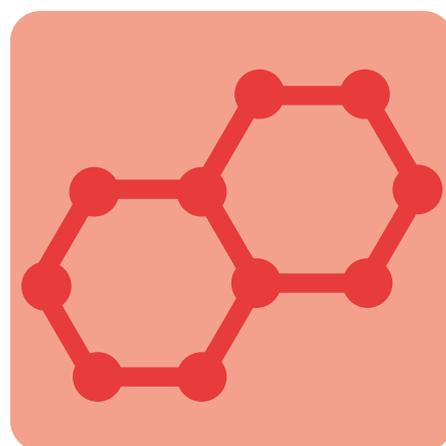
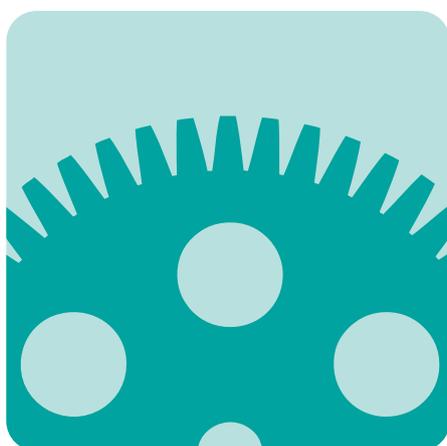
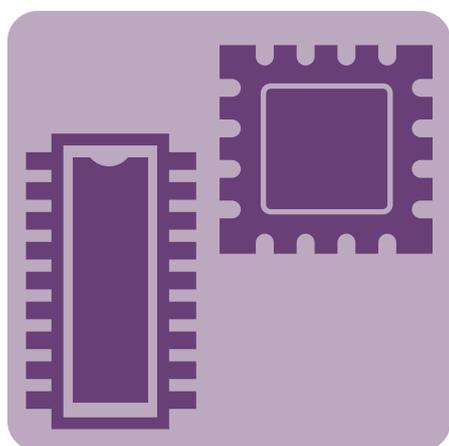


Annual Report 2014



Equipment Development Center

装置開発室では、所内外研究者による製作／工作依頼への対応と施設利用の支援、ナノプラットフォーム事業・アウトリーチ活動等への参加、最新技術情報の収集、そして室員自らの技術力向上を目指した自主的な技術開発等を行っています。最近ではURA 事業やナノプラット事業といった、コーディネーターの方が橋渡しをして頂くようなチャンネルが増えてきたこともあって、依頼件数は増加傾向にあるようです。装置開発室の活動は、製作した装置を通してこれまでも多くの研究者の論文発表・受賞・予算獲得に貢献してきましたが、上述のような状況も手伝って、今後は益々多方面への貢献が出来るようになるのではないかと期待しています。また、要求される技術内容も時代とともに進化してきますので、3D プリンタ、無線技術、MEMS センサーといった純粋に技術的なことから、シミュレーションの精度向上、国際的なもの作りの水平分業といった少し別次元の変化まで、常に世の中の動きを注視しつつ、研究所の方向性に適した解決策を提供出来るようにしていきたいと思えます。リソグラフィーは半導体業界では既にこなれた技術ですが、マイクロ流路技術やナノ粒子などと組み合わせることによって、分子科学にとってこれからさらに導入が進む技術領域と考えており、組織構成も含めた強化策を考える必要があります。

一方、先日「かなえ（技術課の報告書）」でも少し触れましたが、装置開発室業務の持続可能性（サステナビリティ）を高めるために、人材の継続的な獲得と育成、工作機械・計測機器類の計画的更新を行い、既存技術の継承と新しい技術の獲得とを常に行っていく必要があります。こうした作業を行っていくにあたっては、所長・運営委員会メンバーをはじめとする所内外の多くの方の協力が欠かせません。従って、装置開発室がこれまで何を成果として出してきたのか、これから何をしようとしているのか、多くの方から「見える」ようにしていくことが大切と考えています。このアニュアルレポートもそうした機会のひとつですし、他にも機会をとらえて発信をしていきたいと思えます。来年の2月には装置開発室の居室も一新し、今まで奥まっていた部屋のレイアウトを、よりアクセスしやすく・見えやすくする予定ですので、ぜひ一度足をお運び頂ければ幸いです。

なお、長年回路工作を担当されていた内山さんが7月より正式に技術課長の補佐に回ることになりました。また昨年からは支援員として働いて頂いていた和田さんは、遠く異国の地で後進の指導にあたられるとのことで7月に退職されています。一方、同じく7月からは機器センターの中野さんをお願いして、装置開発室の新メンバーとして加わって頂きました。主な開発業務は微細加工関係となる予定で、現在新しい環境での仕事を覚えてもらっているところです。今後も装置作りを通して、分子科学研究に貢献して行きますので、ご利用・ご支援のほどよろしく願います。

平成26年12月
室長 山本浩史

構成スタッフ	1
イベント in 2014	2
セクション報告	6
主要設備	9
研究会発表一覧	10
利用者報告	11
利用者アンケート	18
申請課題一覧	23
技術報告	24
トピックス	41
特集「シュツットガルト大学、DESY を訪ねて」	45
2014 年 製作品	50
2014 年 工作依頼リスト	54



(後列左から) 近藤聖彦、吉田久史、豊田朋範、内山功一、水谷伸雄
 (前列左から) 青山正樹、矢野隆行、山本浩史、浦野宏子、高田紀子、中野路子、杉戸正治

 装置開発室長（併任）

山本浩史	YAMAMOTO, Hiroshi	協奏分子システム研究センター	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
------	-----------------	----

高田紀子	TAKADA, Noriko	
------	----------------	--

中野路子	NAKANO, Michiko		(※ 2014年7月より)
------	-----------------	--	---------------

 電子回路グループ

吉田久史	YOSHIDA, Hisashi	技術班長
------	------------------	------

内山功一	UCHIYAMA, Koichi	主任	(※ 2014年6月まで)
------	------------------	----	---------------

豊田朋範	TOYODA, Tomonori	主任
------	------------------	----

 技術支援員

杉戸正治	SUGITO, Shouji	
------	----------------	--

和田照美	WADA, Terumi		(※ 2014年7月まで)
------	--------------	--	---------------

 事務支援員

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

1月

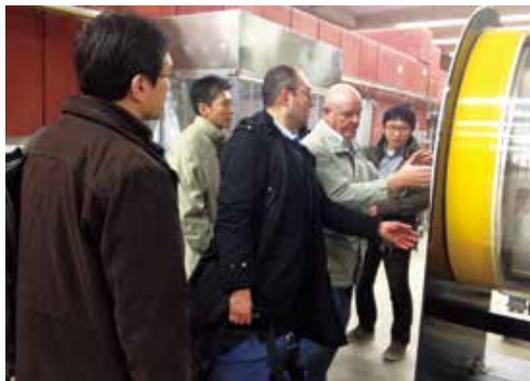
- 21日 ~ 24日 平成 25 年度ナノテクノロジープラットフォーム技術支援者交流プログラム(北海道大学)(高田)
(記事 43 ページ参照)
- 26日 危険物取扱者試験受験 (名城大学) (高田)

2月

- 3日 ~ 7日 平成 25 年度ナノテクノロジープラットフォーム技術支援者交流プログラム(早稲田大学)(青山)
(記事 43 ページ参照)
- 4日 共同開発打ち合わせ 名古屋大学 (近藤)
- 20日 マスクレス露光装置導入
- 21日 遠藤科学「技術セミナー (in 愛知)」(刈谷市)(吉田、内山、豊田)
- 25日 ~ 3月3日 ドイツ 大学・研究所施設見学・技術打ち合わせ (シュツットガルト大学& DESY)
(鈴木、青山、豊田、高田) **(特集 シュツットガルト大学、DESY を訪ねて参照)**



シュツットガルト空港で飯塚氏と



DESY の加速器建設現場で説明を受ける

3月

- 3日 ~ 7日 MgF2 非球面レンズ製作 (国立天文台)(近藤)
- 5日 ~ 7日 平成 25 年度実験・実習技術研究会 in イーハトーブいわて (岩手大学)(豊田)
(記事 44 ページ参照)



デモ機を交えて発表中の豊田氏

- 10日 ~ 11日 第 35 回アナログ RF 研究会 (中央大学)(吉田)

- 13日 平成 25 年度核融合科学研究所技術研究会 (犬山市)(青山、水谷、矢野、近藤、吉田、内山)
- ～ 14日
- 13日 窒化ニオブ成膜実験 北陸先端科学技術大学院大学 (高田)
- ～ 14日
- 18日 精密工学会春季大会 (東京大学)(青山)
- ～ 20日
- 18日 CQ 出版主催エレクトロニクス・セミナー (東京)(吉田)
- ～ 19日
- 26日 技術課セミナー

4月

- 1日 山本浩史教授 室長着任

6月

- 4日 回路工作に関する講習会
- ～ 5日



回路講習会の参加者と講師 (1日目)



回路講習会の参加者と講師 (2日目)

- 19日 超精密加工技術情報収集 ファナック (株) 名古屋テクニカルセンター (青山)
- 19日 第9回自然科学研究機構技術研究会 (基礎生物学研究所)(高田)
- ～ 20日
- 20日 アナログ・デバイセズ 回路設計厳選セミナー 2014in 三重 (四日市市)(豊田)

7月

- 1日 内山功一氏 転出 (学術支援二係へ) 中野路子氏 転入 (機器利用技術一係より)
- 16日 機械工作に関する安全講習会と 装置開発室見学ツアー



機械工作の注意点を説明する水谷氏



3次元 CAD を説明する矢野氏

- 18日 電気加工研究会(名古屋工業大学)(矢野)
- 17日 分子・物質合成プラットフォーム技術者研修会(長浜)(高田)
～18日
- 31日 技術支援員 和田照美氏 退職

8月

- 4日 仁木工芸株式会社技術研修(横浜市)(近藤)
～8日 **(記事 43 ページ参照)**
- 22日 VDEC 夏の学校(東大生産研)(吉田)
- 27日 平成 26 年度東海・北陸地区国立大学法人等
～29日 技術職員合同研修
(複合領域)(名古屋工業大学)(豊田)



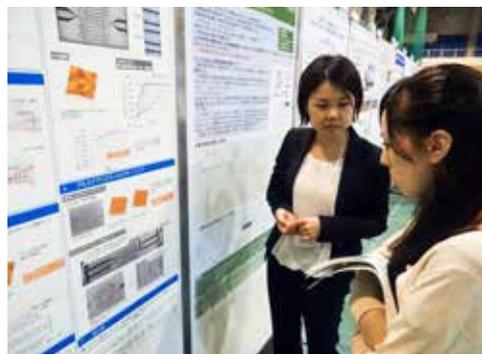
整然と避難生活物資が積載された倉庫を見学

9月

- 2日 装置開発室運営委員会
- 4日 平成 26 年度北海道大学総合技術研究会(北海道大学)(水谷、矢野、近藤、豊田、高田)
～5日



スライドを使って熱弁する近藤氏



聴講者と真剣に討論する高田氏

- 8日 技術職員研修(名古屋大学：工藤哲也氏)
～12日 **(記事 41 ページ参照)**

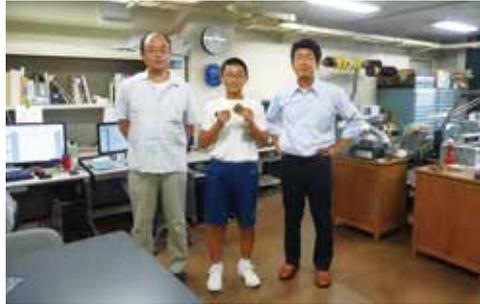


杉戸氏の指導を受ける工藤氏

- 26日 3次元造形と薄膜実践セミナー(東京工業大学)(高田)

10月

- 3日 MCBJ 装置製作打ち合わせ 大阪大学(青山)
- 7日 共同開発打ち合わせ 名古屋大学(近藤)
- 8日 職場体験学習(岡崎市立東海中学校 1名)
- 22日 職場体験学習(岡崎市立福岡中学校 2名)



完成した基板を手にする東海中生徒



リソグラフィの説明を熱心に聴く福岡中生徒

- 23日 共同開発打ち合わせ 名古屋大学(青山)
- 29日 ものづくりフォーラム(TKP ガーデンシティ品川)(矢野、近藤) **(記事 42 ページ参照)**
- 30日 施設見学 慶応義塾大学技術実証評価センター(青山、水谷、矢野、近藤、高田、中野) **(記事 42 ページ参照)**



ものづくり技術実証・評価センター前で

- 31日 JIMTOF2014(東京ビッグサイト)(水谷、矢野、近藤)
- 31日 施設見学 国立天文台(青山、高田、中野)

11月

- 6日 共同開発打ち合わせ 国立天文台(近藤)
- 6日 第11回放電加工技術ネットワークセミナー(埼玉)(矢野)
- ~7日

12月

- 2日 共同開発セミナー「精密加工・精密測定」 **(記事 42 ページ参照)**
- 3日 可視赤外線測技術ワークショップ(国立天文台)(青山)
- ~4日
- 3日 第37回アナログRF研究会(京都市)(吉田、豊田) **(記事 44 ページ参照)**
- ~4日

メカトロニクス・セクション報告

青山 正樹

装置開発室では「実験研究に必要な機器の設計・製作への迅速な対応」、「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」を主たる業務として技術支援を行っている。メカトロニクス・セクションは技術職員6名と技術支援員2名の体制で、所内からの製作依頼に対応している。また分子科学分野を中心とする所外研究者からの実験機器の試作開発依頼、ナノテクノロジープラットフォームを窓口とした、リソグラフィ技術によるマイクロデバイス製作依頼への対応など、全国の研究機関への幅広い技術支援を行っている。

1. 依頼状況

平成26年1月～12月の1年間の所内製作依頼件数は、293件で昨年(259件)に比べ若干の増加であった(図1)。所外からの製作依頼申請件数は、ナノプラットフォーム関連でマスクレス露光装置や3次元光学プロファイラーなどの新規設備が導入されたこともあり、前年度比で約2倍の24件の申請があった(図2、施設利用およびナノプラットフォーム各申請課題についてはP23参照)。

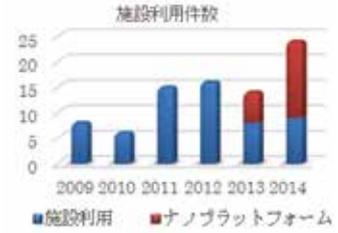
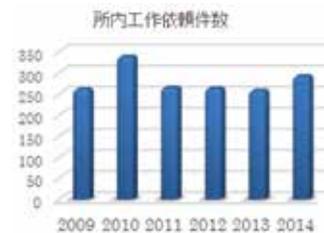


図1 所内工作依頼件数

図2 所外利用件数

2. 主な製作依頼について

	<p>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る。パルス幅可変レーザー筐体の詳細設計やレーザー結晶を接合するための装置の試作開発を行っている。(水谷、近藤)</p>	<p>深さ3 μmの反応槽部</p>	<p>石英製マイクロ電解セル 有機結晶を成長させるために使用する反応槽(深さ3 μm)と白金電極を、リソグラフィ・成膜・エッチング技術を用いて、石英ガラス基板上に製作した。(高田、中野)</p>
	<p>カーボンナノチューブ気相分光用真空装置 カーボンナノチューブを使った分光実験用の真空チャンバの製作を行った。ICF305をメインとするチャンバを手動で回転させるための機構を架台部分に盛り込んで設計した。(矢野)</p>	<p>2mm</p>	<p>SiNメンブレンへの位置出し用格子パターンの製作 放射光を用いた顕微鏡XAFS測定で触媒粒子を探すための目印として、厚さ100nmのSiN(チ化シリコン)メンブレン上に、幅5 μm、間隔100 μmの白金格子パターンをリソグラフィで製作した。(高田)</p>
	<p>マイクロフォーカス加工観察ユニット 真空チャンバのICF70のビューポートから272.5mm離れた□1 μmの加工面をCCDカメラで観察するのを目的にカメラスタンドとミラーユニットを製作した。ベーキング時の熱影響が懸念されたため、ANSYSで伝熱解析を行った。(中野)</p>	<p>流路部の3次元プロファイル</p>	<p>X線吸収分光実験用マイクロ流路 流路部にSiNメンブレンを張り合わせて使用するための、溝幅、深さともに50 μmのPDMS製マイクロ流路を製作した。液導入部はPDMSに張り合わせたガラス基板上にPEEK製通液チューブを接着した。(中野、青山)</p>
	<p>STO基板曲げ歪測定用プローブ 極低温環境において、有機FETのチタン酸ストロンチウム基板にひずみを印加する機構を備えたプローブの設計・製作を行った。先端の曲げ機構部は着脱可能な構造にし、基板の交換を簡易に行うことができるよう工夫して設計を行った。(近藤)</p>		<p>単分子電気伝導度測定装置 既存の低温プローバーに組み込んで使用するMCBJ装置の製作を行った。既存ステージに重量制限があり簡素かつ振動に強い構造とするため、有限要素法解析ソフトを用いて構造設計を行って製作した。(青山)</p>

3. 技術開発について

装置開発室では研究機器の製作依頼に対し常に新しい技術で対応できるよう、研究現場での需要を意識しながら、以下の技術について高度化への取り組みを行っている。

【レーザーアブレーションによる微細加工】

機械加工では製作が難しい形状および材質に対応するため、分光実験用ピコ秒レーザーを使った技術研鑽を機器センターと共同で行っている。切削反力を伴う機械加工では難しい薄板の形状加工やスリット加工、小径パイプへの加工対応、またガラスや光学結晶材料への微細で熱影響の少ない高品質な加工を目的として、アブレーション条件の基礎的検討を試みている。

【リソグラフィ】

装置開発室の新たな支援サービスの柱の一つとして、バイオセンサー基板やマイクロミキサーなどの試作開発に応えてきた。現在は所内の研究者の協力を仰ぎながら、ウエットエッチングによる石英ガラスの微細加工や反応性スパッタによる窒化ニオブ超伝導薄膜の製作について試作検討を重ねている。マスクレス露光装置、3次元光学プロファイラーなどの設備が新たに導入され、対応可能な支援の幅も広がったことから、所内外からの製作依頼も増えている。

【デジタルエンジニアリング】

構造解析や伝熱・磁場解析などの CAE 技術の適用による、機器設計作業の効率化や形状の最適化を推進しており、マイクロフォーカス加工観察用熱遮蔽板の伝熱解析や単分子電気伝導度測定装置の支柱構造の最適化に適用を試みた。今後は試作検討段階での3Dモデリングおよび3Dラピッドプロトタイプ、分子模型の3Dモデルデータ作成など、さらにデジタルエンジニアリングの適用を模索していきたい。

【超精密加工】

超精密加工は国立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光学素子製作技術の確立をテーマに取り組んできた。現在では、IPES用楕円面鏡や、コクーンミラーなどの製作依頼に応えられる成熟した技術にまで成長した。今後は精密加工に必須となる精密計測技術の高度化に取り組んでいく。

4. その他

＜セミナー開催・協力＞

- (1) 技術課セミナー「レーザー加工技術の基礎と応用」2014年3月26日
- (2) 共同開発セミナー「超精密加工」2014年12月2日

＜口頭発表・ポスター発表＞

- (1) 近藤聖彦、「高磁場超伝導線材の引張歪印加機構プローブの開発」(ポスター発表)
平成25年度核融合科学研究所技術研究会ポスター発表、2014年3月13日、14日
- (2) 高田紀子、「リソグラフィを中心とした微細加工支援の紹介」
第9回自然科学研究機構技術研究会、2014年6月19日、20日
- (3) 近藤聖彦、「高磁場超伝導線材の引張歪印加機構プローブの開発」(口頭発表)
平成26年度北海道大学総合技術研究会、2014年9月4日、5日
- (4) 高田紀子、「窒化ニオブマイクロパターンをもつ高圧アンビルの製作」
平成26年度北海道大学総合技術研究会、2014年9月4日、5日
- (5) 矢野隆行、「分光実験用超短パルスレーザーを用いたレーザー加工の試み」
第11回放電加工ネットワーク勉強会、2014年11月6日～7日
- (6) 近藤聖彦「MgF₂非球面レンズの製作(テスト加工)について」
共同開発セミナー「超精密加工」2014年12月2日

＜受け入れ研修、中学生職場体験＞

- (1) 「加工技術の効率化向上に関する研修」2014年9月8日～9月12日
受講者：名古屋大学 工藤哲也、担当者：杉戸正治、青山正樹
- (2) 「リソグラフィによる微細加工を体験しよう」、2014年10月22日
受講者：岡崎市立福岡中学校、担当者：高田紀子、中野路子

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するハンドラ・プログラムから実験に必要な計測・制御のためのアプリケーションまで、回路技術全般に亘って支援を行っている。図1は2004年からの工作依頼件数の推移である。2014年は38件の受付を行い、過去10年間で最大の件数であった。工作依頼

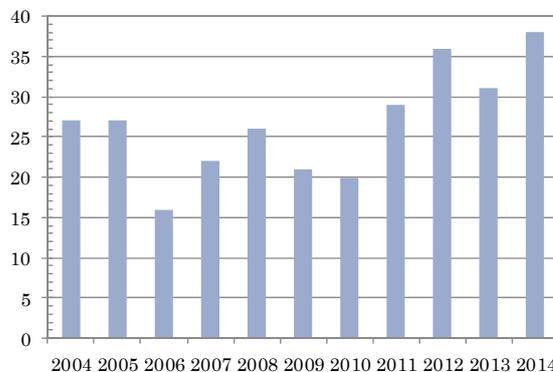


図1 工作依頼件数の推移

の大部分が比較的小規模な回路ではあるが、近年の高機能な集積回路や回路モジュールを積極的に利用することで結果的に回路規模が縮小していることもその一因である。技術職員各自は日頃から最新デバイスや新規回路技術の情報収集に心掛け、それらをいつでも応用できるように回路技術の習得に努めている。また、このような技術情報は工作依頼で製作した装置に関する創意工夫や成果も含め、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。(研究会発表一覧 P. 10参照)

工作依頼を技術内容で分類すると、FPGA に代表されるプログラマブル・デバイスやマイクロプロセッサを用いた高速あるいは多機能な信号処理回路などデジタル回路技術が全体の約半分、センサ回路ならびにオペアンプによるアンプやフィルタなどアナログ回路技術が約 1/4、プリント基板製作や実装配線または故障修理など簡単な工作作業が約 1/4 であった。また昨年に続き、高周波回路の製作依頼が 1 件あり、真空管時代によく使われたエア・バリコンとトロイダルコアを用いて共振型の電源回路の製作を行った。(工作依頼リスト P. 57参照)

CMOS アナログ集積回路は、過去 3 回の LSI 試作を経験することで回路シミュレータによる回路設計からレイアウト設計および LSI チップ・データの提出まで、一連の設計技術を習得することができた。結果として、前回試作の基本差動増幅回路はほぼ仕様通りの特性を得ることができた。しかしながら、実用的な回路に応用するには周波数特性や DC 特性など諸特性の向上に加え、個々のばらつきを抑える工夫など改善点が多いと考える。今後も引き続き研究会やセミナーに参加し、集積回路における回路技術やレイアウト設計のノウハウなど情報の収集と技術の取得に努めたいと思う。

本年 7 月 1 日付けで、当セクションの一員として永年に亘り工作依頼業務を支えてきた内山技術職員の人事異動があった。内山氏はこの他にも回路工作実習、中学生の職場体験、工作依頼伝票のデータベース化、装置開発室ホームページの開設、サーバマシンの管理等で中心的な役割を担い、近年では LSI 試作設計に関して CAD の立ち上げ時から主となって活動されていた。現在は、技術課の学術支援班に席を移し新たな業務に励んでおられると思うが、今まで培ってきた回路技術や豊富な経験を活かし今後ますます活躍されることを期待する。

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 (大隅鐵工所)
	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)

測定機

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	STN6 (オリンパス)
マイクروس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 (ミツトヨ)
万能投影機	V-24B (ニコン)
硬さ試験機 (ロックウエル)	RH-3N (東京試験機)
走査型プローブ顕微鏡 (SPM)	SPA3800N/SPA-400 (日立ハイテクサイエンス)
三次元光学プロファイラー	ZYGO Nexview
段差計	KLA-Tencor P7

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)
超純水製造装置	アリウムプロ UV - DI (ザルトリウス)
マスクレス露光装置	DL-1000IMS
クリーン恒温恒湿室	イエロー クラス 1000

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)

計測器

種別	形式
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	ProtMat60(LP KF)

2014 年 研究会発表一覧

研究会等名称	発表項目	発表者氏名
平成 25 年度 実験・実習技術研究会 in イーハートープいわて 2014 年 3 月 5 日～7 日	ARM マイコンとフルカラー LED を用いた pH インジケータの開発 (口頭発表)	○豊田朋範 千葉寿 藤崎聡美 古舘守通
平成 25 年度 核融合科学研究所 技術研究会 2014 年 3 月 13 日～14 日	高磁場超伝導線材の引張歪印加機構プローブの開発 (ポスター発表)	○近藤聖彦
第 9 回 自然科学研究機構 技術研究会 2014 年 6 月 19 日～20 日	リソグラフィを中心とした微細加工支援の紹介	○高田紀子
平成 26 年度 北海道大学総合 技術研究会 2014 年 9 月 4 日～5 日	高磁場超伝導線材の引張歪印加機構プローブの開発 (口頭発表) 窒化ニオブマイクロパターンをもつ高圧アンビルの製作 (ポスター発表)	○近藤聖彦 ○高田紀子
第 11 回 (2014) 放電加工ネットワーク 勉強会 2014 年 11 月 6 日～7 日	分光実験用超短パルスレーザーを用いたレーザー加工の試み (口頭発表)	○矢野隆行 上田正
共同開発セミナー 2014 年 12 月 2 日	MgF ₂ 非球面レンズの製作 (テスト加工) について (口頭発表)	○近藤聖彦

急速溶液交換装置用チャンバーの製作について

分子科学研究所 生命・錯体分子科学研究領域 古谷 祐詞

1. はじめに

我々の五感において、最初の刺激受容は様々な膜タンパク質によって行われている。視覚の光受容では視物質ロドプシンがはたらいており、タンパク質内部に結合した 11-cis 型レチナルが all-trans 型へと光異性化することで、光刺激が受容される。近年のパルスレーザーの開発によって、フェムト秒やピコ秒といった時間での非常に高速な光異性化反応を追跡することも可能となった。このように光受容タンパク質の反応機構研究は、光技術の進展に伴って飛躍的に進歩している。一方、光を受容しない膜タンパク質の反応機構研究では時間分解分光計測はあまり利用されていない。私は光反応に頼らない時間分解赤外分光計測を分子研着任時の最初の目標の1つとした。

光を受容しないタンパク質の中でも、細胞膜でのイオン透過にはたらくイオンチャネル、膜電位を形成するイオン輸送タンパク質などを主要なターゲットとしている。これらの膜タンパク質はリガンドや基質といった小分子や、ナトリウムイオンやカリウムイオンなどのイオンを結合したり、解離したりしながら、機能を果たしている。タンパク質と、小分子やイオンとの相互作用について詳細に解析するには、全反射赤外分光計測が有効である。対象となるタンパク質をシリコンやダイヤモンドといった屈折率の高い材質でできた全反射用プリズムに吸着させ、全反射条件を満たす角度で赤外線を導入し、プリズム表面で生じるエバネッセント光でタンパク質の吸収スペクトルを得る方法である (図 1a)。この手法では試料を浸している溶液組成を計測前後で簡単に交換することができ、溶液条件に応じたタンパク質の構造変化を解析することが可能である。この溶液交換を圧縮空気で作動するシリンジを用いることでミリ秒程度にまで高速化することを試みた。

2. 急速溶液交換装置用チャンバーについて

急速溶液交換システムについては、ストップフロー装置の開発に定評のあるユニソク株式会社に依頼し、装置開発室では全反射用ダイヤモンド結晶の上部に組み立てるチャンバーの製作をお願いした。図1aには急速溶液交換で用いるチャンバーの模式図を示した。シリンジから2種類の異なる溶液を導入する2本のラインから結晶表面に溶液が導入され、テフロンで作製された流路 (図1d, e) を通って、廃液ラインへと出て行く構造になっている。流路に掛かる圧力に対抗するために、テフロンパーツは頑丈なステンレスパーツによって固定されている (図1b, c)。テフロンパーツは全反射結晶がくぼみの底 (図1f) にあるため、山型に盛り上がっている (図 1d, e)。テフロンパーツにはOリングがはめ込まれており、圧力が掛かっても溶液が周囲に漏れ出さないように設計されている。

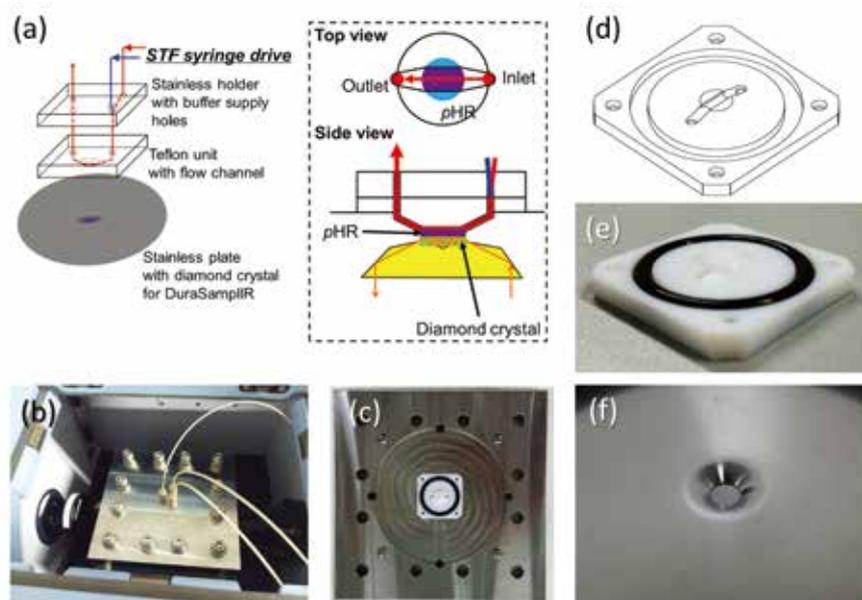


図1 急速溶液交換用チャンバー

(a) チャンバーの模式図 (Y. Furutani et al. BIOPHYSICS より一部転載)

(b) 赤外分光装置の試料室に設置されたチャンバー

(c) チャンバー内部の写真

(d) パーツ模式図

(e) パーツ写真

(f) 全反射用結晶

本装置を使用して、塩化物イオン輸送タンパク質であるハロロドプシンの塩化物イオンおよび硝酸イオンの結合について、時間分解赤外分光解析を行った。実験の詳細については既報の論文 (Y. Furutani et al., BIOPHYSICS 9, 123-129, 2013 【第1回 Editor's Choice Award】) を参照いただきたい。論文にも記述されているが、溶液交換は25ミリ秒程度で行われているが、その後、100ミリ秒程度でイオン濃度が低下し、再び元の濃度にまで戻るといった現象が確認された。理想的には溶液の切替えによって、即座に立ち上がり、その後は一定レベルを維持するべきである。この現象を解決するために、装置開発室の青山・高田の両氏に様々な流路形状のテフロンパーツを作成頂いた。

図2に実験結果 (a, b, c) とテフロンパーツの模式図 (d) を示す。テスト実験として、水を50 mM 硝酸塩溶液に交換する実験を行った。1350 cm^{-1} 付近に硝酸イオンのN-O伸縮振動に伴う赤外吸収が立ち上がっていることが確認できる。図2aでは流路の幅が1.5 mm、出入口の径が1.0 mmのテフロンパーツを使用した。100ミリ秒あたりで1350 cm^{-1} のシグナルが減少していることが確認できる。図2bでは流路の幅が1.5 mm、出入口の径が1.5 mm、図2cでは流路の幅が3.0 mm、出入口の径が1.5 mmのテフロンパーツを用いた。その結果、流路の幅や出入口の径が大きくなる毎に100ミリ秒での1350 cm^{-1} でのシグナル減少が小さくなっていることが分かった。おそらくチャンパー内の溶液が交換される際にチャンパーに掛かる圧力が低下することが、一時的に硝酸イオン濃度が低下する現象の解消につながったのではないかと考えている。

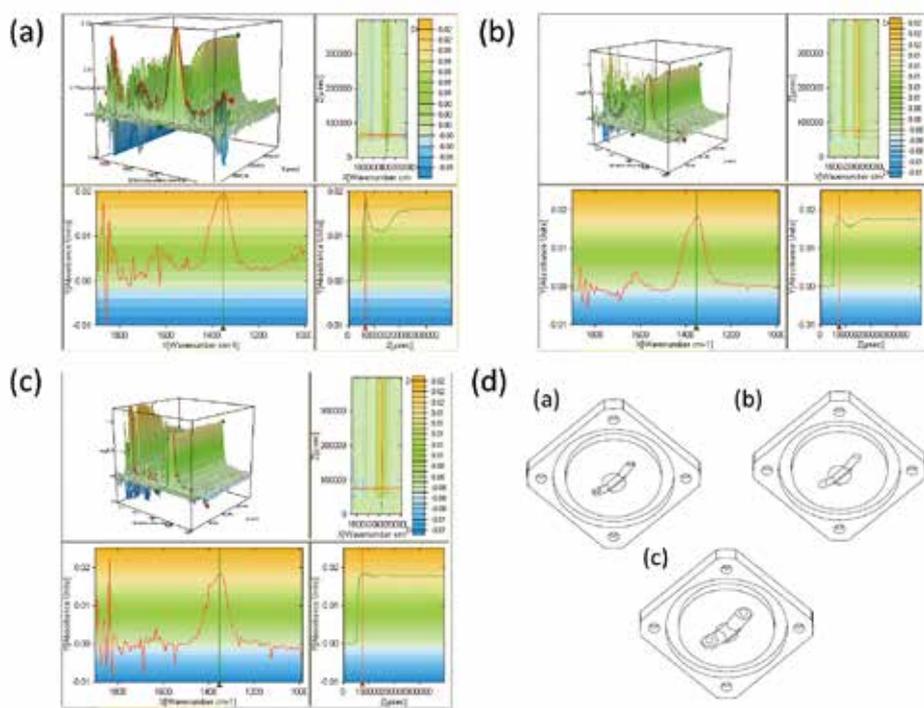


図2 急速溶液交換の実験データ

- (a) 流路幅 1.5 mm、出入口孔径 1.0 mm
- (b) 流路幅 1.5 mm、出入口孔径 1.5 mm
- (c) 流路幅 3.0 mm、出入口孔径 1.5 mm

(上側に3Dおよび2Dで時系列データを表示、下側には赤外差スペクトルと1350 cm^{-1} での赤外吸収の時間変化を表示)

(d) 実験に用いたテフロンパーツの模式図

3. 今後の展望

現在は、溶液交換に掛かる時間をさらに短くするため、表面積の小さい全反射用プリズムを用いた実験を行っている。究極的には顕微赤外用の全反射プリズムを用いれば直径100 μm にまで小さくすることが可能となるが、反射回数が1回に低下するため、赤外吸収強度が小さくなるのが問題になると思われる。表面増強赤外分光などの技術も導入する必要があるであろう。

4. 謝辞

本研究は、当部門の助教であった木村哲就博士 (現 ; 理化学研究所)、岡本基土さん (ユニソク株式会社) との共同研究として行われました。また、チャンパー製作においては、テフロンパーツを青山正樹さん、高田紀子さんに、ステンレスパーツを水谷伸雄さん、近藤聖彦さんに製作いただきました。この場を借りて感謝申し上げます。

雰囲気制御型硬X線光電子分光装置の開発

分子科学研究所 物質分子科学研究領域 横山グループ 高木 康多

物質分子科学研究領域の横山グループでは NEDO プロジェクト固体高分子形燃料電池実用化推進技術開発／基盤技術開発／MEA 材料の構造・反応・物質移動解析／テーマ「時空間分解 X 線吸収微細構造 (XAFS) 等による触媒構造反応解明」の一環として 2012 年から大型放射光施設 SPring-8 のビームライン BL36XU において硬 X 線を励起光として用いた「雰囲気制御型硬 X 線光電子分光装置」を開発してきました。従来の光電子分光装置においては測定時に試料環境を高真空状態にしなければいけませんが、この装置により 3,000 Pa 程度のガス雰囲気下の試料でも光電子分光測定ができるようになり、試料表面で起こる化学反応のその場測定が可能になりました。特に我々は燃料電池の電極触媒の動作下の測定を対象としており、本装置を活用することによって燃料電池動作中に白金などの触媒表面上で起こっている様々な反応が解明されることが期待されます。

本装置の開発にあたり、光電子のエネルギー分光器やチェンバーなど主要な部品は専門の業者の既製品を用いています。しかしながら細かいところでは、実験の目的に合わせてカスタマイズした部品を設計し作製する必要があり、その過程で分子科学研究所装置開発室工作室に非常にお世話になりました。特に我々の測定対象である燃料電池動作中の電極の測定を達成するために、測定槽内で燃料電池として動作し、かつ電極の光電子分光測定を可能とする燃料電池型測定セルの作製を工作室にお願いしました。燃料電池は一般的に常圧下で動作させるものであり、本装置の上限である 3,000 Pa の圧力下 (0.03 気圧) では、従来のセルが燃料電池として正確に動作するかの保障はありません。また測定槽自体も大きいものではないので、セルの大きさも 30 mm 程度に抑える必要があります。そのような制限の中で、我々は燃料電池評価用の標準セルを参考にして 1 辺が 25 mm の測定セルを設計しました。図 1 (左) が 3D CAD による図になります。設計においては加工の難しさなどはあまり考えずに、電極の導通や絶縁性、またサイズなどの制限をクリアすることを第一目標として設計を進めていき、とりあえず完成させた図面を持って工作室に依頼にきました。図面上では精度が必要なところや加工が難しそうに思えるところが多々あったため、持って行った図面は第一案として、工作室のスタッフに図面を見てもらいながら相談し修正していくつもりでした。しかしながら、スタッフと相談すると「難しいかな」と言いつつも、その図面のまま作っていただけということになりました。その後、出来上がった完成品が図 1 (右) のものになります。中心に幅 2 mm の溝が入っており、その部分の厚さは 0.5 mm でさらに中心に向けてテーパが切つてあるという設計でしたが、それが見事に加工されていました。また各パーツの組み立て時にも無理な力がかかるようなことはなく高い精度で加工していただけました。この測定セルの中に膜 / 電極接合体 (MEA) と呼ばれる燃料電池用電極膜を組み込み、実際に水素および酸素ガスを流して動作させると、期待通りの起電力が得られ、燃料電池として動作していることが確認できました。その後、この測定セルを雰囲気制御型硬 X 線光電子分光装置に導入し、実際に動作中の電極触媒の光電子分光測定に成功することができました。この成果については 2014 年 10 月に "Applied Physics Letters" に掲載されました [Appl. Phys. Lett. 105, 131602 (2014)]。

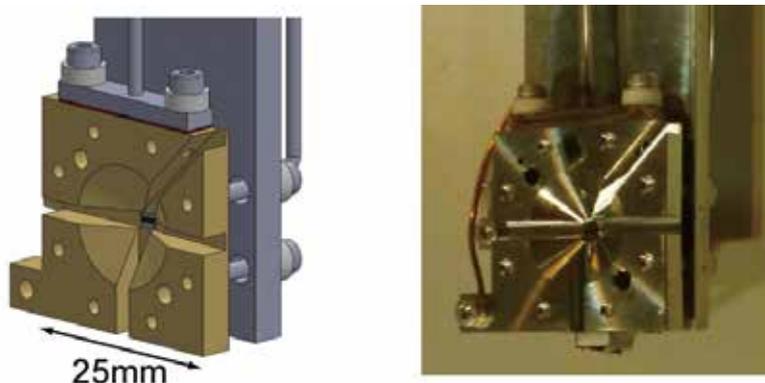


図1. 雰囲気制御型硬 X 線光電子分光装置用の燃料電池型測定セル。
(左)3D CAD による設計図、(右)工作室にて作製いただいた完成品

雰囲気制御型光電子分光装置の開発においては、この燃料電池型測定セル以外にもいろいろなものを工作室に作製いただきました。例えば図2の真空封止キャップは測定槽を大気圧に戻す際に分光器にガスが入らないように封止するためのものです。真空用の直線導入機の先にOリングを付けたキャップがついており、これを分光器の入り口に押し付けることで真空封止します。また上記の燃料電池型測定セルについても実験を進めるに伴って問題点も多く見付き、それに対応するための改良を重ねており、2014年12月の時点で3つ目の測定セルを作製いただいております。その一方で、燃料電池とは別の測定を目的として、この燃料電池型測定セルとは異なるタイプのダイフロン製の測定セルも何点か作製いただきました。



図2. 真空封止キャップ。

また工作依頼だけでなく開発室所有の測定器の利用もさせていただきました。実験を進めていくと、燃料電池型測定セルにつかうMEAの電極触媒の量が重要であることが明らかになってきたので、触媒の塗布量が異なるMEAを数種類用意し、その電極触媒の様子を電子顕微鏡VE-8800 (KEYENCE)を用いて観察しました(図3)。この電子顕微鏡は観察までの操作がルーチン化しており、非常に扱いやすく簡単に微細な構造の観察ができます。今回の試料では必要倍率としては500倍あれば観測できるので光学顕微鏡でも測定が可能でしたが、電子顕微鏡の方が表面の凹凸が顕著に判別できるためこちらを利用させていただきました。この結果をMEAの作製業者にフィードバックし、光電子分光測定に最適なMEAの作製条件の選定に役立てています。

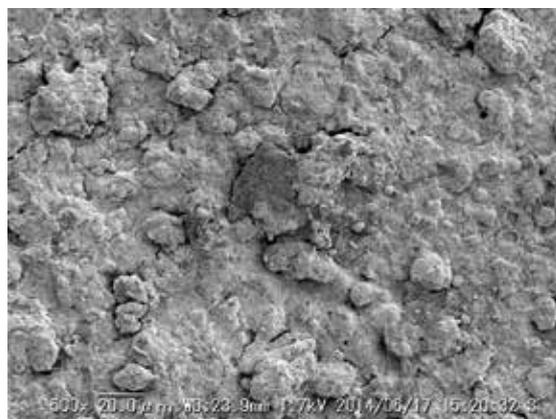


図3. MEA電極の電子顕微鏡像

新しい装置開発を進めていく場合、既製品の組み合わせでは要求する性能が出せないことがあり、その場合には自分で設計したものを使っていく必要があります、しかしながら、研究者は材料や加工の専門家ではないため、どのような加工が難しくどこまでできてどこまでが不可能かという判断をするのが難しいことがあります。その時に面と向かって議論しアドバイスをいただけるスタッフがいることは非常に心強いです。今回の雰囲気制御型光電子分光装置を開発していく上でも非常に助けになりました。この場を借りて感謝を申し上げます。今後の装置の改良などでも引き続き加工依頼をさせていただきますがよろしくお願ひします。

ポンプ - プローブ実験のための分周器製作

物質分子科学研究領域・電子構造研究部門 上村 洋平

私は、2013年7月から横山グループに在籍をし、分子研での研究を始めました。私の現在のテーマは、光触媒などの光応答を示す物質をレーザーで励起し、物質の電子状態や構造変化を XAFS という手法を使って測定をすることです。XAFS の測定は主にシンクロトロン放射光で実験を行います。シンクロトロン放射光をプローブとしたポンプ - プローブ実験では、励起レーザーとシンクロトロン放射光との同期を取る必要があります。シンクロトロン放射光の X 線は、数百 kHz ~ 数 MHz でやってきます。レーザーとシンクロトロンとを同期するには、シンクロトロン放射光の周波数の整数分の 1 でレーザーを発振しなければなりません。例えば、モードロックレーザーを使用する場合には、ピエゾなどを使用しキャビティ長を調整しながら、レーザーとシンクロトロンとの周波数を合わせています。横山グループでは、一定周期の外部信号 (TTL) に同期してレーザー発振を行う事ができるファイバーレーザーを所有しています。このレーザーからは、外部信号が入力されるとある一定時間後 (数百 ns) 後にレーザー光が発振されます。レーザーのパルス幅は約 30 ps で、発振のジッターは 10 ps 未満です。このレーザーを使えば、シンクロトロンからの X 線に対応した TTL 信号を使用するだけで、レーザーと X 線の同期を取ることができ、より簡便な実験を行うことが可能になります。

シンクロトロン放射光での実験を行う前に、分子研においてポンプ - プローブ実験を行い、励起状態がどれくらいの時間スケールで減衰するのか、また励起レーザーの強度と励起密度の関係などを調べる必要があります。横山グループでは、スペクトラ - フィジックス社製の MaiTai HP を所有しています。MaiTai HP は 690 nm ~ 1040 nm まで波長を変えることが可能です。そこで、このレーザーをプローブ光、ファイバーレーザーをポンプ光として、実験室でポンプ - プローブ実験システムを立ち上げることにしました。プローブ用レーザーの発振周波数は、約 80 MHz であるのに対し、ポンプレーザーは最大 1 MHz までしか発振がでないため、パルスピッカーをレーザーセンターから借用させて頂きました。初めはパルスピッカーコントローラーからの TTL 信号でポンプレーザーを発振していたのですが、ジッターが想定よりも大きいこと (~ 500 ps) がわかりました。これはパルスピッカーからの信号のジッターが大きいためでした。装置開発室へ相談に伺ったところ、プローブ用レーザーから出される基準信号 (~ 40 MHz) を分周して、TTL 信号を作る分周器の製作をご提案いただきました。この分周器では、プローブレーザーからの基準信号にオフセットを付けてカウンター渡し、設定した分周比で TTL 信号を発振します。分周比は 1/100, 1/500, 1/1000, 1/5000 と実験によって変更出来るようにして頂きました。この分周器を使用し、図 1 の左図のような配線を組んで 2 台のレーザーの同期を行ったところ、ジッターが 50 ps 程度まで抑えることが出来ました。現在は、このシステムを使用して、過渡吸収や反射の実験を行っています。また、放射光用にも分周器を製作して頂き、現在使用しています。

現在の私の実験では、この分周器は無くしてはならない装置となっています。今後も装置開発室の皆様にご協力頂きながら、研究を進めたいと思っています。

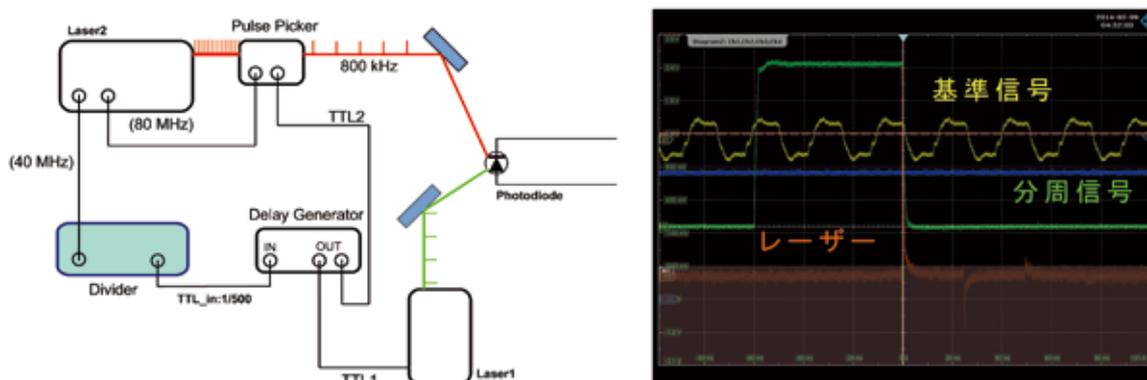


図 1 (左) ポンプ - プローブ実験システム概要 (Laser1 がポンプレーザー、Laser2 がプローブレーザー)、(右) オシロスコープにて計測した基準信号、分周信号、レーザーの関係

超伝導電子銃用フォトカソードの開発

分子科学研究所 UVSOR 許斐 太郎

電子ビームを発生させる電子銃は加速器をはじめとして多くの分野で用いられている。我々が将来の加速器技術として開発を進めている電子銃は電子の発生に光電効果を用い、電子の加速にRF場を用いる。RFの周波数は1.3GHzであり、現在、超伝導加速器の分野ではよく用いられる周波数である。RF場を損失なしに貯め込むために全ての部品を超伝導材料であるニオブから製作した空洞を使用する。すると、蓄積効率を表すQ値は銅などの常伝導材料で製作した場合に比べ10万倍程度向上する。RFの損失を低減することで、数十MV/mの加速電場をデューティー100%で運転することが可能となる。一方、電子はフォトカソードから光電効果によって生成する。励起光を自在に操ることで、ピコ秒の短パルス且つ空間広がり小さい電子ビームの生成が可能になる。フォトカソード上で励起光形状を成型するためには数mmの短焦点距離を持つレンズ等を用いることが効果的であり、光電面の背面より励起光を照射する必要がある。同時にフォトカソードから生成した電子を瞬時に光速まで加速するためには、フォトカソード表面に高電界RF場を印可する必要がある。光を透過させてRFを遮断するという2つの要求を同時に満たすフォトカソード基板として、東北大学の一杉研究室が開発した透明超伝導体薄膜 LiTi_2O_4 を用いる。 LiTi_2O_4 は可視光域の光を透過するとともに、超伝導体であるためRF侵入長が数十～数百nm程度である。図1に超伝導電子銃の模式図を示す。

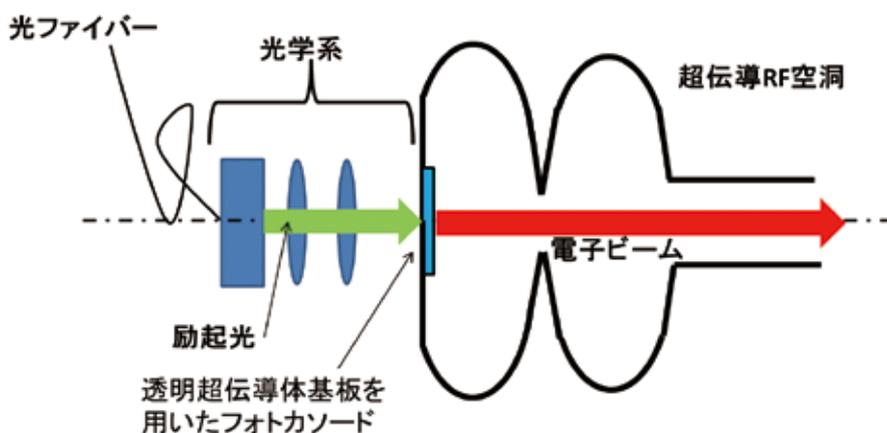


図1、超伝導電子銃の模式図。

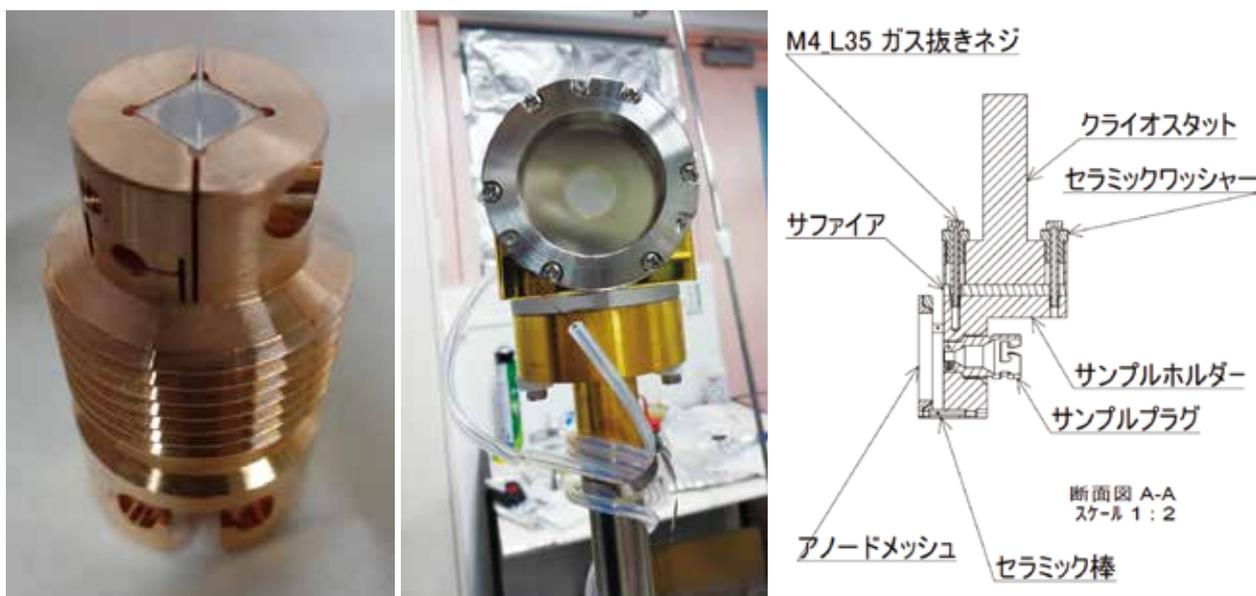


図2、装置開発室で製作していただいた(左)フォトカソードプラグと(中)低温ホルダーの写真と概念図(右)

フォトカソードの性能を表す指標として、熱エミッタンスがある。熱エミッタンスは真空中に飛び出した電子ビームの位置と角度広がりを示すものであり、値が小さいほど発散しにくく、まとまりの良いビームを得られる。本フォトカソードの実証試験を行うために液体ヘリウムで冷却でき、最大 20kV の直流電場を印可できる簡易な装置を製作した。図2に装置開発室で製作していただいたフォトカソードプラグと低温ホルダーの写真を示す。フォトカソードプラグは中空になっており、フォトカソード背面から励起光を照射することができる。

フォトカソードに照射する励起光のスポットサイズは直径 0.1mm である。低温ホルダーは熱伝導度の高いサファイアガラスを挟むことで冷却効率良く絶縁されている。低温ホルダーはサンプル部で 6.7K まで冷却できることを確認した。透明超伝導体 LiTi_2O_4 の転移温度は 12K であるため、超伝導体下で測定できる。また、低温ホルダーは平行電場をフォトカソード面に印加するため、膜厚 $5 \mu\text{m}$ のメッシュ穴付きニッケル箔を接地している。メッシュのピッチは $50 \mu\text{m}$ 、穴径 $20 \mu\text{m}$ である。フォトカソードから引き出された電子ビームはメッシュを透過して蛍光塗料を塗ったスクリーンに投影される。測定系のセットアップを図3に示す。電子ビームはフォトカソードから引き出された直後は励起光のスポット径程度とみなせるためスクリーン投影される電子ビーム径から電子ビームの発散角を測定でき、これを熱エミッタンスに変換する。現在、測定精度を高めるために試行錯誤をしている。

また、フォトカソードを実際の電子銃に組み込むためのフォトカソードプラグについても装置開発室の水谷氏と相談しモデルを製作していただいた(図4)。超伝導空洞は全てをニオブで製作するため、実機ではフォトカソードプラグをニオブで製作する計画である。超伝導空洞の試作機が完成次第フォトカソードを取り付けてビーム引出し試験を行うため、今後も装置開発室と相談してニオブ製のフォトカソードプラグ製作を進めていきたい。

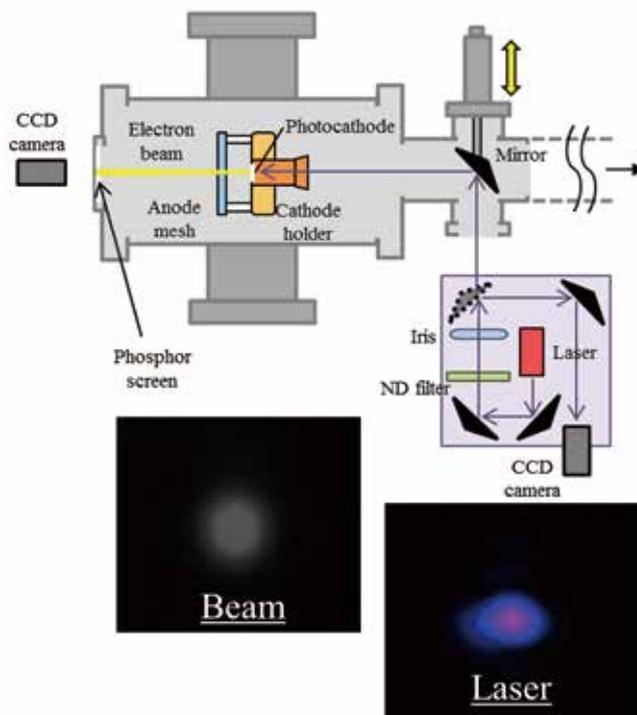


図3、熱エミッタンス測定系のセットアップ



図4、超伝導 RF 空洞用フォトカソードプラグの試作品

利用者アンケート

施設利用と工作依頼の中から利用頻度の高い依頼者に向けて、装置開発室において開発・製作した装置を活用した研究成果についてアンケートを行った。回答率は、所外利用者は15件中8件、所内利用者は15件中9件であった。回答されたアンケートの中から、成果物（論文、学会発表、受賞、特許）について以下に掲載する。

論文一覧

Yuji Furutani, Tetsunari Kimura and Kido Okamoto, “Development of a Rapid Buffer-Exchange System for Time-Resolved ATR-FTIR Spectroscopy with the Step-Scan Mode”, *BIOPHYSICS*, 9, 123-129 (2013)

M. Yamazaki, K.Oishi, H. Nakazawa, C. Zhu, and M. Takahashi, “Molecular Orbital Imaging of the Acetone S2 Excited State Using Time-Resolved (e, 2e) Electron Momentum Spectroscopy”, Submitted to *Physical Review Letters*

M. Yamazaki and M. Takahashi, “Development of time-resolved electron momentum spectroscopy: toward real-time imaging of frontier electrons in molecular reactions”, Submitted to *China-Japan-Korea Joint Seminar on Atomic and Molecular Processes in Plasma (AMPP) Proceedings*

N. Watanabe, M. Yamazaki, and M. Takahashi, “Vibrational effects on valence electron momentum distributions of CH₂F₂”, *Journal of Chemical Physics*, in press.

M. Yamazaki, H. Satoh, N. Watanabe, D. B. Jones, and M. Takahashi, “Oscillation of the electron-density distribution in momentum space: An (e,2e) study of H₂ at large momentum transfer”, *Physical Review A*, 90, 052711 (2014).

N. Watanabe and M. Takahashi, “Vibronic effects on the low-lying electronic excitations in N₂O induced by electron impact”, *J. Physics B: At. Mol. Opt. Phys.*, 47, 155203 (2014).

M. Yamazaki, Y. Kasai, K. Oishi, H. Nakazawa, and M. Takahashi, “Development of time-resolved (e,2e) electron momentum spectroscopy: a tool for visualizing the motion of electrons during a chemical reaction”, *Journal of Physics: Conference Series*, 488, 012056 (2014).

M. Yamazaki, Y. Kasai, K. Oishi, H. Nakazawa, and M. Takahashi, “Development of an (e,2e) electron momentum spectroscopy apparatus using an ultrashort pulsed electron gun”, *Review of Scientific Instruments*, 84, 063105 (2013).

D. B. Jones, M. Yamazaki, N. Watanabe, and M. Takahashi, “Molecular-frame (e,2e) experiment for N₂ at large momentum transfer”, *Physical Review A*, 87, 022714 (2013).

N. Watanabe, T. Hirayama, D. Suzuki, and M. Takahashi, “Vibronic effects on the low-lying electronic excitations in CO₂ induced by electron impact”, *Journal of Chemical Physics*, 138, 184311 (2013).

J. Lower, M. Yamazaki, and M. Takahashi, “(e,2e) spectroscopy using fragmentation processes”, in “Fragmentation Processes: Topics in Atomic and Molecular Physics”, edited by C. Whelan, pp. 159-178, Cambridge University Press (2013).

N. Watanabe, X. J. Chen, and M. Takahashi, “Interference effects on (e, 2e) electron momentum profiles of CF₄”, *Physical Review Letters*, 108, 173201 (2012).

D. B. Jones, M. Yamazaki, N. Watanabe, and M. Takahashi, “Electron-impact ionization of N₂ at large momentum transfer above the double-ionization, threshold”, *Physical Review A*, 86, 062707 (2012).

N. Watanabe, M. Yamazaki, and M. Takahashi, “Vibrational effects on valence electron momentum distributions of ethylene”, *Journal of Chemical Physics*, 137, 114301 (2012).

高橋正彦, 山崎優一, 「電子コンプトン散乱を用いた時間分解分子軌道イメージング」, レーザー研究、投稿中
山崎優一, 高橋正彦, 「化学反応におけるフロンティア電子軌道の実時間撮影への挑戦」
光アイアンス、第25巻、p. 41 (2014)

高橋正彦, 「コンプトン散乱で見る物質内電子運動と化学反応におけるフロンティア電子の実時間撮影への挑戦」, *日本物理学会誌*, Vol.69, No.1, p.18 (2014).

Yasumasa Takagi, Heng Wang, Yohei Uemura, Eiji Ikenaga, Oki Sekizawa, Tomoya Uruga, Haruhiko Ohashi, Yasunori Senba, Hirokatsu Yumoto, Hiroshi Yamazaki, Shunji Goto, Mizuki Tada, Yasuhiro Iwasawa and Toshihiko Yokoyama, “In situ study of an oxidation reaction on a Pt/C electrode by ambient pressure hard X-ray photoelectron spectroscopy”, *Applied Physics Letters*, 105, 131602 (2014).

- M. Yamazaki, K. Oishi, H. Nakazawa, C. Zhu, and M. Takahashi, "Molecular Orbital Imaging of the Acetone S₂ Excited State Using Time-Resolved (e,2e) Electron Momentum Spectroscopy", *Physical Review Letters*, 投稿中
- M. Yamazaki and M. Takahashi, "Development of time-resolved electron momentum spectroscopy: toward real-time imaging of frontier electrons in molecular reactions", *China-Japan-Korea Joint Seminar on Atomic and Molecular Processes in Plasma (AMPP) Proceedings*, 投稿中
- M. Yamazaki, H. Satoh, N. Watanabe, D. B. Jones, and M. Takahashi, "Oscillation of the electron-density distribution in momentum space: An (e,2e) study of H₂ at large momentum transfer", *Phys. Rev. A*, vol. 90, p. 052711, (2014).
- M. Yamazaki, Y. Kasai, K. Oishi, H. Nakazawa, and M. Takahashi, "Development of time-resolved (e,2e) electron momentum spectroscopy: a tool for visualizing the motion of electrons during a chemical reaction", *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 488, p. 012056, (2014).
- M. Yamazaki, Y. Kasai, K. Oishi, H. Nakazawa, and M. Takahashi, "Development of time-resolved electron momentum spectroscopy: a tool for visualizing the motion of electrons during a chemical reaction", *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 488, p. 052009, (2014).
- 高橋正彦, 山崎優一, 「電子コンプトン散乱を用いた時間分解分子軌道イメージング」, レーザー研究, 投稿中
- 山崎優一, 高橋正彦, 「化学反応におけるフロンティア電子軌道の実時間撮影への挑戦」, 光アライアンス, 第25巻, p. 41, (2014)
- K. Mizuse, K. Kitano, H. Hasegawa, Y. Ohshima "Quantum unidirectional rotation directly imaged with molecules" 投稿中
- T. Narushima, S. Hashiyada and H. Okamoto, "Nanoscale Study on Developing Optical Activity with Increasing Chirality for Two-Dimensional Metal Nanostructures", *ACS photonics*, 1, 732-738 (2014).
- S. Hashiyada, T. Narushima and H. Okamoto, "Local Optical Activity in Achiral Two-Dimensional Gold Nanostructures", *J. Phys. Chem. C.*, 118, 22229-22233 (2014). Selected as ACS Editors' Choice.
- T. Narushima and H. Okamoto, "Strong Nanoscale Optical Activity Localized in Two-Dimensional Chiral Metal Nanostructures", *J. Phys. Chem. C.*, 117, 23964-23969 (2013).
- T. Narushima and H. Okamoto, "Circular Dichroism Nano-Imaging of Two-Dimensional Metal Nanostructures", *Phys. Chem. Chem. Phys. (communication)*, 15, 13805-13809 (2013).
- 成島哲也, 橋谷田俊, 岡本裕巳, "2次元金属ナノ構造体を示す強い局所光学活性: 近接場円二色性イメージング", *表面科学*, 第35巻6号, 312-318 (2014).
- D. Kuwahara, N. Ito, Y. Nagayama, T. Yoshinaga, S. Yamaguchi, M. Yoshikawa, J. Kohagura, S. Sugito, Y. Kogi and A. Mase: "Development of Horn Antenna Mixer Array with Internal Local Oscillator Module for Microwave Imaging Diagnostics", *Rev. Sci. Instrum.* 85, 11D805 (2014).
- H. Shirai, C. Duchesne, Y. Furutani, T. Fuji, "Attenuated total reflectance spectroscopy with chirped-pulse upconversion," *Opt. Express*, 22, 24, 29611-29616 (2014).
- Yosuke Semba, Kazuto Yoshida, Shunji Kasahara, Chi-Kung Ni, Yen-Chu Hsu, Sheng Hsien Lin, Yasuhiro Ohshima, and Masaaki Baba, "Rotationally resolved ultrahigh-resolution laser spectroscopy of the S₂ 1A₁ ← S₀ 1A₁ transition of azulene.", *J. Chem. Phys.*, Vol.131, 024303/1-6 (2009).
- Masaaki Baba, Motohisa Saitoh, Yasuyuki Kowaka, Kunio Taguma, Kazuto Yoshida, Yosuke Semba, Shunji Kasahara, Takaya Yamanaka, Yasuhiro Ohshima, Yen-Chu Hsu, and Sheng Hsien Lin, "Vibrational and rotational structure and excited-state dynamics of pyrene.", *J. Chem. Phys.*, Vol.131, 224318/1-10 (2009).
- Masaaki Baba, "Intersystem Crossing in the 1n π* and 1 π π* States.", *J. Phys. Chem. A*, Vol.115, 9514-9519 (2011).
- Yoshitake Suganuma, Yasuyuki Kowaka, Noritaka Ashizawa, Naofumi Nakayama, Hitoshi Goto, Takayoshi Ishimoto, Umpei Nagashima, Tadashi Ueda, Takaya Yamanaka, Nobuyuki Nishi, and Masaaki Baba, "Mode-selective internal conversion of perylene.", *Mol. Phys.*, Vol.109, 1831-1840 (2011).
- Yasuyuki Kowaka, Takaya Yamanaka, and Masaaki Baba, "Electronic, vibrational, and rotational structures in the S₀1A₁ and S₁1A₁ states of phenanthrene.", *J. Chem. Phys.* Vol.136, 154301/1-9 (2012).

Yasuyuki Kowaka, Naofumi Nakayama, Takayoshi Ishimoto, Umpei Nagashima, Takaya Yamanaka, Norifumi Ozawa, and Masaaki Baba, "Internal conversion in the S1B3u state of pyrene.", *Chem. Phys.*, Vol.400, 178-184 (2012).

Sachi Kunishige, Megumi Kawabata, Masaaki Baba, Takaya Yamanaka, Yuki Morita, Shuhei Higashibayashi, and Hidehiro Sakurai, "Jet spectroscopy of buckybowll: Electronic and vibrational structures in the S0 and S1 states of triphenylene and sumanene.", *J. Chem. Phys.*, Vol.139, 044313/1-8 (2013).

Masaaki Baba, Toshiharu Katori, Megumi Kawabata, Sachi Kunishige, and Takaya Yamanaka, "S1 and S2 States of Linear and Zigzag Cata-Condensed Hydrocarbons.", *J. Phys. Chem. A* Vol.117, 13524-13530 (2013).

学会発表一覧

仲山智明, 横田圭司, 増山大祐, ムハンマドジグリ, 村松幸子, 菅加奈子, 芝清隆, 萩野俊郎, "エクソソーム検出に向けたグラフェンナノポアデバイスの設計", 第34回表面科学学術講演会, 島根, 2014年11月

N. Watanabe and M. Takahashi, "Vibrational effects on electronic transitions in molecules studied by high-energy electron scattering experiments", The 18th Malaysian International Chemical Congress, Kuala Lumpur, Malaysia, November 2014.

M. Takahashi, "Development of Time-Resolved Electron Momentum Spectroscopy: Towards Real-Time Imaging of Frontier Electron during Chemical Reaction", The 5th China-Japan-Korea Joint Seminar on Atomic and Molecular Processes in Plasma, Lanzhou, China, August 2014.

M. Yamazaki and M. Takahashi, "Experimental and theoretical progress in time-resolved electron momentum spectroscopy", International Conference on Many Particle Spectroscopy of Atoms, Molecules, Clusters and Surfaces, Metz, France, July 2014.

M. Takahashi, "Development of Time-Resolved Electron Momentum Spectroscopy: Towards Real-Time Imaging of Frontier Electron during Chemical Reaction", The Atomic and Molecular Physics division of the Korean Physics Society, Atomic, Molecular, and Optical Physics (AMO) workshop, Korea, June 2014.

M. Takahashi, "Development of time-resolved electron momentum spectroscopy: towards real-time imaging of frontier electron during chemical reaction", The 17th SANKEN International Symposium 2014, Jointed with The 2nd International Symposium of Nano-Macro Materials, Devices and System Research Alliance, Osaka, Japan, January 2014.

N. Watanabe and M. Takahashi, "Vibrational effects on electronic transitions in molecules studied by (e,2e) electron momentum spectroscopy and EELS", International Symposium on (e,2e), Double Photo-ionization and Related Topics & 17th International Symposium on Polarization and Correlation in Electronic and Atomic Collisions Hefei, China August 2013.

M. Yamazaki and M. Takahashi, "Development of time-resolved electron momentum spectroscopy: Preliminary results for the photodissociation dynamics of several molecules" International Symposium on (e,2e), Double Photo-ionization and Related Topics & 17th International Symposium on Polarization and Correlation in Electronic and Atomic Collisions, Hefei, China, August 2013.

M. Yamazaki, Y. Kasai, K. Oishi, H. Nakazawa, and M. Takahashi, "Development of time-resolved electron momentum spectroscopy: a tool for visualizing the motion of electrons during a chemical reaction", XXVIII International Conference on Photonic, Electronic and Atomic Collisions, Lanzhou, China, July 2013.

N. Watanabe, T. Hirayama, D. Suzuki, and M. Takahashi, "Angle-resolved EELS study of vibronic effects on valence-shell electronic excitations in molecules" 10th Asian International Seminar on Atomic and Molecular Physics, Taiwan, Taipei, October 2012.

M. Takahashi, "Development of time-resolved (e,2e) electron momentum spectroscopy: the present status of experimental and theoretical progress", 10th Asian International Seminar on Atomic and Molecular Physics, Taiwan, Taipei, October 2012.

M. Yamazaki and M. Takahashi, "Progress towards development of time-resolved (e,2e) electron momentum spectroscopy", International Conference on Many Particle Spectroscopy of Atoms, Molecules, Clusters and Surfaces, Berlin, Germany, August 2012.

M. Takahashi, “Towards next-generation electron momentum spectroscopy experiments”, 2nd International Symposium on Electron Momentum Spectroscopy, Brussels, Belgium, August 2012.

高木康多, 王恒, 上村洋平, 関澤央輝, 宇留賀朋哉, 唯美津木, 岩澤康裕, 横山利彦, 「型硬 X 線光電子分光装置による燃料電池 Pt/C カソード触媒の in-situ 測定」, 第 10 回日本表面科学会放射光表面科学研究部会・第 13 回 SPring-8 ユーザー協団体顕微ナノ材料科学研究会合同シンポジウム, 愛知, 2014 年 7 月

Masakazu Yamazaki and Masahiko Takahashi, “Experimental and theoretical progress in time-resolved electron momentum spectroscopy”, International Conference on Many Particle Spectroscopy of Atoms, Molecules, Clusters and Surfaces, Metz, France, 2014.

山崎優一, 高橋正彦, 「時間分解 (e,2e) 電子運動量分光の開発による化学反応におけるフロンティア電子運動の可視化」, 原子衝突学会第 38 回年会, 和光, 2013 年 11 月

Mizuse, K. Control and real-time imaging of molecular motion, IUPAC-2015, the 45th IUPAC World Chemistry Congress, Busan, Korea, August 2015

水瀬 賢太, 「新規画像観測装置を用いた分子回転波束ダイナミクスの実時間イメージング」, レーザー学会第 35 回年次大会, 東京, 2015 年 1 月

水瀬 賢太, 「超高速分子回転ダイナミクスの光制御と実時間イメージング」, 第 10 回若手研究者たちによる先端的レーザー分光シンポジウム, 横浜, 2014 年 12 月

水瀬賢太, 大島康裕 「新規画像観測法を用いた分子回転波束ダイナミクスの実時間イメージング」, 第 8 回分子科学討論会, 広島, 2014 年 9 月

K. Mizuse, Y. Ohshima, “Unidirectional molecular rotation dynamics probed with a newly developed ion imaging apparatus”, 30th Symposium on Chemical Kinetics and Dynamics, Himeji, June 2014.

K. Mizuse, Y. Ohshima, “Control and real-time imaging of unidirectional molecular rotation”, The Forefront of Ultrafast Spectroscopy, Wako, May 2014.

成島哲也, 「ナノ構造物質に発現する強い局所光学活性の可視化とそれに基づくカイラル相互作用光デバイスへの展開」, ISSP ワークショップ 機能物質融合科学研究会シリーズ (1) 「光機能」, 東京, 2014 年 12 月

成島哲也, 「実験と電磁場シミュレーションの併用による金属ナノ構造体の光学活性現象の解明」, RSoft 特別セミナー 2014, 東京, 2014 年 6 月

T. Narushima, Shun Hashiyada and Hiromi Okamoto, “Local optical activity caused by chirality of 2D plasmonic metal nanostructures”, The 7th International Symposium on Surface Science and Nanotechnology (ISSS-7), Shimane, Japan, November 2014.

T. Narushima, Shun Hashiyada and Hiromi Okamoto, “Prominent localized optical activities inherent in achiral and chiral metal nanostructures”, The international conference on Near-field optics, Nanophotonics and related techniques (NFO13), Utah, USA, August 2014.

Shun Hashiyada, T. Narushima, and Hiromi Okamoto, “Local Optical Activity in Achiral 2D Gold Nanostructures”, The international conference on Near-field optics, Nanophotonics and related techniques (NFO13), Utah, USA, August 2014.

成島哲也, 橋谷田俊, 岡本裕巳, 「金属ナノ構造体のキラリティ獲得に伴うナノスケール局所光学活性の変化」, 第 7 回分子科学討論会, 広島, 2014 年 9 月

成島哲也, 橋谷田俊, 岡本裕巳, 「2 次元不斉ナノ構造形成に伴う光学活性獲得のナノスケール観察」, 第 61 回応用物理学関係連合講演会, 神奈川, 2014 年 3 月

橋谷田俊, 成島哲也, 岡本裕巳, 「アキラルな 2 次元金ナノ構造における局所光学活性」, 第 7 回分子科学討論会 広島大学, 広島, 2014 年 9 月

深津亜里紗, 岡部佑紀, 近藤美欧, 正岡重行, 「電気化学的測定法を用いた溶存金属錯体の光反応分析」, 日本化学会第 95 春季年会, 船橋, 2015 年 3 月

Arisa Fukatsu, Masaya Okamura, Akane Shibata, Mio Kondo, Shigeyuki Masaoka, “Electrochemical Measurement of Metal Complexes in Homogeneous Solution under Photoirradiation”, 2014 International Conference on Artificial Photosynthesis (ICARP2014), Awaji, Japan, November 2014.

利用者アンケート

深津亜里紗, 岡村将也, 近藤美欧, 正岡重行, 「溶存金属錯体における光励起状態の電気化学的直接観測」, 2014年光化学討論会, 札幌, 2014年10月

深津亜里紗, 岡村将也, 近藤美欧, 正岡重行, 「トリス(2,2'-ビピリジン)ルテニウム(II)の光励起状態における酸化還元電位の電気化学的直接検出」, 錯体化学会第64回討論会, 東京, 2014年9月

深津亜里紗, 岡村将也, 近藤美欧, 正岡重行, 「電気化学的手法を用いた金属錯体の光物性評価および触媒活性評価」, 第26回配位化合物の光化学討論会, 八王子, 2014年8月

深津亜里紗, 岡村将也, 近藤美欧, 正岡重行, 「Ru錯体の光励起状態における酸化還元電位の電気化学的直接観測」, 第26回配位化合物の光化学討論会, 八王子, 2014年8月

Arisa Fukatsu, Masaya Okamura, Masaki Yoshida, Mio Kondo, Shigeyuki Masaoka, "Electrochemical Measurement of Metal Complex Solutions under Photoirradiation", The 41st International Conference of Coordination Chemistry (ICCC-41), Singapore, July 2014.

長山好夫, 伊藤直樹, 桑原大介, 杉戸正治, 土屋隼人, 山口聡一朗, 「LHDにおけるOモードマイクロ波イメージング反射計測の開発」, PLASMA CONFERENCE 2014, 新潟, November 2014.

Y. Nagayama, N. Ito, D. Kuwahara, S. Sugito, H. Tsuchiya, and S. Yamaguchi, 「Development of O-mode Microwave Imaging Reflectometry (O-MIR) system in LHD」, International Toki Conference (ITC-24), Gifu, Japan, November 2014.

白井英登, デュシェーヌ コンスタンツ, 古谷祐詞, 藤貴夫, 「チャープパルス上方変換を使った減衰全反射赤外分光法」, レーザー学会, 神奈川, 2015年

Masaaki Baba, "Ultrahigh-resolution Spectroscopy and ab initio Calculation.", International Symposium on Molecular Spectroscopy, Ohio, USA, 2009.

脇坂祐輝, 「磁気構造相転移を示すFeRh薄膜のXAFSによる研究」, 第17回XAFS討論会, 徳島, 2014年9月

脇坂祐輝, 「磁気構造相転移を示すFeRh薄膜のXAFSによる研究」, 第4回名古屋大学シンクロトロン光研究センターシンポジウム, 名古屋, 2015年1月

受賞一覧

第1回BIOPHYSICS Editors' Choice Award, Yuji Furutani, Tetsunari Kimura, Kido Okamoto, 2014.

Journal of Physics B Best Poster Award, 中澤博之, 大石慶也, 山崎優一, 高橋正彦, 2013年

原子衝突学会第38回年会優秀ポスター賞, 中澤博之, 大石慶也, 山崎優一, 高橋正彦, 2013年

第9回東北大学多元物質科学研究所研究発表会ポスター賞, 佐藤弘典, 山崎優一, Darryl Jones, 浅野佑策, 渡邊昇, Achim Czasch, Ottmar Jagutzki, Reinhard Doerner, 高橋正彦, 2009年

社団法人日本化学会 第25回日本化学会学術賞, 高橋正彦, 2008年

第23回化学反応討論会ベストポスター賞, 浅野佑策, 渋谷昌弘, 渡邊昇, 高橋正彦, 宇田川康夫, 2007年

財団法人科学計測振興会 第38回科学計測振興会賞, 高橋正彦, 2006年

第9回(平成25年度)OPJ ベストプレゼンテーション賞, 橋谷田俊, 2013年

Excellent Poster Award, 2014 International Conference on Artificial Photosynthesis (ICARP2014), Arisa Fukatsu, 2014.

特許

“ホーンアンテナ型ヘテロダイン・イメージング受信器、1次元ホーンアンテナ型ヘテロダイン・イメージング受信器及びアンテナ及び2次元ホーンアンテナ型ヘテロダイン・イメージング受信器”, 長山好夫, 桑原大介, 伊藤直樹, 吉川正志, 特願2014-112475, 出願日2014年5月30日

2014年 施設利用申請課題一覧

申込者名	所属	研究課題
菱沼良光	核融合科学研究所	先進超伝導線材における引張歪印加機構プローブの開発
宇理須恒雄	名古屋大学革新ナノバイオデバイス研究センター	神経細胞ネットワークハイスループットスクリーニング素子のセンサー基板とマイクロ流路開発
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
加藤立久	京都大学 国際高等教育院	直交方位を規定する単結晶試料の磁気測定用テフロン極小セル作製
田中大輔	大阪大学大学院 理学研究科	ポルフィリン単分子磁石の単分子電気伝導特性評価装置開発
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
田中大輔	大阪大学大学院 理学研究科	ポルフィリン単分子磁石の単分子電気伝導特性評価装置開発
銘苺春隆	産業技術総合研究所	超音波加工装置における低エネルギー損失なヘッド固定方法の開発
増田秀樹	名古屋工業大学大学院	A/D 変換基板を用いた健康センサーシステムの開発

2014年 ナノテクノロジープラットフォーム申請課題一覧

申込者名	所属	研究課題
非公開	民間企業	
非公開	民間企業	
宇理須恒雄	名古屋大学 革新ナノバイオデバイス研究センター	神経細胞ネットワークハイスループットスクリーニング素子のセンサー基板とマイクロ流路開発
飯塚拓也	Stuttgart 大学(ドイツ)	Fabrication of CPW resonator on a pressure anvil
住野 豊	東京理科大学 理学部	空間の異方性がもたらす異常ブラウン運動の定量的測定
新美広治	(資)新美利一鉄工所	レーザー溶接継ぎ手の形状測定および品質評価
石田晃啓	三信建材工業(株)	ポリカーボネート樹脂の新規用途開発の研究
松下幸司	名古屋大学 全学技術センター	高出力パルスレーザー用金属ミラーの開発
田嶋尚也	東邦大学 理学部	分子性ディラック電子系デバイスの表面評価
非公開	民間企業	
山本浩史	協奏分子システム研究センター	電気二重層トランジスタによる分子性導体の電子相制御
富田拓郎	岡崎統合バイオサイエンスセンター	細胞伸展チャンバーの作製
非公開	民間企業	
宮成悠介	岡崎統合バイオサイエンスセンター	マウス受精卵ホルダーの作製
松井公佑	名古屋大学 物質科学国際研究センター	X線CT-XAFS法の技術開発に関連する燃料電池膜電極接合体の断面構造観察

メカトロニクスセクションにおける基盤技術について

青山 正樹

1. はじめに

装置開発室メカトロニクスセクションでは、研究所創設当時から数多くの装置製作に携わることで、特徴的な基盤技術が蓄積されてきた。極端紫外光施設で利用される超高真空容器、分光器および真空装置内でのマニピュレーション機構など、超高真空機器の製作に関連した技術、低温装置の製作に必要なロウ付け、TIG溶接、電子ビーム溶接などの接合技術、分子線スキマーの製作に代表されるような高度な機械工作技術などが、研究者の要求に応える形で蓄積されてきた。しかし現在では、これらの技術は汎用的な技術となっており、専門の製造業者で早く確実なものが入手できるようになってきている。このような状況への対策として、分子研レポート2001ではナノテクノロジーや微細加工技術など、未成熟な技術分野に重点技術を向ける必要性が示された。これを受けてメカトロニクスセクションで、新たに基盤技術とするために取り組んできた技術について紹介する。

2. マイクロ加工および超精密加工技術について

マイクロ加工は、「一般的な工作機械を用いた微細形状の加工技術」と位置付けて、切削、研削、放電、レーザー加工について、おもにサブミリサイズの形状加工が必要とされる実験機器の製作を試みてきた。このサイズの加工は、半導体プロセスでは加工領域が大きく効率が悪い。一方、機械加工では工作機械の限界能力に近く簡単ではない。我々はこれまで蓄積してきた機械工作技術に、工具、加工工程や切削条件、環境などに工夫を加えることで、図1に示すような要求に応えてきた。

一般にはウェットエッチングにより製作されているガラス製マイクロリアクターは、NCフライス盤による研削加工で溝幅 $100\ \mu\text{m}$ の Y 字型流路の加工を実現した。これにより実験検討段階での流路形状の変更に対応が可能となった。その他にも Hastelloy 製マイクロミキサーや PDMS 流路用金型など、直径 $100\ \mu\text{m}$ 前後の工具を使った、微細な形状を必要とする製作依頼に対応してきた。

分子線速度選別ディスクは、 $\phi 70\ \mu\text{m}$ ワイヤーによる放電加工で製作した。放電加工はアーク放電により材料を溶融させながら加工するため、細かな形状部では熱影響により変形が生じる。変形を考慮した加工経路や加工プログラム、固定ジグなどの工夫により製作を実現した。

高圧実験用セルの微細配線溝は、フェムト秒レーザーにより加工した。セル素材のインコネル材に適切な条件でビーム照射を行うことで、熱影響の少ないアブレーション加工を実現した。レーザー加工装置は装置開発室では保有していないが、所内からの微細加工の要求が多くあったため、企業のオープンラボを利用して様々な加工を試みてきた。現在は、所内で保有している分光実験用で使用するピコ秒レーザーを、レーザー加工装置として加工用に光学配置し、様々な素材に対する微細加工を試みている。

超精密加工は、専用の超精密加工機と単結晶ダイヤモンド工具を使って、形状および表面精度をナノレベルで加工することが可能である。国立天文台や、理化学研究所が所有している超精密加工機を利用して、アルミラミラー、精密金型、光学結晶レンズなどの製作を行ってきた。このような超精密な加工を通じて、素材特性や加工時の切削力や振動、発熱などの加工精度への影響について貴重なノウハウが蓄積された。

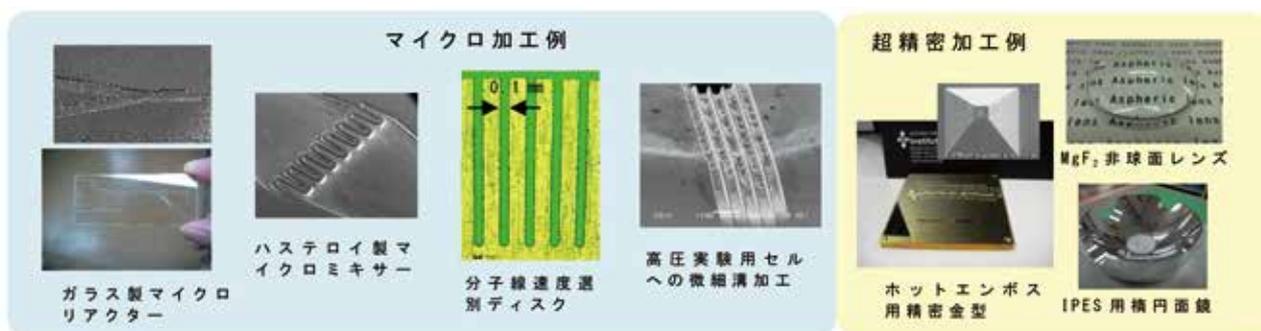


図1 マイクロ加工および超精密加工による製作例

3. リソグラフィ技術について

機械工作技術を基軸としたマイクロ加工を進めていく過程で、より微細形状が必要な製作要求を受け、重点技術をリソグラフィに向けてきた。図2に示すPDMSマイクロ流路ミキサーは、タンパク質の構造変化を調べるために2液の瞬間的な混合に使用される。SU-8レジストの流路パターンにPDMSをモールドイングし、酸素プラズマ処理によりPDMSとガラスを接着して流路を形成させた。高周波共鳴高圧実験用アンビルセルは、高圧環境下における金属試料の特性実験のために使用される。アルミナ製のアンビル上には窒化ニオブを成膜し、リフトオフによりミランダパターンを製作した。有機結晶作製用石英ガラス電解セルは、深さ3 μm の電解槽をウェットエッチングによって製作し、スパッタリングとリフトオフによって白金電極をパターンニングした。その他にも、顕微XAFS測定用SiNメンブレン上への白金格子パターン、特殊な顕微鏡下で細胞を観察するために使用されるガラス製ウェルなど、さまざまな研究分野からの製作依頼があり、着実に装置開発室の新しい基盤技術の一つとなっている。

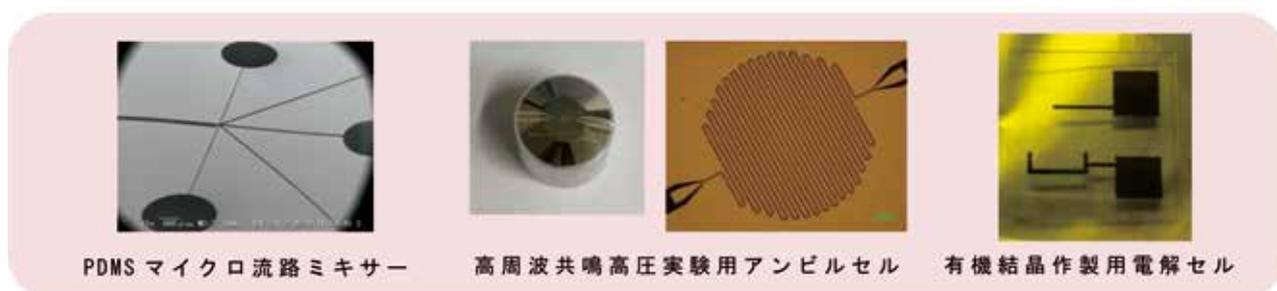


図2 リソグラフィによる実験機器の製作例

4. 解析技術について

実験装置の設計作業の効率化および最適化を図るため、有限要素法解析を取り入れることを推進している。図3に解析例を示す。単分子電気伝導度測定装置の設計では重量制限があったため、より軽く剛性が高い支柱構造設計の検討に適用した。超伝導電子銃用フォトカソードプラグの設計では、弾性並行ヒンジ構造によるサンプル保持機構を適用し、構造解析により板バネ構造部の最適形状を検討した。マイクロフォーカス加工観察ユニットでは、観察用CCDカメラへのベーキング時の熱影響が懸念されたため、伝熱解析を実施した。またマイクロ流路ミキサーでは、3方向からの溶液の混合シミュレーションなどに適用した。

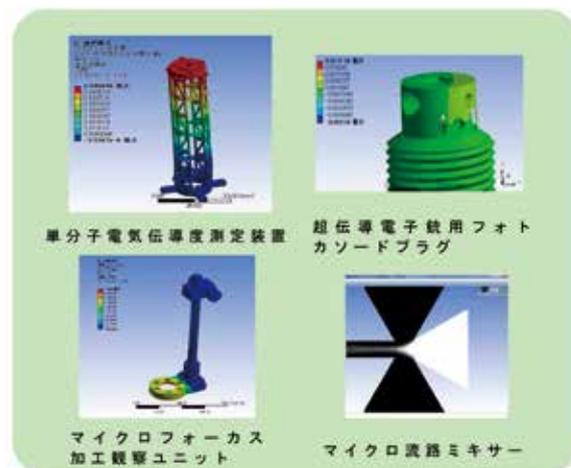


図3 解析事例

5. おわりに

「新規な装置の開発」、「部品類の迅速な製作」という装置開発室の二つの役割に加えて、研究現場の需要に応じた「新しい製作技術・支援技術への対応」も重要と考えている。また新しい技術だけでなく、これまで蓄積してきた基盤技術の伝承も必要であり、限られた人数での厳しい状況ではあるが、研究現場の声を聞き入れながらより充実した支援体制を確立していければと思っている。

装置開発室では、製作の端緒から完成までを一貫して一人の技術職員が携わることになっている。これは、設計-製作-組立-測定さらには研究者と装置を用いて性能テストまでを一人の技術職員が担当することにより、全体を正しく見通せる能力を養い、総合力のある技術者となることが大切との考えからである。効率的な仕事の進め方ではないが、そのことが他機関では見られない総合的な高い技術力を有する工作室として認知されているものと自負している。

現在、製作依頼を申し込まれた方に対して、完了後に利用者アンケートをお送りしている、是非忌憚のないご意見を頂くとともに、今後ともご理解とご協力をお願いしたい。

NMR プローブ用スリーブの製作

水谷 伸雄

はじめに

物質分子科学研究領域 分子機能研究部門 西村勝之准教授は、機器センター所有で実験棟 119 号室に設置してある Bruker 社製 AVANCE600 分光器に山手地区で使用していた JEOL 社製 ECA600 分光器用固体 NMR¹H-X 二重共鳴 4mmMAS プローブが使用できるように改造を行ってきた。そのためにはプローブの外径を細くし全長を短くする等の改造の必要があり、その他の構成部品についても製作し直さなければならなかった。装置開発室では、これら改造に必要な部品の製作を行ってきたが、今回は、外装スリーブの製作について紹介する。

スリーブとフランジ

図1、図2に製作した2組のスリーブとフランジを示す。スリーブは全長 540mm 外径 ϕ 39.0mm 内径 ϕ 38.0mm(肉厚 0.5mm)で、幅 4mm のフランジ接合部分のみ外径 ϕ 39.7mm(肉厚 0.85mm)とした。ちなみに、フランジは、外径 ϕ 53.5mm 厚さ 4.5mm である。スリーブは、素材として真鍮パイプ(外径 ϕ 40mm、内径 ϕ 38mm、肉厚 1mm)が、依頼者より提供され内径はそのままで外径のみ旋削加工した後、側面に直径 ϕ 20mm の穴と M2 ねじ用の皿ザグリ加工を行った。フランジのハンダ付け作業は、プローブ本体との整合性を確認しながら西村准教授が行った。

図1：スリーブ (540 × ϕ 39.0 × 0.5t)図2：スリーブとフランジ (ϕ 53.5 × 4.5t)

治具の製作

全長 540mm のスリーブを加工するために、全長 765mm 直径 ϕ 40mm のアルミ合金製の治具を製作した(図3)。図の左奥の部分を旋盤に固定し、真鍮パイプをはめ込むために右手前から 615mm の所まで直径 ϕ 38mm の段付加工を行った。なお、先端部分には、はめ込んだ真鍮パイプを固定するためのねじ加工が施してあり、真鍮製の押しねじによって軸方向に圧縮力を加え固定される。図4は、治具先端部分と真鍮パイプを固定する際のアルミ製サポートリングと押しねじを示す(奥の部品は、パイプ端面や穴あけ加工用の治具)。幅 10mm のアルミ製サポートリングは、片側 5mm を真鍮パイプ内径に隙間無くはめ込む事でパイプ切削時に端面がつぶれたり変形したりするのを防いだ。サポートリングの外径は真鍮パイプ切削時に共に直径 ϕ 39.7mm まで削った(図5)。サポートリングを挿入した側がフランジの接合部分になり、その後、幅 4mm のフランジ接合部分を残し、それ以外は、直径 ϕ 39.0mm(肉厚 0.5mm)まで削り込んだ。



図3：加工治具全景



図4：治具先端部分



図5：サポートリングの挿入

スリーブ加工

真鍮パイプは、長さ1000mmの素材から、真円度、直進性共にできるだけ良好な部分を仕上げ寸法より30mm長い570mmに切り出して使用したが、それでもアルミ合金製治具とのはめ合いでは場所により僅かな隙間ができ、回転させると振れとなって現れた。はじめに、フランジ接合部分を直径 ϕ 39.7mmで切削した時もフランジ接合部分以外の場所では、大きく削られる部分と全く削られない部分があった。2回目の切削は、切込み量を0.2mmとしたが不均一な切削状態と材料が細長いこともあり切削面にはビビリ痕とうねり模様が残った。ちなみに、図6に示すように、アルミ合金製治具製作時はスリーブ製作時に比べ主軸回転数が速く切込量も多かったためビビリ痕やうねり模様がより顕著に現れていた。このため、3回目のスリーブ切削時は、切込み量0.1mm、送り速度0.14mm/rev、回転数155rpmで行ったが、完全にビビリを無くす事はできず切削中は手でパイプの振動を押えていなければならなかった。仕上げ切削となる4回目は、切込み量0.05mm、送り速度0.07mm/rev、回転数118rpmで行ったが、パイプの中央付近では振動を押える必要があった。

直径を仕上げた後に全長540mmの位置で突っ切り(図7)、フライス盤で ϕ 20mmの穴あけとM2ねじ用ザグリ穴の割振り加工をして完成した。

あらかじめ長めのパイプを用意し、あえて端部の肉厚を残しておいたのは、切削により肉厚が薄くなったときにパイプを固定するためのねじの締付け圧力で端部がつぶれてしまう事を防ぐためであり、フランジ接合部分の肉厚を厚めに残したのもこのためである。



図6：ビビリ痕とうねり模様



図7：全長540mmで突っ切り仕上げとする

おわりに

今回製作したスリーブの長さは、装置開発室の所有する旋盤では加工限界の長さに匹敵し、パイプを着脱する際には芯押台を外す必要があった(図8)。また、長年の使用による主軸ベアリングの傷みにより、切削時には細かい振動が発生する。この振動もビビリ痕やうねり模様の一因と考えられる。老朽化による振動の発生や精度低下は避けられないが、今後も加工方法や治具等を工夫して製作依頼に対応して行きたい。



図8：作業風景、真鍮パイプの着脱時には芯押台を外す必要がある

分光実験用レーザーを用いたレーザー加工への取り組み

矢野 隆行

1. はじめに

ピコ秒レーザーは、工業的にパルス幅が短くピークパワーが極端に高いため、熱影響の少ない精密微細加工が実現できるツールとして期待されている。そこで、装置開発室では、機器センターが共同利用装置として所有する分光実験用のピコ秒レーザーを利用して、レーザー加工機の共同開発を提案し、現在に至っている。今回はその第一報として現状を報告する。

2. レーザー加工機概要

現在テストを行っているレーザー加工機の概略を図1に、実機を図2に示し、加工機の基本性能を表1に示す。レーザー光を一旦上に跳ね上げ、上から打ち下ろしてレンズで集光し試料に照射している。これが三号機になるが、過去の二台は、安全面を第一にしていたため、水平方向に照射する形式をとっていた。しかし、縦方向に被加工物を精度よく設置するのが難しい、作業性が悪いなどの問題があり現在の方式に変更した。なお、安全面に関してはレーザーの通路部分を全面覆うことで対応している。

また、ステージの上面にセラミックス製のポーラスチャックを配置して吸着しているので、薄膜材料の加工が可能である。ポーラスチャックに使用しているセラミックスの種類は、事前に何種類かのサンプルを取り寄せ、使用しているピコ秒レーザーの最大出力で加工しても損傷のないものを選択した。

操作は手動も可能であるが、基本的にはコンピュータによる自動制御で操作を行い、装置開発室に設備されている他の自動機と同じようにNC言語を用いることで描画加工などが可能である。

3. 加工原理

この加工機が目指す加工方式は図3に示すアブレーション加工である。加工対象に超短パルスレーザーのような非常にエネルギー密度の高いレーザー光を照射すると、瞬間的に表層部分で高温・高圧状態となり、激しい電離やプラズマ化によって爆発的に表層部分は膨張する。この間レーザーを吸収した加工対象内部の原子や分子は励起されるが、超短パルスレーザーの場合、熱伝導が広がる前に表面が高圧状態となる。このため光が吸収された加工対象のごく表層部分だけが爆発し、熱反応の前に光吸収層が拘束の少ない上方へ飛散する。そして温度が上がりきる前に剥離・除去が起こるので非熱的加工となる。

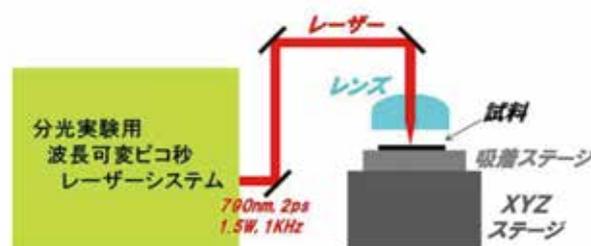


図1 レーザー加工機の概略

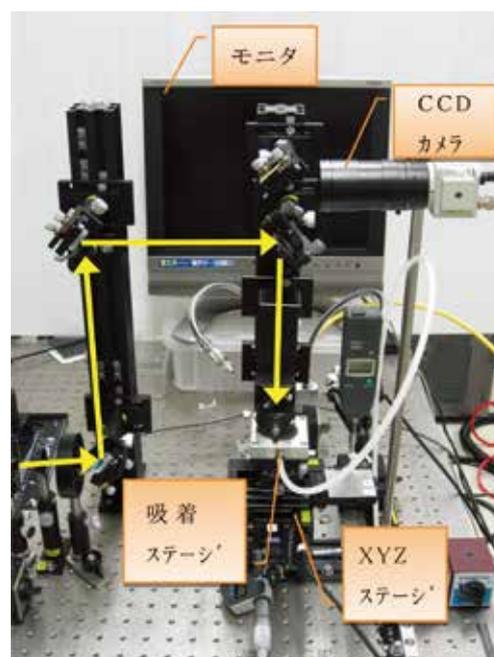


図2 レーザー加工機実機

表1 加工機の基本性能

波長	790nm
最大出力	1.5W
繰り返し	1kHz
パルス幅	2ps
加工範囲(幅×奥行)	25×25mm
最大積載可能寸法	60×60mm
最大加工速度	30mm/sec

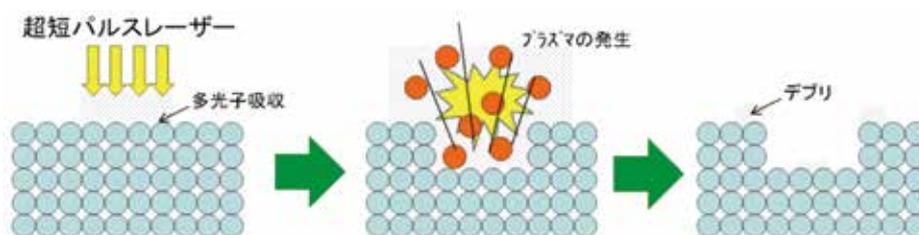


図3 アブレーション加工の原理

4. テスト加工

レーザー加工機の開発当初は、SUS304 厚さ 0.01mm を対象として貫通穴加工のテスト加工を行っていた。加工結果を図4に示す。しかし、ステンレスの厚みが小さいため、熱伝導の影響により穴周辺部が溶融して理論式から計算される数値、直径 $3.6 \mu\text{m}$ (波長 790nm、焦点距離 18mm、入射ビーム径 5mm) よりもかなり大きな穴になってしまった。そこで熱影響による溶融を抑えるために、エネルギー量を必要最小限に抑え、露光時間を短くし、 $\phi 0.3\text{mm}$ のアパーチャー (ピンホール) を使用することで周辺を溶融するエネルギーをカットできるので図5に示すような直径 $9 \mu\text{m}$ の貫通穴加工が可能になった。

また、現在までに行ったアクリル樹脂と石英ガラスのテスト加工結果を図6、7に示す。

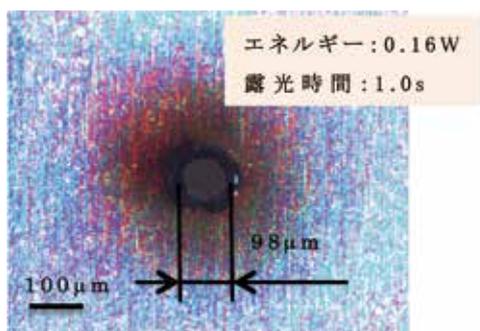


図4 貫通穴加工アパーチャー無 (SUS304:t:0.01)

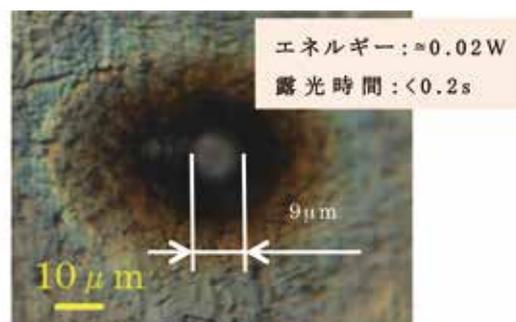


図5 貫通穴加工アパーチャー有 (SUS304:t:0.01)

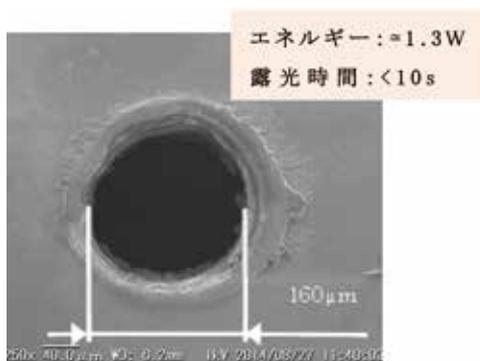


図6 貫通穴加工 (アクリル樹脂 :t:0.1)

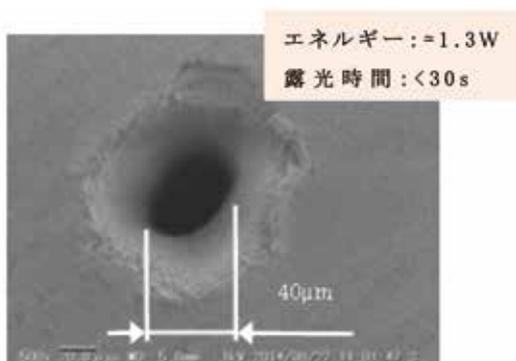


図7 貫通穴加工 (石英ガラス:t:0.5)

5. まとめと今後の展開

加工の結果、各材料に穴加工が可能であることを確認した。しかし、加工に関するパラメーターが非常に多く、最適な条件で加工するためには依然加工条件の検討が必要である。現在は、品質の良い加工になるよう材料ごとの必要最小限のエネルギーを探索し、加工条件の検討を行っている。

チタン酸ストロンチウム基板曲げプローブの設計・製作

近藤 聖彦

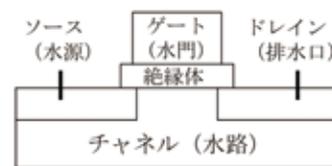
1. はじめに

私たちの身の回りにはデジタル回路のスイッチング素子などに使用される電界効果トランジスタ (Field Effect Transistor : FET) は図 1 (a) に示すように、チャンネル (水路) 上にソース (水源) とドレイン (排水口) があり、絶縁体の上にゲート (水門) がある構造となっている。このゲートに電圧を印加することで、図 1(b) に示すようにソースからドレインに電子が流れ、あたかも水門が開き水路に水が流れるような現象が起こる。これは、ゲートに電圧を印加することにより絶縁体が帯電し、チャンネル内の自由電子が界面に引き寄せられることで電子が移動しやすくなるためである。

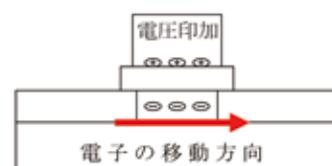
このようにゲートを ON-OFF することで電子の流れを制御する仕組みを利用して、分子研の協奏分子システム研究センターでは図 2 に示すようなゲートにチタン酸ストロンチウム基板 (以後、STO 基板と呼ぶ)、チャンネルに有機物、絶縁体にアルミナを使用した有機 FET を作製している。この FET を極低温まで温度を下げた状態におき、ゲートに電圧をかけると、絶縁物であった有機物が超伝導状態に転移し、その内部で電気が流れることが世界で初めて明らかとされた。また、同様のデバイスをフレキシブル基板上に製作し、ひずみを与えることでも、電子の流れを制御することもわかった。このように、極低温で基板にひずみを印加したときの電気特性を測定するのに、図 3 に示す Quantum Design 社の物理特性測定装置 (Physical Properties Measurement System : PPMS) を使用する。これまで樹脂製の基板をひずませる装置はあったが、STO のような硬い基板にひずみを印加する機構を備えたプローブはなく、これを開発する必要があったため、設計・製作を行った。

2. STO 基板のたわみ量測定

有機 FET の STO 基板にひずみを印加するために、基板を曲げる手法を採用した。STO 基板 (15 × 3 × t 0.3mm) の曲げ方法は、図 4 に示す曲げブロックの基板固定溝に STO 基板を固定した後、曲げ発生軸を下方に移動させて行った。使用した曲げ機構は、曲げブロック、リンクバー、ガイドプレート、曲げ発生軸から構成されている。この発生軸と曲げブロックは 2 本のリンクバーで連結している。これらの接続にはヒンジピンを使用しており、このピンが、ガイドプレートに設けた曲率ガイドに沿って移動するので、曲げブロックの板バネに曲げモーメントが作用し、板バネの曲がり方に応じて、STO 基板が下方凹形状に曲がる構造となっている。このように基板に曲げ荷重が印加されることでひずみが発生する。



(a) 電圧 OFF



(b) 電圧 ON

図 1 FET の概念図

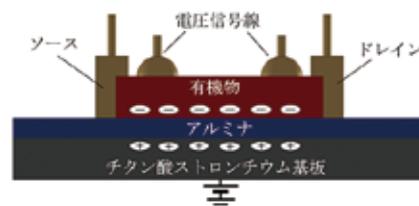


図 2 有機 FET の模式図



図 3 PPMS の外観

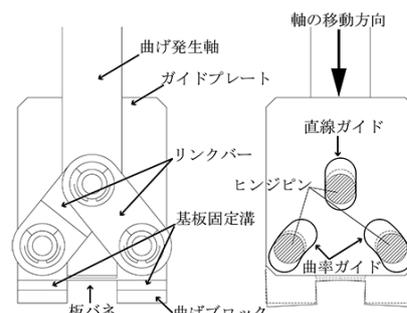


図 4 曲げ機構

この機構を用いて STO 基板がどの程度曲がるかについて実測を行った。STO 基板のたわみ量測定には、図 5 に示す Z 軸方向の分解能 1nm の非接触 3 次元測定機 NH-3SP を使用した。測定結果から最大 $8 \mu\text{m}$ 程度のたわみまで、STO 基板を曲げることが可能であることがわかった。測定結果を図 6 に示す。このたわみ量は STO 基板の断面形状 $0.3 \times 3\text{mm}$ に 20N 程度の力を作用させたときのひずみ量に相当する。

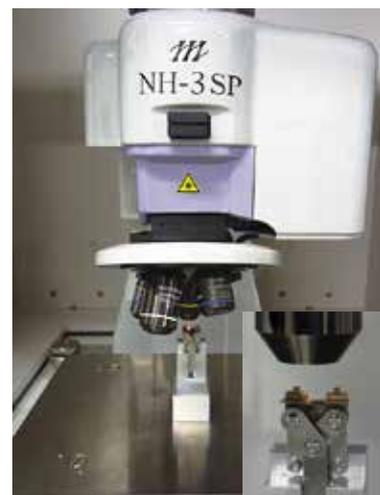


図 5 たわみ量測定の様子

3. STO 基板曲げプローブの設計

PPMS のボア内に挿入するため、プローブの外形状は $\phi 25\text{mm}$ 以下で設計する必要があった。また、PPMS の挿入口からプローブ先端までの長さは 0.9m 程度となるので、図 7 に示すように全長は 1.1 m 程度となった。

設計したプローブは図 8(a) に示す曲げ機構部と (b) に示す直動機構部から構成されている。曲げ機構部は図 9 に示す曲げユニットが着脱できる構造とすることで、有機 FET の交換作業並びに配線作業が容易に行えるように設計した。また、曲げユニットとプローブ本体の接続は市販されているソケットピンを利用した。このユニットの曲げ発生軸は図 8(b) に示すアクチュエータ軸に固定したステンレス製パイプに M2 ボルトで接続する。これにより、曲げ発生軸はアクチュエータ軸の動きと連動する。使用したアクチュエータは分解能 20nm、最大移動速度 0.3mm/s、位置決め精度 0.01mm であるため、微小速度で移動量を制御することができる。

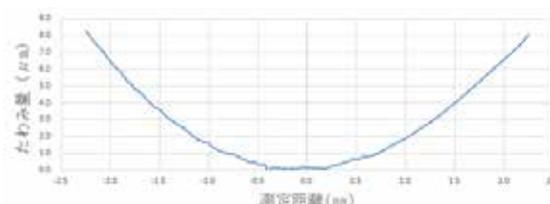


図 6 たわみ量測定結果

STO 基板の曲げ量を評価するのに、極低温環境において定評のあるひずみゲージを曲げブロックの板バネに接着して使用する。このひずみゲージの出力は微量であるので、製作したインスツルメンテーションアンプに接続し、増幅した出力値を PC モニタ上で確認できる設計となっている。

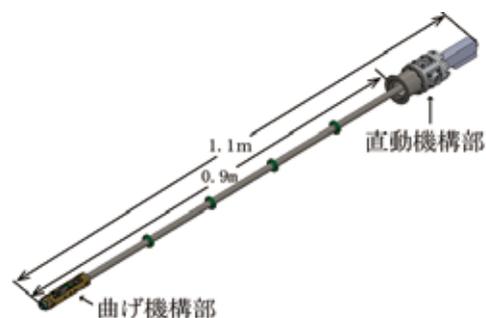


図 7 プローブの全体図

4. おわりに

PPMS に装着した状態で、有機 FET の STO 基板に曲げひずみを印加できるプローブの設計を行った。これにより、極低温下での基板にひずみを印加した時の電気特性を評価することができる。

現在は、部品加工が終了しており、今後組み立て作業を行う。組立て完了後、PPMS に装着して極低温下において動作試験を行う予定である。

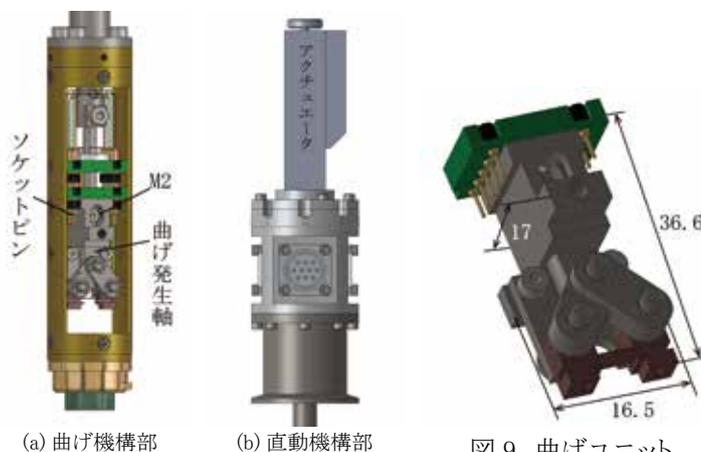


図 8 プローブの各部

図 9 曲げユニット

SiN メンブレンへの位置出し用格子パターンの製作

高田 紀子

1. はじめに

ナノテクノロジープラットフォームを通して名古屋大学から依頼を受けたもので、厚さ 100 nm と非常に薄い SiN (窒化シリコン) メンブレン上に、微細な白金格子パターンをフォトリソグラフィで製作したので報告する。

SiN メンブレンチップの構造を図 1(a) に示す。チップ全体の大きさは □ 10 mm、厚さ 0.625 mm で、中央部分に □ 2 mm の範囲で厚さ 100 nm の SiN メンブレンが保持されている。これは、放射光を用いた顕微 XAFS (X-ray Absorption Fine Structure) 測定で使用するため、SiN メンブレン上に分散させた触媒粒子を探すための目印として、線幅 5 μm、間隔 100 μm の格子パターン (図 1 (b)) を製作した。

2. 製作工程

製作工程を図 2(a) に示す。まず始めに、メンブレン上にフォトレジストで格子パターンを製作し、その上に白金を成膜、最後レジストを除去することで白金のパターンを得るリフトオフ法を用いた。今回の製作の中で一番の問題点は、メンブレンの厚さが薄いため壊れやすい点であった。特に、レジストを除去する工程でこれまで超音波洗浄を行ってきたが、メンブレンが破壊されるため、本製作では超音波洗浄を行うことができなかった。そこで、より緩やかな条件でのレジストの除去が期待できるイメージリバーサルフォトレジスト (以下、リバーサルレジスト) を使用して製作を試みた。

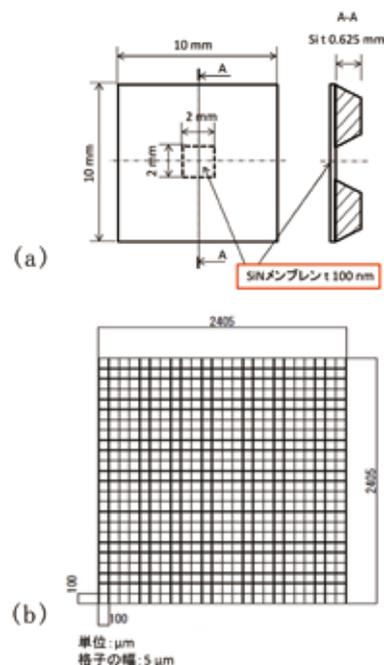


図 1
(a) SiN メンブレンチップ (NTT AT)
(b) □ 2mm の SiN メンブレン上に製作した格子パターン

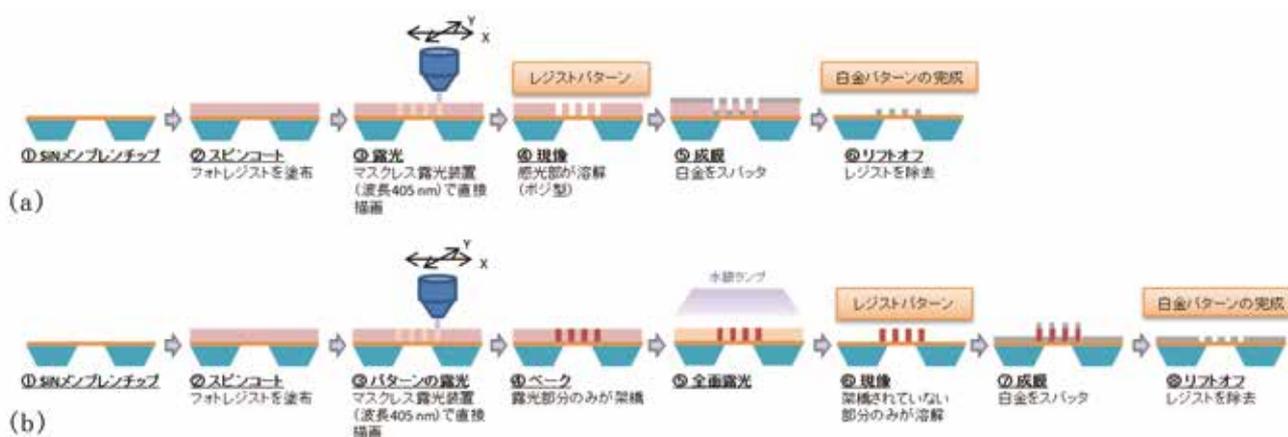


図 2 リフトオフの工程
(a) 通常フォトレジスト (ポジ型) を使用した場合 (b) リバーサルレジストを使用した場合

3. リバーサルレジストの条件検討

リバーサルレジストは、断面形状が逆テーパになることから成膜材料がレジストパターンの側面に回り込みやすく、そのためリフトオフに適したレジストとして市販されている (図 3)。製作工程は、「③パターンの露光」後、「④ベーク」と「⑤全面露光」の工程が追加される (図 2(b))。ベークにより露光部のみが架橋されることから、次の「⑤全面露光」と「⑥現像」を経ることで、パターン形状でレジストが残るネガ型の構造が得られる。リバーサルレジストを使用する

にあたって、まずは、断面形状への影響が大きいとされる「③パターンの露光」量と「④ベーク」の温度の検討をシリコン基板を用いて行った。それぞれの条件でレジストパターンを製作後、白金を成膜し、最後は 50℃程度に加熱したレジストリムーバー液中で緩やかに振とうすることで、レジストの除去を試みた。加熱したレジストリムーバー液に浸けてから 20 分後の顕微鏡画像を図 4 にまとめた。いくつかの条件できれいにリフトオフを行うことができたが、その中でも特にレジストが除去されるまでの時間が短く、かつ寸法精度がよかった条件（パターンの露光量 20 mJ/cm²、ベークの温度 120℃）を、SiN メンブレンへの製作に適用することとした。

リフトオフのしやすさには、パターンの露光量やベークの温度によるレジストの架橋の程度、そして断面形状が影響すると考えられ、これら 2 つのパラメーターのバランスが重要なようである。ベーク温度 120℃におけるレジストの断面形状を、SEM で観察した結果を図 5 に示す。露光量によってレジストパターンの寸法や形状が変わることが確認できる。露光量が高くなるほど角が丸くなっており、そのためリフトオフがしにくくなることが予想される。

4. SiN メンブレンチップへのパターンニング

SiN メンブレン上に製作した格子パターンの光学顕微鏡画像を図 6 に示す。超音波洗浄を行わずに、0.5 μm 程度の寸法精度で格子パターンを製作することができた。



図 3 ポジ型レジストとリバーサルレジストの断面形状の違いとリフトオフへの影響

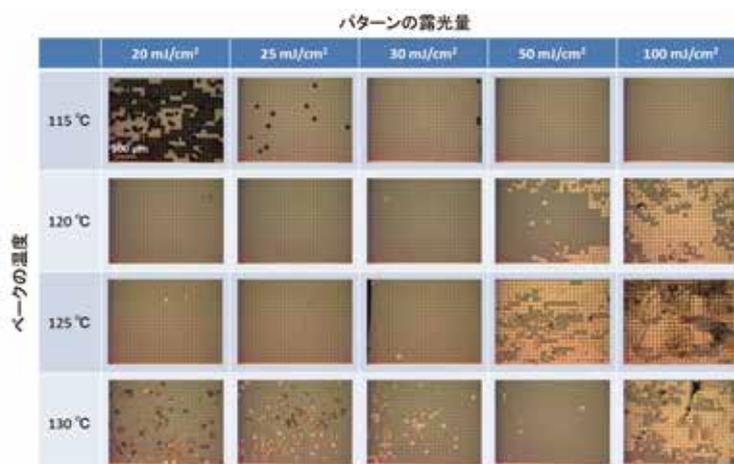


図 4 リバーサルレジストの条件検討の結果

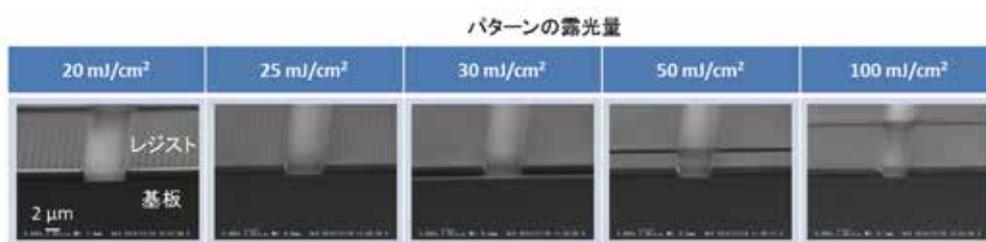


図 5 レジスト断面形状の SEM 画像 (ベーク温度 120℃の時)

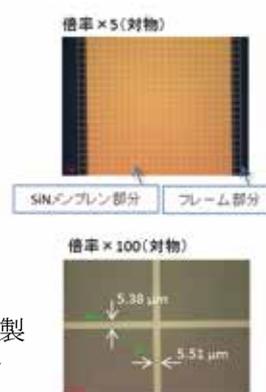


図 6 SiN メンブレン上に製作した白金格子パターン

5. おわりに

今回の実験から、リバーサルレジストを使用することで超音波洗浄を行わずにリフトオフを行うことができた。このことから、壊れやすい基板上へのパターンニングや、密着性の弱い成膜材料でのリフトオフが可能となることが期待できる。

謝辞

白金を成膜する際スパッタ装置を使用させていただいた、分子科学研究所 協奏分子システム研究センター 山本浩史教授に紙面を借りてお礼申し上げます。

リソグラフィでキーホルダーを作ろう！

中野 路子

ごあいさつ

7月1日より機器センターから装置開発室に異動してまいりました。装置開発室では、フォトリソグラフィを使った微細加工を担当させていただく予定です。現在はフォトリソグラフィの基本から、CADでの製図、各測定装置の使い方などをみなさんに教えていただいています。研究のお役に立てるよう努力してまいりますので、どうぞよろしくお願いいたします。

技術報告とはいえませんが、私の初めての装置開発室での微細加工の仕事と言えるのではないかと思いますので、中学生の職場体験でのキーホルダー作りを以下簡単に報告させていただきます。

リソグラフィを使ったキーホルダー作り

職場体験で中学生にフォトリソグラフィを体験してもらおうということで、高田さんと二人で担当した。これまでに装置開発室で製作された作品の工程をもとに、中学生でも安全に楽しめる実験工程を作成した(図2)。



図1 完成したキーホルダー

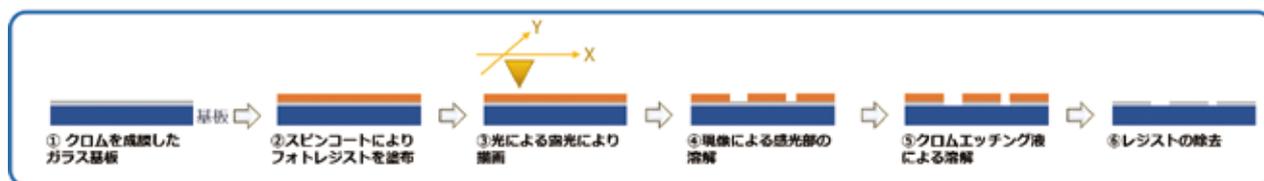


図2 製作工程

キーホルダーとする図柄は、メインは分子研のロゴマークとし、顕微鏡でみて楽しめる細かいパターンを四隅に入れ、さらにイニシャル等のオリジナリティを入れられるよう遊び心も追加した。今回露光に使用したマスクレス露光装置 DL-1000 で描画するには、CADの汎用フォーマットとされている DXF ファイルを作成し、付属のソフトで DXF ファイルを GDS II に変換した後、さらに Bitmap に変換することで、露光用のファイルを作成することができる(図3)。GDS II はフォトマスク作成のために開発されたファイル形式で、基本的には多角形閉曲線で露光部分と非露光部分を描いたもので、円弧はサポートしていない。そのため、円弧はファイル変換の際に短い直線に分割される。このような特徴から、パターンを CAD で作成する際には、ファイル変換を前提として通常の機械系 CAD とは異なる点に注意する必要がある。

製作工程はクロムを成膜したガラス基板にフォトレジストの塗布、露光と進めていくが、私は試作の段階で、工程⑤で溶液につけておくだけでクロムが溶解し、ガラスの上に模様が浮かび上がる様子に感動した。職場体験当日、中学生の男子二人もクリーンルームでピンセットを使って基板をつかんだり、ビーカーの溶液中で振とうしたりと、実験操作を体験し、最後に顕微鏡で目的のパターンがきちんとできていることを確認してもらった(図4)。原理は難しかったようだが、オリジナルのキーホルダーを作る過程を楽しんでくれたと思う。

リソグラフィによる微細加工は、作製したいものの材質やパターンの形状によってレジストの種類はもちろん、1つ1つの工程の中でも温度や時間など様々な要素を検討する必要がある。操作にも繊細さが必要で、経験を積む中で少しずつ勉強していきたい。

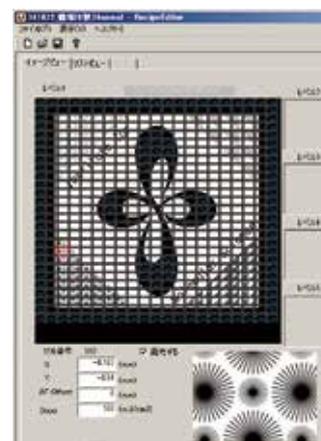


図3 露光用の Bitmap ファイル

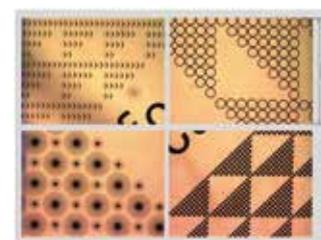


図4 四隅のパターンの顕微鏡像

2 チャンネル高速ディレイ・パルサーの製作

吉田 久史

1. はじめに

外部信号に同期した遅延パルスを発生するディレイ・パルサーは、レーザーを用いた実験装置など外部機器との同期化のためによく利用されている。ディレイ・パルサーに求められる性能は、遅延時間の設定範囲と共にトリガー信号と出力パルス間のジッターが評価されることがある。デジタル回路方式によるディレイ・パルサーの場合、原理的にはシステム・クロックの1サイクル分のジッターが発生する。従って、高精度化するためにはより高い周波数のクロックでシステムを動作させる必要がある。近年、FPGAに代表されるLSIの高集積化に伴い、素子の動作周波数も向上している。ここでは、ザイリンクス社のFPGA(Spartan-3)を用いてシステム・クロック200MHzで動作する2チャンネルの高速ディレイ・パルサーを製作したので報告する。

2. 回路構成

製作したディレイ・パルサーのブロック図を図1に示す。回路はLCD表示器とスイッチからなるユーザー・インターフェース、それらの制御とFPGA内のモジュールとのデータ通信を行うマイコン、そして外部水晶クロック(48MHz)で動作するFPGA(Spartan-3)で構成されている。ディレイ・パルスを生成するためのハードウェアは全てFPGA内に製作し、遅延時間とパルス幅の設定およびスタート信号をマイコンから与えれば、後は外部トリガー信号に同期した遅延パルスをFPGAが出力し続ける。また、ブロック図は1チャンネル分の回路だけが描かれているが、2チャンネル化に際して二重化したモジュールと信号名を赤い文字で表記した。

ディレイ・パルサーの回路構成は、遅延時間(32ビット)と出力パルス幅(16ビット)を計測する2つのプリセッタブル・ダウンカウンタを中心に、カウンタへのプリセット・データをシリアル・パラレル変換し保持するための2つのシフトレジスタ、クロックを逡倍しシステム・クロックを生成するためのデジタル・クロック・マネージャ(DCM)、そして2つのダウンカウンタをトリガー信号に同期して順番に動作させるためのフリップフロップとゲート回路による制御回路から成っている。

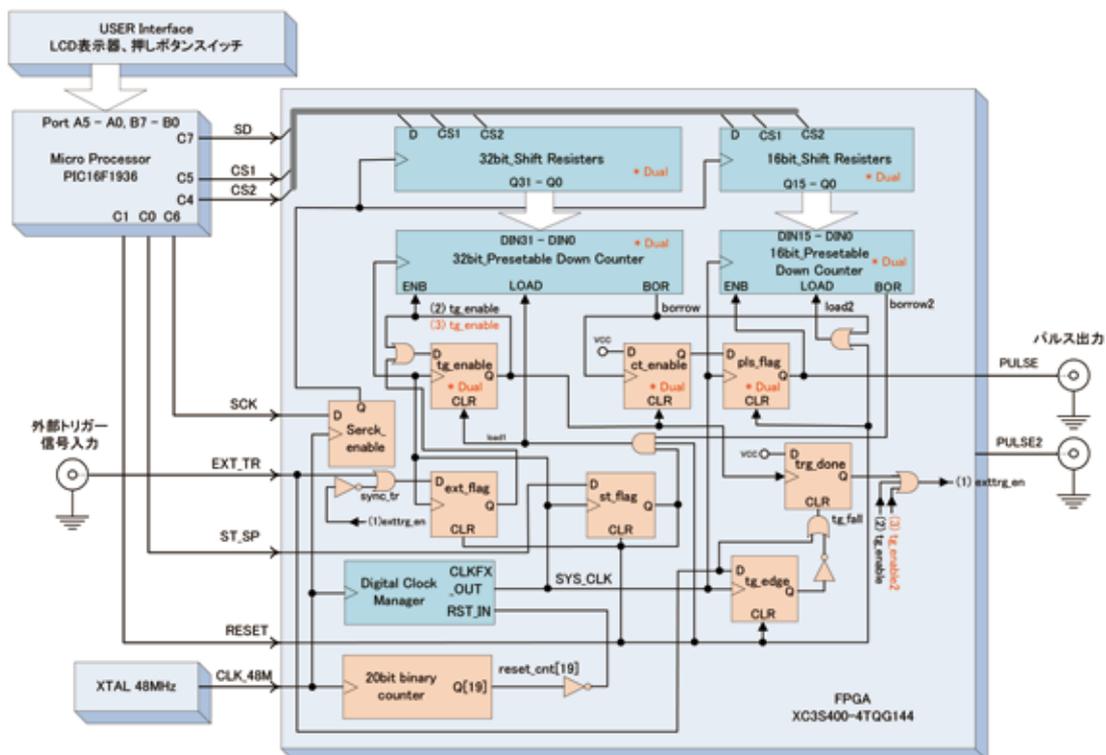


図1 2チャンネル高速ディレイ・パルサーのブロック図

3. 高速動作の検証

FPGA ボードはオンボードに XC3S400-4TQG144 を搭載したヒューマンデータ社の XCM-008-400 を使用した。主な仕様は、システム・ゲート数：400K、CLB：896、ユーザ IO：97 とザイリンクス社の FPGA 中でも比較的小規模なデバイスである。また、システム・クロックを分数値 M/D ($M=[2\dots32]$, $D=[1\dots32]$) で通倍する周波数合成や入力クロックの位相をある割合でシフトさせるなどの高度なクロック制御機能を提供する DCM を内蔵し、今回このモジュールを利用してシステムの動作クロックを生成した。

デバイスのデータシートによれば、CLB のフリップフロップの最大動作周波数は 630MHz となっている。しかしながら、実際の回路は複数の CLB を組み合わせて使うことになり、配線間の信号伝搬遅延などで動作周波数は低下する。本器では 32 ビットのプリセッタブル・ダウンカウンタが一番多くの CLB を利用し、このカウンタの動作周波数が最も重要となるので、このモジュールから設計・シミュレーション検証・動作試験を開始した。DCM の動作周波数の制限から、試験したクロックの最大値は 240MHz ($M=5, D=1$) である。結果的に、32 ビットのプリセッタブル・ダウンカウンタは 240MHz のクロックで動作することを確認した。次に、1 チャンネルのデレイ・パルサー回路を、そして最後に 2 チャンネル化のための回路を増設するというように段階的に回路規模を大きくしつつテストを行った。

最終的に、2 チャンネルのデレイ・パルサーは 200MHz のクロックで動作することを確認した。図 2 は、市販のファンクション・ジェネレータが出力する 1KHz の矩形波を本器の外部トリガー入力に加え、2 つのチャンネルの遅延時間を 0.99997mS、パルス幅を 25nS に設定し動作させた時の入出力

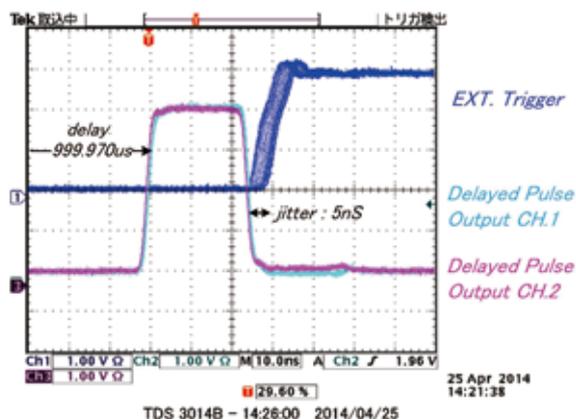


図 2 デレイ・パルサーの入出力波形



図 3 本器の操作パネル



図 4 本器の回路基板

力応答波形である。両出力とも同じ設定値で動作しているため、2 つの出力パルスはちょうど重なり合って観測されている。また、オシロのトリガー位置は出力パルスの立ち上がりに設定されていて、立ち下がり位置に観測される上段の波形は外部トリガー信号の 1 周期分遅れたパルスの立ち上がり部分である。この波形の幅から本器のジッターは約 5nS となる。これはシステム・クロック (200MHz) の 1 周期分に相当する。本器の回路基板を図 3 に操作パネルの様子を図 4 に示す。

4. おわりに

本器の主な仕様は、動作クロック：200MHz、遅延時間：40nS ~ 3S (5nS 刻み)、パルス幅：10nS ~ 300uS (5nS 刻み)、ジッター：5nS、出力：TTL レベル、チャンネル数：2 である。開発途中では様々なトラブルが発生し、その都度回路構成の見直しを余儀なくされた。ページ数の都合により割愛するが、最も苦勞した点は 2 つのカウンタを順序立て繰り返し動作させる制御回路であり、この部分の回路構成とタイミング設計には試行錯誤を重ねた。FPGA においては使用するリソースの規模で配線ルートが制限され、システムの動作速度に影響を与える。今後は開発ツールを上手く利用することで、この辺りのタイミング設計をもう少し効率的に行えるようにしたいと考えている。

回転セル制御装置の製作

内山 功一

はじめに

昨年度、生体分子情報研究部門の古谷グループからの依頼により製作した回転セル制御装置の改良版を、新規に製作してほしいと依頼があった。(写真1) 回転セルとは、光受容タンパク質の赤外分光計測に用いる回転型のセルである。この回転セルはサンプルを効率的に利用するため、回転動作だけではなく上下動を組み合わせて動作する。(写真2) 以前に製作した制御装置は、2軸のパルスモータを定速で回転させるだけの単純制御を行う回路であった。今回製作した装置は、光励起を行う際の外部トリガ入力によりステッピングモータを駆動させ、次のサンプル位置で停止するシーケンス制御を行う物である。



写真1. 回転セル制御装置 (改良版)

制御装置について

回転セル制御装置のブロック図を図1に示す。制御装置は、操作部、表示器、メインコントローラ、ドライバコントローラ×2、モータドライバ×2、電源×2で構成されている。本装置の動作は、手動モード、自動モード、テストモードの3通りである。手動モードは、回転、上下動それぞれに用意した正転、逆転スイッチを入れることでモータの粗動、微調整を行う。この操作は、操作スイッチを1回ずつ入れることでモータが1ステップずつ進み、スイッチを入れ続けることで高速回転する。自動モードは、外部入力により、シーケンスの開始、停止を行い、各シーケンスは光励起用のレーザーを打ち込むシャッターからのトリガ入力により動作する。テストモードは各モータの移動量調整、確認のためのモードで、操作部により設定した時間間隔でテスト動作を行う。

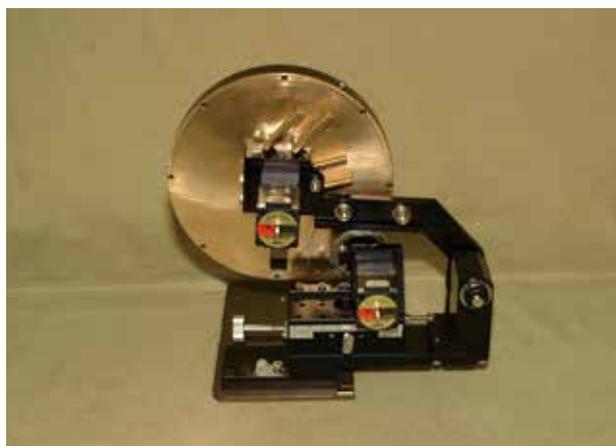


写真2. 回転セル本体

次に制御装置各部を説明する。操作部は各モータの1シーケンス毎の移動量(最大9999ステップ、1ステップ 0.0072°)とテストモードの時間間隔(1~99秒)を設定するサンプッシュスイッチ、手動モードの操作用スイッチ、シーケンス開始・テストモード開始・停止スイッチとなっている。またPCからのリモート制御用に、開始、停止信号の外部入力も備えている。表示部は、4桁の7セグメントLEDによりシーケンス回数を表示するようになっている。電源は制御系の+5Vとモータ駆動用の+24Vの2種類あり、共にスイッチング電源モジュールを使用している。モータドライバはオリエンタルモータ製のCRD5107HPBを使用しており、ステッピングモータはハーモニックギアにより回転数が1:100になっている。メインコントローラは操作部からの入力と表示器への出力、ドライバコントローラとの通信を行うためI/Oポートが豊富なPIC16F877を使用した。ドライバコントローラは、回転と上下動を独立制御するためにそ

それぞれ PIC16F628 を 1 台ずつ用意した。メインコントローラとドライバコントローラは、シリアル通信を用いて動作制御を行う。設定ステップ数が多い場合は短時間で移動が完了するように台形制御を行うが、この制御を PIC のプログラムにより実装している。また、手動モードの 1 ステップ移動と、粗動の制御もプログラムで実装している。測定終了時には、総移動距離（シーケンス回数×設定ステップ数）を逆回転して原点復帰を行うようになっている。

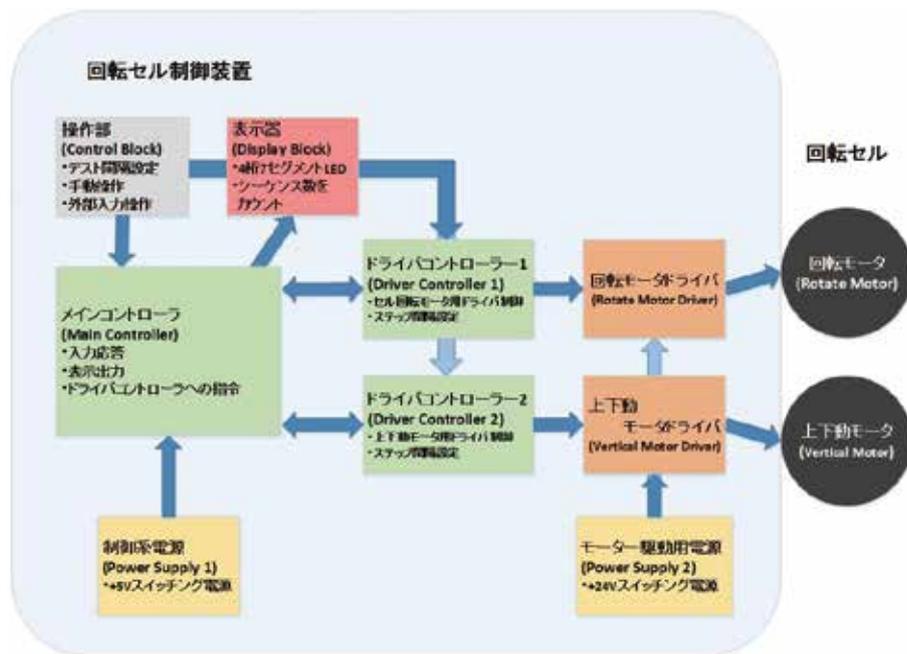


図 1. ブロック図

性能について

完成した制御装置の回転動作は、動作周波数 2KHz ~ 3KHz、設定 500 ステップ時の動作時間 250msec、2000 ステップ時で約 690msec であった。上下動については、動作周波数 4KHz ~ 16.6KHz、設定 2000 ステップ時の動作時間 500msec、9999 ステップ時で約 640msec である。当初、回転セルの重量からくる負荷の方が重く、上下動の動作速度が遅くなると見込んでいたが、結果として回転動作の方が遅くなった。この原因は、セルを水冷するための機構からくる負荷が想定以上だったことに加え、PIC のプログラムで作り出す台形制御の勾配に限界があったためだと考えられる。回転制御について上下動と同程度の速度を出すことができなかったが、外部トリガの間隔はシャッター開閉の時間調整で行うため装置の性能として問題はなかった。

最後に

2014 年 7 月 1 日 をもちまして、電子機器開発技術班から学術支援班第 2 係へ異動となりました。居室も 26 年間お世話になった装置開発棟から離れ、研究棟 1 階に移動いたしました。業務内容はこれまでの回路製作とは異なり、施設整備や共通設備の管理などの研究支援を行っております。施設整備業務は実験室や居室などの改修工事、空調機修理や雨漏り補修などの営繕作業を施設課や業者などとやりとりしながら日々進めております。まだまだ覚えることが多いですが、気持ちを新たに日々の業務に励んで参ります。今後とも、ご指導のほどよろしくお願い申し上げます。

DDS と ARM マイコンを用いた TTL レベル出力パルスジェネレータの開発

豊田 朋範

序論

ステッピングモータドライバの駆動や同期信号の発生、デジタル回路の動作試験などでしばしば TTL レベルの発振器を必要とする。市販のファンクションジェネレータでは「SYNC」と表記された出力端子から取り出せるが、必要な機能に対して価格やサイズの面でやや大仰な感が否めない。一方、安価で済ませようとして、有名なタイマ IC である NE555 で TTL レベル発振器を構成すると、周波数を抵抗とコンデンサで決定するため周波数の温度依存性が高く安定性が低い、周波数可変にするために抵抗をボリュームにすると、一般的なボリュームでは回転量と周波数の変化量がリニアでない、回転量と抵抗値がリニアなボリュームは高価であるなどの問題点がある。

今回、研究グループから、ステッピングモータドライバ駆動用に周波数範囲 5Hz ~ 2kHz、分解能 1Hz という仕様の TTL レベル出力パルスジェネレータの製作依頼があった。周波数の高い安定性並びに操作量に対してリニアな周波数変化量を実現するために、DDS(Direct Digital Synthesizer) 方式の IC を用いて TTL レベル出力パルスジェネレータを開発した。

DDS の制御は過去にも報告したが(2010 年)、今回は CPLD(Complex Programmable Logic Device) ではなく、ARM マイコンを用いた。これにより、ロータリーエンコーダや液晶ディスプレイなど周辺装置の接続が容易になり、操作性においてもより使いやすいものを製作できた。

装置の構成と動作

装置のブロック図を図 1 に、製作した DDS 発振器回路基板を図 2 に示す。今回は DDS に Analog Devices 社の AD9834BRUZ(図 3 左)を用いた。

AD9834BRUZ の出力周波数の分解能は、28bit のレジスタ値と動作クロックの周波数で決まる。動作クロックの最大値は 50MHz で、その時の分解能は 0.2Hz となる。今回は 1MHz 水晶発振器を用いたので、分解能は $1\text{MHz}/2^{28} = 0.003725\text{Hz}$ となる。

出力周波数の温度依存性はほぼ水晶発振器の温度依存性である。本装置の周波数安定性は $\pm 0.0001\%$ 、出力誤差は $+0.075\%$ (いずれも 2kHz 出力時)である。

AD9834BRUZ の出力は最大 600mV_{p-p} の差動出力のサイン波か三角波(レジスタ設定で切り替え可能)なので、差動アンプ AD8130ARZ で 6 倍に増幅した後コンパレータ AD8611ARZ で TTL レベルの矩形波に変換して出力する。

DDS の制御は NXP 社の ARM マイコン LPC1114FBD48/302 を搭載した aitendo 社の

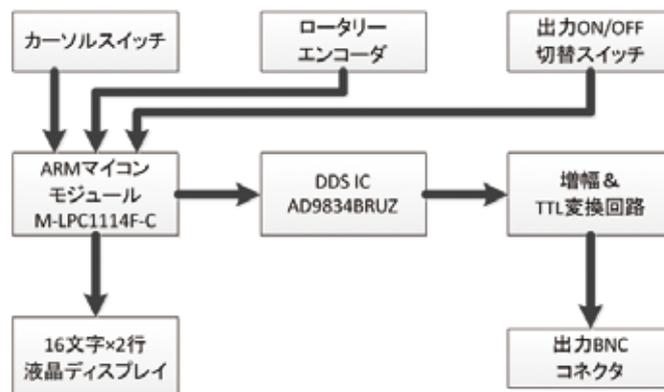


図 1 : 開発した TTL レベル出力パルス

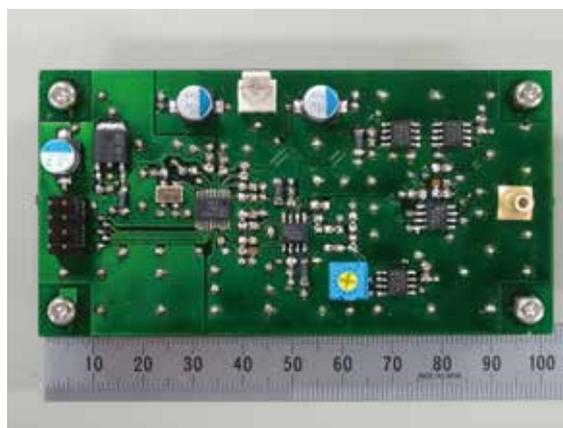


図 2 : 開発した TTL レベル出力パルスジェネレータの DDS 発振器回路基板

モジュール M-LPC1114F-C(図 3 右)を用いた。M-LPC1114F-C は DDS の制御の他、液晶ディスプレイの表示、ロータリーエンコーダとカーソルスイッチ並びに出力 ONOFF スwitch の処理、カーソルの移動、カーソルがある桁における周波数値の増減などを行う。

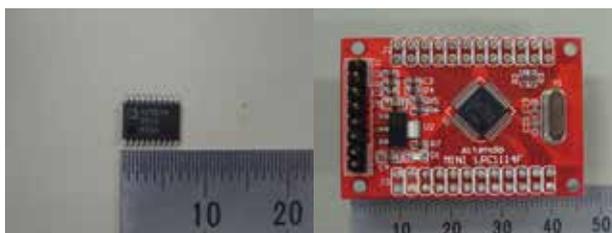


図 3 : DDS IC AD9834BRUZ(左)と ARM マイコンモジュール M-LPC1114F-C(右)

ARM マイコンによる周波数値設定方法

ARM マイコンを用いた操作性の向上については、過去にも報告した(2013年)。今回は複数の操作機構を組み合わせることで、さらなる操作性の向上を図った。

電源投入時の液晶ディスプレイとスイッチ類を図 4 に示す。この時、カーソルは 1 の位の下にある。

左右のカーソルスイッチを 1 回押すごとに、カーソルは左右に 1 つ移動する。カーソルが 1000 の位にある時に左カーソルスイッチを押すと、カーソルは 1 の位に移動する。逆に、カーソルが 1 の位にある時に右カーソルスイッチを押すと、カーソルは 1000 の位に移動する。



図 4 : スwitch 類と液晶ディスプレイ

ロータリーエンコーダを回すと、カーソルがある桁で周波数値が回転方向に応じて増減する。たとえば、周波数値が 1000Hz、カーソル位置が 1 の位とする。ロータリーエンコーダを時計回りに回転すると、1001Hz, 1002Hz, …と増加する。反時計回りに回転すると、999Hz, 998Hz, …と減少する(図 5-1)。



図 5-1 : 周波数値の調整例 1 1000Hz, カーソル位置は 1 の位

次に、周波数値が 1010Hz、カーソル位置が 100 の位とする。ロータリーエンコーダを時計回りに回転すると、1110Hz, 1210Hz, …と増加する。反時計回りに回転すると、910Hz, 810Hz, …と減少する(図 5-2)。

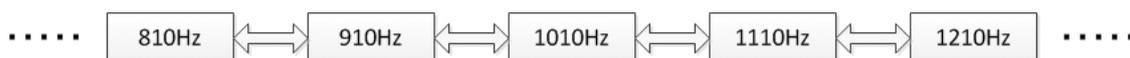


図 5-2 : 周波数値の調整例 2 1010Hz, カーソル位置は 100 の位

このように、左右のカーソルスイッチとロータリーエンコーダを組み合わせることで、市販機器でよく使われている操作方法と同等の機能を実現した。なお、この操作は出力の ONOFF に依存しない。

総論と考察

DDS を ARM マイコンで制御することで、TTL レベル出力パルスジェネレータを開発した。ロータリーエンコーダや複数のスイッチを用いることで、直感的で分かりやすく、操作量と周波数値の変化量が直線でも微妙な調整がしやすいインターフェースを構築できた。ARM マイコンに処理を集約することで、回路規模を小型化し、バッテリー駆動も可能な低消費電力を実現した。

本装置は斬新ではないものの、一般的な実験現場や電子回路の動作試験に耐えうる性能を有しつつ、手軽に使用して場所を取らない、痒いところに手が届くタイプの装置である。近年の市販機器は機能を詰め込む傾向が強いが、実験現場に求められる装置は必要な機能を素早く使えるタイプではなかろうか？求められる機能を最適な方法で実現するために、技術者は様々な技術分野に手を伸ばし、開拓を進める必要があると考える。

加工技術研修を受けて

名古屋大学 全学技術センター 教育・研究技術支援室 装置開発技術系
工藤 哲也

1. はじめに

私は2014年4月に名古屋大学に技術職員として採用され、業務研修として様々な研修を受けてきました。その中でも特に機械加工に重点が置かれ、加工技術の向上に努めてまいりました。その一環として9月8日から9月12日の5日間、分子科学研究所にて汎用工作機械を用いた機械工作についての研修を受けさせていただきましたので、ご報告致します。

受けた研修は「製作課題についての加工方法の検討と実践」で、熟練者と自分との考え方の違いを実感、その方法を習得するというを目的として、実際に加工するところまで見ていただきました。今回の私の課題製作物は主として実験容器を加工する際に使用する固定治具で、これらを杉戸正治様ご指導の下進めてまいりました。

2. 研修内容

研修は製作物に対する検討から始まりました。ここで、今回の製作物がどのような目的で利用されるものなのか、そのためにはどの部分が必要なのか、そしてそれを果たすためにはどのような加工手順が望ましいのかということを考え、製作計画を立てました。計画を立てた後、その計画に沿ってご指導の下、加工を進めていきました。加工は主にフライス盤加工で、実際に削った面を見てからの刃物等の選定・切込み量や送り速度の決め方、バイスに固定する方法について熟練者ならではの手法を教えてくださいました。

これらの研修中、ご指導いただいて私が感じたこと、学んだことは

- ・機械や刃物の選定はしっかりと考えることが必要であるが、悩んでいるならば一旦やってみてから考え直すようにすることのほうが、より重要であり有益である。
- ・上手になるには早くなること。そして早くなるには上手になること。
- ・同じ結論に至ったとしても、そこに至るまでの理由や根拠が異なることもある。理由や根拠については確認をすべきである。
- ・使用目的は必ず念頭に置くこと。

といった、技術者としての当然の心構え・考え方で、これらが不足していたと痛感しました。加工技術に関するいくつかのご指導もいただきましたが、何より技術者として真に成長することのほうが大事であるといった旨のお言葉が強く印象に残っております。

3. おわりに

加工経験の浅い私にとって、今回の加工技術研修は非常に有意義な経験でした。ここで得られたものをより意味のあるものにするために今後もよりいっそうの研鑽を重ねてまいります。

最後になりましたが、直接ご指導いただきました杉戸様、全体のお世話をしてくださいました青山様をはじめ、私のために貴重なお時間を割いていただきました装置開発室の皆様方へ謹んでお礼申し上げます。

共同開発セミナー「精密加工・精密測定」

近藤 聖彦

2014年12月2日に分子科学研究所 研究棟 201号室において、共同開発セミナー「精密加工・精密測定」を開催した。本セミナーは、理化学研究所の高橋一郎氏、キャノンマーケティングジャパンの中村浩希氏を招待し、小径エンドミルを用いた高速ミーリング技術、昨年に導入された3次元光学プロファイラーの原理から活用方法までの講演を聴講し、知識を広範することができた。これに加え、分子科学研究所と共同開発を行っている国立天文台、名古屋大学からの技術報告もあり、活発な議論を交わすことができ、有意義なセミナーであった。

プログラム

- ・ 14:00 ~ 14:45 高橋一郎 (理化学研究所)
「理研における工作支援の紹介と小径エンドミルを用いた高速ミーリング技術の開発」
- ・ 14:45 ~ 15:30 中村浩希
(キャノンマーケティングジャパン株式会社)
「3次元光学プロファイラー技術紹介と活用事例」
- ・ 16:00 ~ 16:30 三ツ井 (国立天文台)
「電波レンズアレイの超精密加工について」
- ・ 16:30 ~ 17:00 近藤 (分子科学研究所)
「MgF₂非球面レンズの製作 (テスト加工) について」
- ・ 17:00 ~ 17:30 立花 (名古屋大)
「MgF₂の超精密加工時の振動測定について」

ANSYS ものづくりフォーラム 2014 in 東京

矢野 隆行

10月29日(水)にTKPガーデンシティ品川で行われた「ANSYSものづくりフォーラム 2014 in 東京」に近藤技術職員と共に参加した。この会は、CAE (Computer Aided Engineering) ソフトウェア¹のANSYSを販売しているサイバネットシステム株式会社が開催したもので、ANSYSを現在利用しているユーザーと導入を検討している方を対象としており、『ひろがる、ふかまる、つながる。』をテーマに開催された。最近のANSYSに関して、適応範囲が広がった事例の紹介や機能に関する説明、異なるツール同士の連成解析などが4つのセッションに分かれ紹介された。

今回、特に取り上げられていたもので印象深かったのは、航空機産業などで広がり期待されるCFRPをはじめとする樹脂材料に関するセッションが多かったことで、装置開発室でもPDMSなど樹脂材料の使用が多くなってきており、今後の業務の中で参考になることが多くあった。

¹コンピュータの数値解析技術を利用して製品の設計・製造や工程設計等の事前検討を行うためのツール。

慶應義塾大学施設見学

中野 路子

10月30日に慶應義塾大学理工学部の中央試験所を訪問し、共通の汎用設備、技術実証・評価センターの微細加工設備、およびマニュファクチャリングセンターを見学させていただいた。理工学部75年記念事業で建設されたマニュファクチャリングセンターには、企業から寄贈されたという最新の工作機械がずらっと並んでおり、工作中的の装置内部の様子を3D投影された映像で見ることができた。この映像は離れた教室でもみることができ、授業にも活用されている。また、そこで製作されたロゴ入りのしおりが見学者へのお土産として用意されているなど、広報にも尽力されていると感じた。少ない人数で多数の装置から授業まで幅広く担当されている技術職員の方々と、運用方法など意見交換するよい機会となった。



ナノテクノロジープラットフォーム技術支援者交流プログラムへの参加

高田 紀子

平成 26 年 1 月 21 日～24 日の 4 日間、北海道大学で「電子線描画装置を用いたナノパターン作製」をテーマとする研修を受講した。今回の研修では、X 線を集光するためのレンズであるフレネルゾーンプレート (FZP) のパターンを目標とし、電子線描画によるナノパターンの製作を試みた。使用した電子線描画装置の写真を図 1 に示す。FZP は分子科学研究所の放射光施設「UVSOR」でニーズがあるもので、窒化シリコン (SiN) の薄膜に対して、タンタル (Ta) で厚さ 100 nm、最少幅 45 nm のライン&スペース (L/S) の円形パターンを製作する必要がある。今回は、シリコン基板上の Ta 成膜面に対して、電子線描画でレジストパターンを製作し、レジストをマスクにドライエッチング後 SEM 観察を行うことで、電子線描画を体験すると共に製作条件の検討を行った。

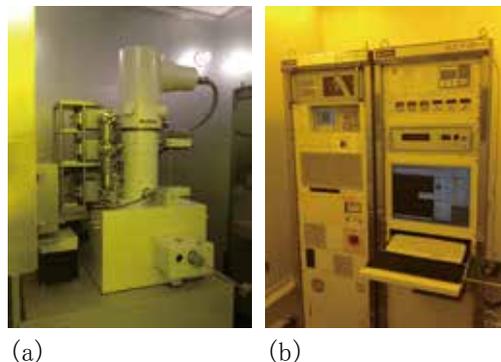
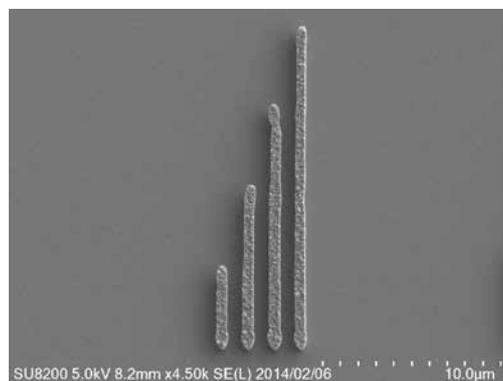


図 1 電子線描画装置
ELS-F125-U (エリオニクス)
(a) 本体、(b) 制御系

平成 25 年度ナノテクノロジープラットフォーム技術支援者交流プログラム 「めっき加工」参加報告

青山 正樹

平成 26 年 2 月 3 日～7 日の日程で、早稲田大学で開催された標記研修プログラムに参加した。研修内容は、磁性パターンめっきの基礎について初歩的技術を習得するもので、シリコン基板へのレジストパターンの作成、めっき浴の作成、Ni-Fe めっき、レジスト除去、めっき応力測定、めっき膜組成測定、段差測定、透磁率測定、FIB による結晶観察と、一連の作業工程についての実習を行った。「めっき」というと装飾用のクロムメッキや金メッキなど、部品全面に一様に施すイメージしかなかったが、リソグラフィと組み合わせて図 1 に示したような $1 \mu\text{m}$ 以下の微細な L/S パターンを作ることができることを本実習を通じて学んだ。



仁木工芸株式会社技術研修報告

近藤 聖彦

2014 年 8 月 4 日～8 日、神奈川県横浜市に技術開発センターが所在する仁木工芸株式会社で技術研修を受けた。主な研修内容は、1) 分子研で設計した PPMS 用プローブに関する技術相談、2) 協奏分子システム山本 G が製作依頼したペルチェ式恒温槽の電気配線、3) 山本 G 所有の冷凍機に使用するセルホルダーの製作手順の説明、4) 仁木工芸株式会社で設計・製作された低温装置についての概要説明、5) 取り扱い製品である X 線検出器の概要説明、などについてである。この研修により、低温技術についての知識を深められたことは、今後の設計・製作に役立てることができる。

出張報告—平成 25 年度実験・実習技術研究会—

豊田 朋範

2014 年 3 月 5 日～7 日に岩手大学で開催された平成 25 年度実験・実習技術研究会に参加し、「ARM マイコンとフルカラー LED を用いた pH インジケータの開発」なる題目で口頭発表を行った。

ポスター発表ではデモ機や実演を伴うものが散見されたが、今回、口頭発表の冒頭でデモ機の実演を行った(写真)。その結果、時間いっぱいまで質疑応答が続き、終了後も問い合わせがあるなど大変好評であった。

3 月 7 日に企画されたシンポジウムでは、終日東日本大震災の被災地を訪問した。メディアでは「復興した」とされる被災地の生々しい現状を目の当たりにし、予想される東南海地震に向けて災害時の情報伝達や避難誘導をいかに行うか考える重要な機会であった。

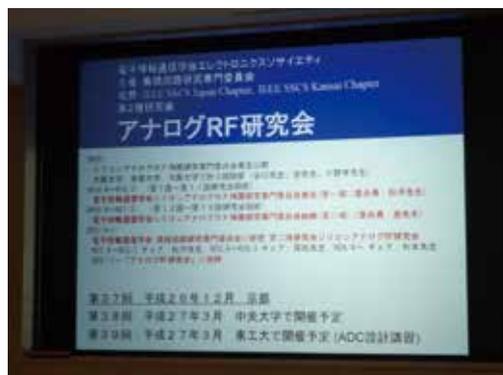


デモ機を用いた実演の様子

アナログ RF 研究会

吉田 久史

電子情報通信学会集積回路研究専門委員会が主催するアナログ RF 研究会は、CMOS アナログ集積回路における RF 回路技術を中心に集積回路に関連した回路技術やシミュレーション技術など様々な研究発表が行われている。今年は 3 月 10 日～11 日の第 35 回と 12 月 3 日～4 日に行なわれた第 37 回アナログ RF 研究会に参加した。講演では、共振型無線電力伝送、超低消費電力、超高速通信といったキーワードの発表が目をつけた。さらに、脳型集積回路の開発についての招待講演があり、近年再び話題となっているニューラルネットワークなど最先端の電子回路技術に関する多くの知見を得ることができた。



第 37 回アナログ RF 研究会

シュツットガルト大学、DESY を訪ねて

青山 正樹、豊田 朋範、高田 紀子

2014年2月25日から3月3日の日程でドイツのシュツットガルト大学とハンブルグにある放射光施設 DESY の技術部署などを見学する機会が得られた。

分子研装置開発室に限らず、国内の大学や研究所の工作室では、科学技術の急速な進歩に伴い、従来技術に頼った対応では最前線の研究への十分なサポートが難しくなっている。そのため、新しい製作技術や広範な技術知識の導入、また効率的な実施体制など研究支援のあり方にも変化が求められている。こういった状況の中、予てから海外の研究機関の工作室などを見学したいと考えていたところ、シュツットガルト大学研究員の飯塚氏を通じて打診したところ快く受け入れていただいた。見学先のシュツットガルト大学の物理学科では、機械工作、回路工作、低温センター、グラフィック（広報のような仕事のほかに、論文に掲載する写真や図などを作成する部署）、学生実験（管理サーバーの運営、装置の保守管理、学生実験などを行う）、講義準備（授業用の実験設備などの管理更新などを行う）の部署があり、今回の見学では、機械工作室、回路工作室、低温センター、微細加工の研究室などを見学した。DESY では、機械工作センター、自由電子レーザー施設や敷地内にあるハンブルグ大学の工作室を見学した。どこの施設も継続的な運営を意識した人員構成や最新設備を導入した高度で効率的な作業の促進、かつ基礎的な技術を非常に大切にしている姿勢が印象的であった。

以下に、それぞれの施設について報告する。

シュツットガルト大学機械工作室の見学

青山 正樹

非常に明るく整理整頓されたきれいな工作室(写真1)を、マイスターの Ralf Kamella 氏が詳細に案内してくれた(写真2)。工作室の職員数は、Kamella 氏を含めて6名くらいで、年間の製作依頼件数は約300件程度とのことであった。工作室の広さは比べ物にならないが、分子研装置開発室とほぼ同じ人数と業務量である。業務の内容は、一般的な工作依頼のほかに実験機器の設計も手掛けているようで、設計は主に Kamella 氏が担当しているとのことであった。

設備は、従来型のけっこう年式の古い工作機械が非常に良い状態で使用されており（外見からだけでは分からないが、高い精度が維持された状態であるように感じた）、ものづくりの基本である道具を大切に、手入れを怠らない姿勢を強く感じた（写真3）。また最新の設備も充実しており、5軸加工機や、3次元 CAD/CAM などの新しい技術を取り入れて、研究者の斬新なアイデアに基づいた複雑な部品形状にも対応していた（写真4）。



写真1：シュツットガルト大学工作室



写真2：最新の5軸マシニングセンターの前で説明する Kamella 氏（一番左）



写真 3：整理の行き届いた作業スペース

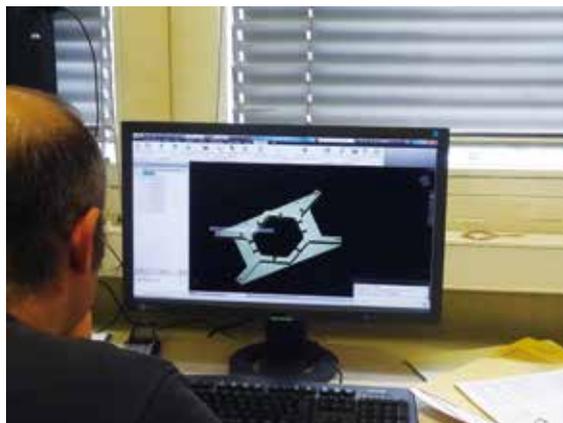


写真 4：3次元 CAD を使った複雑な形状・機構設計。

個別の工作機械を一人の技術者が専属で行う分業体制をとっている工作室が多い中、シュツットガルト大学の工作室では、分子研装置開発室と同様に一人一人が総合力のある技術者に育ててほしいとの考えを持っており、それぞれが種々な技術業務をこなしているようである。Kamella 氏のほかには、若い技術者、中堅の技術者とバランスのとれた年齢構成で持続的な運営を強く意識しており、製作方法について議論している姿も見られ、技術継承も日常的に行われているように感じられた。

ワインボトルが埋め込まれた小窓がある扉（写真 5）の奥にはガラス工作室があり、一人の技術者が我々を出迎えてくれた。前任者が定年退職したので、マックスプランク研究所からこちらに移ってきたと話していた。ガラス技術者の養成、確保はドイツでも大変なのかもしれない。設備はとて充実しており、大中小様々な大きさのガラス旋盤や大型の研磨盤、日本ではあまりお目にかかったことのない両頭フライス盤型の超音波加工機などが整然と並んでいた。また自作のオリジナルな工具やガラス細工で製作した CD 立てなどもあり、遊び心に満ちたガラス工作室であった。

低温センターは、3名の職員で寒剤の提供や低温実験機器などの製作を行っている。センター内には専用の本格的な工作室があり（写真 6）、一通りの機械工作を行うことができる。また溶接やはんだ付け作業なども行っているようで、配管部品や低温機器の修理、特殊なバルブの製作、トランスファーチューブの製作まで行っていた（写真 7）。

このほかに回路工作室も見学したが、いずれの施設でも新技術の導入だけでなく、じっくりと基礎技術を次世代につなげているところがとても印象的であった。



写真 5：この扉を入るとガラス工作室



写真 6：低温センター内の本格的な工作室



写真 7：トランスファーチューブの製作

シュツットガルト大学の研究室訪問

高田 紀子

平成 26 年 2 月 26 日、シュツットガルト大学に所属する飯塚研究員（元 UVSOR に所属）を訪問した。

飯塚氏からは現在、「高圧アルミナアンビルへのチッ化ニオブミアンダパターンの製作」の内容で製作依頼をいただいている。今回の訪問では、飯塚氏が所属する物理学科の研究室をいくつか見学させていただいた。

物理学科の 1 研究室を長年にわたって支援されているという女性技官が具体的な仕事内容について紹介してくださった（写真 1）。この技官の方の支援内容は幅広く、蒸着によるミアンダパターンの製作や基板の研磨まで自分で行っているようだった。ミアンダパターンの寸法は装置開発室で現在取り組んでいるものよりも大きく、レーザー加工で製作したメタルマスクを使用して、金、銀、銅などの金属を蒸着しているとのことだった。研磨に関しては、平行度を考慮した基板ホルダーを独自で準備し、研磨を行っているようだった。

物理学科の中に微細加工を行っている研究室もあり、飯塚氏の協力で急遽見学させていただけることになった。ここで最も印象的だったのは、レーザーリソグラフィーによる 3 次元加工だった。この装置は、同じくドイツのカールスルーエ工科大学からスピノフした会社「ナノスクライブ」が開発したもので、フェムト秒レーザーの 2 光子吸収を利用してフォトレジスト中に 3 次元構造を製作する。ナノスクライブのホームページから装置の写真と製作例を抜粋する（図 1）。通常のリソグラフィーは基本的に 2 次元の加工であることを考えると、この自由度はすごいと驚かされた。ちなみにこの装置は、日本だと名古屋大学でナノテクノロジープラットフォームを通して利用することができるようである。加工精度は 2 次元で 100nm、3 次元だと 150nm であるようで、応用例としては毛細血管モデルの製作に使用していると別の微細加工に関するセミナーで紹介していた。もし用途があればぜひ一度使ってみたい装置である。

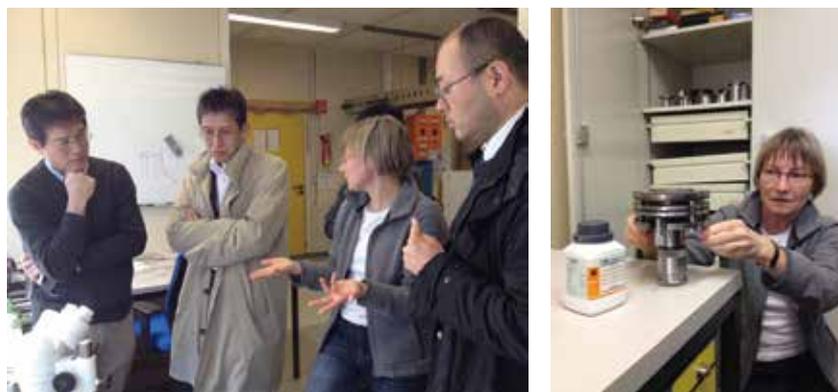
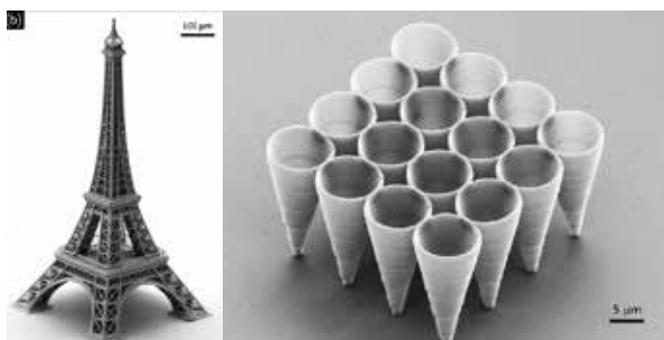


写真 1 研究室見学の様子



(a)



(b)

図 1 3次元レーザーリソグラフィー
（ナノスクライブのホームページより抜粋）
(a) 装置、(b) 製作例

ドイツ出張報告—DESY 編—

豊田 朋範

2014年2月25日～3月3日のドイツ歴訪の締めくくりとして、2月28日にハンブルグ西部にあるDESYに赴いた(写真1)。

DESYはDeutsches Elektronen Synchrotron(ドイツ電子シンクロトロン)の略で、1959年に創設された高エネルギー加速器・高エネルギー物理学の研究所であり^[1]、世界40か国3000人以上の研究者が訪れる世界有数の加速器施設である^[2]。DESYは、「強い相互作用」を齎す素粒子グルーオンの存在を証明したことで知られる。現在はツォイテンにもキャンパスを擁する。

最寄りのバス停から、日本の高エネルギー加速器研究機構を彷彿とさせる広大な敷地を歩き、谷川博士らの案内と紹介でDESYを見学した。

まず、広大なマシンショップでは大小の工作機械が多数稼働していた(写真2)。シュツットガルト大学と同じく一般開放はしていないとのことで、研究者と技術者の明確な職域を感じた。工作機械の中には、水を高圧噴射することで加工する工作機械があり、複雑な形状も加工可能であることには驚かされた(写真3)。

紹介ビデオの視聴と質疑応答、昼食を経て、HERA、FLASH、そしてPETRA IIIを見学した。

HERAは1992年から2007年まで稼働した電子・陽子衝突型加速器である^[3]。HERAの建設に際して、ドイツ政府は世界の大学・研究所からの協力を募った。国家間ではなく大学・研究所同士の取り決めで、資金ではなく人的・物的協力を集めるこの国際協力は、「HERA方式」と呼ばれ、その後の国際協力のモデルの1つとなっている^[4]。

地下25mのトンネルに作られ、どこまでも続くような錯覚を覚えるHERAは、往年の素粒子物理学の研究者の情熱が偲ばれるものであった(写真4)。

続いて見学したFLASHは、X線自由電子レーザー(XFEL)の前駆的計画である真空紫外線自由電子レーザー(VUV-FEL)の施設で^[5]、岩手県の北上山地が建設候補地となっている国際リニアコライダー



写真1：DESYの看板



写真2：DESYマシンショップ



写真3：高圧水を用いた工作機械の加工例

(ILC) [6] の試験開発としても重要である。

見学した実験ホールは建設が進む一方で多くのビームラインが設置されていて、自由電子レーザーを用いた物性・化学・生物などの実験が行われていた(写真5)。

DESY 最後の見学スポットとなった PETRA III は、2009 年より運用が開始された第 3 世代の高輝度 X 線放射光施設である(写真6) [7]。外周沿いに多数のビームラインが建設されていて、物理化学だけでなく、考古学や地質学の研究もおこなわれているとの説明を受けた。

DESY は、研究分野が素粒子物理から高輝度放射光や自由電子レーザーへと移り変わりつつも、世界各国から多くの研究者が訪れる国際研究の拠点としての存在感を堅持している印象を受けた。

また、午後 3 時を過ぎたあたりから敷地の彼方此方でバーベキューを始め、談笑する光景に出くわしたことには驚きつつも、「研究生活は苦行ではなく楽しいものである」という意識を感じた。最近 6 時間労働制に向けて議論が始まったドイツならではの国情を考慮しても、とかく長時間労働を美德とし奨励する風潮が根強く、矢継ぎ早に成果を出すことが最優先とされる日本では考えられない光景であった。

参考・引用文献

[1] 「ドイツ電子シンクロトロン」, Wikipedia, <http://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%89%E3%82%A4%E3%83%84%E9%9B%BB%E5%AD%90%E3%82%B7%E3%83%B3%E3%82%AF%E3%83%AD%E3%83%88%E3%83%AD%E3%83%B3>

[2] 「Insight starts here-Deutsches Elektronen-Synchrotron-」, DESY(英語版), http://www.desy.de/about_desy/desy/index_eng.html

[3] 「DESY で進む ZEUS 実験(1)～世界で活躍する日本の研究者たち～」, KEK, <http://legacy.kek.jp/newskek/2002/marapr/desy-zeus1.html>

[4] 「News@KEK(眠りにこつた女神)」, KEK, <http://legacy.kek.jp/newskek/2007/julaug/HERA.html>

[5] 「未来の光～ヨーロッパ X 線レーザー計画～」

[6] 岩手日報 2013 年 8 月 25 日付など

[7] 「DESY-PETRAIII」, DESY(英語版), http://petra3.desy.de/index_eng.html



写真 4 : 往年を偲ばせる HERA

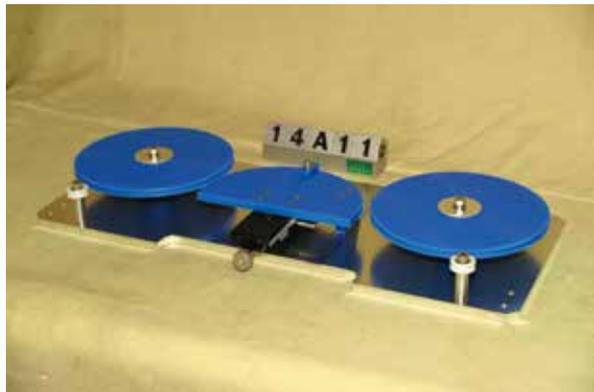


写真 5 : FLASH のビームライン



写真 6 : PERTA III の外観

14A11 光ファイバーモードスクランブラの製作



外径 ϕ 4mm のマルチモード光ファイバーの一部分に安定した曲げを与えレーザー出力を安定させる

14B03 回転型切断機



UVSOR で使用する真空内で試料を劈開するための構成部品

14B06 新 BL5U サンプルバンク、14D28 新 BL5U バンク Ver.2



UVSOR で使用するサンプルバンク、限られたスペースに効率良く納めるため斜めに配置される

14B23 アダプタ、T0.5X Φ 39X540 スリーブなど



NMR プローブ改造のための薄肉スリーブ (関連記事 26 ページ参照)

14D01 Qスイッチレーザーモジュール M11L15 改造



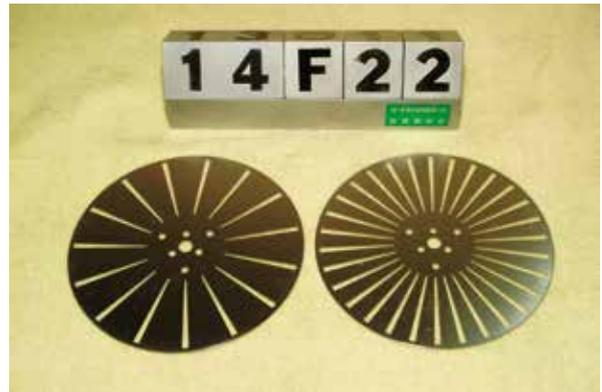
平等グループにより開発された結晶の性能評価のためマイクロチップレーザーユニットの改造をした。

14F11 蒸着用サンプル固定治具



各種サイズのペレット状サンプルを破損させる事無く容易に保持するためのステージ

14F22 3:1 チョッパー用ブレード



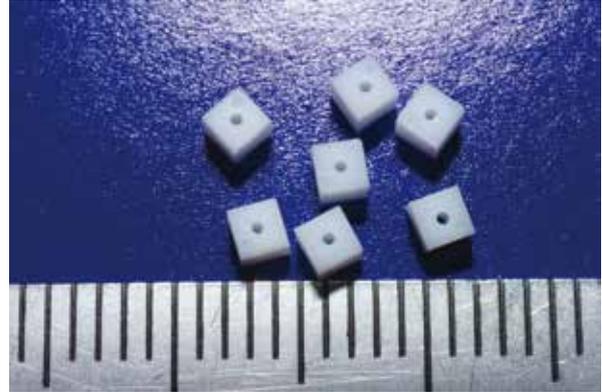
異なる2つの平行光線を時間的に完全に分割して試料に照射するためのチョッパー

14I14 XAFS ステージ 1~7



XAFS 測定用に各種治具やステージ類の製作

施設利用 テフロン製セル



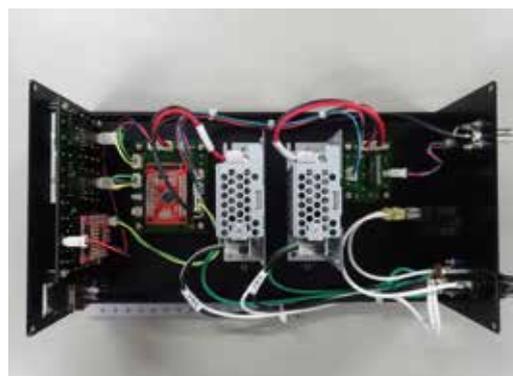
直交方位を規定する単結晶試料の磁気測定用
2 mm × 2 mm 穴径 0.5 mm のテフロン極小セル

14D01 レーザー同期分周システム回路



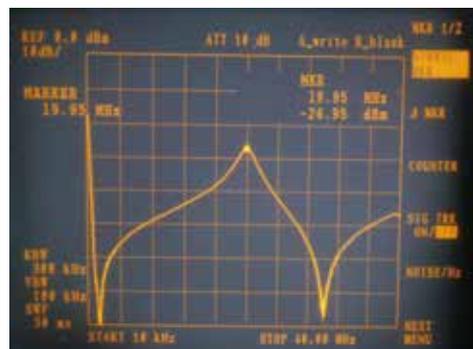
フェムト秒レーザーの 40MHz 発振出力を検出・増幅・分周し、TTL レベル信号で出力
 分周回路は Altera 社の CPLD(EPM570T100C5N) で構成
 分周値は 1/100, 1/500, 1/1000, 1/5000 から選択

14D05 ロータリーソレノイドドライバ



レーザー同期パルスをトリガとして、ロータリーソレノイドを駆動することで、光路を周期的に開閉
 2 個の NXP 社 ARM マイコン LPC1114FBD48/302 を I2C 通信で連携

14F03 インピーダンスマッチング回路



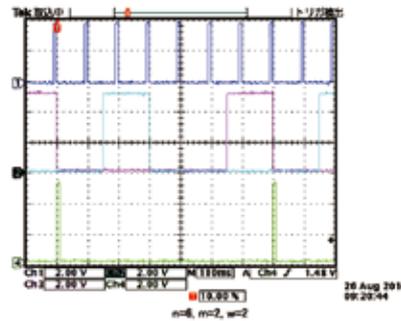
オシレーター+RF パワーアンプの出力信号を 2 相の正弦波信号に変換
 オフセット電圧入力

14F04 Pulse Generator for rotating station



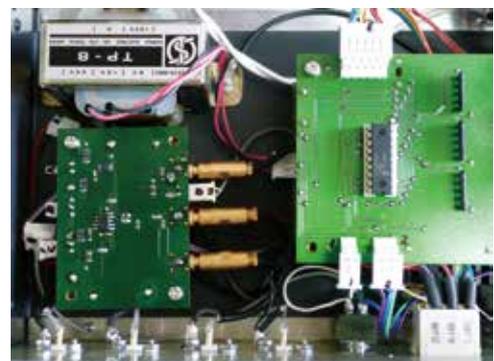
周波数範囲 5Hz ~ 2kHz、分解能 1Hz の TTL レベル出力パルスジェネレータ
ARM マイコン LPC1114FBD48/302 とロータリーエンコーダで直感的なインターフェースを構築
定常動作時 5V, 150mA (関連記事 39 ページ参照)

14G05 ビームシャッター駆動回路



レーザー光のシャッターを分周 (n)、ショット数 (m)、待ち時間 (w) の設定に応じて開閉制御
m=1 ~ 99, n=1 ~ 4, w=1 ~ 99
ビームシャッター: SH05 (THORLABS)

14H01 正負切り替え式両極性パルサー



気相イオン NMR 用ポテンシャルスイッチのためのパルス発生器
Pulse Height: 0 ~ ± 1000mV
Turn-On Delay time: 40nS

2014年 工作依頼リスト

機械グループ(264件)

伝票番号	品名	14D04	電気分解用4分割白金電極
14A01	アルミパネル加工	14D05	5ミクロン溝付PDMS基板
14A02	XMCD加熱ステージ	14D06	5ミクロン溝付石英基板(ドライエッチング加工)
14A03	CRYSTAL HOLDER V2の見積り	14D07	5ミクロン溝付石英基板(ウェットエッチング加工)
14A04	マイクロ波TV用受信回路用電源クレート	14D08	石英-PDMSマイクロ電解セル
14A05	プローブアダプター	14D09	石英製マイクロ電解セル
14A06	レーザーモジュール台追加加工	14D10	STO基板、アルミナコート付
14A07	BL2B用Depo chamber	14D11	チツ化ニオブパターン付基板
14A08	バネ板	14D12	ダイナミックシール(12mm用)
14A09	ブレッドボード追加加工	14D13	ダイナミックシール各種
14A10	フィルターガイドの試作	14D14	スタンド
14A11	光ファイバーモードスクランブラの製作 【写真】	14D15	ピコアン設置台
14B01	ヒートプレート追加加工	14D16	加熱ステージ5~11
14B02	ピンホールセット	14D17	結晶の熱解析
14B03	回転型切断器 【写真】	14D18	ミラー製作技術相談
14B04	アライメントツール(T型)	14D19	樹脂のめっきに関する技術相談
14B05	CCDカメラマウントICF34	14D20	回路フレーム
14B06	新BL5Uサンプルバンク 【写真】	14D21	平面脂質膜計測用テフロンチェンバー
14B07	新BL5Uプレップフィンガー	14D22	金蒸着用ATRマスク
14B08	レーザー台	14D23	ダイフロン製SQUID部品
14B09	アルミプレート	14D24	2B部品、トランスファー機構等
14B10	粉末成形ペレット	14D25	銅ワイヤーガasket溶接
14B11	FTIR用試料台加工	14D26	ATR台加工
14B12	マイクロチップレーザー図面修正	14D27	スーパーインバー製エタロン
14B13	基盤ホルダー15mm用	14D28	新BL5UバンクVer.2 【写真】
14B14	スタンド	14D29	ICF34 CCDカメラマウント
14B15	ベースプレート	14D30	M2用ナットドライバー
14B16	SQUID用Nb試料の製作	14D31	M2
14B17	Nbサンプルの加工	14E01	無酸素銅敷き板
14B18	SAXS装置多目的電動ステージ	14E02	AP-HAXPES用電気化学セル
14B19	カメラ取付台	14E03	MOKEステージ1~11
14B20	STO基板曲げ機構	14E04	ICF34焼付きネジ除去
14B21	レーザーマウント13G01改造	14E05	新NMRドリフトチューブ切断
14B22	小径スキマー+電極	14E06	MCD装置部品
14B23	アダプタ、T0.5XΦ39X540スリーブなど 【写真】	14E07	NW25低温用金属リング
14C01	Tsurupikaホルダー	14E08	MOKE試料台
14C02	穴付ニッケル箔	14E09	ゴニオステージ取付ベース
14C03	マグネット羽根	14E10	蒸着源固定用持具
14C04	イオンポンプ支持台	14E11	フロー用ステージ
14C05	フランジ追加穴	14E12	光電気化学セル(フタ)
14C06	カメラホルダー	14E13	カメラ台
14C07	Poling Base 13	14E14	ゴニオステージ取付ベースタイプII
14C08	直角ホルダ	14E15	ガスセル
14C09	アクリルボックス	14E16	レーザー結晶ホルダ
14C10	トランスファー用つなぎ	14E17	XRD用サンプルホルダー
14C11	スイッチガイドネジ	14E18	Raspberry Piケース
14C12	ユニカルノズル	14E19	ICF70フランジ取付用レンズ台
14D01	QスイッチレーザーモジュールM11L15改造(設計) 【写真】	14E20	ガスセル
14D02	Sample holder	14E21	銅ワイヤーガasket溶接
14D03	加熱ステージ1~4	14E22	ダイフロン製SQUID試料ホルダー修正加工
		14E23	フィルターホルダー

14E24	ICF70 スリット (75mm ブレード型)
14F01	NbN ミアנדパター付高圧アンビル
14F02	ミラーホルダー加工
14F03	マイクロフォーカス加工
14F04	燃料電池型 HAXPES 用セル
14F05	基板おさえ板とずれ防止板と AFM 試料台
14F06	EOM (ソーラボ) の保持台
14F07	STM 用ヒーター用土台ブロックセット
14F08	サンプルプラグ修正加工
14F09	ステンレス基盤
14F10	通電加熱加工 (BL7U 用)
14F11	蒸着用サンプル固定治具 【写真】
14F12	レンズ台 Φ 25-250L
14F13	MOKE ステージ他改造
14F14	フロー用ステージ改 2,3
14F15	M1 ベースプレート用部品
14F16	コリメーター
14F17	新型 HMA (マイクロ波イメージングデバイス) 試験用台
14F18	LHD 新型イメージングデバイスアルミフレーム
14F19	加熱ステージ1と12
14F20	フランジ用取付パネル加工
14F21	取付ベース
14F22	3:1 チョッパー用ブレード 【写真】
14F23	ペDESTAL
14F24	高温電気化学測定用セル
14F25	ラマン用サンプル室
14F26	サンプルプラグ修正加工
14F27	ソレノイドシャッターアダプター式
14F28	サンプルプラグ受座修正加工
14F29	小型固体レーザーホルダー-2
14F30	冷却ファンホルダ
14F31	光学ホルダ
14F32	電子ビーム蒸着用 ITO ホルダ (Mo)
14F33	スライダ
14F34	ゴニオステージ曲率測定
14F35	六角ソケットの追加工
14F36	蒸着サンプルホルダー、C るつぼ底板
14G01	MOKE ステージ 1 ~ 3
14G02	ソレノイドシャッターアダプタ修理
14G03	カメラ取付台
14G04	サポート台の穴加工
14G05	支え JIG の修正加工
14G06	NMR プローブフタ
14G07	鉛用プレート加工
14G08	カーボンナノチューブ気相分光用真空装置一式
14G09	変換フランジヒーター用 M3 ボルト穴加工
14G10	タンタル板穴あけ加工
14G11	L 字アングル加工
14G12	MOKE ステージ、試料台
14G13	なまり用板再加工
14G14	サンプルホルダー一式
14G15	両面フランジ加工他
14G16	LEED シャッター
14G17	レーザーカバーの加工
14G18	テフロン流路フラットタイプ
14G19	コンタクト留め
14G20	レーザー結晶ホルダ
14G21	回転導入継手
14G22	XAFS クライオステージ
14G23	パルス幅可変レーザー筐体設計製作
14G24	パンチングメタル加工
14H01	シリコン加熱用台座
14H02	結晶ホルダー保管用ケース T6 型
14H03	銅ワイヤーガasket溶接
14H04	スパコン架台用のふた
14H05	プレス用パイプ
14H06	偏光子ホルダー
14H07	六角穴付きボルト取り外し作業
14H08	ねじ (バリ銅他、脱落防止型)
14H09	ホールホルダー
14H10	レンズホルダー S 型
14H11	結晶カバー改良
14H12	結晶マウント (Φ 3)
14H13	結晶ホルダー
14H14	石英製マイクロ電解セル
14H15	ピンホール、サンプルホルダー
14H16	マニピュレーター部品
14H17	結晶ホルダー
14H18	バンク本体
14H19	ターボインターロック
14I01	光電気化学セル用電極微動機構
14I02	穴付円板
14I03	XPS 用ホルダー
14I04	マイクロフォーカス加工観察ユニットの改良
14I05	みがき治具
14I06	ラマンセル用窓
14I07	UV 用窓
14I08	回転セル用試料スポット装置
14I09	テフロン流路フラットタイプ
14I10	ポルフィリン単分子磁石の単分子電気伝導特性評価装置開発
14I11	パネル加工
14I12	3mm 角光学素子ホルダーの製作
14I13	角度デバイススクリーン試作
14I14	XAFS ステージ 1 ~ 7 【写真】
14I15	Φ 0.9 銅ワイヤーガasket溶接
14I16	R1/8 アダプタ
14I17	銅ワイヤーガasket溶接 (Φ 1.0)
14I18	MOKE 試料台
14I19	分光光度計用のセル
14I20	ネジキャップ

2014年 工作依頼リスト

14I21	ビーム径測定装置
14I22	細胞伸展チャンバー
14I23	XAFS クライオステージ、クライオ窓
14I24	センサー押え
14I25	角度デバイススクリーン
14I26	アルミプレート
14I27	結晶クランプ
14J01	温度計押え
14J02	テフロン流路フラットタイプ
14J03	ICF152 用天板
14J04	試料ホルダ支え
14J05	サンプルプラグねじ部修理
14J06	光電気化学用電極微動装置
14J07	結晶マウントΦ5t 4
14J08	結晶ホルダー追加工
14J09	12t Sample Holder
14J10	XAFS ステージ 5、クライオ窓
14J11	サンプル基盤用銅板
14J12	治具 (PEEK Φ 1.6)
14J13	ファイバーヒートシンク
14J14	試料フォルダ
14J15	結晶ホルダー追加工
14J16	ガラスカバー
14J17	マイクロ流路
14J18	結晶ホルダー追加工
14J19	スピンドライヤー用テフロン皿
14J20	スぺーサー
14J21	トランスファーロッド先端
14J22	レーザーモジュール結晶マウント3種類
14J23	サンプルステージ板
14J24	CCD カメラ取り付け治具
14J25	BL7U 用加熱式サンプルホルダー一式
14J26	レンズスぺーサー
14J27	ひし形ホルダー
14J28	1/4" パイプガスセル
14J29	軸受け
14J30	ペルチェ式恒温槽
14J31	UV マイクロチップレーザー用 オプティクスホルダー
14J32	極短 M2.5 イモネジ
14J33	石英製マイクロ電解セル
14K01	FTIR 用光学部品フォルダー
14K02	時間分解赤外分光回転セル
14K03	軸受アンカー
14K04	ウィンドウフランジ他
14K05	バイト研磨
14K06	角度デバイスランプ蓋
14K07	試料角度調整用ボルト
14K08	結晶マウント t1 型
14K09	ミラーホルダー
14K10	結晶マウント角型
14K11	結晶マウント丸型
14K12	レンズマウント一式
14K13	水冷ベース
14K14	回転ホルダー
14K15	クリーンブース用シート押さえ
14K16	炉心管フランジ
14K17	フランジ溶接
14K18	BL7U 加熱ホルダー一式
14K19	サンプルホルダー
14K20	サンプルホルダー追加工、サンプルマウント
14K21	レーザーマウント 13G01 追加工
14K22	電気分解用 4 分割白金電極
14K23	水晶振動子フォルダー
14K24	CF70 (棒付き) アパーチャー板
14K25	XAFS 光路管 1.2
14K26	防災訓練用標的
14K27	真空槽固定スタンド (M12)
14K28	保持板 (T12) 追加工
14K29	TMP コントローラ固定用ホルダ A
14K30	フィルターホルダー、スぺーサー
14L01	MBE 用サンプルホルダー一式
14L02	ガスジェット 3 種
14L03	燃料電池型セル
14L04	Φ 10 パイプ付き CF70 フランジ
14L05	ガラス管加工
14L06	白金格子パターン付 SiN メンブレン
14L07	ノーズ
14L08	□ 14- □ 10 チツ化シリコン窓固定板
14L09	X 線測定用セル
14L10	ガラス基板
14L11	バルブフランジ追加工
14L12	6 元蒸着装置用 FET 作製天板
14L13	Si 加熱用試料 folder
14L14	カメラ固定台 152
14L15	治具
14L16	PSW 支持板+追加工
14L17	超音波加工装置におけるヘッド固定方法の開発
14L18	Pt コート石英基板
14L19	ブレードボード加工
14L20	CD 用台座
14L21	アダプタ、クランプ
14L22	ゲージポート用配管
14L23	アルミ合金定盤
15A13	diSPIM 観察用石英基板

電子回路グループ (38 件)

伝票番号	品名
14A01	MCP 用プリアンプ
14A02	Repair - Psotion Analyzer 2502A
14A03	磁気センサ回路
14B01	フォトダイオード検出器一式
14C01	光電子増倍管及び APD 用高圧電源
14D01	レーザー同期分周システム回路 [写真]
14D02	ディレイド・パルサー
14D03	サンプル&ホールド回路一式
14D04	放射光パルス同期用分周回路
14D05	ロータリーソレノイドドライバー [写真]
14E01	LED 照明器
14E02	LED 照明コントローラ Ver.2
14E03	光電子増倍管制御用ゲート信号発生器
14F01	BNC-SMA 変換ケーブル
14F02	DTA フローティング電源用ケーブル
14F03	インピーダンスマッチング回路 [写真]
14F04	Pulse Generator for rotating station [写真]
14G01	磁場測定器
14G02	小型定電源装置
14G03	TF(チューニングフォーク)用プリアンプ回路
14G04	ソレノイドシャッタードライバ 4CH
14G05	SH05 ビームシャッター駆動回路 [写真]
14H01	正負切り替え式両極性パルサー [写真]
14H02	蒸着装置自動ゲートバルブ
14I01	回転セル制御装置
14I02	20PLCC-バナナ接続基板
14I03	酸素濃度系電源供給システム
14J01	コヒーレントレーザー用電源レギュレータ
14J02	AC アダプタ修理
14J03	インストルメンテーションアンプ
14J04	Notch 回路
14J05	ペルチェ式恒温槽バナナ接続基板
14K01	有機 EL ディスプレイデモンストレーション
14K02	3 色 LED デモ機
14K03	Notch 回路基板 Ver.2
14L01	3 色 LED デモ機 (改良)
14L02	インストルメンテーションアンプ PC モニター回路
14L03	Laser Synchronous Divider System の改良

装置開発室 Annual Report 2014

平成 27 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

