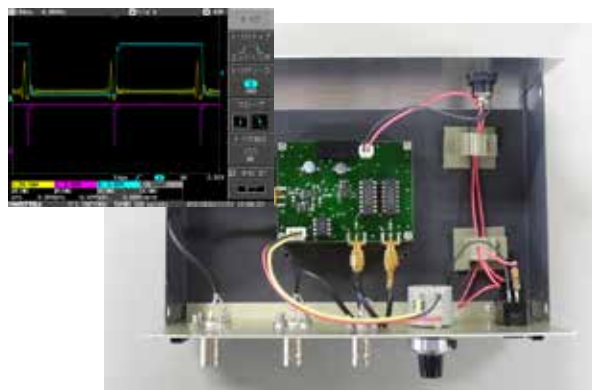
高電圧スイッチ・モジュール (Behlke) を使用した負電圧・正電圧パルス連続出力回路

分周アナログ回路



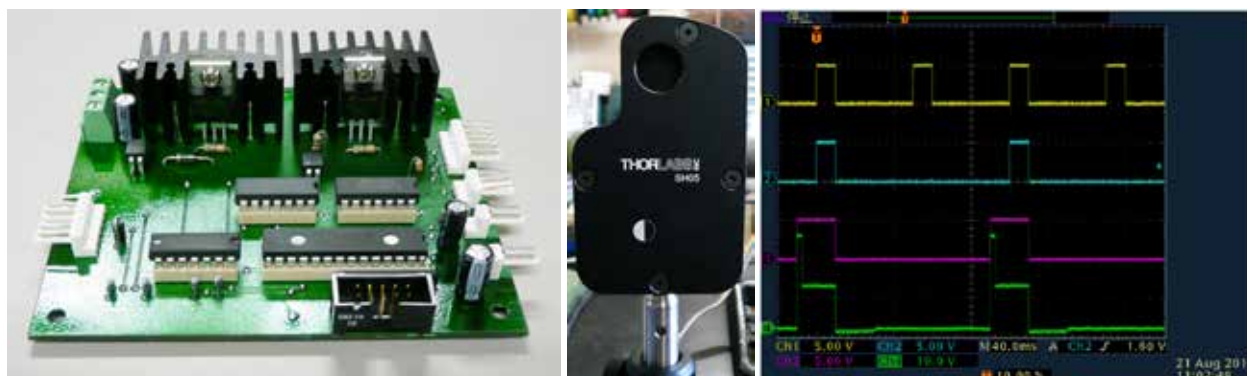
TTL トリガ信号を 1/2 分周し
振幅を 0 ~ ± TTL レベルで同時出力する回路

パルスピッカー用トリガ回路



フォトダイオードの約 90MHz の微小出力を検出して
TTL レベル変換を行い 1/2 分周出力する回路

ビームシャッター・コントローラ



パルスビームを分周する（間引く）ためのシャッター制御回路

TTL 発生器



立ち上がり数 nsec、振幅 10mV ~ 1V のトリガー入力から TTL レベル出力信号を発生する回路

Vertex 用バルブドライバ

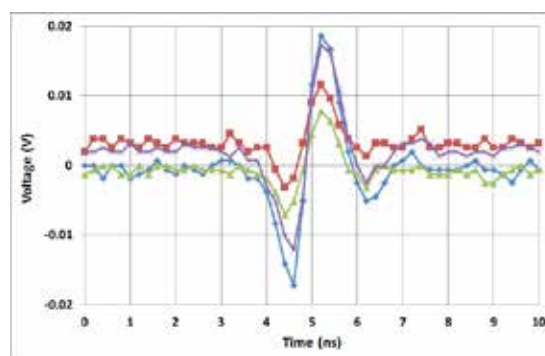


マイクロ流路に流す溶液を切り替えるためのソレノイド式スライダバルブの駆動回路

Turn-by-turn BPM 切替器



UVSOR のストレージリングを周回する電子ビームの位置情報信号 (BPM)8 組 × 4 から任意の 1 組 × 4 を選択出力する回路



(関連記事 15 ページ掲載)

技術課セミナー「フォトリソグラフィー技術の基礎と応用」を開催

青山 正樹

2012年3月27日に技術課セミナー「フォトリソグラフィー技術の基礎と応用」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。

装置開発室では、PDMS、シリコン基板および熱可塑性樹脂などを使った微細な構造が必要とされるバイオデバイスなどの製作要求が増えてきています。これら機械加工で製作することが難しい研究機器の製作依頼に対して、フォトリソグラフィー技術を適用した製作を試みています。今回のセミナーは、今後さらにこのような製作要求に十分こたえられるよう、フォトリソグラフィー技術を高めることと、このような技術を必要とする研究機器製作のニーズをつかむことを目的としてセミナーを企画しました。

本セミナーでは、核融合科学研究所の長山好夫教授より、マイクロ波イメージング計測装置と最近の研究成果と、それに関するフォトリソグラフィー技術により製作したビームスプリッター板についてご講演いただきました。そのビームスプリッター板を製作した(株)東洋精密工業の井上晴夫部長からは、フォトリソグラフィーの基礎的なお話から、(株)東洋精密工業で展開している応用技術の紹介をしていただきました。分子科学研究所木村哲就助教からは、これまで研究で使用されてきた様々なタイプのマイクロミキサーから、今後タンパク質の構造変化解析に必要とされる、より高精度なマイクロミキサーについて紹介いただきました。また装置開発室からは、高田紀子技術職員がフォトリソグラフィーによるマイクロミキサーの製作工程と製作時に発生する技術的な問題点について紹介しました。

当日は大学・研究機関、地域の企業の皆様など約50名と多数のご参加を頂き、大変有意義なセミナーとなりました。

開催日時：平成24年3月27日(火)午後2時から

会場：分子科学研究所 岡崎コンファレンスセンター 小会議室

14:00-14:05	挨拶 技術課 課長 鈴木光一
14:05-14:45	「マイクロ波イメージング計測の開発」 核融合科学研究所 教授 長山好夫
14:45-15:25	「フォトエッチングの基礎と展開する加工技術製品例の紹介」 東洋精密工業(株) 回路基板事業部 部長 井上晴夫
15:40-16:20	「生体分子反応の実時間観察を可能にする溶液混合装置の開発と応用例」 分子科学研究所 生体分子機能 助教 木村哲就
16:20-16:40	「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」 分子科学研究所 研装置開発室 高田紀子

第3回ものづくり岡崎フェア 2012 への出展

青山 正樹

平成 24 年 7 月 10 日（火）11 日（水）に岡崎市竜美丘会館において「第 3 回ものづくり岡崎フェア 2012」が開催され、装置開発室から研究を支えるものづくり技術の紹介を行いました。

ものづくり岡崎フェアは、この地域の製造業各社の技術開発成果の発信の場として隔年で開催されています。毎回 100 社近い企業と大学・研究機関が参加し、この間に開発された新しい技術や商品を披露しています。装置開発室も第 1 回目から参加し、その時取り組んでいる先端的な技術の紹介を行ってきました。今回のフェアでは MgF₂ 非球面レンズの製作およびフォトリソグラフィーによるマイクロ流体デバイスの製作について紹介を行いました。特に MgF₂ の非球面レンズの製作に対しては、興味を持って当展示ブースに足を運んでいただく来場者もあり、多くの企業関係者の方々と意見を交わすことができました。また展示参加されている様々な分野の製造業の方々と交流を持つことが出来、大変貴重な経験となりました。



ワイヤ放電加工技術研修を受講して

一関工業高等専門学校 技術室 生産・加工班 阿部慶子

1. はじめに

私は普段の業務で、実験実習の教育支援や学科の事務などを担当しております。研究用の部品を加工する機会もあり、希望通りの部品や装置を製作する仕事にやり甲斐を感じております。数年前より、自己研鑽のために普通旋盤やフライス盤の技能検定を受験し、汎用機械でできる切削加工は自分でやっています。しかし、それだけでは製品をうまく加工することができないため、放電加工を自分のスキルの中に取り入れたいと考えておりました。以前勤務していた秋田高専で知り合った先生から、分子研で受け入れ研修を行っていることを教えていただきました。ワイヤカット加工は見たことがある程度で、自分で作業するのは初めてでした。今回は 1) ワイヤ放電加工機の基本操作 2) 2 級技能検定課題の製作 3) テーパー加工および上下異形加工の習得 を目標としました。技能検定課題は $t20 \times 60 \times 40\text{mm}$ の SKD 材から 4 つのはめあい部品を切り出します。ワイヤ放電加工の一連の操作の習得とミクロンオーダーの精度を意識した加工を行うこと、また、上のダイと下のダイが異なる軌跡を描く方法の習得が目的です。8 月 27 日(月)～31 日(金)までの 5 日間受け入れていただきました。

2. 研修内容

以下の手順でワイヤ放電加工の段取りをし、加工を行った。

① 制御パネルの操作

1.加工データ入力 2.シミュレーショングラフィック 3. 加工条件入力

② ワークの取り付け

1.スタート穴加工 2.取り付け方法の検討 3.ワイヤ結線 4.位置出し

③ 自動プログラム作成

1.CAD ワイヤ経路作成 2.CAM ワイヤ経路プログラム作成 3.データ転送

④ 加工

使用機械 DWC90H (三菱電機)

使用材料 A5052 $t20 \times 100 \times 100$ 程度 (SKD 材の代用)

使用ワイヤ Topas plus-H $\phi 0.2$

加工検証 セカンドカット以降の仕上しろを残すものとし、オフセット量の調整による寸法測定を行った。測定結果の一部を表 1 に示す。

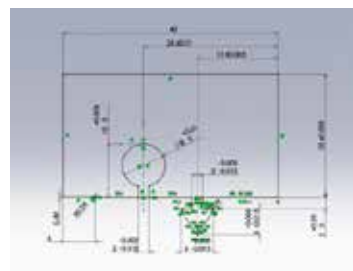


図 1 加工部品と測定箇所

表 1 加工した部品の測定結果

$\Phi 8$ 穴径 (内測マイクロメータ)	オフセット量 [μm]	実測寸法 [mm]	目標寸法 [mm]	目標寸法との差 [μm]
Test1(推奨値)	142	8.051	8.000	+51
Test2	192	7.950	8.000	-50
Test3	167	7.996	8.000	-0.004



図 2 技能検定部品の加工



図 3 加工後



図 4 ノズルの交換(テーパ加工)

テーパ加工は機械本体の給電ダイスとノズルを交換し、ノンパラフィンワイヤに交換、プログラム作成は簡易ソフトにより作成、NC テープを利用した。

3. 施設見学・技術セミナー

今回の研修で、加工技術講習の他に、NMR 装置と UVSOR の施設見学をさせていただきました。加工に携わる技術者も研究の先端で何が行われているのか、把握しておくべきだと考えます。実験の詳細はよくわからなかったのですが、普段見ることのできない設備を見学させていただき、とても参考になりました。技術セミナーでは、活発な討論がなされ、たいへん勉強になりました。

4. 終わりに

体になじまない機械を使って慣れない加工をするのは覚えることが多くとても大変でした。今回は 2 級技能検定の課題を研修テーマにしましたが、精度物の加工は煩雑で時間がかかることを改めて実感しました。これも踏まえ、研修で身につけたこと、学んだことを自己のスキルアップに、そして設計製作支援に活かしていきたいと思っております。

筆者の住む東北よりかなり暑い岡崎で、学生休業期間を利用し、有意義で充実した 5 日間を過ごすことができました。自分は特段優れた感覚を持っているわけでもなく、女性であることにハンデを感じることもありますが、この仕事をしていると、イメージしたものが形になることにとても喜びを感じます。現場の仕事には技能が必要ですが、理論的な裏付けと経験によってカバーできると信じております。

研修中も担当の矢野様のところには通常通り仕事が舞い込んできて、とても忙しい様子でした。そのような中で、丁寧にご指導いただいた矢野様に本当に感謝申し上げます。最後に、研修を受け入れてくださった鈴井技術課長、並びに青山班長をはじめ装置開発室の皆様に深く感謝申し上げます。



図 5 矢野様(上)と筆者

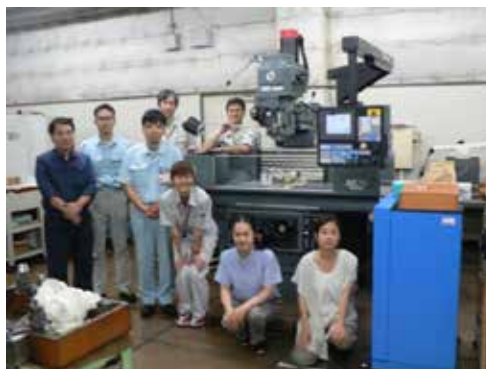


図 6 装置開発室機械系の皆様と

「マイクロ流路の製作」の技術研修を受けて

電子科学研究所 技術部 今村逸子

2012年8月20日から9月1日にかけて分子科学研究所技術課装置開発室にて技術研修を受けました。研修では装置開発室の高田紀子氏のもとでマイクロ流路の製作に取り組みました。分子科学研究所のクリーンルーム設備はフォトリソグラフィーが出来る最小限のものでしたが工程の1つ1つに工夫が凝らされており「充実した装置があっても使う動機が見つからない」「最適の条件を与えられても発想が展開しない」とは逆の状況に省みる点が多くありました。

研修は鋳型の作製から始まりました。粘性のあるSU8をどのように扱えばいいのか、どのくらいベイクをすれば固まるのか分かりませんでしたが、すぐに解決しました。SU8は褐色びんから直接基板に流していました(写真A)。ベイクではホットプレート以外にオーブンを併用していました。ホットプレートに載せる時にステン製の角型ポットで蓋をしていたのは面白いと思いました(写真B)。それでもSU8はホットプレートだけでは固まりにくいのかも知れません。使用後に空いたオーブンでシリカゲルを乾燥させていたのも印象に残っています。ベイク後にエッジビートを切り離す方法は聞いてしまえば簡単ですが納得したことの一つでした。

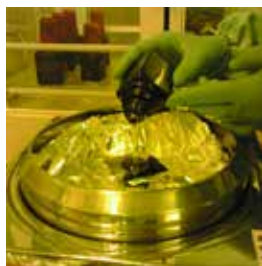


写真 A



写真 B

続くPDMSの成型は初めてでした(写真C)。成型容器はPDMSの厚みを一定にするために自作していました。手軽なものでしたが離型時のことも考慮されたものでした。ただ容器の口が狭いため脱気が難しく、気泡を逃がすためにデシケータの中で真空引きと大気開放を繰り返すという方法を教えて頂きました。PDMSとガラスの接着においては接着面にプラズマ処理を施すことで互いに共有結合でくっつくことを知り驚きました。いずれも再現する際に理解を深めたいと考えています。



写真 C (筆者)

ガラスとPDMSの張り合わせやコネクタの接着(写真D)は工作的でした。ガラスの穴とPDMSの円形箇所を合わせつつも気泡が入らないようにするところは課題が残りましたが、一方でコネクタとガラスの穴の位置合わせではワイヤをガイドにするという確実な方法を教えて頂きました。



写真 D (高田氏)

蛍光のでない接着剤を検討する際にはマイクロ流路の依頼元の研究室に同行しました。高田氏が先生とやり取りしている様子から研究に貢献しているのが伝わりました。また蛍光顕微鏡で接着剤の蛍光度合いを見比べている様子からはマイクロ流路がどのように実験に使われるのか想像することができました。

装置開発室の月曜の会議では他の方々の仕事を具体的に知ることができ、フォトリソグラフィーを装置開発の一環として捕らえることもできました。

最後になりましたが指導並びに引率して下さいました高田氏、研修を計画して下さいました青山氏、研修を受け入れて下さいました装置開発室の皆様にご感謝を申し上げます。大変お世話になりました。ありがとうございました。

共同開発セミナー「超精密加工」

2012年8月30日に分子科学研究所 研究棟 301号室において、共同開発セミナー「超精密加工」を開催しました。現在、我々は国立天文台並びに名古屋大学全学技術センターと共同で、各機関において行われている光学実験などに使用される光学素子の開発を目的として、「超精密加工技術」の向上に取り組んでいます。

本セミナーは、 MgF_2 非球面レンズを必要とする UVSOR の木村准教授の研究紹介と、将来 UVSOR で必要とされる光学素子について講演して頂きました。また、試作した MgF_2 非球面レンズの加工結果から、より精度の高い非球面レンズを製作するための実施計画について近藤が発表しました。そして、今年度の共同開発の進捗状況、実施計画の有効性について議論を行い光学素子製作についての理解を深めました。

プログラム

- 13:30～シンクロトロン光と先端光学系について
分子科学研究所 木村真一准教授
- 14:30～「 MgF_2 非球面レンズ」の実施計画について
分子科学研究所 近藤聖彦
- 15:30～アルミナ銅の楕円振動切削について
名古屋大学 松下幸司



セミナーの様子

分子科学研究所一般公開 2012

矢野隆行

平成 24 年 10 月 20 日土曜日に今年で第 13 回目を迎える分子科学研究所の一般公開が行われた。今回は「行こう！分子探しの旅へ」をテーマに明大寺地区と岡崎コンファレンスセンターを会場に、研究成果や研究設備などを紹介した。

装置開発室は、前回に続いて岡崎コンファレンスセンターのエントランスホール付近を会場に「金属やじろべえを作ろう～いのちをふきこめ～」と銘打った体験イベントを実施した。

前々回平成 18 年に行った「メタルクラフト」と呼ばれる金属で製作したチョウやトンボの製作型体験イベントが好評だったということで、実行委員会からのリクエストが出发点となり今回の金属やじろべえ製作を展開した。以前のメタルクラフトと同じくワイヤ放電加工機で切り取られた真鍮製、厚さ 0.2mm の板状の「トンボ」と「トリ」、さらには「ザリガニ」をラジオペンチやピンセットを使って、折ったり、曲げたりして実際の生き物のような形にして、バランスがとれるよう調整してもらい、やじろべえ（メタルバランサー）に仕上げるという体験コーナーであった。

なお、このメタルバランサーのバランスがとれるか否かは、事前に 3 次元 CAD を利用して重心計算を行い、確証が得られた上で製作を開始した。

実行委員会の入場者数見込みが 2,000 人だったので、当日までに、「トンボ」と「トリ」を各 2,000 枚、「ザリガニ」を 1,500 枚用意した。しかしながら、様々な要因で、岡崎コンファレンスセンターへの入場者数は思ったよりも伸び悩み、かなり多くのメタルバランサーを残す結果となった。

参加して頂いた方々には、かなり好評を得たと自負している。参加人数が思ったよりも少なかったことは残念であるが、今回の体験イベントは「つくる」という作業に加え、「調整する」という項目が付け足されたため、より開発現場の状況に近いものを一般の方々に体験していただけたのではないかと考えている。



図 1 重心計算結果



図 2 メタルバランサー



図 3 一般公開展示ブース(左)参加者製作風景(右上)熱心に製作指導するスタッフ(右下)

微細加工に関する技術サロン会

高田 紀子

2012年11月29日（木）～30日（金）、「微細加工に関する技術サロン会」を開催し、フォトリソグラフィ、成膜、エッチング、描画など、微細加工に携わる技術職員や研究者との技術交流を図った。これは、装置開発室機械グループの青山班長と連名で2012年度 所長奨励研究費を申請し、企画、主催をしたものである。装置開発室では数年前から、通常の機械加工では難しい構造や微細パターンなどの製作依頼にこたえるため、フォトリソグラフィをはじめ、ケミカルな加工技術にも徐々に取り組んでいる。

これまでにフォトリソグラフィを使って、細胞パターンニング用の格子パターン（最小幅 $4\mu\text{m}$ ）や、タンパク質の構造変化解析用のマイクロ流路ミキサー（最小幅 $5\mu\text{m}$ ）を製作した。また最近では、高周波共鳴用の金属蛇行パターン（幅数 μm 程度）や非円形のスキマーの製作の話も出てきている。これらに対応していくには、現在装置開発室で可能なコンタクト露光以外に、スパッタ、エッチング、蒸着、描画、電鍍など、様々な加工技術が必要となる。しかし装置の面でも知識の面でも不足している点が大きく、他機関とのつながりは重要である。

今回の技術サロン会には、北海道大学、東京工業大学、名古屋大学、北陸先端科学技術大学院大学から技術職員8人、研究者1名が参加された。一日目（11/29（木））は分子研で、各々が取り組んでいる業務内容や実験データに関する発表を行い、質問や意見交換が行われた。二日目（11/30（金））は施設見学を分子研と名古屋大学とに分かれて行った。分子研では、工作室、測定室、クリーンブース、UVSORの見学を、名古屋大学では、ガラスの超音波加工、半導体プロセス技術室の見学を主に行った。プログラムを下記に示す。

この二日間を通して、大変勉強になっただけでなく貴重なつながりを持つことができたので、今後も絶やさないよう努力していきたい。

一日目：勉強会

開催日時：平成24年11月29日（木）午後1時30分から

会場：分子科学研究所 研究棟302室

（愛知県岡崎市明大寺町字西郷中38 名古屋鉄道（名鉄）東岡崎駅下車、南へ徒歩10分）

13:30 挨拶

13:35～14:20

「東京工業大学技術部半導体MEMSプロセス技術センターにおける新技術の開発」

東京工業大学 技術部 半導体MEMSプロセス技術センター長 松谷 晃宏

14:20～15:05

「北陸先端大ナノセンターにおける微細加工事例：III-V族化合物半導体を中心に」

北陸先端科学技術大学院大学ナノマテリアルテクノロジーセンター 助教 赤堀 誠志
（休憩）

15:15～15:45

「反射防止構造の最適化」

北海道大学電子科学研究所 笠 晴也

15:45～16:15

「指定外フォトレジストのレーザーリソグラフィ装置への利用の検討」

名古屋大学全学技術センター 齋藤清範

16:15～16:45

「マイクロ流路ミキサーを製作して」

分子科学研究所 装置開発室 高田紀子
（休憩）

17:00～17:20

「MEMSデバイス作製のための薄膜形成技術 ―チャンバー内の残留ガス分析―」

東京工業大学 技術部 半導体MEMSプロセス技術センター 佐藤美那

17:20～17:40

「マイクロミキサー製作用モールドの洗浄について」

分子科学研究所 装置開発室 青山正樹

18:00分～

交流会（研究棟2F ラウンジ）

二日目：名古屋大学 あるいは 分子科学研究所の施設見学

北海道大学「オープンファシリティ」によるレーザー描画装置の利用

高田 紀子

1. 背景と目的

技術報告にもある通り、最小幅 $5\sim 10\mu\text{m}$ 、深さ $50\mu\text{m}$ のマイクロ流路ミキサー（以下、ミキサー）をフォトリソグラフィーで製作している。分子研 装置開発室が有するフォトリソグラフィーの設備は、コンタクト露光（フォトマスクとフォトレジストを密着させた状態で露光を行うこと）ができる最小限のものである。コンタクト露光には原版となるフォトマスクが必要だが、描画装置がなく自作ができないので外注で対応している。製作するパターンが決まっている場合コンタクト露光は簡単に短時間でできるので便利だが、パターンが決まっていない場合は、フォトマスクの納期（約 2 週間）や金額（約 10 万円/枚）の面から、パターンの変更が容易にできないという問題点がある。そこで、北海道大学（以下、北大）で行っている、実験装置を外部に有料で公開する制度「オープンファシリティ」を利用して、マスクレスで直接描画が可能なレーザー描画装置「DDB-201-200 レーザー波長 375nm （ネオアーク）」による加工を試みた。今回は、ミキサーを製作する上で最も微細な寸法である、幅 $10\mu\text{m}$ 、長さ $50\mu\text{m}$ 、高さ $50\mu\text{m}$ の突起構造の製作を目標とし、加工条件の検討を行った。

2. 実験

厚膜塗付が可能なネガ型のフォトレジスト SU-8 3000 を、スピンコートで厚さ $10\mu\text{m}$ 、 $25\mu\text{m}$ 、 $50\mu\text{m}$ になるように SiO_2 基板に塗付し、それぞれに対するレーザー描画の条件を検討した。レーザー描画の条件とパターン寸法の結果を表 1 に示す。今回検討した条件の中で、膜厚 $10\mu\text{m}$ の時はレーザーの電圧が 3V、描画速度が $25\mu\text{m/s}$ 、膜厚 $25\mu\text{m}$ と $50\mu\text{m}$ の時は 3V、 $10\mu\text{m/s}$ で描画を行った場合が、パターン幅 $10\mu\text{m}$ に対して、最も設計値に近い寸法を得ることができた（表 1 赤文字）。膜厚 $50\mu\text{m}$ のレジストに対して描画を行ったパターンの SEM 画像と非接触三次元測定装置による断面形状の結果を図 1 に示す。

3. まとめ

今回描画を行ったミキサーの中心部分だけで、描画時間は約 1.5 時間だった（描画速度 $10\mu\text{m/s}$ の場合）。この描画速度でミキサー全体を描画しようとする、 $\phi 2\text{mm}\times 4$ ヶ所の液だめ部分を除いて約 15 時間かかる計算となる。コンタクト露光は数 10 秒で済むため加工時間はレーザー描画の方が長くなるが、自動で描画できる（一晩の加工も可能）点や、厚膜レジストで顕著に表れるエッジビードの影響が少ない点が、レーザー描画の利点といえる。

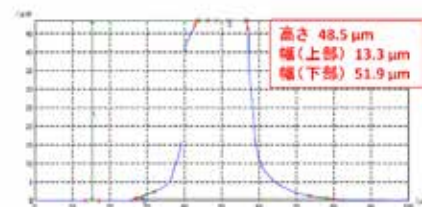
またコンタクト露光でも同じだが、レジストパターンの断面形状を垂直に製作することが難しい。このことは、成型を行う際の離型性や実験結果に影響を及ぼす可能性があり、今後問題になってくるようであれば改善の必要がある。

表 1 レーザー描画の条件と結果

基板	レジスト	スピンコート	レーザー描画	設計幅10μm部分の寸法寸法 (非接触三次元測定装置による測定)
SiO ₂	SU-8 3000	500rpm, 10sec (Slope5sec)→ 3000rpm, 30sec (Slope5sec) 750μm塗付	①3V, 50μm/s ②3V, 25μm/s ③3V, 10μm/s	①幅6.9μm高さ6.3μm ②幅8.1μm高さ10.5μm ③幅10.7μm高さ11.0μm
SiO ₂	SU-8 3025	500rpm, 10sec (Slope5sec)→ 3000rpm, 30sec (Slope5sec) 750μm塗付	①3V, 10μm/s ②1.5V, 50μm/s	①幅11.0μm高さ26.5μm ②幅15.0μm高さ27.0μm
SiO ₂	SU-8 3025	500rpm, 10sec (Slope5sec)→ 1300rpm, 30sec (Slope5sec) 750μm塗付	①3V, 10μm/s ②3V, 50μm/s ③1.5V, 50μm/s	①幅11.0μm高さ47.5μm ②- ③幅14.4μm高さ46.9μm



(a)



(b)

図 1 膜厚 $50\mu\text{m}$ のレジストパターンにおける SEM 画像 (a) と非接触三次元測定装置による断面形状 (b)

第 204 回電気加工研究会に参加して

矢野隆行

平成 24 年 5 月 24 日に社団法人電気加工学会西日本支部が主催する電気加工研究会に聴講参加した。今回の目的は、最近装置開発室でも挑戦している超音波を付加した場合の放電加工の効果に関する情報収集であった。

研究会は 4 件の発表で構成されていたが、一貫したテーマは CFRP に対する加工技術に関するものであった。

CFRP は、正式には carbon fiber reinforced plastics といい、炭素繊維に樹脂材料を含ませた後、硬化させて成形した複合材料で FRP（繊維強化樹脂）の一種である。（その他に GFRP、AFRP、BFRP、KFRP、DFRP などがある。）強度に優れ、鉄やアルミなどの金属に比べ、同じ強度・剛性であっても、より軽量化できるという特徴を持つことから、ゴルフクラブのシャフトや釣竿などのスポーツ用途から始まって、最近では航空宇宙用途に大幅に拡大してきている。特に航空機の生産は、自動車生産に替わる非常に大きなマーケットになると考えられており、CFRP を如何に効率よく、高精度に加工できるかが鍵とされている。

今回の研究会はこの CFRP をレーザ加工、ウォータージェット加工、ワイヤ放電加工、形彫放電加工を使って切断や接合を行った報告がされた。放電加工の場合、樹脂材料が加工できるのか疑問に思う方もいるかもしれないが、CFRP の繊維性状が短繊維ではなく、長繊維であれば、材料内が通電可能になるため加工が可能となる。CFRP は通常の切削加工を行うと加工屑が作業スペースに拡散し、人体に多大な影響が出ることを考慮すると、レーザ加工やウォータージェット加工、放電加工は加工屑が浮遊することが少なく有効な加工手段だといえる。

以下に当日のプログラムを列記する。

第 204 回電気加工研究会

1. レーザによる CFRP の切断と異種接合

大阪大学 川人洋介

2. ウォータージェットによる複合材加工技術

(株) スギノマシン 寺崎尚嗣

3. 炭素繊維強化樹脂の放電加工特性

名古屋工業大学 早川伸哉

4. 超音波キャビテーションを援用した CFRP の放電加工

徳島県立工業技術センター 小川仁

IBIC2012 出席・発表報告

豊田朋範

UVSOR からの工作依頼である Turn-by-turn BPM 切替器が、3 月末完成の初号機、5 月下旬完成の 2 号機共々名古屋大学シンクロtron光研究センターでも使用されていることに満足感を覚えていた 2012 年 7 月。加藤室長から IBIC2012 への出席・発表のお話をいただいた。IBIC とは International Beam Instrumentation Conference の略称であり、加速器のビーム診断技術に関する国際会議である。その IBIC の記念すべき第 1 回が茨城県つくば市で開催されるため、Turn-by-turn BPM 切替器が UVSOR-III の立ち上げに貢献したことを発表してはどうか、というものであり、貴重かつ重要な機会として拝命した。

会場となったつくば国際会議場は、つくばエクスプレスのつくば駅から徒歩 10 分ほどの場所にあり、周囲はビジネスホテルや大型ショッピングセンターが林立している。エントランスには 3 階まで達する吹き抜けがあり、階上から一望できる光景は、豪華さと厳粛さを醸し出していた(写真 1)。

国際会議だけに開会宣言から基本的に英語のみであり、筆者が UVSOR の林技術職員と共同で製作したポスターも英語である(写真 2)。

口頭発表会場では国内外の加速器研究施設などからの参加者が次々と発表を行い、活発な質疑応答がなされた。機械加工関係では微細窓加工、電子回路関係では BPM 信号の高速検出回路がたびたび登場し、大規模化・高輝度化する加速器においても装置開発の技術は加速器を製造する民間重工業企業だけのものではないと感じた。

ポスターセッションでは筆者と林技術職員が日本語で 2 名、英語で 5 名の閲覧者と質疑応答と意見交換を行った。比較的簡単なハードウェア構成で入射ビームの周回の様子を測定できることに関心が寄せられた。制御の中核をなすマイコンキット'mbed'の知名度が予想外に高く、専門分野外に興味を向けることの重要性を感じた。

その他、興味深かった点を記す。

1 つはプロシーディングス(報告書)の提出状況一覧が会場のモニタに常時表示されていたことである(写真 3)。筆者が会場で原稿を修正して提出したことで表示が変わったのを確認した。

もう 1 つは、開催中の筆者のアカウントに Poster Police なる項目があったことである。これはポスター発表がその体をなしているかの査察であると、出席していた元 UVSOR の持箸氏から伺った。

諸事情で 2 日目に帰還することになったが、目立ったトラブルもなく完了した。英語による意思疎通の重要性を改めて実感した次第である。

最後に、貴重な機会を提供いただいた加藤室長と、旅費を手配していただいた鈴木技術課長に御礼申し上げます。



写真 1: つくば国際会議場のエントランス

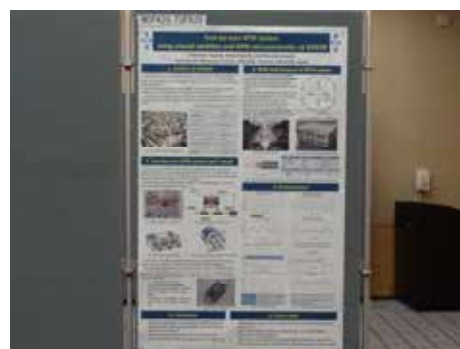


写真 2: 今回製作したポスター



写真 3: プロシーディングス提出状況を示すモニタ

NC フライス盤（牧野フライス製作所：AEV-74）

近年、装置開発室では、高い形状精度を必要とする研究用機器の製作依頼が持ち込まれることが多い。UVSOR の赤外分光ビームラインで使用される非球面非対称金属ミラー（マジックミラー）は 10 ミクロン以下の形状精度が要求されている。装置開発室に設置されている既存の工作機械による試作の結果、工作機械の経年劣化によると思われる 20 ミクロン程度の形状誤差が発生し、要求精度を満たすことが出来なかった。また現有 NC フライス盤は手動モードによる各種加工支援機能を有していないため、加工プログラムの作成が必要となり効率的な製作依頼業務の推進に適していない。

このようなことから平成 24 年 3 月に新型 NC フライス盤（AEV-74: 図 1）が導入された。当機の特徴として、手動モードによる各種加工支援機能が充実していること、および高精度な部品製作を実現するために不可欠なスケールフィードバック制御機能があること、大型傾斜テーブルが使用可能なテーブル積載重量を持っていることが挙げられる。

今回の NC フライス盤の導入は、マジックミラー以外にも、分子線レーザー分光用高輝度集光ミラーやマイクロチップレーザー用ヒートシンク部品、結晶マウント部品などの高い精度を要求される研究用機器製作の迅速な対応が可能となると期待されている。



図 1 NC フライス盤 (AEV-74)



図 2 充実の手動加工支援機能

フォトリソグラフィー実験機器の移設

フォトリソグラフィーで使用する実験機器や測定装置、ドラフトやクリーンブースなどの設備を、化学試料棟の 208 号室に移設しました。これまではいくつかの部屋に散在していたため使い勝手が良くなく、また、移動中サンプルにごみが付着する原因にもなるため、一つの部屋にまとめることになりました。この部屋には、クリーンルームが一つと、簡易的なクリーンブース、露光を行うためのイエロークリーンブースがそれぞれ一つずつあります。クリーンルームにはドラフトが一台あり、主に基板の洗浄に使用しています。簡易的なクリーンブースには主に測定機器、イエロークリーンブースにはコンタクト露光で使用する一連の機器が置いてあります。また、実験室に入る前に前室があり、そこでクリーンウェアに着替えて実験を行っています。これらの設備は、装置開発室で受けた依頼に対して使用する他、所内の方は事前に連絡いただければ誰でも、外部からは設備利用の申請を通して、使用することができます。化学試料棟 208 号室の写真と所有機器の一覧を下記に示しています。



移設後の化学試料棟 208 号室

所有機器の一覧

スピナー「MS-A100（ミカサ）」
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）」
精密手動スクライバー「SC-100（ムサシノ電子）」
走査型プローブ顕微鏡「コントローラー：SPI3800N、測定部：SPA400（SII）」
マイクロスコープ「SKM-Z200B-1（斉藤光学）」
超純水製造装置「アリウム プロ UV-DI（ザルトリウス）」

精密作業室の整備

2012 年 3 月に装置開発棟 1 階に設置していた測定機 3 台（光学顕微鏡、SEM、非接触 3 次元測定機）を装置開発棟 202 号室（通称：精密作業室）に移設しました。これまで、機械工場の一室に測定機が設置されていたため、測定毎に工作機械が稼働している付近を通過する必要があり、洗浄した測定部品が切削油煙に触れることがないように、持ち運びに気を配る必要がありました。しかし、この移設により、このような油煙を気にすることなく、部品の搬送ができるようになりました。さらに、クリーンブースを新たに設置したことにより、以前よりもクリーンな環境において、部品の観察、組み立て、接着などが可能となりました。



移設後の装置

装置開発室 Annual Report 2012

平成 25 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