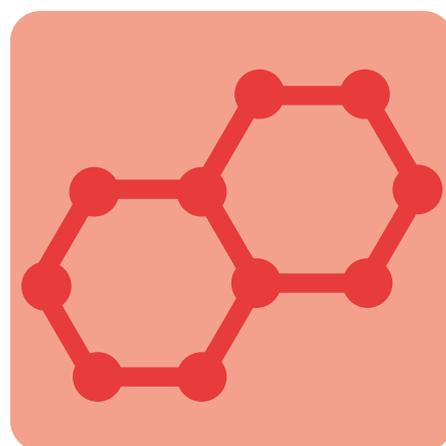
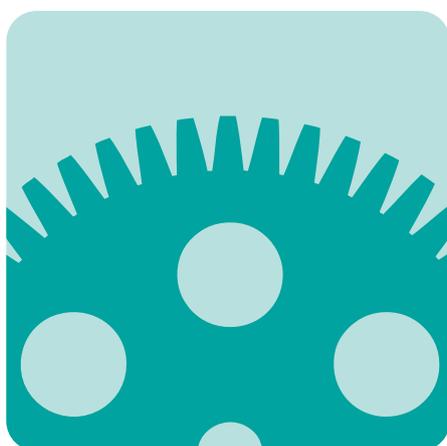
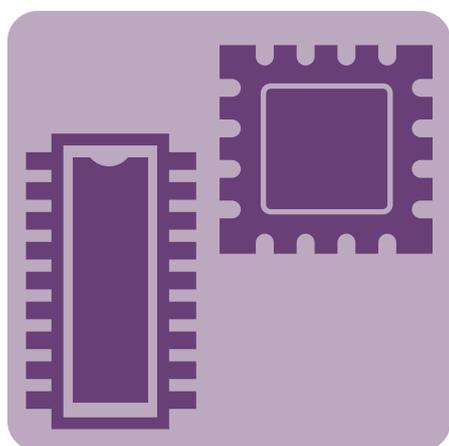


# Annual Report 2013



**Equipment Development Center**



装置開発室では、分子科学研究所内部の研究グループからの製作・工作依頼への対応、所外の研究者からの施設利用への対応、さらに装置開発室自身の技術力向上を目指した自主的な技術開発、の3つを活動の柱としています。年間300件に及ぶ所内からの工作依頼ですが、最近、部門別の依頼数を集計したところ、光分子科学領域、UVSOR、レーザーセンターの光関係研究部門の依頼が全体の約3/4を占めていることがわかりました。手作りの実験装置が多く、部品加工の依頼などで依頼件数が多めに出る傾向があるのではないかとはいえますが、装置開発室にとり、光関連分野への対応が重要であることが改めて認識されました。一方、件数としてはまだまだ少ないですが、マイクロ流路の製作など非機械加工による超微細加工を通して、生体分子関連の分野からの依頼も今後徐々に増えていくのではないかと期待しています。

今年度から、装置開発室の機器の一部がナノテクノロジープラットフォーム事業を通して供用されることになりました。「マイクロストラクチャー製作・評価支援」というタイトルで、非機械加工による微細加工の支援を行います。担当者は利用者へのサポート業務の負担が増えることとなりますが、一方で、この事業を通じて、マスクレス露光装置や3次元光学プロファイラーなど、最新の加工装置の導入が進められています。

分子科学研究所では、国際的な研究の展開に積極的に取り組んでいますが、これに対応して装置開発室でも、海外の研究機関との交流や共同開発、職員の国際会議への派遣に積極的に取り組んでいきたいと考えています。所内・所外の研究者の皆様が、装置開発室が貢献した研究成果を国際会議で発表するような機会もあるかと思えます。そのような際には是非担当職員にご一報いただければと思います。そのような会議への参加は、自分たちの製作した装置がどのような研究に貢献しているのか、それがどのように世界的に評価されているのかを知る絶好の機会となります。職員にはよい刺激となり、技術力向上に加え、英語力向上への意欲も掻き立てるものと思います。

ガラス工作を中心に、長年、装置開発室で活躍した永田さんですが、2014年春の定年退職を前に、業務の中心を安全管理室に移すことになり、装置開発室を離れました。長年の貢献に感謝いたします。装置開発室も平均年齢の上昇が目立ち始めています。技術の継承に加え、装置開発室の活気を保つためにも、若手の技術職員の新規雇用が強く望まれます。

所内からの依頼業務の多くを占める機械工作依頼は、技術支援員を中心に対応していますが、長年、技術支援員として勤めていただいた宮下さんが退職し、その代わりに和田さんが着任しました。さらにもう一名の採用を進めています。今後も、うまい、やすい、はやい、の三拍子そろった工作業務の遂行により、所内の研究グループの実験を支えます。

室長  
加藤政博

構成スタッフ	1
イベント in 2013	2
セクション報告	6
主要設備	9
特集「ナノテクノロジープラットフォーム」	10
利用者報告	12
利用者アンケート	19
施設利用	22
研究会発表	23
技術報告	25
トピックス	40
2013年 製作品	48
2013年 工作依頼リスト	52



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

---

 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
------	-----------------	----

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

 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
------	------------------	----

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	
------	--------------	--

---

 事務支援員
 

---

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

---

1月

12  
～14日 第26回日本放射光学会年会放射光科学合同シンポジウム(豊田、近藤)

2月

20日 キヤノンマーケティングジャパン株式会社 出張(近藤、高田)

26日  
～1日 国立天文台 出張(近藤)

3月

7日  
～8日 技術研究会(愛媛大学)(吉田、内山、豊田、青山、水谷、近藤、高田)



口頭発表をする内山氏



説明に興味味の豊田氏



質問に対して的確な返答をする吉田氏



懸命に説明する近藤氏

15日 ブルカージャパン  
出張(水谷、近藤、高田)

13日  
～15日 精密工学会(東京工業大学)  
(青山、水谷、矢野、近藤、高田)



精密工学会にて(撮影:水谷)

**4月**

5日 兵庫県立大学ニュースバル出張（水谷）

**5月**

17日 東芝機械ソリューションフェア 2013（静岡）（近藤）

**6月**

6日  
～7日 機構技術研究会（核融合科学研究所）（吉田、青山、水谷）



技術報告をする吉田氏



質問に丁寧に答える水谷氏

11日 回路工作に関する講習会



回路基板を製作する参加者



完成した回路基板を確認する参加者

13日 中学生職場体験  
豊田市立上郷中学校の2年生男子2名 測定の業務を体験



SEM 観察をする上郷中学生



機械工作講習の参加者と講師

18日  
～21日 技術職員研修（名古屋大学：叶）

**（記事 40 ページ参照）**

19日 共同開発セミナー  
（分子科学研究所、国立天文台、名古屋大学、岩手大学）

**（記事 46 ページ参照）**

28日 機械工作に関する安全講習会

7月

- 3日 難加工技術展（名古屋）（青山、水谷、矢野、近藤）
- 9日  
～11日 北陸先端科学技術大学院大学 出張（高田） **（記事 47 ページ参照）**
- 11日  
～12日 東北大学出張（青山、水谷、矢野、近藤） **（記事 46 ページ参照）**
- 19日 電気加工研究会（名古屋工業大学）（矢野）
- 19日 遠藤科学技術セミナー（刈谷市産業新興センター）（吉田、内山、豊田）
- 25日  
～26日 岩手大学出張（豊田）
- 26日 中学生職場体験  
岡崎市立河合中学校の2年生男子2名 構造解析の業務を体験



構造解析ソフトの指導を受ける河合中学生



完成した回路基板を手に記念撮影する竜海中学生

8月

- 7日 中学生職場体験  
岡崎市立竜海中学校の2年生男子2名 回路工作の業務を体験
- 19日  
～20日 VLSI 夏の学校「LSI 技術者のための物理の基礎講座」  
（千里ライフサイエンスセンター）（吉田、内山）
- 22日  
～23日 分子・物質合成プラットフォーム技術研修会（京都）（青山、近藤、高田）
- 28日  
～30日 技術職員研修（岩手大学：古舘） **（記事 42 ページ参照）**

9月

- 2日  
～6日 技術職員研修（舞鶴高等専門学校：櫻井） **（記事 44 ページ参照）**
- 10日 名古屋大学革新ナノデバイス研究センター 出張（吉田）
- 20日 岩手大学 出張（青山） **（記事 47 ページ参照）**
- 30日  
～2日 微細加工実践セミナー（産業技術総合研究所）（高田）

**10月**

6日  
～11日 ICALEPCS2013(サンフランシスコ) (豊田) **(記事 47 ページ参照)**

**11月**

6日 Zygo Metrology Seminar 2013 (東京) (近藤)  
7日 ルネサス SuperH ファミリマイコン・セミナー (名古屋) (吉田)  
12日 SOLIDWORKS WORLD 2013 (東京) (矢野)  
13日 3D SYSTEMS JAPAN (東京) (青山、水谷、矢野)



3D SYSTEMS JAPAN  
試作品

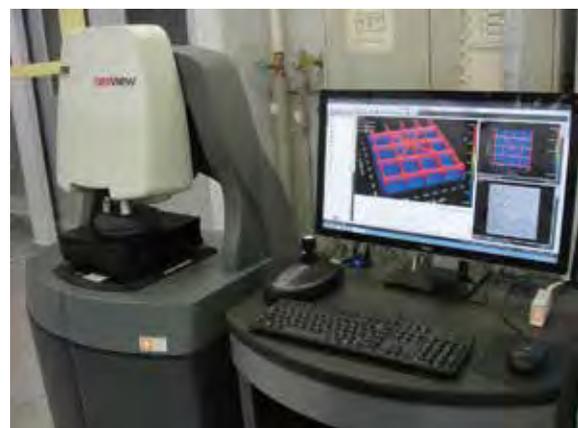


リソグラフィ・サロン会にて

13日 理化学研究所 出張 (青山、水谷)  
21日  
～22日 リソグラフィ・サロン会 (分子科学研究所) **(記事 46 ページ参照)**

**12月**

2日 磁場解析入門セミナー (大阪) (矢野)  
2日  
～3日 GRENE 講座  
マイクロ化学チップコース  
(神奈川) (高田)  
4日  
～5日 レーザ加工学会  
(東京大学生産技術研究所) (矢野)  
17日  
～18日 ZYGO NexView 設置



3D Optical Surface Profiler "Nexview™"

## 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研究支援を行っている。メカトロニクス・セクションは技術職員5名と技術支援員2名の体制で業務を遂行しており、比較的単純な加工依頼への迅速な対応には主に技術支援員で、機構設計や開発を伴う製作依頼に対しては技術職員が行い、年間250件ほどの所内製作依頼に対応している。その他にも分子科学研究所で展開されている施設利用を通して、分子科学研究分野を中心とした全国の研究者からの製作依頼も受けて幅広く支援を行うとともに、研究現場での需要を意識しながら新しい技術への取り組みも行っている。

### 1. 所内製作依頼

平成25年1月～12月の1年間の所内製作依頼件数は、259件でここ数年同程度の依頼件数で推移している(図1)。また依頼者の所属内訳は図2に示す通りで、研究所内で幅広く利用されている。

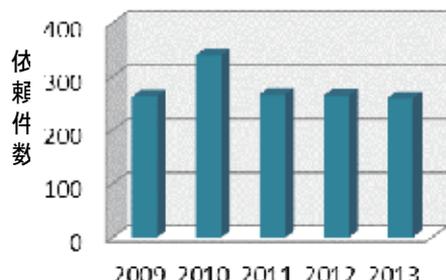


図1 所内工作依頼件数

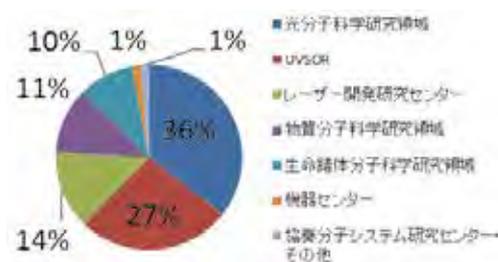


図2 依頼者所属内訳

### 2. 施設利用

2005年に施設利用による外部機関からの製作依頼を受け付けるようになり、今年で9年目となった。毎年10件前後の申請を受けており、2013年は、11件の施設利用申請に対応した(図3)。これまでの、のべ申請件数は81件で機関数は24機関に上り、全国の研究者から利用されている(表1)。

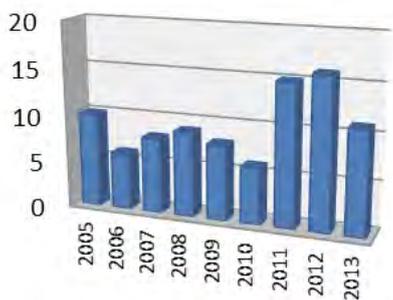


図3 施設利用件数の推移  
(2013年度はナノプラット申請を含む。)

表1 所属機関別申請件数(2005～2013)

申請者所属機関	件数
名古屋大学	17
核融合科学研究所	10
東北大学	8
大阪大学	6
東京大学	5
大阪府立大学	4
京都大学	4
広島大学	3
その他	24
全24機関	計 81件

### 3. 技術開発について

研究機器の製作依頼に対して、常に新しい技術で対応できるように基盤技術の向上に取り組んでおり、超精密加工、リソグラフィ加工、レーザー微細加工について製作依頼業務の傍ら課題を決めて行っている(図4)。

超精密加工はH20年から国立天文台先端技術センター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。リソグラフィ技術はマイクロ流体デバイスなどの機械加工では困難な微細形状を有するデバイスの製作を目的として取り組んできた。H25年度後期より「マイクロストラクチャー製作・評価支援」としてナノプラットフォームを窓口とした新たな支援を展開することになった（詳細については10ページを参照）。レーザー微細加工については、機器センターと共同で実施しており、今年度は光学系の配置を見直すことで、 $10\mu\text{m}$ 以下の高品質な微細孔加工が実現している。今後は機械加工では困難なサファイヤや窒化シリコン、石英ガラスなどの基板材料への微細加工へ展開する予定である。また機器設計作業の効率化や最適化のために、構造解析や磁場解析などの解析技術ならびにラピッドプロトタイプリングなど、デジタルエンジニアリングについても今後推進していきたいと考えている。

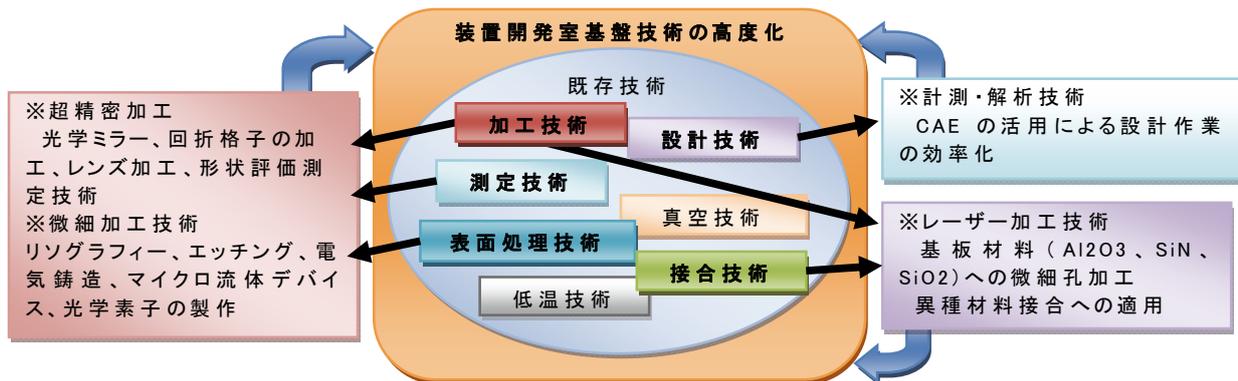


図4 基盤技術の高度化への取り組み

#### 4. その他

##### 4-1 セミナー開催

- (1) 共同開発セミナー「超精密加工」、平成25年6月19日 分子研実験棟403号室
- (2) 微細加工に関する技術サロン会、平成25年11月21日～22日 分子研研究棟201号室

##### 4-2 口頭発表・ポスター発表

- (1) 近藤聖彦、「超精密切削加工によるMgF<sub>2</sub>非球面レンズの製作」  
愛媛大学技術研究会ポスター発表、平成25年3月7日、
- (2) 高田紀子、「フォトリソグラフィによるマイクロ流路ミキサーの製作」  
愛媛大学技術研究会ポスター発表、平成25年3月7日
- (3) 水谷伸雄、「7軸調整位置合わせステージ及び薄型X-Yステージの製作機構技術研究会」  
第8回自然科学研究機構技術研究会、平成25年6月7日
- (4) 近藤聖彦、「MgF<sub>2</sub>非球面レンズ製作における脆性面改善の検討結果について」  
共同開発セミナー「超精密加工」、平成25年6月19日
- (5) 青山正樹、「マイクロストラクチャー製作・評価支援の紹介」  
分子物質合成プラットフォーム技術研修会、平成25年8月23日
- (6) 高田紀子、「高周波共鳴用窒化ニオブによるミアンダパターンの製作」、第2回微細加工に関する技術サロン会、平成25年11月21日

##### 4-3 受け入れ研修、中学生職場体験

- (1) 「非切削加工技術および走査型電子顕微鏡操作に関する研修」平成25年6月17日から21日、受講者：名古屋大学 叶 哲生、担当者：矢野隆行、高田紀子、近藤聖彦
- (2) 「ワイヤー放電加工機の取り扱い実習とワーク加工物の精度測定技術研修」平成25年9月9日から13日、受講者：舞鶴高専 桜井一樹、担当者：矢野隆行
- (3) 「実験機器製作物の測定および観察」豊田市立上郷中学校、平成25年6月13日  
担当者：水谷伸雄・青山正樹
- (4) 「研究用装置を設計してみよう」岡崎市河合中学校、平成25年7月26日  
担当者：近藤聖彦

## 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。製作するものはハードウェアとそれに付随するソフトウェアが主であるが、計測のためのアプリケーションのようなパソコンのプログラム開発にも対応している。

2013年の工作依頼件数は31件であった。その内訳は、組み込みマイコンを用いた各種駆動回路(7件)、アナログ信号処理回路(7件)、高電圧回路(6件)、デジタル回路(4件)、実装配線作業(7件)である(工作依頼リスト頁参照)。

高電圧関連の工作依頼が増えている事が、近年の傾向である。特に、高速・高電圧パルス回路は数 KHz~数十 KHz の高い繰り返しを要求されるようになり、電源の電力消費や電子部品の許容損失などの設計が重要になってきた。その他に、機器組み込み用途の CPU を使った回路製作も増加傾向にある。この種の CPU は高性能化と高機能化が著しく、従来はハードウェアで処理していた箇所をソフトウェアで置き換えることが可能となった。また、高精度の AD 変換器や DSP 機能を内蔵するものが現れ、センサとの接続の容易さやその後のデータ処理の手軽さが応用を拡げている。

工作依頼による機器開発は短期間で製作することが望まれ、また継続的に開発を進めることは稀である。電子回路の著しい進歩に対応した高品質かつ迅速なサービスを提供するために、当セクションでは(1)回路シミュレータによる回路設計技術、(2)機器組み込みマイコン開発技術、(3)ハードウェア記述言語によるカスタム LSI 製作技術、(4)通信インターフェース等のパソコン関連回路技術に重点を置いて情報収集と最新技術の導入に心掛けている。そのために、技術職員各自が所長奨励研究や科研費に応募し、研究課題として積極的かつ継続的に技術の習得を行っている。

エレクトロニクス・セクションが推進する大規模集積回路の設計技術は、過去3回の LSI 試作を経験したことで、シミュレータによる集積回路の最適化設計から LSI チップデータの提出までの設計ツールの操作や設計中に発生するエラーのデバッグ処理など、LSI 回路設計における一連の作業を円滑に行えるようになった。本年は、昨年試作したオペアンプ回路の特性試験を行った結果、設計時の仕様をほぼ満足するものができたことを確認した。また、VDEC が主催する各種講習会に参加し、基礎的な半導体物理の学習や LSI 設計に関する技術情報を学んだ。今後は、製作した増幅回路をより実用的な性能に向上させるための回路方式の検討とデジタル集積回路設計についても見識を深めて行きたいと考える。

その他の業務では、新人職員や学生を対象とした回路工作講習会を6月に開催、アウトリーチ活動として中学生の職場体験を8月に実施、技術課の受け入れ研修制度により岩手大学の技術職員の研修を8月28日~30日の日程で実施した。

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。

- ・ 愛媛大学総合技術研究会 2013, 3/7-3/8, ポスター発表:吉田、豊田、口頭発表:内山
- ・ 平成 25 年度自然科学研究機構技術研究会 2013,6/6-6/7, 口頭発表:吉田
- ・ ICALEPS2013 2013, 10/6-10/11, ポスター発表:豊田

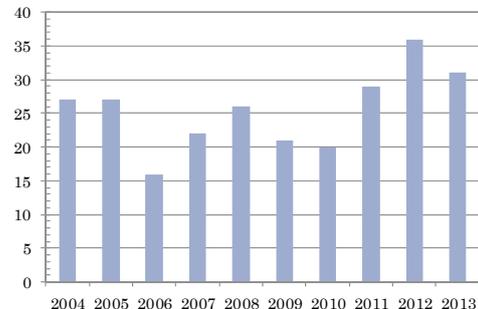


図 1 工作依頼件数の推移

## 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	SURFTEST 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

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)
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)

## 「マイクロストラクチャー製作・評価」支援 (ナノテクノロジープラットフォーム)の紹介

青山 正樹

平成 25 年度後期より、ナノテクノロジープラットフォームによる「マイクロストラクチャー製作・評価」支援が装置開発室のサービスとして新たに加わった。装置開発室メカトロニクスセクションでは、機械設計および機械工作技術を基軸として様々な実験装置の製作に携わってきた。その中で 10 年ほど前からマイクロ流体回路などの製作に応える技術として、小径ミーリング工具を用いたマイクロ加工に取り組み、ガラスマイクロチップやマイクロミキサーの製作に応えてきた。その後、機械加工では難しい、より微細な形状を有するデバイス製作依頼に対応するため、リソグラフィーによる微細加工技術を取り入れ、バイオセンサー基板製作用モールド、高速溶液混合装置、高周波共鳴高圧アンビルセルの製作を試みてきた。ナノテクノロジープラットフォームでは、このようなリソグラフィーを使ったデバイス製作に関する設備の利用や製作・技術相談を受け付けており、WEB 申請により利用が可能となっている。詳細については、分子研ナノテクノロジープラットフォーム WEB ページ (<http://nanoims.ims.ac.jp/ims/>) をご覧いただき、ぜひ多くの方にご利用いただきたい。平成 25 年度は、新たに恒温恒湿クリーンブース、3 次元光学プロファイラーシステム、マスクレス露光装置が導入され設備の充実が図られたので、新規導入機器について以下に紹介する。

### 【3 次元光学プロファイラーシステム Nexview (ZYGO) の紹介】

近藤 聖彦

産学官の研究者に対して、最先端の研究設備を提供し、設備利用、共同研究、技術代行、技術相談などを通じて、特異な機能や優れた特性を有する有機・無機材料金属系ナノ材料の探索・開発のための分子・物質合成、構造解析、分子設計などを支援する目的で文部科学省が設立したナノテクノロジープラットフォーム「分子・物質合成」の構成機関のひとつに分子科学研究所が所属している。この予算を使用して、図 1 に示す 3 次元光学プロファイラーシステム Nexview を導入したので紹介する。

Nexview は、高輝度白色 LED を使用した光干渉方式を用い、非接触で 3 次元表面形状および表面性状の測定を行う装置である。例えば、高速溶液混合装置（マイクロ



図 1 導入した Nexview の外観

ミキサー) は、十字形状の 4 本の流路 (溝幅数  $\mu\text{m}$  から数  $10\mu\text{m}$ ) を有し、2 種類の異なる液体を中心部で合流させることで、合流時に起こる混合変化を数十  $\mu$  秒で観察することを目標としている。この微細な合流部形状が混合時の変化に影響を及ぼすため、これを精密に製作することが要求される。このことから、流路製作に用いるレジストパターンの形状精度は最適な混合条件を得るために重要となり、この微細形状の評価を行いながら、形状試作することが必要となる。また、真空紫外光を使ったマイクロスケールでの顕微分光に使用されるフッ化マグネシウム非球面レンズ製作においては、ナノレベルの形状評価が必要となる。これら以外にも、レジスト膜、光学結晶材料および金属材料など様々な材質の超平滑面から粗面までの表面性状ならびにそれらの形状を広範囲に評価することが要求

される。このように、高精度な測定と平行してデバイス製作を行うことにより、効率的な機能性物質研究・開発の推進を目指す。

本装置の仕様を表 1 に示す。2.75 倍、10 倍、50 倍の 3 本の対物レンズを用意しており、視野約 0.3 mm×0.3 mm (50 倍レンズ) から 6 mm×6 mm (2.75 倍レンズ) までの測定および観察が可能である。さらに自動ステッチング機能により、10×10 面 (約 50 mm×50 mm) までは高速で測定を行うことができる。

表 1 Nexview 仕様

対物レンズ	×2.75、×10、×50	
CCD 画素数	1024×1024	
可動範囲	X	±100mm
	Y	
	Z	100mm
	Piezo	150 μm
垂直走査範囲	20mm	
空間分解能 (50 倍対物レンズ使用時)	0.479 μm	
垂直分解能	0.1nm	

【マスクレス露光装置 DL-1000 (ナノシステムソリューションズ) の紹介】

青山 正樹

当装置は、DMD(Digital Micromirror Device)を用いた縮小投影露光により最小画素 1 μm のパターンを描画することができるマスクレス露光装置である (図 2)。DMD による露光パターンをステップ&リピート方式により描画を行うため、露光速度が 50 mm<sup>2</sup>/min と高速である。オートフォーカス機能は光学式であるため作動距離が大きく、ガラスマスクなどの平面基板だけでなく、凹凸形状を有する各種デバイスへの直接描画にも利用しやすい。また表 2 の仕様にも示した通り、256 階調を制御できるグレースケール露光にも対応しており、2 次元形状だけでなく 3 次元形状露光も行うことが可能である。露光エリアは 100 mm×100 mm の全面露光までが可能である。当装置は化学試料棟 207 室に新たに設置した恒温恒湿クリーンブース内に導入される予定である。

このほかにクリーンブース内には、表 3 に示したようなリソグラフィーに関連した機器も整備されているので、基板洗浄、各種レジスト塗布、露光、現像、アッシングなど一連の作業を効率よく行うことができる。

表 2 マスクレス露光装置の仕様



図 2 マスクレス露光装置

光源	LED
主波長	405nm
露光パワー	1W/cm <sup>2</sup>
最小画素	1 μm
位置決め精度	±0.1 μm
最大露光範囲	100 mm×100 mm
オートフォーカス精度	±0.5 μm
グレースケール露光	256 階調

表 3 その他ナノプラットで利用できる機器

スピナー	MS-A100 (基板サイズφ4インチまで)
マスクアライナー	MA-10 フォトマスク 4×4インチ、3×3インチ
その他	プラズマクリーナー、ベーク炉、スクラバー、 マイクロスコップ、超純水製造装置

工作依頼

## 超短光パルス電場の振動を直接計測する装置の開発

レーザーセンター 藤貴夫

2010年からスタートしたレーザーセンターの藤グループでは、超短光パルスに関する研究を進めています。

超短光パルスは、一般的には、ピコ秒( $10^{-12}$ 秒)以下のパルス幅をもった非常に短い光パルスであり、様々な波長の光の波が、位相をそろえて重なることでできているものです。この光波の振動が、1パルスにおいて、数回ほどしか振動しないような極限的に短い超短光パルスにとっては、この波の位相がどうなっているか(例えば、**cosine**型か**sine**型かといった区別)というのは重要なパラメータですが、この位相を直接的に計測する手法は、極端紫外光のアト秒パルスを使った方法でしか、行われていませんでした。

藤グループにおいて、アト秒パルスを使用しなくとも、計測対象の光の波そのものを基準とした計測（自己参照）によって、可視光の波の形を計測することができる技術を開発しました。この手法は、フェムト秒光パルスの強度の幅を計測する手法(周波数分解光ゲート法、以下**FROG**)と、テラヘルツ電磁波（可視光の千倍長い周期の電磁波）の振動を計測する方法(電気光学サンプリング法、以下**EOS**)を組み合わせたものであり、これまでになかった全く新しい手法です。

この手法によって、光の波を計測することが容易となり、より広い分野に応用できるようになったといえます。一般的な応用の一例としては、光の強度の**ON/OFF**だけでなく、波としての振動と向きも使った新しい光通信の手法が開発されるきっかけになることが期待されます。本成果は、Nature 姉妹誌の Nature Communications に 2013年11月15日に掲載されました[Nat. Commun. 4 2820 (2013)]。

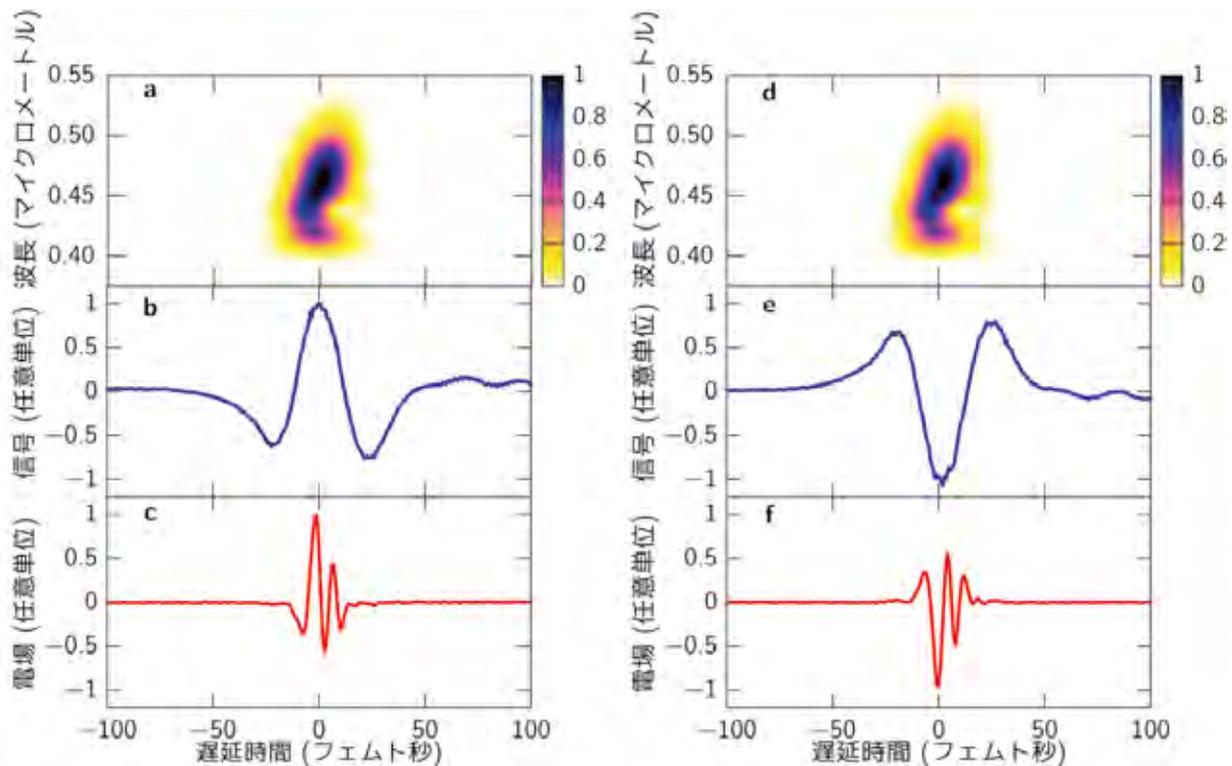


図 1. (a)FROG と(b)EOS の信号から、(c)光電場を完全に再現できる。光電場の位相を180度変えると、(d)FROG の信号では区別がつかないが、(e)EOS の信号では、反転していることがわかる。その情報をもとに再現されたパルスは(f)のようになる。

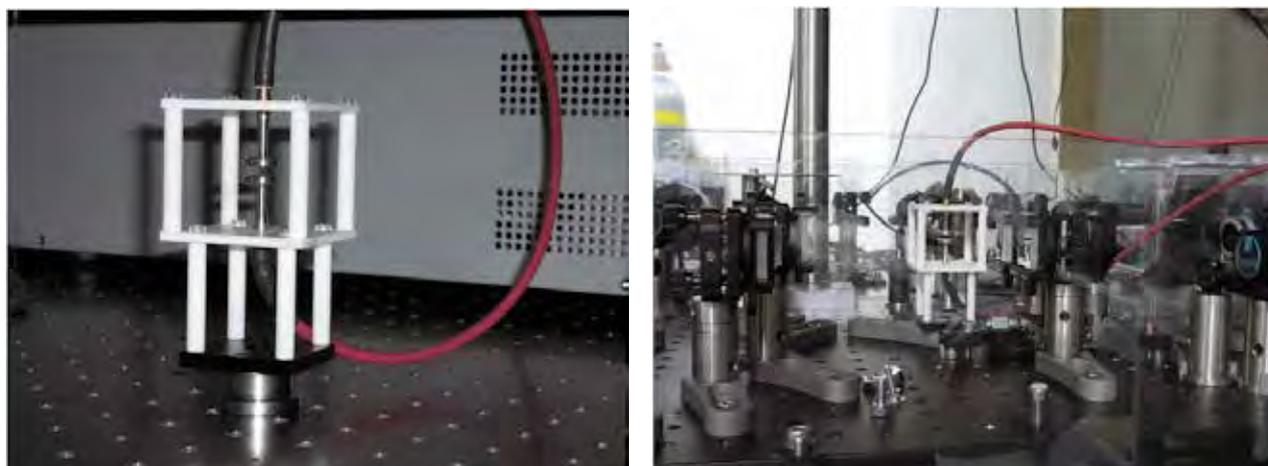


図 2. 装置開発室に作製いただいた電極とそのハウジング(左図)。右図は、光電場計測装置の光学系内に設置された様子。

この光電場計測装置において、光電場の対称性を検出するのに必要な高電圧電場を印加するロゴウスキー電極とそのハウジングの作製を装置開発室に依頼しました。わたしが光電場計測の装置を作ることを考えているときに、装置開発室の事務室の前に展示してある電極をたまたま見かけ、これがそのまま使えるのではないかと思ったことがきっかけです。わたしは、これまで高電圧の実験にあまり経験がなく、自分で電極を設計するのは不安だったのですが、展示されていた電極がそのまま光電場計測の実験に使えると考えて、水谷さんに相談をもちかけました。そして、この電極はもともと大島グループの依頼で作ったものということを知り、大島先生にも相談し、最終的には若干改造したものを装置開発室に作ってもらいました。この実験では、大気中で高電圧を印加します。印加する電圧が高ければ高いほど信号が大きくなるのですが、電場が高くなりすぎて、放電してしまうといけません。電極にするどい構造があると、その付近の電場強度が高くなり、低い電圧でも放電してしまうことがあります。ロゴウスキー電極は、電極の端のほうであっても高い電場がかからないように工夫された設計となっています。特に、大島先生が設計されたものは、真空中で数百 kV 程度の非常に高い電圧をかけることを想定したものでした。これは、わたしの考えていた実験に使用するには、かなりオーバースペックでしたが、これなら、確実に、大気中で可能な最大の電圧を印加できると思ったので、このデザインをほぼそのまま採用しました。最終的には、大気中において、ほぼ限界値の  $27\text{kV/cm}$  程度の電圧を印加することができました。

また、この高電圧に強度変調を加えることによって、高電圧による干渉信号だけ取り出し、信号雑音比の高い信号を得ることができます。そのような実験を行うためには、レーザーの繰り返し周波数を分周する回路が必要です。レーザーの繰り返し周波数を分周し、その周波数の信号の振幅をアナログで調整できる回路の作製についても、装置開発室に依頼しました。その出力を高電圧増幅器に接続し、増幅された高電圧をさきほどの電極に印加するというを行いました。

分子研の研究室は一般的に小規模ですが、装置開発室スタッフの方々から金属工作、電子回路工作などを強力にサポートしていただけるので、非常に心強いです。この場をかりて感謝したいと思います。

## 工作依頼

## 分子波束ダイナミクス可視化に向けた 新奇イオンイメージング装置の開発記

分子科学研究所 光分子科学研究領域 大島グループ 水瀬 賢太

光分子科学研究領域の大島グループでは、分子の回転・振動・反応といったダイナミクスの明瞭な可視化に向けて研究を展開してきた。本稿では、筆者が装置開発室の協力を得て開発しているイメージング装置について、その一部要素を紹介する。

我々の身の回りの（通常の）分子集団において、それぞれの分子はランダムに動き回っているため、分子の運動を可視化することは容易ではない。我々はフェムト秒レーザー電場を用いて分子の回転を制御した上でイメージング法を適用し、分子のダイナミクスを視覚的に捉えることを目指してきた。しかし、レーザー電場を用いた回転制御では、レーザーの進行方向と分子回転の軸が一致するため、位置検出器（カメラなど）を回転軸上に置いてしまうと、強いレーザー光も入射してしまう問題があり、装置の配置に困難があった。我々は、この問題を克服するため、まったく新規かつ独自のイメージング手法を考案し、

その手法を実現する装置の設計・開発を行ってきた。はじめの着想から2年近くかかってしまったが、今年度初めて“分子回転のスナップショットの撮影”に成功し（図1）、装置の有効性を示すことができた。なお、実験手法と装置の詳細は *Review of Scientific Instruments* 誌に投稿準備中である。

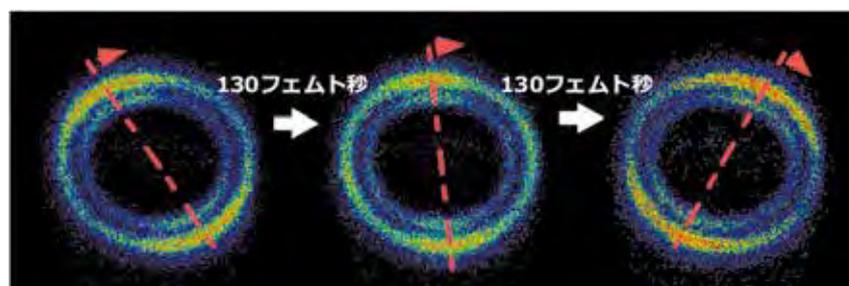


図1 超高速分子回転(波束ダイナミクス)の画像観測例。画像中の点線が、分子の向いている角度の最大値に相当し、それがフェムト ( $10^{-15}$ ) 秒からピコ ( $10^{-12}$ ) 秒の時間スケールで回転している。

今回開発した装置・測定系に組み込まれている要素の多くを分子科学研究所装置開発室にて製作していただいた。機械工作グループには、例えば特注分子線スキマー（水谷伸雄氏執筆の本誌記事参照）、低歪スリット、イオン電極、各種特殊光学素子ホルダーを、電子回路グループにはトリガ回路、高電圧電源・高速スイッチ（計5台以上）、素子保護回路などを製作していただいた。また、実験の試行錯誤に伴って、日常的に生じた追加工の要請や調整の依頼、さらには倉庫に眠っていた古い故障装置の調整修理相談や、筆者自身の作った稚拙な装置の不具合調整にも（おそらく快く）応じていただいた。以下、2例を抜粋して紹介する。

### ・イオン切り出しスリット（図2参照）

真空チャンバー内に設置し、分子（イオン）集団の中心部分を切り出すものであり、エッジが鋭く、かつ直線性の高い、分子線の流れを乱さないものが理想的である。最適なスリットを製



図2. 投影機のスクリーンで観察中のスリットエッジ。実際に観察することで、製品ごとの差が大きいことなども分かった。

作するため、装置開発室の奥深くに鎮座していた NIKON の大型投影機(V-24B)を、水谷氏の指導のもと利用させていただき、市販のスリットブレードの精査を行った。メーカーや型式、材質の異なるいくつかの製品を持参し、先端形状の違いを確認するとともに、MCP やデジタルカメラ（実験で用いる検出器）のピクセルサイズであるミクロンレベルで、傷の有無や直線性の精査を行った。最も歪みの小さかった製品について専用マウントを製作していただき、真空装置内に2か所設置した。このスリットによって、我々の目標としていた画像分解能が達成されている。

#### ・プログラマブル分周器（図3参照）

パルスレーザーを利用した実験では、例えば 500 Hz のレーザーと 100~250 Hz のパルスパルス、50 Hz のカメラなどといった、運転繰り返し周波数の異なる装置群の同期をとる必要がある。筆者は当初、汎用ロジック IC でトリガ用分周回路を製作していたが、新しい試行実験を思いつくたびに、違う分周比が必要になり、煩雑な再配線・はんだ付けやアルミケースの追加加工に追われていた。困った顔をして装置開発室に立ち寄ったところ、豊田技術職員がほんの数日で CPLD を用いたプログラマブル分周器を製作してくださった。（CPLD 利用回路の詳細や具体例については、豊田氏執筆の Annual Report バックナンバー等を参照されたい。）この回路によって筆者の苦労は（ハードウェア記述言語を理解する必要はあるが）激減し、多くの試行実験を効率的に行えるようになった。

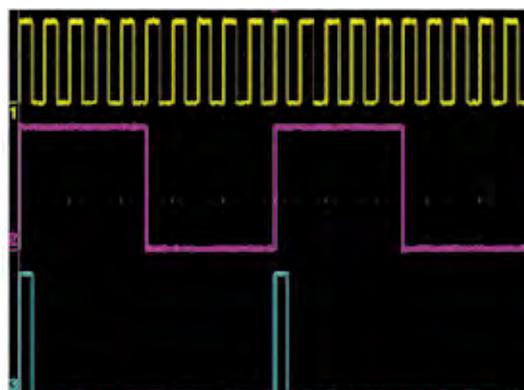


図 3. CPLD を用いたプログラマブル分周器の動作例（基本の偶数分周）.

これまで（例えば図1では）、分子の空間配置の情報を、原子イオンの画像として測定してきた。今後は独自開発の手法を電子イメージングへ展開し、様々な分子ダイナミクス追跡への道を広げていきたい。電子は原子イオンの約 10000 倍軽く、100 倍高速に運動するため、測定難度もその分上がってくる。高速パルサーや高効率画像処理、磁気シールドの製作、エッジの微細加工、など、装置開発室に相談したいことが現時点でいくつも思い浮かぶ。今後も装置開発室を頼りにさせていただきたい。マンパワー不足をはじめ、何かと苦しい実験室系の分子研研究者にとって、装置開発室の存在は研究推進に不可欠である。

## 装置開発室での思い出

名古屋大学大学院理学研究科 郵次 智

2009年4月に分子研に着任して丸4年、技術課の方々には大変お世話になりました。機械・金属工作から電気回路工作、ガラス工作と多岐にわたりお世話になりました。装置開発室での交流を通して学んだことは非常に多岐にわたり、これからの研究生活に役立つと確信しています。

大学院では無機化学を専攻し、研究対象は専ら新規金属錯体化合物の合成と物性評価であった私は、ガラス細工や電極作成の経験があった程度で、研究のための装置の改良・改造はおろか、本格的な実験装置を設計・製作する経験をしたことが殆どありませんでした。大学院を卒業して着任した分子研では、固体触媒の創製を中心とした物理化学のグループで研究活動を開始しました。固体触媒の調製や構造評価には錯体の合成・物性評価とは異なった実験装置や器具を使用すること、そして、それらを必要とあれば自作することを学びました。しかしながら、当初は材料一つをとっても知らないことが多く、どうしたら良いものかわからないときに、「分子研には装置開発室がある。研究活動を進めていくうえで必須且つ素晴らしい組織で、気軽に相談してみると良いよ。」と多くのスタッフの方々に教わりました。

元来ものづくり・工作が好きな性質で、初めて装置開発室の設備を見た時はわくわくしました。メインの研究活動のため、大型旋盤・フライス盤などの使い方を教わる機会がなかったのは残念ですが、実際の加工作業を生で見学でき、また、工具の取扱い方や回路工作を教わるのができたのは大変有意義でした。図面を引いて、もしくは現物を持参して製作をお願いし、できた製品を受け取るのが私の主な役目でしたが、実際は、装置開発室の中まで直接お邪魔して、一つ一つの実験器具・装置について技術職員の方々と材料・寸法・仕様等様々な観点からディスカッションすることで、計画している実験に最適な器具・装置の具体的なイメージを共に作り上げるプロセスに関わることができました。材料や加工など、知らないことも一から丁寧に教えていただきました。そして、このような過程を経て製作された実験器具・装置で行った実験からは、その特性をよく理解しているからか、有用なデータを数多く得ることができ、研究活動を大きく進歩させたことは言うまでもありません。また、私だけでなく、グループのメンバーも装置開発室において同様な経験をすることで、各々得るところがあったものと思います。

個性豊かなものづくりの専門家の方々に出会えたことが、私が分子研・装置開発室で得た最大の財産であると確信しています。現在、名古屋大学理学部に異動しましたが、ここにも装置開発室があり、分子研・装置開発室にいらした方や分子研・装置開発室をよくご存知の方もおります。(私が分子研から来たと言うと、〇〇さん元気？と聞かれます。元気な皆様の紹介ができるのも私が頻繁にお世話になったからだと思います。)。分子研・装置開発室でも引き続き、お世話になりたいと思っております。今後ともよろしく願いいたします。

最後に、私の所属するグループの、装置開発室で製作していただきました器具・装置の一部をご紹介します。



図 1、固体サンプル用 XAFS セル。  
サンプルを各穴に詰め、放射光施設  
(KEK、SPring-8) の台座にセット  
可能。

図 2、溶液サンプル用 XAFS セル。  
右は専用ホルダーに装着した状態。  
高真空下ガラス封じ切りが可能。  
クライオスタットに装着し、20 K  
の低温でも測定可能。

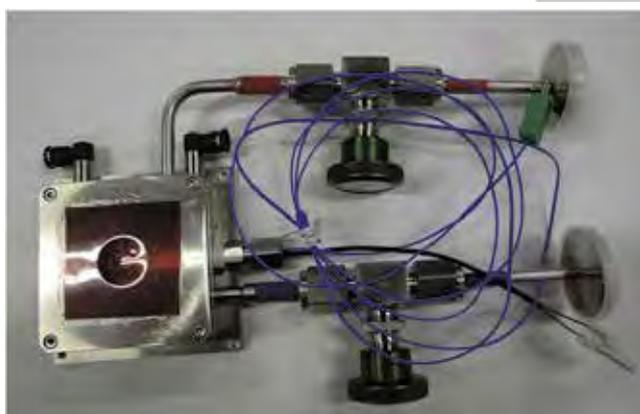


図 3、In-situ 空間分解 XAFS セル。  
加熱ヒーター、ガス導入機構を備える。

図 4、プログラム温度調節器。  
左はグループに元々あったものの  
改良版。右は新規製作の 2 台同時温  
調制御が可能なタイプ。マッフル炉  
やヒーターに連結して温調を行う。



## 施設利用

## 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

東北大学多元物質科学研究所 山崎優一、高橋正彦

我々は、化学反応とは物質内電子の運動の変化が先導して起こる核位置の変化であると定義づけ、次世代の化学反応可視化装置の試作を進めている。即ち、フェムト秒レーザーによって誘起された過渡不安定状態にある孤立分子を標的として、超短パルス高速電子線コンプトン散乱で生成する非弾性散乱電子、電離電子、解離イオンの三つの荷電粒子の運動量ベクトル相関を測定する装置—時間分解電子運動量分光装置 (TREMS)—の開発を行い、過渡系電子波動関数が運動量空間において時間発展する様をスナップショット的に観察する手法の開発・改良を行っている。本研究課題は、そうした装置をシステムとして完成させるため、TREMS 装置に特化した超音速分子線源ならびに画像観測イオン検出器を開発・製作することを目的としたものであり、平成 24 年度 (前期) から継続して施設利用を行ってきた。

これまでの施設利用においてはおもに、超音速分子線源の開発を行った。既に複数の装置要素が配置されている真空チャンバー内の極めて限られたスペースに分子線源を組み込むため、分子研装置開発室、東北大多元研機械工場、ならびに高橋らの研究グループの三者が綿密な議論を重ね、三次元設計図や構成部品の加重変形量・コンダクタンスの計算、さらには分子線の流体シミュレーションなどを基に、超音速分子線源の設計を行った。また、自作のアリ溝ステージとテフロン緩衝部品を組み合わせることで、簡便に分子線軸のアライメント調整を行う機構を開発した。完成した分子線源の外観を Fig.1 に示す。設計はおもに装置開発室にお願いし、加工を分子研および多元研両方で分担して製作期間の短縮を図り、TREMS 装置への分子線源の組み込みを三者合同で行った (Fig.2)。現在、製作した分子線源を用いたテスト実験を行い、分子線の性能評価を行っている。なお、本研究成果の一部は、平成 21 年度 (後期) 施設利用で製作いただいた多重同時計測電子回路[1]と併せて、複数の学術誌に発表した[2,3]。

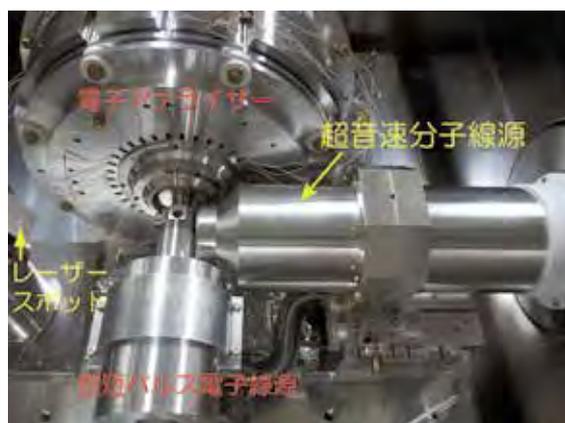


Fig. 1 製作した超音速分子線源を時間分解電子運動量分光装置に組み込んだ様子



Fig.2 装置開発室の職員の皆さんと時間分解電子運動量分光装置 (左から水谷伸雄氏、高橋正彦教授、矢野隆行氏、筆者、近藤聖彦氏、青山正樹氏)

## 参考文献

- [1] 山崎優一、高橋正彦、装置開発室 Annual Report 2010, p. 7  
 [2] M. Yamazaki *et al.*, *Meas. Sci. Technol.* **22** (2011) 075602.  
 [3] M. Yamazaki *et al.*, *Rev. Sci. Instrum.* **84** (2013) 063105.

今年度より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アンケートを行った。このアンケートは、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の調査を行うためのものである。なお、所内の工作依頼については当該年度、施設利用については過去3年に遡ってアンケートの依頼を行った。所外利用者の回答率は14件中6件、所内は14件中8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

Y. Nagayama, D. Kuwahara, T. Yoshinaga, Y. Hamada, Y. Kogi, A. Mase, H. Tsuchiya, S. Tsuji-lio, and S. Yamaguchi, "Development of 3D microwave imaging reflectometry in LHD", Review of Scientific Instruments Vol. 83, 10E305(2012)
長山好夫, 吉永智一, 桑原大介, 山口聡一郎, 濱田泰司, 伊藤直樹, 伊藤康彦, 近木祐一郎, 間瀬淳, 石中兵, 土屋隼人, 飯尾俊二, LHD 実験グループ, "LHD におけるマイクロ波イメージング計測の開発", プラズマ・核融合学会誌 Vol. 87, 359-370(2011)
Y. Kowaka, N. Nakayama, T. Ishimoto, U. Nagashima, T. Yamanaka, N. Ozawa and M. Baba, "Internal conversion in the $S_1^1B_{3u}$ state of pyrene", Chemical Physics, Vol. 400, 178-184(2012)
M. Baba, K. Mori, M. Yamawaki, K. Akita, M. Ito, S. Kasahara and T. Yamanaka, "Vibronic Structure in the $S_1-S_0$ Transition of Jet-Cooled Dibenzofuran", The Journal of Physical Chemistry A Vol. 110, Number 33, 10000-10005(2006)
M. Baba, K. Mori, M. Saito, Y. Kowaka, Y. Noma, S. Kasahara, T. Yamanaka, K. Okuyama, T. Ishimoto, and U. Nagashima, " $CH_3$ Internal Rotation in the $S_0$ and $S_1$ States of 9-Methylanthracene", The Journal of Physical Chemistry A Vol. 113, Number 11, 2366-2371(2009)
Y. Semba, K. Yoshida, S. Kasahara, C.-K. Ni, Y.-C. Hsu, S. H. Lin, Y. Ohshima, and M. Baba, "Rotationally resolved ultrahigh-resolution laser spectroscopy of the $S_2^1A_1 \leftarrow S_0^1A_1$ transition of azulene", The Journal of Chemical Physics Vol. 131 Number 2, 024303(2009)
M. Baba, M. Saitoh, Y. Kowaka, K. Taguma, K. Yoshida, Y. Semba, S. Kasahara, T. Yamanaka, Y. Ohshima, Y.-C. Hsu, and S. H. Lin, "Vibrational and rotational structure and excited-state dynamics of pyrene", The Journal of Chemical Physics Vol. 131 No.22, 224318(2009)
Y. Kowaka, Y. Suganuma, N. Ashizawa, N. Nakayama, H. Goto, T. Ishimoto, U. Nagashima and M. Baba, "Ultrahigh-resolution laser spectroscopy of the $S_1^1B_{2u} \leftarrow S_0^1A_g$ transition of perylene", Journal of Molecular Spectroscopy Vol. 260 No. 1, 72-76(2010)
M. Yamazaki, H. Satoh, M. Ueda, D. B. Jones, Y. Asano, N. Watanabe, A. Czasch, O. Jagutzki, and M. Takahashi, "A highly sensitive electron momentum spectrometer incorporating a multiparticle imaging detector", Measurement Science and Technology vol. 22, 075602(2011)
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 vol. 84, 063105(2013)
N. Ishiguro, T. Uruga, O. Sekizawa, T. Tsuji, M. Suzuki, T. Sasabe, N. Kawamura, M. Mizumaki, K. Nitta, T. Yokoyama, and M. Tada, "Visualization of the Heterogeneity of Cerium Oxidation States in a Single Pt/Ce <sub>2</sub> Zr <sub>2</sub> O <sub>x</sub> Catalyst Particle by Nano-XAFS", Angewandte Chemie International Edition に現在投稿中
S. Miyake, Y. Ohshima, "Injection-seeded optical parametric amplifier for generating chirped nanosecond pulses". Opt. Express Vol. 21 Iss. 5, 5269-5274(2013)
T. Narushima and H. Okamoto, "Strong Nanoscale Optical Activity Localized in Two-Dimensional Chiral Metal Nanostructures," J. Phys. Chem. C., DOI: 10.1021/jp409072h, (2013) in press.
T. Narushima and H. Okamoto, "Circular Dichroism Nano-Imaging of Two-Dimensional Metal Nanostructures," , Phys. Chem. Chem. Phys. (communication), 15, 13805-13809 (2013)
Y. Nomura, Y. T. Wang, T. Kozai, H. Shirai, A. Yabushita, C. W. Luo, S. Nakanishi, and T. Fuji, "Single-shot detection of mid-infrared spectra by chirped-pulse upconversion with four-wave difference frequency generation in gases," Opt. Express 21, 18249-18254 (2013).
T Ohigashi, H Arai, T Araki, N Kondo, E Shigemasa, A Ito, N Kosugi and M Katoh, "Construction of the Scanning Transmission X-ray Microscope Beamline at UVSOR", AIP Conf. Series.

学会発表一覧

長山好夫, 杉戸正治, 桑原大介, 「マイクロ波カメラの開発」, 電子情報通信学会・マイクロ波研究会, 東京, 2013年9月.
馬場正昭, 国重沙知, 山中孝弥, 村上慧, 依光英樹, 大須賀篤弘, 「新規合成ナフトフラン類の超音速ジェットレーザー分光とその分光学的性質」, 第7回分子科学討論会, 京都, 2013年9月.
川畑愛, 国重沙知, 鹿取俊治, 馬場正昭, 山中孝弥, 東林修平, 櫻井英博, 「スマネンの超音速ジェット中高分解能スペクトル」, 第7回分子科学討論会, 京都, 2013年9月.
山中孝弥, 馬場正昭, 鹿取俊治, 川畑愛, 国重沙知, 高須洋介, 高橋義朗, 「Yb <sub>2</sub> 分子のポテンシャルエネルギーと振動準位の研究」, 第7回分子科学討論会, 京都, 2013年9月.
鹿取俊治, 川畑愛, 馬場正昭, 国重沙知, 山中孝弥, 「側辺縮合環式炭化水素の電子励起状態と励起状態ダイナミクス」, 第7回分子科学討論会, 京都, 2013年9月.
須崎浩生, 丸山晃弘, 馬場正昭, 鹿取俊治, 川畑愛, 国重沙知, 林雅人, 大島康裕, 「高分解能りん光励起スペクトルによる三重項SO <sub>2</sub> 分子の研究」, 第7回分子科学討論会, 京都, 2013年9月.
M. Baba, "Structure and Radiationless Transition of Pahl: Ultrahigh-Resolution Spectroscopy and AB Initio Calculation", 64th OSU International Symposium on Molecular Spectroscopy, Ohio, USA, Jun. 2009.
M. Baba, "Spectral Dissimilarities between Azulene(C <sub>10</sub> H <sub>8</sub> ) and Naphthalene(C <sub>10</sub> H <sub>8</sub> )", 65th OSU International Symposium on Molecular Spectroscopy, Ohio, USA, Jun. 2010.
Y. Kowaka, N. Ashizawa and M. Baba, "Vibrational and Rotational Structure and Excited-State Dynamics of Pyrene", 65th OSU International Symposium on Molecular Spectroscopy, Ohio, USA, Jun. 2010.
N. Ashizawa, Y. Suganuma, Y. Kowaka and M. Baba, "Structure and Excited-State Dynamics of Perylene: Ultrahigh-Resolution Spectroscopy and AB Initio Calculation", 65th OSU International Symposium on Molecular Spectroscopy, Ohio, USA, Jun. 2010.
山崎優一, 「波動関数の立体特性を解明する多次元電子分光法の開発とその分子科学への応用」, 第11回東北大学多元物質科学研究所研究発表会, 宮城, 2011年12月.
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, Aug. 2012.
山崎優一, 「多次元電子分光による電子波動関数の立体特性に関する研究」, 日本物理学会第68回年次大会, 広島, 2013年3月.
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, Jul. 2013.
M. Yamazaki and M. Takahashi, "Development of time-resolved 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, Aug. 2013.
石黒志, 宇留賀朋哉, 関澤央輝, 辻卓也, 鈴木基寛, 河村直己, 水牧仁一郎, 新田清文, 横山俊彦, 唯美津木, 「X線ナノビームを用いた顕微XAFS法によるPt/Ce <sub>2</sub> Zr <sub>2</sub> O <sub>x</sub> 触媒粒子内のCe酸化状態のイメージング」, 日本放射光学会年会, 広島, 2014年1月.
水瀬賢太, 大島康裕, 「イオン画像観測装置の新奇デザインと分子ダイナミクス追跡への応用」, 第7回分子科学討論会, 京都, 2013年9月.
K. Mizuse and Y. Ohshima, "A new ion imaging configuration for non-Abel-invertable systems.", 第29回化学反応討論会, 宮城, 2013年6月.
三宅伸一郎, 「コヒーレント分布操作を目指した新規高輝度狭帯域レーザーの開発」, 先端的レーザー分光技術による分子科学の新展開, 愛知, 2013年2月.
成島哲也, 岡本裕巳, 「近接場光学顕微鏡によるナノスケール円偏光二色性イメージング」, 日本分光学会中部支部講演会, 愛知, 2013年3月.
成島哲也, 岡本裕巳, 「キラルなナノ構造体の局所光学活性 -近接場ナノイメージング-」, 日本分光学会北海道支部シンポジウム, 北海道, 2013年3月.

T. Narushima, and H. Okamoto, "Nanoscale Circular Dichroism of 2D Chiral Nanostructures" , JSAP-OSA Joint Symposia (73rd JSAP Autumn Meeting, 2012), Ehime, Japan, Sep. 2012.
T. Narushima, and H. Okamoto, "Direct Imaging of Nanoscale Circular Dichroism" , The international conference on Near-field optics, Nanophotonics and related techniques (NFO12), San Sebastian, Spain, Sep. 2012.
S. Hashiyada, T. Narushima and H. Okamoto, "Nanoscale Strong Optical Activity of Metallic Nanostructures" , A Peter Wall Colloquium Abroad and The 73rd Okazaki Conference on "Coherent and Incoherent Wave Packet Dynamics" , Aichi, Japan, Oct. 2013.
T. Narushima, Y. Harada and J. Yoshinobu, "Development of Transmission Infrared Spectroscopy for Surface Chemistry under External Stress" , 14th international conference on vibrational at surfaces (VAS14), Hyogo, Japan, Sept. 2012.
T. Narushima and H. Okamoto, "Near-field Circular Dichroism Imaging for Nanostructures" , Yamada Conference LXVI Tokyo, Japan, May. 2012.
橋谷田俊, 成島哲也, 岡本裕巳, 「アキラルな2次元金ナノ構造体における局所光学活性」, 日本光学会年次学術講演会 Optics & Photonics Japan 2013, 奈良, 2013年11月.
成島哲也, 橋谷田俊, 岡本裕巳, 「キラルな金属ナノ構造が示す巨視および微視的な光学活性」, 第7回分子科学討論会, 京都, 2013年9月.
成島哲也, 「キラルな2次元金属ナノ構造に発現するナノ空間の強い光学活性」, 第3回光科学異分野横断萌芽研究会, 神奈川, 2013年8月.
成島哲也, 岡本裕巳, 「2次元金属ナノ構造体のキラリティの局所観察」, 日本光学会年次学術講演会 Optics & Photonics Japan 2012, 東京, 2012年10月.
成島哲也, 岡本裕巳, 「ナノスケール円偏光二色性イメージング装置の開発」, 第59回応用物理学連合講演会, 東京, 2012年3月.
N. Takei, "Ultrafast coherent control of an ultracold Rydberg gas" , 15th Japan-Korea Symposium on Molecular Science: Hierarchical Structure from Quantum to Functions of Biological Systems, Hyogo, Japan, Jul. 2013.
N. Takei, "Ultrafast coherent control of an ultracold Rydberg gas" , The 72nd Okazaki Conference on "Ultimate Control of Coherence" , Aichi, Japan, Jan. 2013.
N. Takei, "Ultrafast coherent control of an ultracold Rydberg gas" , International Workshop on Quantum Dynamics and Quantum Walks, Aichi, Japan, Nov. 2012.
N. Takei, "Ultrafast coherent control of an ultracold Rydberg gas" , International Workshop on Cooperative Quantum Dynamics and Its Control (CQDC' 12), Jülich, Germany, Oct. 2012.
武井宜幸, 「極低温リユードベリ原子の超高速コヒーレント制御」, 研究会「先端的レーザー分光技術による分子科学の新展開」, 愛知, 2013年2月.
武井宜幸, C. Sommer, 後藤悠, 子安邦明, 千葉寿, G. Pupillo, M. Weidemüller, 大森賢治, 「極低温リユードベリ原子の超高速コヒーレント制御II」, 日本物理学会第68回年次大会, 広島, 2013年3月.
武井宜幸, C. Sommer, 子安邦明, 千葉寿, 大森賢治, 「極低温リユードベリ原子の超高速コヒーレント制御」, 日本物理学会2012年秋季大会, 神奈川, 2012年9月.
C. Sommer, N. Takei, H. Goto, K. Koyasu, H. Chiba, G. Pupillo, M. Weidemüller, and K. Ohmori, "Ultrafast coherent control of an ultracold Rydberg gas" , The 11th US-Japan Joint Seminar on Quantum Electronics and Laser Spectroscopy "Ultimate Quantum Systems of Light and Matter-Control and Applications" , Nara, Japan, Apr. 2013.
武井宜幸, C. Sommer, 後藤悠, 子安邦明, 千葉寿, G. Pupillo, M. Weidemüller, 大森賢治, 「極低温リユードベリ原子の超高速コヒーレント制御」, 第5回文部科学省 最先端の光の創成を目指したネットワーク研究拠点プログラムシンポジウム, 東京, 2013年1月.
C. Sommer, N. Takei, H. Goto, H. Chiba, C. P. Kock, and K. Ohmori, "Enhanced pump-probe detection of photoassociated ultracold Rubidium molecules via strong spin-orbit interaction" , The 72nd Okazaki Conference on "Ultimate Control of Coherence" , Aichi, Japan, Jan. 2013.
N. Takei, C. Sommer, K. Koyasu, H. Chiba, and K. Ohmori, "Ultrafast coherent control of an ultracold Rydberg gas" , Gordon Research Conferences: Quantum Science, Easton, MA, USA, Aug. 2012.
武井宜幸, C. Sommer, 子安邦明, 千葉寿, 大森賢治, 「極低温リユードベリ原子の超高速コヒーレント制御」, 第9回AMO討論会, 埼玉, 2012年6月.

T. Fuji and Y. Nomura, "Pulse characterization with absolute carrier-envelope phase value", CLEO-PR & OECC/PS 2013, Kyoto, Japan, Jun. 2013.
T. Fuji, Y. Nomura, Y.-T. Wang, A. Yabushita, C.-W. Luo, T. Kohzai, and S. Nakanishi, "Chirped-pulse upconversion of mid-infrared pulses with four-wave difference frequency generation in gases", CLEO-PR & OECC/PS 2013, Kyoto, Japan, Jun. 2013.
T. Fuji and Y. Nomura, "Complete waveform characterization of ultrashort pulses", CLEO: Science and Innovations 2013, San Jose, CA, USA, Jun. 2013.
T. Fuji, Y. Nomura, Y.-T. Wang, A. Yabushita, and C.-W. Luo, "Mid-infrared chirped-pulse upconversion with four-wave difference frequency generation in gases", CLEO: Science and Innovations 2013, San Jose, CA, USA, Jun. 2013.
T. Ohigashi, H. Arai, T. Araki, N. Kondo, E. Shigemasa, A. Ito, N. Kosugi and M. Katoh, "Construction of the Scanning Transmission X-ray Microscope Beamline at UVSOR", The 11th of International Conference on X-ray Microscopy, Shanghai, China, Aug. 2012.

### 受賞一覧

プラズマ・核融合学会第16回技術進歩賞, 長山好夫, 吉永智一, 桑原大介, 山口聡一郎, 2011年
日本物理学会第7回若手奨励賞, 山崎優一, 2013年
第43回科学計測振興会賞, 山崎優一, 2011年
Best poster award (Young Scientist), Yamada Conference LXVI, T. Narushima and H. Okamoto, 2012.

### 特許

「赤外光スペクトル計測装置及び方法」特許 2013-027042、出願日 2013年2月14日 発明者：藤貴夫、野村雄高
--

### 施設利用申請課題一覧

申込者名	所属	研究課題（備考）
宇理須恒雄	名古屋大学革新ナノイテック研究センター	光神経電子集積回路素子の20チャンネル電子回路をふくむシークエンサー制御機構の開発
宇理須恒雄	名古屋大学革新ナノイテック研究センター	光神経電子集積回路素子の20ch-500点細胞播種用PMMA基板開発とマイクロ流路開発
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開発-DXL位置合わせ精度向上-
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	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
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
深澤有吾	名古屋大学大学院 医学系研究科	人工脂質膜上の脂質クラスターの可視化と脂質プローブの検出感度推定
松下幸司	名古屋大学 全学技術センター	形彫放電加工機による透過型電子顕微鏡部品製作
宇理須恒雄	名古屋大学革新ナノイテック研究センター	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
星名賢之助	新潟薬科大学 薬学部	高電圧高速バルススイッチング回路の製作

## 研究会発表一覧

研究会、会議名	タイトル	発表者
平成 24 年度 愛媛大学総合技術研究会 2013 年 3 月 7 日～ 8 日	微小電圧 (mV) パルス発生器の製作 (ポスター発表)  ARM マイコンを用いた LAN 接続 BPM 切替器の開発 (ポスター発表)  CMOS アナログ LSI の製作 (口頭発表)  フォトリソグラフィによる マイクロ流路ミキサの製作 (ポスター発表)  超精密切削加工による MgF2 非球面レンズの製作 (ポスター発表)	○吉田久史  ○豊田朋範 林憲司 加藤政博  ○内山功一  ○高田紀子  ○近藤聖彦 青山正樹 高田紀子 鈴木光一 立花健二 鳥居龍晴 三ツ井健司 岡田則夫
第 8 回 自然科学研究機構技術研究会 2013 年 6 月 6 日～ 7 日	装置開発室エレクトロニクス・セクションの 工作依頼業務の紹介 (口頭発表)  7 軸調整位置合わせステージ及び薄型 X-Y ステージの製作 (口頭発表)	○吉田久史  ○水谷伸雄
ICALEPCS 2013 2013 年 10 月 6 日～ 11 日	RF Signal switching system for electron beam position monitor utilizing ARM microcontroller (ポスター発表)	○豊田朋範 林憲志 加藤政博

# RF Signal switching system for electron beam position monitor utilizing ARM microcontroller

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, Fig. 1 & Table 1) is a synchrotron radiation research facility at the Institute for Molecular Science(IMS).



Fig. 1: Portrait of UVSOR storage ring

Table 1: Key parameters of UVSOR III

Electron Beam energy	750MeV
Circumference	53.2m
Straight Sections	4m X 4, 5m X 4
Emittance	17nm-rad
Energy Spread	5.4m X 10 <sup>-4</sup>
Betatron Tunes	(3.70, 3.20)
Momentum Compaction Factor	0.033
XY Coupling(presumed)	3%
RF Accelerating Voltage	100kV
RF Frequency	90.1MHz

## 2. BPM and Purpose of switching system

The storage ring of UVSOR has 24 BPMs (Fig. 2), each of which consists of 4 electrodes (Fig. 3).

To assist the commissioning procedure, we have developed a RF signal switching system controlled through LAN (Fig. 4).

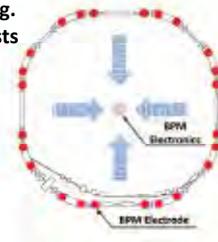


Fig. 2: Wiring diagram of BPM signals



Fig. 3: Electrodes of BPM



Fig. 4: Photo of RF signal switching system(front view)

## 3. RF signal switching system

The RF signal switching system(Figs. 4 and 5) consists of a signal switching circuit with "mbed", FETs, and coaxial switches. By this system, we can select signals from 8 x 4 = 32 BPM signals to 1 x 4 = 4 BPM signals with coaxial switches of SPDT type and SP4T type.

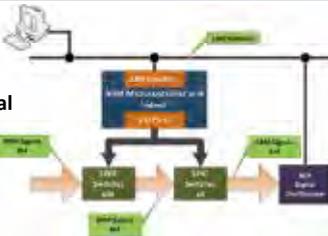


Fig. 5: Block diagram of RF signal switching system 1

## 4. Control "mbed" with "mbedRPC.js"

When we operate the control application, the "mbed" responds as an HTTP server. At this time, "mbedRPC.js" which is built in the control application controls the I/O ports of the "mbed", and switches the coaxial switches(Fig. 6).

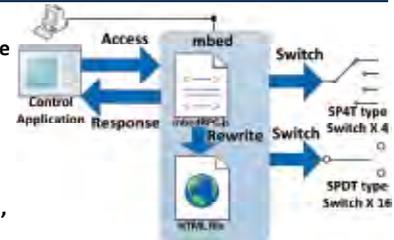


Fig. 6: Block diagram of RF signal switching system 2

## 5. Programming using "mbedRPC.js"

1. We include "mbedRPC.js" and define I/O ports.
2. We describe the operation buttons in HTML.
3. We describe the operation in JavaScript.
4. We write values for variables to read or write I/O ports.

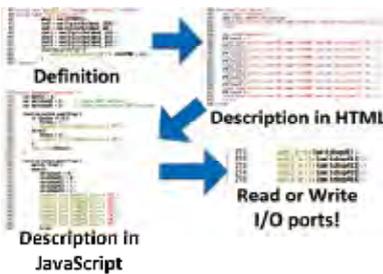
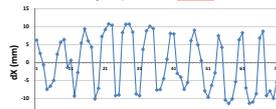


Fig. 7: procedures of programming

## 6. Performances

Tune Measure (Horizontal)  
11 cycles / 3 turns = 3.7 (vex)



Tune Measure (Vertical)  
9.5 cycles / 3 turns = 3.2 (vex)

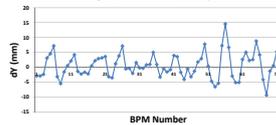
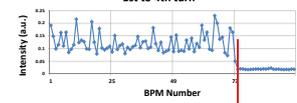


Fig. 8: Rough tune Measurement by Horizontal / Vertical Trajectory

4 electrode SUM  
1st to 4th turn



Beam loss caused by Vertical Oscillation after 3 turns. Change in sum of 4 electrodes signals clearly exhibits the position of beam loss. This case: in B2 bending duct

Fig. 9: Utilizing Sum Signal (example)

## 7. 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.

## 8. Future plan

1. Improvement of accuracy by advanced data processing (pulse form fitting, etc.) and learning LPC1769 (Fig. 10)
2. Easy swap between Ordinary BPM (Bergoz. Co.) and TBTBPM (extended switcher system)
3. Automatic BPM switching, data acquisition, and data processing)



Fig. 10: LPC1769 base board

## 脆性材料基板への穴加工について

青山 正樹

石英ガラスや単結晶シリコンおよびサファイヤなどの基板材料は硬く脆いため、機械加工を行うことは容易ではない。これら脆性材料の加工には、水などに混合した砥粒を、超音波振動を付与した工具と加工物の間に介在させて衝撃破砕を行う超音波加工が一般的である。しかし超音波加工には専用の加工装置が必要となるため、我々は一般的なミールング装置にダイヤモンド電着工具を取り付けてドリル加工を行っている。この加工方法によりホウケイ酸ガラスに対しては、マイクロ流体デバイスの試薬導入用の穴加工に適用して良好な結果を得てきた。本報告では、今後製作依頼の持ち込まれそうな石英ガラス、単結晶シリコン、サファイヤなどの基板材料について、電着工具ドリル加工が適用可能かどうかテスト加工を行ったので紹介する。

### 1. テスト加工方法

テスト加工には装置開発室で自作した精密フライス盤を使用した。本装置は最高回転数40,000rpmの主軸用スピンドルモーターとX-Y-Zステージで構成されており、ステージは0.1 $\mu$ m分解能で動作する。加工試料はX-Y-Zステージ上に取り付けられたバイスに固定し、Z軸ステージを上昇させることにより加工を行った。加工動作はZ軸ステージを試料に対して10 $\mu$ m切り込んだ後、加工開始位置まで戻し、さらに先ほどより10 $\mu$ m切り込んだ後、また加工開始位置まで戻すという動作を0.8mm/minの移動速度で繰り返し行い、厚み0.5mmの基板に対して貫通穴加工を行った。これを工具が破損するまで、あるいは穴周辺部が著しく大きく欠けるまで繰り返し行い、多数個の穴加工を行った。

### 2. テスト加工結果およびまとめ

図1は石英ガラスに主軸回転数20,000rpmと40,000rpmで $\phi$ 0.3mmの加工を行った時の加工回数と基板裏側と表側に発生した欠けの面積を示した。20,000rpmでは、5回目の加工で加工物の両面で著しく大きな欠けが発生した。40,000rpmでは7回加工後でも欠けの面積は大きく増加することなく良好な加工結果が得られた。図2に単結晶シリコンのテスト加工結果を示した。石英ガラス同様に欠けは基板裏側、表側ともに0.02mm<sup>2</sup>程度生じたが15回加工を行っても欠け面積の増加は見られなかった。サファイヤは、1回目の加工で図3に示した通り基板裏側に大きな欠損

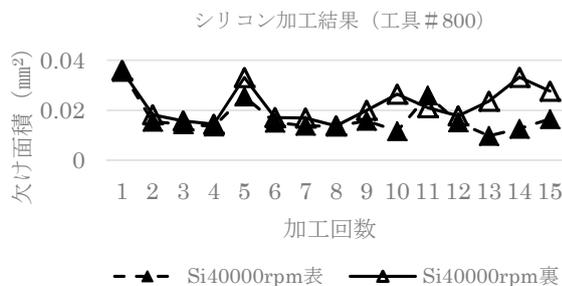


図2 シリコン加工回数と欠け面積

石英ガラス加工結果 (工具#800)

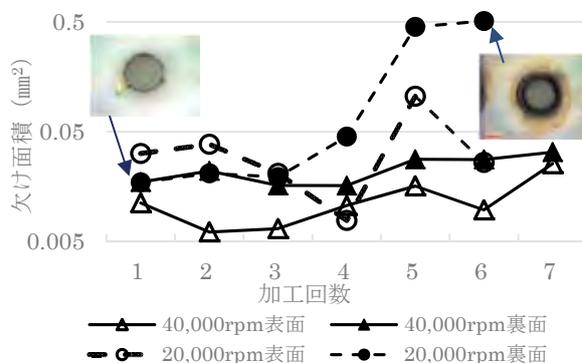
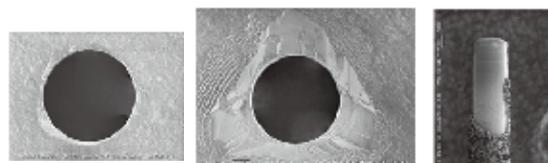


図1 石英ガラス加工回数と欠け面積

が生じた。また工具も電着ダイヤモンド層がはがれ2回目以降は加工ができなかった。サファイヤについては加工条件についてさらに詳細に検討を行う必要があるとともに、別の加工方法についても調査する必要がある。



表側 裏側 加工後工具

図3 サファイヤ穴加工

## 切削加工による分子線スキマーの製作

水谷伸雄

はじめに

超音速ノズルとコーン型スキマーの組合せによる分子線源の開発は、1950年代から始まり、装置開発室においても、1980年頃から製作に関わってきた。その間に研究者の方々から寄せられた情報を含め、これまでに製作してきたスキマーについて報告する。なお、今回報告するスキマーは、ステンレス 304 丸棒を旋盤加工で製作した。

先端穴径

分子線源の開発には高真空チャンバーが必要不可欠だが、1980年頃の真空装置は油拡散ポンプが主流で、現在と比べると排気速度や到達真空度に於いて決して十分なものではなかった。このような状況で求められたスキマーは、超音速ノズルから放射状に噴出し続ける大量のガス（分子）の直進成分のみを切り分けつつ、測定室の真空度を悪化させないように差動排気の役割も持つため、先端穴径は $\phi$ 数十 $\mu\text{m}$ 程度のものが求められた。筆者が最初に手がけたスキマーも先端穴径 $\phi 70\mu\text{m}$ を求められたが満足の行く物はできず、 $\phi 100\mu\text{m}$ 以上の穴径になったと記憶している。このように理論的には小さな穴径を必要としたスキマーだが、切削加工での小径穴加工は難しく、エッジ部に平面部分が残ったり、穴形状がいびつな場合などは、衝撃波の発生により直進しようとする分子の進行が乱され、検出器へ到達する分子の量が減少してしまうばかりか、エッジ部分に不純物が堆積して穴を塞いでしまうこともあった。このような状況から確実に直進成分の分子を取込むために、スキマー先端穴径は $\phi 0.2\text{mm}$ ～ $\phi 1.0\text{mm}$ 程度の物が求められるようになった。なお近年では、排気ポンプやパルスバルブノズルの性能向上もあり先端穴径 $\phi 1.5\text{mm}$ ～ $\phi 3.0\text{mm}$ の製作依頼が多い。

先端穴形状

穴の形状と仕上りの良し悪しは分子の切り分けに大きく影響する。穴は円形で、分子の流れに対し垂直に位置し、厚みのない鋭いエッジ形状が望ましく、穴内面は、円筒部分のないテーパー形状が良い。図1にスキマー先端穴部分、図2にスキマーのカットモデルと分子の飛行イメージを示す。

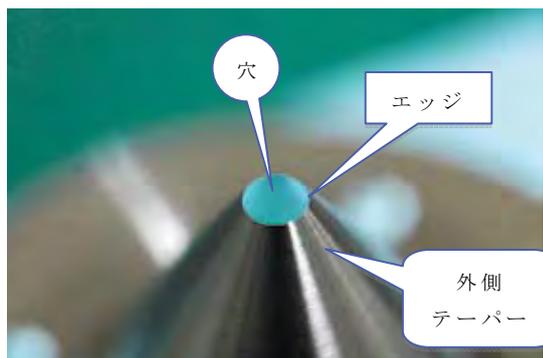


図1 スキマー先端穴部分

先端穴は、外側テーパーと内側テーパーが交差しエッジを形成する

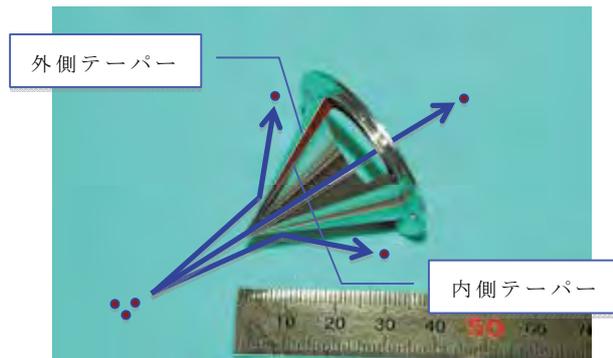


図2 カットモデルと分子の飛行イメージ

テーパー角度

スキマーのテーパー角度は、良質の分子線を得る上で大切な要素である。ノズルから噴出した分子をまともに受ける外側のテーパー角度は鋭い（小さい）ほど良い。これは、スキマー先端に衝突した分子のうち、外に弾かれる分子をスムーズに切り離すことで、穴を通過しようとする分子の流れを乱し難いからである。逆に外側のテーパー角度が鈍角（大きい）の場合、穴周辺で発生する衝撃波の影響により直進しようとする分子の流れを乱してしまう。

一方、内側のテーパ角度は大きいほど良く、テーパ角度が小さい場合は、スキマーの穴を通過した分子のうち、穴のエッジ部分に接触して進路の乱れた分子がテーパ内壁でさらに乱反射し、直進する分子の妨げになるからである。これらを踏まえ、当初は、テーパ外角 65 度、内角 56 度が良いとされ製作していた。また、装置設計時に寸法上の制約がある場合でも、おおむね 40 度～70 度の範囲で製作してきた。



図3 各サイズの分子線スキマー



図4 鋭角スキマー

#### 鋭角スキマーの製作

図3に示すようにこれまでいろいろな大きさのスキマーを製作してきたが、テーパ角度はほぼ同じであった。今回、光分子科学第一部門、大島グループ、水瀬賢太助教より依頼を受け、外側テーパ角度 30 度、内側 25 度のスキマーを製作した。(図4) 前述の通り、外側テーパ角度を鋭くすることは、分子の切り離しに有利だが、内側テーパ角度が鋭くなるのは、エッジ形状が不完全な場合、内面反射が生じて不利である。加えて、製作段階に於いても、内角が鋭いと穴近辺の作業性が悪くなり、仕上げ加工が難しくなる。穴内面の仕上りの良し悪しは、エッジの出来映えを大きく左右するため慎重な作業が求められた。

今回製作した穴径は $\phi 1.5$  mmと $\phi 3.0$  mmの2種類で穴径としては比較的大きく、満足に行くエッジ形状に仕上がったが、さらに鋭いテーパ角度や小さな穴径が求められた場合は、製作方法の見直しも必要であろう。ただ、分子線源の開発は、スキマーの形状もさることながら、ノズルや加速電極などの配置、排気系との組合せも重要であり、これらバランスの良い装置製作に助力して行きたい。

#### おわりに

東北大学多元物質科学研究所 高橋正彦教授より、先端穴が楕円形状のスキマー製作が打診されている。これは、既存の実験装置に組込まれている円形スキマーと置き換えることで、測定性能の向上を目指すものだが、寸法の制約もあり新たな課題になっている。

## 経年変化による工作機械の機械精度調査について

矢野 隆行

### 1. はじめに

本報告書の別ページに掲載されているが、技術職員研修時に使用したワイヤ放電加工機で加工したテストピースが、予定されていた寸法よりも小さく加工されていることが判明した。そこでワイヤ放電加工機について工作精度検査を行ったので報告する。

### 2. 加工機について

装置開発室にはワイヤ放電加工機として三菱電機製 DWC-90H (図 1) とシャルミー社製 ROBOFIL 2020Si (図 2) の 2 機が設置されている。2 機の違いは、DWC-90H がジェットノズルで加工液を吹き付けながら加工をするのに対し、ROBOFIL2020Si は加工液(水)中に加工物を沈めて加工をするという点にある。DWC-90H は 1988 年 3 月に、ROBOFIL 2020S は 2002 年 3 月に導入された。



図 1 三菱電機 DWC-90H



図 2 シャルミー ROBOFIL 2020Si

### 3. 加工上の問題点

今年度行われた技術職員研修には、導入から 25 年を経過した DWC-90H を使用した。詳しい結果は、技術職員研修報告のページを参照して頂くことにして、測定結果をみると、加工形状の 2 つの場所で顕著な結果を得た。一つは凸部形状で設定値に対して小さめの、もう一つは凹部形状で設定値に対して大きめの数値を得た。この結果を受け、同様の形状の再加工と測定を行った。ただし、今回はデジタルマイクロメータで測定を行うため、およそ 3 倍程度形状を拡大して製作した。製作した形状を図 3 に示す。

### 4. 結果(1)

加工したテストピースの測定結果を表 1 に示す。図 3 に示すように凸・凹部ともに上面から 2.5mm おきに測定点 (A~C) を設け測定を行った。材料にはアルミ合金(A5052:t10)を使用した。なお、この加工は技術職員研修と同じく 1st Cut (一回加工) のみとした。また、加工時間は、28 分 45 秒であった。

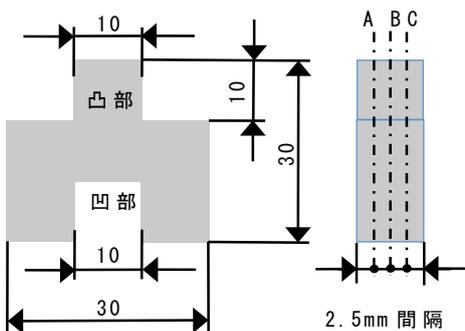


図 3 テストピース形状

表 1 テストピース加工結果

測定点	オフセット量	凸部		凹部	
		実測値 [mm]	設定値 [mm]	実測値 [mm]	設定値 [mm]
A	140µm	9.941	10	10.047	10
B		9.943		10.043	
C		9.945		10.046	

測定の結果、今回の結果からも 50~60 $\mu$ m ほど設定した寸法から差が生じる結果となった。これに関しては、加工条件表にも記載されているが、加工条件によって、オフセット量<sup>1</sup>がある程度の範囲を持っており、加工の事前準備として適切なオフセット量の値を確定すれば、それほど重大な問題ではないと考える。また、本来のワイヤ放電加工機の使用方法から考えると、寸法精度が必要な加工は 1<sup>st</sup> Cut で終了せず、2<sup>nd</sup>~3<sup>rd</sup> Cut を行うのでそのオフセット量調整で十分対応できる。

現状では、加工機の精度が出ているかどうかの判断ができないため、ワイヤ放電加工機の精度検査を行うことにした。

### 5. 加工テスト

加工テストには、本来 JISB6360 に規定されている工作精度検査を行うのが妥当と考えられるが、接触式の三次元座標測定器や真円度測定器がないため断念した。その代わりに、アジェ・シャルミー社がテスト加工に用いている方法と形状を採用した。(図 4) テストピースの材質はステンレス鋼(SUS304)とし、ワークピースの厚みは 25mm とした。これを DWC-90H と ROBOFIL2020Si の両加工機で製作し、図 4 に示す A~I の寸法を上部(基準面から 20mm)、中間点(基準面から 12.5mm)、底部(基準面から 5mm)の 3箇所に分けて測定した。許容範囲は各部位とも $\pm 10\mu$ m である。

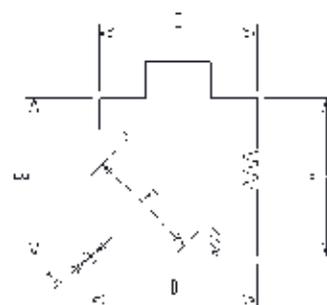


図 4 テスト加工形状

なお、加工は 3<sup>rd</sup> Cut までとし、それぞれの機械に付属する加工条件表に従って行った。また、測定にはデジタルマイクロメータを使用した。

### 6. 結果(2)

表 2 テスト加工形状測定結果

加工後の測定結果を表 2 に示す。DWC-90H も ROBOFIL2020Si も許容範囲である $\pm 10\mu$ m の範囲に入っていることがわかった。傾向として、DWC-90H が事前にオフセット量の調整なしに加工を行うと寸法よりも小さめに製作されることがわかる。これに対し

DWC-90H	A	B	C	D	E	I
	34.5mm	34.5mm	34mm	36mm	25mm	3mm
上部	-0.006	-0.005	-0.007	-0.007	-0.005	-0.008
中間点	-0.004	-0.002	-0.004	-0.004	-0.005	-0.006
底部	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.004	-0.007
2020Si	A	B	C	D	E	I
	34.5mm	34.5mm	34mm	36mm	25mm	3mm
上部	0.000	0.000	0.010	0.008	0.009	0.003
中間点	0.000	0.008	0.010	0.008	0.010	0.001
底部	-0.001	0.008	0.006	0.005	0.007	-0.001

ROBOFIL2020Si の方は寸法よりも大きめに製作される傾向がある。製作する立場から考えると、ROBOFIL2020Si の傾向は修正加工を実施することで寸法精度を得られることから、作業効率の良い工作機といえる。参考までに加工に費やした時間は、DWC-90H で 11 時間 30 分、ROBOFIL2020Si で 2 時間 40 分となった。

### 7. まとめと今後の課題

今回の結果から、DWC-90H で寸法精度を追求する場合、一度オフセット量の検討が必要となるが、工作機械に起因する重大な加工誤差はないと判断できる。今後 JISB6360 を用いた工作精度検査を実施すると共に、工作機械メーカーで実施している静的精度・動的精度の診断プランを検討したいと考えている。

<sup>1</sup> 仕上げ寸法に、放電ギャップとワイヤ径を見込んだ数値。

## MgF<sub>2</sub> 非球面レンズの再加工

近藤聖彦

2012年に製作した直径20mmのMgF<sub>2</sub>非球面レンズを詳細に観察すると、図1に示すようにレンズ中心付近においてプロペラ状の脆性面（マイクロクラック）が発生していた。この脆性面を減少させることができれば、レンズ性能の向上が期待できる。この向上を目指して非球面レンズの再加工を行った。

これを行うために脆性面が発生した原因について、加工時における振動に着目し、レンズの固定方法を変更した。今回は、図2に示すようにレンズと治具の接着にワックスを使用した。この方法は治具の中心軸とレンズの中心軸を一致させることが非常に難しくなる。我々は、図3に示すようにレンズを回転させながら、刃物でその表面を切削するため、このような中心軸のセッティング誤差（図2参照）は微小な振動源となり、表面性状の低下につながる。そこで、ワックスを使用せずにレンズを固定できる治具として、図4に示す真空チャック方式の治具を製作した。この治具を使用することにより、レンズと治具の中心軸合わせが容易になり回転振れを極小にすることができた。さらに、ワックスを加熱および冷却する時間などの作業工程が省かれるため、作業効率が向上した。また、図5に示すようにフィールドバランスにより主軸回転時のアンバランス振動ベクトル値が50 nm未満になるまで調整を行った後、MgF<sub>2</sub>非球面レンズ加工を行った。

前回より作業をスムーズに進めることができ、図6に示すように目視観察においては透明なMgF<sub>2</sub>非球面レンズを製作することができた。ただし、このレンズ表面を顕微鏡で観察すると、中心から4mmの範囲内（図6の点線状の円内）にプロペラ状の脆性面が前回と同様に確認された。

これまでに行ったMgF<sub>2</sub>を母材にした切削加工結果と比較して、平面形状（端面）を切削したときには観察されない脆性面が、非球面形状の切削時に発生することがわかった。現在、非球面形状と平面形状を切削する際、どのような違いがあるかについて検討を行っている。

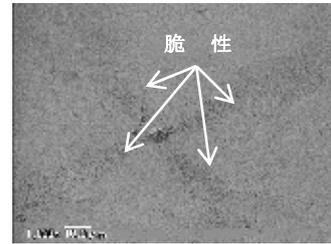


図1 中心付近の脆性面の様子



図2 ワックスでレンズと治具を接着した様子



図3 非球面レンズ加工の様子



図4 真空チャック方式の治具



図5 フィールドバランスによるアンバランス振動ベクトル調整

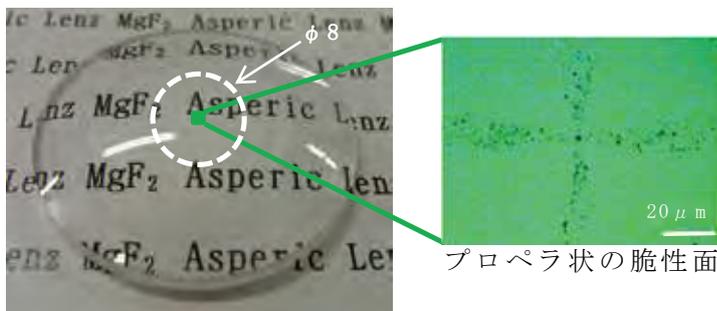


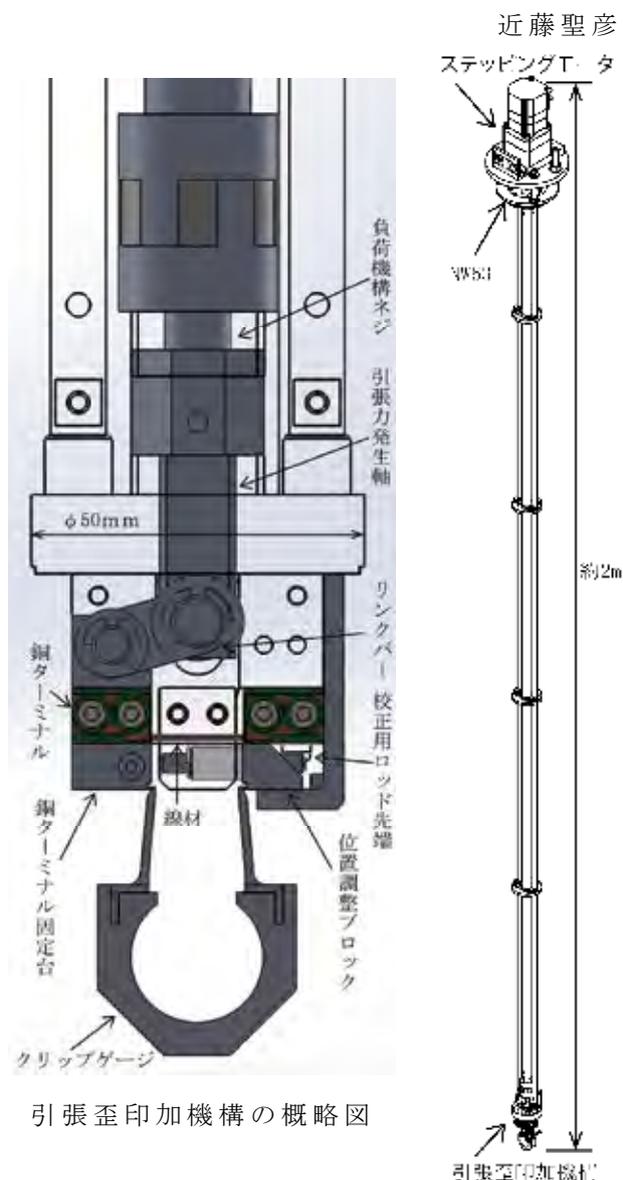
図6 2013年製非球面レンズと中心付近の面性状

## 高磁場超伝導線材の引張歪印加機構プローブの設計

民生・医療・エネルギーなどの分野において、高磁場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。高分解能の分子構造解析に用いる NMR の実現は、25 テスラの高磁場環境を容易に作り出す必要があり、そのためには高性能な高磁場超伝導線材が要求される。ただし、超伝導線材は僅かなひずみによって、臨界電流（超伝導状態で通電できる最大の電流量）特性が劣化することが知られているため、高磁場マグネットの設計製作は、線材の許容歪量で制約されている。このような背景から、次世代の高磁場超伝導マグネットを使用した装置の実現に向けて、臨界電流特性が向上する超伝導線材の開発が重要となっている。この開発には、高磁場中で超伝導線材に歪を印加した時の臨界電流を測定する装置が必要となる。そこで、装置開発室は超伝導線材開発に実績のある核融合科学研究所と共同で、図 1 に示す簡易的な引張歪印加機構を備えた臨界電流測定プローブを設計した。

高磁場超伝導マグネットに使用される超伝導線材には、強大な電磁力が作用する。そのため、超伝導線材にはこの力などに耐える十分な機械的強度と、極低温において臨界電流の劣化が小さい特性が要求される。このような高磁場かつ極低温という極限的な環境下で実験するために、物質・材料研究機構のソレノイド型 18 テスラ超伝導マグネットシステム（以後、高磁場装置と呼ぶ）を使用することにした。

高磁場装置は、ボア径が  $\phi 52\text{mm}$  と小さいため、この径内に収まる大きさでプローブを設計する必要があった。また、高磁場装置のマグネット中心はその挿入口となる NW63 フランジ面から約 2m 下方にある。この位置で線材に引張歪を印加できるように、図 1 右に示す NW63 フランジと引張歪印加機構をステンレス製パイプで接続するので、本プローブの全長は 2m より長くなった。図 1 左に示す概略図は線材に通電する電流リードなどを省略している。この機構は最大外径 50mm で、負荷機構ネジを回転することにより、引張力発生軸が押し下げられ、この発生軸とリンクバーで連結されている銅ターミナル固定台が、ガイドに沿って水平移動するので、線材に引張荷重が負荷される構造となっている。負荷機構ネジを回転するのに、NW63 フランジの上部に設置したステッピングモータを使用し、最大 2.5% まで引張歪を印加できる。また、線材の変位測定には、クリップゲージを使用し、この一端を位置調整ブロックに取り付けることで、プローブ上部の NW63 に取り付けられている校正用ロッドを上下方向に移動させるだけで、歪ゲージ出力の変化を校正できる構造となっている。今後、プローブの製作ならびに実験を行う予定である。



引張歪印加機構の概略図

図 1 引張歪印加機構プローブ

## 窒化ニオブによるミアンダパターンの製作

高田 紀子

### 1. はじめに

研究者から技術相談を受けて、高圧環境下で金属試料の輸送特性を調べるために使用する高圧アンビルセルの製作を行っている。高圧アンビルセルは図 1 に示すように、2 個のアンビルでガスケットを押しつぶすことで試料空間を高圧にする実験装置である。アンビルの材質には、強度の点からダイヤモンドが使われることが多いが、今回は強度に加え誘電率の点からアルミナで製作を行っている。また、アンビルの上面（試料と接する面）に対して、試料と共鳴するマイクロ波を発生させるためのミアンダ（蛇行）パターンを配置する必要がある。ミアンダパターンの材質には、高圧環境においても超伝導状態を維持するとされる窒化ニオブ（以下、NbN）を選択した。

今回はテスト加工として、大きさ  $7 \times 4$  (mm) のアルミナ基板に対して最小幅  $25 \mu\text{m}$  で NbN のパターンニングを行ったので、それについて報告する。

### 2. 製作

今回製作したパターンの図面を図 2 に、製作工程を図 3 に示す。製作工程には、レジストパターン製作後 NbN を成膜、最後にレジストを除去することで NbN のパターンを得るリフトオフ法を用いた。レジストパターンは当研究所でコンタクト露光により製作し、それ以降の工程は、ナノテクノロジープラットフォームを通して北陸先端科学技術大学院大学（以下、JAIST）で行った。レジストの種類には、断面形状の点からリフトオフに適しているとされるリバーサルレジスト AZ5214E (AZ ELECTRONIC MATERIALS) を使用した。また、NbN の成膜には、JAIST が所有する三極スパッタリング装置（アルバックサービス/SMR2304E）を使用し、厚さ  $200\text{nm}$  になるように成膜した。

### 3. 評価

製作したサンプルは、分子研内にある測定機器を使って、光学顕微鏡・SEM・AFM による観察、寸法測定、表面粗さ測定、また SQUID による超伝導転移温度（以下、 $T_c$ ）の

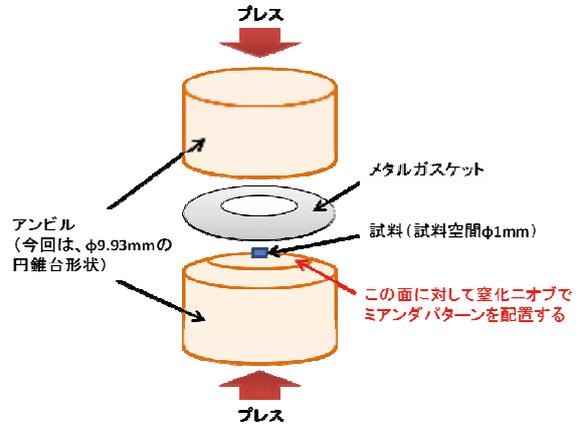


図 1 高圧アンビルセル

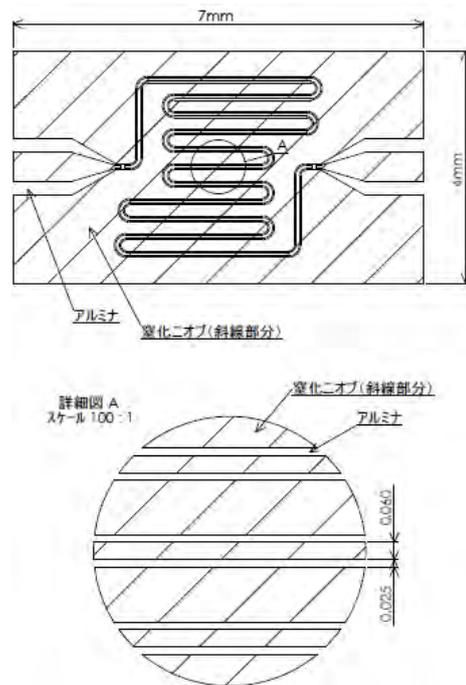


図 2 製作したミアンダパターン

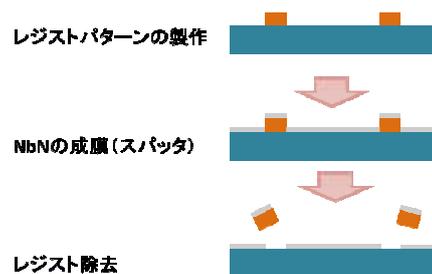


図 3 製作工程（リフトオフ法）

測定を行った。

まず、顕微鏡で観察した全体の画像と寸法測定の結果を図4に示す。この結果から、断線などの大きな欠陥はないこと、また、寸法は大きくて $\pm 1\mu\text{m}$ 程度の誤差であることが分かった。この原因には、レジストパターン製作時における露光あるいはベーク処理によるレジストの硬化不足が一つ考えられる。

次に、SEMとAFMで観察した画像をそれぞれ図5と図6に示す。SEM観察では、パターンの縁がギザギザになっている箇所が見られた。これはリフトオフの際よく見られる現象で、レジスト除去時に金属の薄膜が引きちぎられることが原因で起こるとされている。AFM観察では、未処理のアルミナ基板とNbN成膜面とを観察し比較を行った。アルミナ基板には、表面粗さ $Ra0.03\mu\text{m}$ 程度に研磨したものを購入して使用しているが、アルミナは多結晶体であるため、大きさ $5\mu\text{m}$ 程度の粒子間の隙間が穴として確認された。これは、NbN成膜面にもそのまま表れることが分かった。

最後に、機器センターで所有するSQUIDを使って基板全体における $T_c$ を確認したところ、 $11.5\text{K}$ 付近で超伝導転移することが分かった(図7)。ちなみに、JAISTで酸化マグネシウム(MgO)基板に対してNbNを成膜したサンプルは、およそ $15\text{K}$ で超伝導転移している。このような $T_c$ の違いは、基板と成膜する材質との間の結晶構造や格子定数から影響を受けるようであるが、始めに述べた通りアルミナである重要性は高いので、依頼者と相談しながら進めていく必要がある。

#### 4. 今後の予定

今後は、アルミナアンビルへのパターンニングを進めていく。また、依頼者からの要望により、ミアンダパターンの最小幅を現在の $25\mu\text{m}$ から $2\mu\text{m}$ まで細くする予定だが、その際アルミナ粒子間の隙間の影響が懸念される。このことから、粒子径の細かいアルミナアンビルを購入しパターンニングを進める予定である。

#### 謝辞

リフトオフの実験で大変お世話になりました、JAISTの赤堀誠志准教授、村上達也技術職員に紙面を借りてお礼申し上げます。

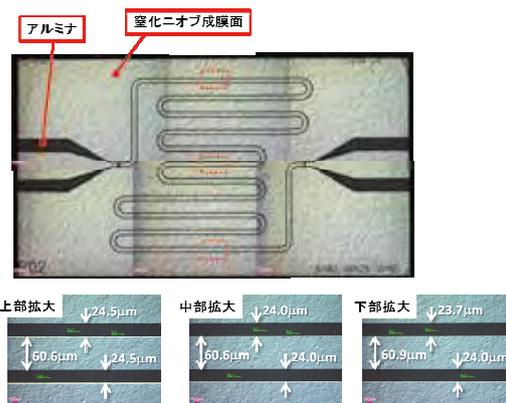


図4 光学顕微鏡による観察と寸法測定

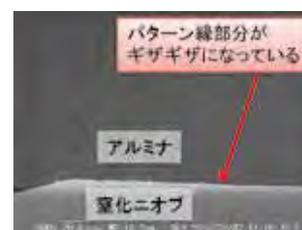


図5 SEM画像

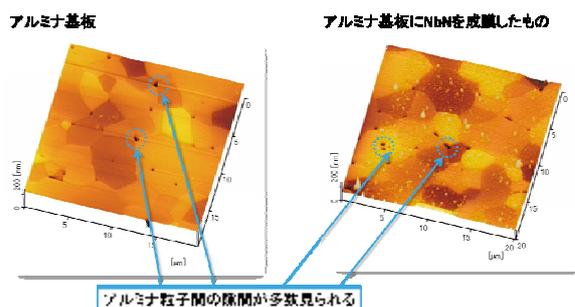


図6 AFM画像

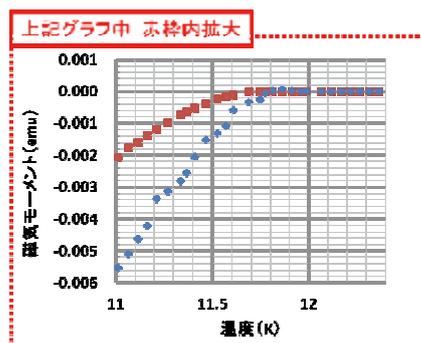
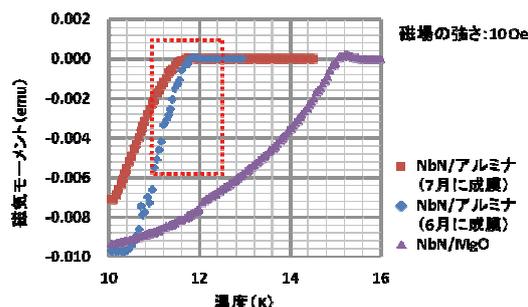


図7 SQUIDによる $T_c$ の確認

## 2 段式高速高電圧パルス発生器

吉田久史

### 1.はじめに

分子科学研究所において、パルス振幅:数 KV, 立ち上がり時間:数 nS の高速高電圧パルス発生回路は、毎年数件の製作依頼が入るニーズの高い装置である。その利用目的は、電気光学素子であるポッケルスセルの駆動回路、飛行時間型質量分析器の加速・偏向電極の電圧源、マイクロ・チャンネル・プレートによる選択的イオン検出のためのゲート電圧などである。この報告では、最近製作したものの中でも特徴のある 2 段式高速高電圧パルス発生器について報告する。これは負電圧と正電圧の高速高電圧パルスを連続的に発生するもので、不要イオンの除去の後、目的のイオンのみを取り出し分析する実験に使用される。

### 2.高電圧スイッチング素子とパルス発生器の仕様

高速高電圧パルスの発生に必要なスイッチング・デバイスとして、高電圧リレー、高速半導体スイッチ、スパークギャップ・スイッチなどが挙げられる。分子研で使用されるパルサーは、(1)数 pF~数十 pF の微小な容量性負荷の駆動が主であり比較的小電力のスイッチで良い。(2)レーザー等の外部装置に同期した出力が求められる。このことから、トリガー遅延やジッターの少ないトランジスタやパワー MOSFET 等の半導体スイッチをよく使用している。また近年では、外部装置の周波数が向上したことで数 KHz~数十 KHz の繰り返し周波数が求められるようになった。これにより、スイッチング素子にはより大電流で長寿命の特性が必要になってきた。

高電圧・高速半導体スイッチとしてベールケ (Behlke) 社のモジュールがよく知られ、我々もこれを利用する事が多い。これはパワー MOSFET を多段接続した高電圧スイッチとその駆動回路を内蔵したモジュールで、5VDC 電源と TTL レベルのトリガー入力を与えるだけで高電圧スイッチの ON/OFF 制御が行えるものである。また、入出力段が電氣的に絶縁されていることで、ハイサイドまたはローサイドのスイッチとして使用する際に回路上の特別な考慮を必要としない。

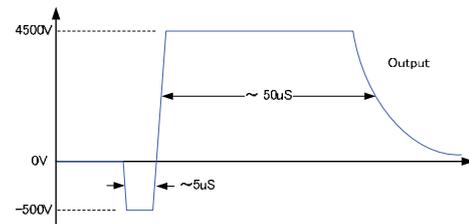


図 1. 2 段式高電圧パルスの波形

図 1 は 2 段式高電圧パルス発生器に要求される出力波形である。パルサーは外部トリガー信号を受けて、振幅:最大 -500V, パルス幅:最大 5  $\mu$  S の負電圧パルスと振幅:最大 4500V, パルス幅:最大 50  $\mu$  S の正電圧パルスを連続して出力する。また、パルスの立ち上がり時間:数 nS~数十 nS, 立ち下がり時間:数十  $\mu$  S~数百  $\mu$  S, 繰り返し周波数:100Hz が電氣的仕様として必要となる。

### 3. 2 段式高電圧パルス発生回路

図 2 は設計・製作した高電圧パルス発生回路のブロック図である。この回路は正・負の高電圧電源, 2 個の高電圧半導体スイッチ, そのスイッチのトリガー信号を生成するためのモノステーブル・マルチバイブレータ(モノマルチ)回路で構成されている。高電圧スイッチの両方が OFF の時、出力は抵抗 RL で接地されグランドレベルにある。どちらか一方の高電圧スイッチが ON の時、出力は高電圧電源に接続され負荷容量をその電位まで充電する。

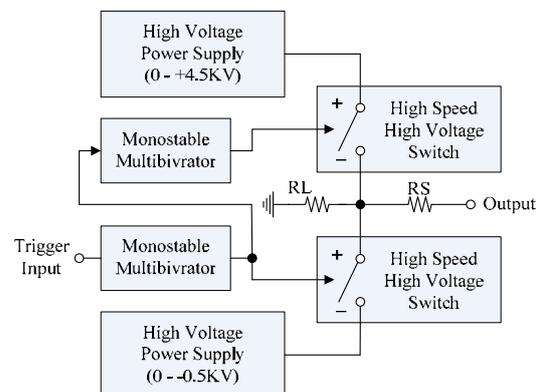


図 2. パルス発生回路のブロック図

また、両スイッチが同時に ON となる状態は禁止で、それが起きないようにハードウェアの設計を行う。前段のモノマルチは、外部トリガー信号の立ち上がりでパルスが発生し負電圧側のスイッチを ON する。同時に、このパルスは後段のモノマルチのトリガー入力となり、その立ち下がりで発生するパルスにより正電圧側のスイッチが ON となる。高圧パルスの立ち上がり時間を決める時定数は、(高電圧スイッチの ON 抵抗+電流制限のための抵抗  $RS$ ) $\times$ 負荷容量である。一方、パルスの立ち下がり部分の時定数は、 $(RL+RS)\times$ 負荷容量である。抵抗  $RL$  はパルス発生器の負荷となるので、立ち下がり時間を短くするだけの理由でむやみに小さくはできない。高圧電源の電力容量や出力パルスの平坦部の電圧降下(サグ)などを考慮に入れた上で抵抗値を決める必要がある。

高電圧スイッチは、どちらも最大 5KV の電圧が加わることになる。そこで、ベールケ社の HTS シリーズの中から耐圧 6KV の HTS61-03 を選択した。高圧電源は松定プレジジョン製の組込型高圧電源モジュールを使用した。この出力電圧は、フロントパネルに取り付けた 10 回転ポテンシオメータで設定する。モノマルチ回路ブロックは TTL の標準ロジック IC と高速 MOS ドライバで構成した。この出力パルスの幅もフロントパネルのポテンシオメータで可変できる。この回路基板は、高電圧スイッチが発生するスイッチング・ノイズを避けるためにアルミ製ダイキャストボックス内に収めた。図 3 にモノマルチ回路を、図 4 に製作した高電圧パルス発生器の外観とその入出力波形を示す。

#### 4.おわりに

製作した 2 段式高電圧高速パルス発生器の仕様を表 1 に示す。これは  $RL=100K\Omega$  ,  $RS=47\Omega$  で、出力端子:オープン(無負荷)の条件で測定した時の値である。ベールケの高電圧スイッチを利用することで、高速高電圧パルスをおのうに簡単な回路構成で製作することができる。それは 2 節で述べたように、高電圧スイッチの駆動回路を設計・製作する必要が無く、その ON/OFF 制御を TTL レベルのトリガー信号だけで行える点にある。一方、このモジュールはディスクリート部品に比較してはるかに高価である。今後は、個別半導体を多段接続することでスイッチの高耐圧化を図ったパルサーについても同時に検討して行きたいと考える。

トリガーパルス入力	レベル:5V(TTL)、最小パルス幅:100nS
トリガーディレイ	200nS
パルス出力(初段)	振幅:0~-500V、パルス幅:650nS~6 $\mu$ S、立ち上がり時間:40nS
パルス出力(後段)	振幅:0~4.5KV、パルス幅:5 $\mu$ S~50 $\mu$ S、立ち上がり時間:40nS、立ち下がり時間:30 $\mu$ S

表 1. 2 段式高電圧高速パルス発生器の仕様

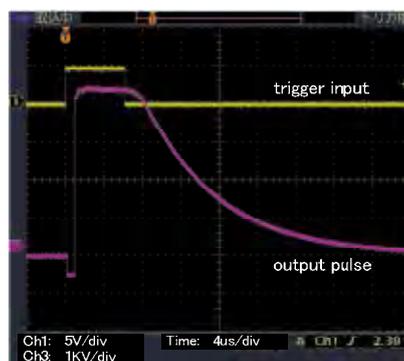


図 4. 2 段式高電圧パルス発生器の外観と入出力波形

## データベースサーバの更新と装置開発室ホームページの移行

内山 功一

### はじめに

装置開発室では、2002年度より工作依頼伝票管理（図1）およびストックルーム出庫管理（図2）を行うためのデータベースサーバを運用している。また、装置開発室ホームページを外部公開するためのWebサーバも2009年度から運用している。今回、老朽化によりデータベースサーバの更新を行った。また、Webサーバを廃止し外部公開ホームページを分子研のホスティングサービスに移行したので報告する。



図1. 工作依頼伝票管理システム

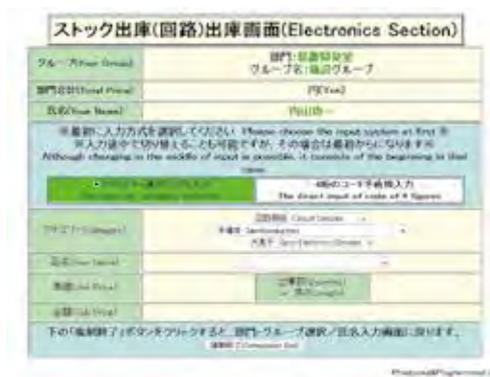


図2. ストックルーム出庫管理システム

### 分子研ホスティングサービスへの移行

今年の8月、装置開発室のホームページが閲覧できなくなったことから、Webサーバの電源が故障していることがわかった。故障箇所が電源だけならば問題は少ないが、電源が壊れる際に他のパーツを巻き込む事例も多く被害が思ったより大きいことも想定される。またWebサーバが外部公開のため、昨今増加しているネットワークインシデントに対してセキュリティを厳格化する必要があるため、サーバ管理の負担が増す事も考慮しなくてはならない。そこで今回は、計算科学研究センターが所内向けに提供しているWebホスティングサービスへ装置開発室ホームページを移行し、Webサーバを廃止することにした。このWebホスティングサービスは、SFTPやSCPでデータをアップロードすることで、簡単にWebページが公開できる環境を提供するものである。Webサーバ上の全てのデータをホスティングサービスに移行し、2013年8月末から公開しており従来と同じURLで閲覧することができている。

### データベースサーバの更新

データベースサーバのOSはWindowsServer2000であり、すでに2010年でサポートが切れている。この状態では所内の利用に限定しているとしても、セキュリティ上問題があるため早急に更新する必要がある。使用しているデータベースも2013年4月にサポートが終了するSQLServer2000であるため、こちらの対応も行う必要がある。そこで今回、10年の稼働で老朽化したサーバマシンを新調し、OSはWindowsServer2008へ、データベースはSQLServer2008へ更新を行った。サーバに関しては、CPUをCeleronからXeonへと向上させ、HDDは1TBへと容量を増大させた。サーバはメンテナンスでのシャットダウンを除いて停止する事無く稼働させるのが原則である。そのため通常は、不測の事態に備えてハードウェアに冗長性を持たせる。旧システムでは、電源の二重化、ネットワークの二重化、HDDをRAID5といった冗長性を持たせて運用してきた。しかし、ハードウェアに冗長性を持たせた場合システム管理も煩雑になるため、我々の様な内部利用かつ小

規模な運用ではデメリットの方が大きいとの結論に達した。そこで新しいサーバは、電源とネットワークボードは単一構成として RAID も 5 から 1 に変更した。

更新における最大の懸案事項は OS が 32bit から 64bit に移行するため、これまで稼働していたシステムがそのまま移行可能かという事である。このシステムは、IIS 上で動作する ASP の VBScript で組まれたプログラムと SQL で構築されている。また、スクリプトから利用可能な BASP21<sup>\*1</sup>というフリーウェアの汎用コンポーネントを利用している。この BASP21 は 32bit システムにしか対応しておらず、64bit システムで動作するのは有料の BASP21Pro を用意する必要があった。BASP21 で使用しているメソッドは、Form、FormFileName、FormSaveAs と SendMail の 4 種類だけでメソッドのほとんどは未使用である。これだけのために有料版を導入することができなかつたため、フリー版が 64bit 環境で利用可能かどうかを調べることにした。調査の結果、IIS の設定による 64bit 環境への導入事例が確認されたため、システムの移行作業を行った。しかし、導入事例の記述通り設定を行っても BASP21 を認識しなかつた。具体的な設定方法は、IIS マネージャから BASP21 を利用するサイトに対応するアプリケーションプールの「32bit アプリケーションの有効化」を True に設定するだけである。しかし、True に設定したにもかかわらず BASP21 を認識できない場合や、そもそも True に設定できないアプリケーションプールがあるなどの問題があった。さらに調べてみると別の事例で BASP21 の dll ファイルが SysWOW64 フォルダにあることを明示するためにレジストリに登録したとの記述を発見した。そこでレジストリへ登録を行ったところ、すべてのアプリケーションプールで 32bit アプリケーションの有効化を設定することが可能になり、無事 BASP21 を認識しシステムの動作を確認することができた。

### 更新後の問題

最初に問題になったのは、BASP21 を利用した SendMail からメール送信ができないという事であった。旧システムでは問題無く動作していたため、更新された IIS か BASP21 を 64bit システムで動かしているための不具合だと推測した。プログラムコードと SendMail メソッドのリファレンスを比較したところ、コード側の引数の設定で SMTP サーバ名とポートを省略していることがわかった。旧システムではこの引数を省略してもメール送信ができていたため、省略可能な引数と思い込み発見が遅れることになった。

次に、工作伝票管理システムでファイルのアップロードができないという問題が発生した。このファイルアップロードは、製作物の写真や図面等を記録するために用意されたものである。原因は、IIS7.5 のアップロード可能なデータサイズがデフォルトで 30MB に設定されていたため、写真などの 30MB を超えるファイルのアップロードができなかつた。これに対しては、要求フィルタの maxAllowedContentLength 値を 2GB に設定し、念のため IIS マネージャの「要求フィルタリング」内の「要求制限」>「許可されたコンテンツの最大長」の値も 2GB に設定することで解決した。

最後に問題となったのは、部門データを管理しているデータテーブルの更新ができないという事である。これは、データベースの IDENTITY 設定したフィールドに明示的に値を書き込もうとしていたことが原因であった。これも旧システムで問題なく動作していたプログラムであるが、システム変更によりクエリーが厳格になったため発覚したと考えられる。

### 最後に

今回、外部公開サーバの故障によりサーバを Web ホスティングサービスに移行したことで、管理コストの削減を行うことができた。また、データベースサーバの更新作業により、セキュリティが向上したサーバシステムの設定、管理、運用を理解することができた。

※1: BASP21 (<http://www.hi-ho.ne.jp/babaq/basp21.html>)

## AVR マイコンを用いたオープン温調器のリノベーション

豊田 朋範

### 序論

洗浄した真空装置の乾燥のために UVSOR で長年使われていたオープン温調器(写真 1)が、リレーの接点の寿命により使用不能になった。修理か改造かを議論した際、(1)大型の真空装置を投入できるので筐体は流用したい(2)加熱時間を設定できるようにしたい(3)視認性や操作性を向上したい—など多様な要望が出された。そこで、オープン温調器の筐体とヒータと熱電対のみを利用し、その他の温調回路を新しく設計することにした。

今回、AVR マイコンを用いてオープン温調器のリノベーションを行った。主な機能は(1)温度測定(2)位相制御を用いた加熱制御(2)タイマを用いた加熱時間計測—の 3 点である。本稿では、主に AVR マイコンによる制御の全体像と AC 電源の位相制御について述べる。



写真 1：オープン温調器(改造前)

### 回路の構成と動作

回路のブロック図を図 1 に示す。

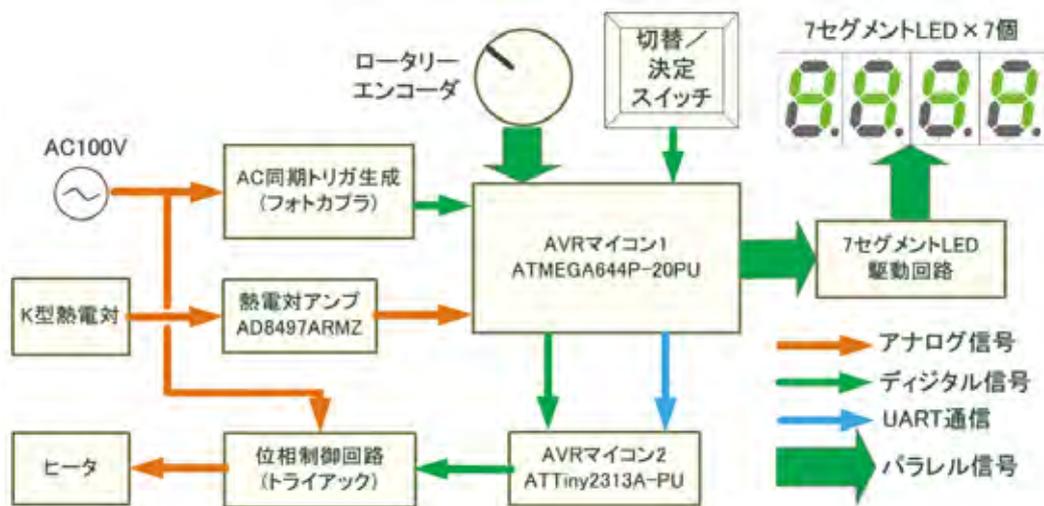


図 1：リノベーションしたオープン温調器のブロック図

制御の大半は AVR マイコン 1 で行う。AVR マイコン 1 だけではタイマと I/O ピンが不足したため、後述するヒータ加熱のための位相制御は AVR マイコン 2 で行った。

リノベーションしたオープン温調器は(1)位相制御出力(1~100%：分解能 1%)(2)加熱温度(40~200℃：分解能 1℃)(3)加熱時間(1~99 時間：分解能 1 時間)の設定モードを有する。すべての設定を完了し 7 セグメント LED に「Go」と表示させた状態で「切替/決定スイッチ」を押すと、加熱制御を開始する(図 2)。これらの値や文字はすべて 7 セグメント LED にリアルタイムで表示される。位相制御出力の設定値は、UART で AVR マイコン 2 に送信される。

加熱制御を開始すると、AVR マイコン 1 は加熱時間の計測と K 型熱電対による温度測定を実行する。温度測定は、K 型熱電対を接続した熱電対アンプの出力電圧を 64 回 A/D 変換した平均値から換算して決める。測定温度  $T_m$ (℃)と設定温度  $T_s$ (℃)を比較し、 $T_m < T_s$  であれば、AC 同期トリガを生成して AVR マイコン 2 に与える。AVR マイコン 2 はこの信

号のタイミングを基にヒータの加熱を行う。

加熱制御中は、測定温度と残りの加熱時間をリアルタイムで7セグメントLEDに表示する。温度表示は「切替/決定スイッチ」を押すごとに測定温度と加熱温度が入れ替わり、加熱温度の表示中はロータリーエンコーダで設定値を増減できる。

### AC電源の位相制御

今回、ヒータに印加するAC電源には、AVRマイコン2によって位相制御された電源を使用した。位相制御とは、AC電源の半周期ごとに所定のタイミングで制御素子(トライアック)をONする制御方式である。

今回構築した位相制御の動作を図3に示す。

まず、フォトカプラでAC電源の波形をパルス波形に変換する。AVRマイコン1は、このパルス波形の立ち上がりを検出し、加熱が必要な時にAC同期トリガを発生する。AVRマイコン2はこのトリガ信号によって外部割込みがかかり、その割り込み処理の中で位相制御のためのトライアック制御パルスを発生する。

ここで、AC同期トリガとAC電源のゼロクロス点の時間差  $T_z$  は、60Hzの場合1.6msecと実測している。AC電源の半周期は33msecであり、トライアック制御パルスの幅  $T_w$  は10msecである。位相制御出力の設定値から演算した遅れを  $T_d$ (msec)とする。

AVRマイコン2は、AC同期トリガの立ち上りを基準として、 $T_z$ と $T_d$ を加算したタイミングでAC電源の負側をONするトライアック制御パルスを出力する。続いて33msecから $T_w$ を減算した時間後に、AC電源の正側をONするトライアック制御パルスを出力する。

### まとめ

長年稼働してきた機械式リレーによるON/OFF制御のオープン温調器を、AVRマイコンを用いた位相制御でリノベーションした。リノベーションしたオープン温調器は、高輝度の7セグメントLEDが見やすく、操作性も良いと好評で、真空装置の乾燥に多用されている(写真2)。

古くなって故障した装置も、現在の技術を用いることで生まれ変わり、再び活躍できる可能性がある。技術分野を特定せず、常に技術全般にアンテナを広げて習得に励む必要性を感じた。

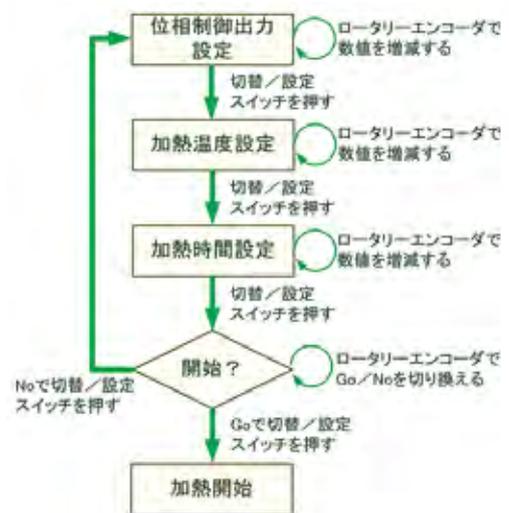


図2：各種設定のフローチャート

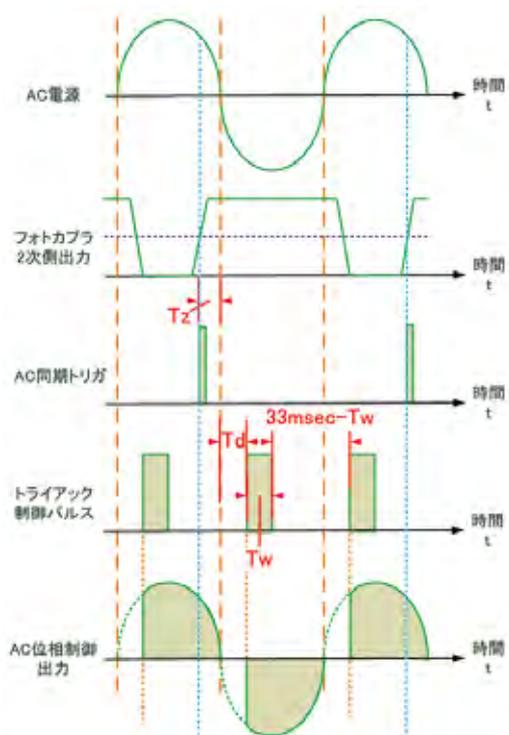


図3：位相制御回路の動作



写真2：リノベーションしたオープン温調器のパネル

## 機器開発技術班での研修報告

名古屋大学 全学技術センター 教育・研究技術支援室 叶 哲生

### 1. はじめに

2013年4月より、名古屋大学 全学技術センター教育・研究技術支援室に採用され、機械工作を中心に技術研修を受けてきました。今回、その一環として分子科学研究所（以下、分子研）の機器開発技術班に6月17日から5日間、技術研修を受けさせて頂いたので、ここに報告いたします。

### 2. 研修内容

今回の研修では、型彫放電加工機や走査型電子顕微鏡（SEM）などの当室にはない装置を操作・体験すること、またフォトリソグラフィーという通常の機械加工と異なる作業を体験させて頂きました。普段接するものと異なる内容も含めた複数の作業を体験することで、他の分野への興味を持ち視野を広げることが重要であることを実感しました。今回研修で体験したのは以下の内容になります：

#### ● 型彫放電加工

矢野隆行氏によるご指導のもと、型彫放電加工機の操作法の習得と実際の加工を行いました。行った加工は、分子研のロゴマークが描かれた電極を用いアルミに電極のパターンを彫るという基本的な加工（図1参照）と、インコネルの薄板（t0.3）に0.5mmの細穴を開ける加工です（図2参照）。細穴加工では、穴あけに使用する電極を作製し、加工条件を変えて加工時間と以下に示すSEM測定による形状の比較も行いました。また、加工条件を選ぶことでは装置の浮遊電流で非常に弱い条件で加工できるということが実験によってわかったという体験談を聞き、装置を実際に使用してその性能や特性を理解することの大切さを知ることができました。



図1 型彫加工

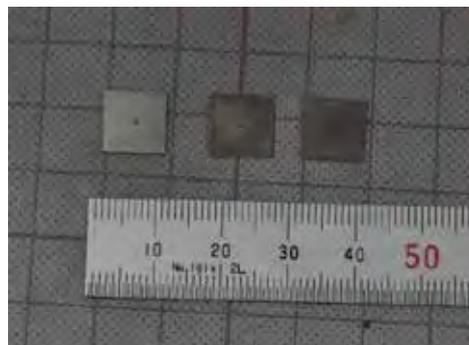


図2 加工したインコネル板

#### ● 走査型電子顕微鏡（SEM）による測定

近藤聖彦氏にご指導していただき、SEMを使用し型彫加工で加工した細穴を詳細に観察しました。SEMを用いることで穴側面の様子や穴がテーパ状（図3参照）になっていることがはっきり見ることができ、加工条件による放電の強さや電極の形状がそれらに影響していることがわかりました。加工と測定を行い、問題点を修正して目的のものに近づけていく作業をわずかながら体験することができました。

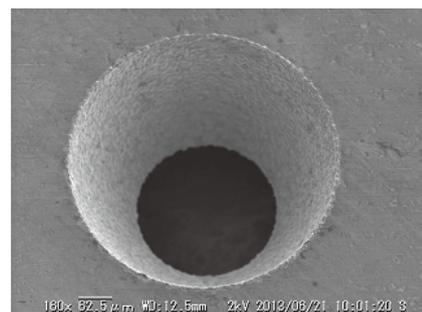


図3 φ0.5mm 穴

- マイクロ流路の製作

高田紀子氏によるご指導のもと、フォトリソグラフィーによるマイクロ流路の製作を行いました（図4参照）。この研修では、私が普段接している金属の加工とは様子が異なっており、薬品や化学反応を用いて微細なパターンをシリコン基盤の上に形成していく過程を興味深く進めることができました。印象深かったのは、流路のパターン部分を溶液中で溶かすという工程で、パターンの部分に溶かしたものがごみとして残らないようピーカーを振る作業が必要なのですが、今回はごみが残ってしまいこのような場面でも感覚的な作業が必要なのことが興味深かったです。数十ミクロン単位の微細な構造を作ることの難しさや、このような技術があるということを知ることができ有意義な研修になったと思います。

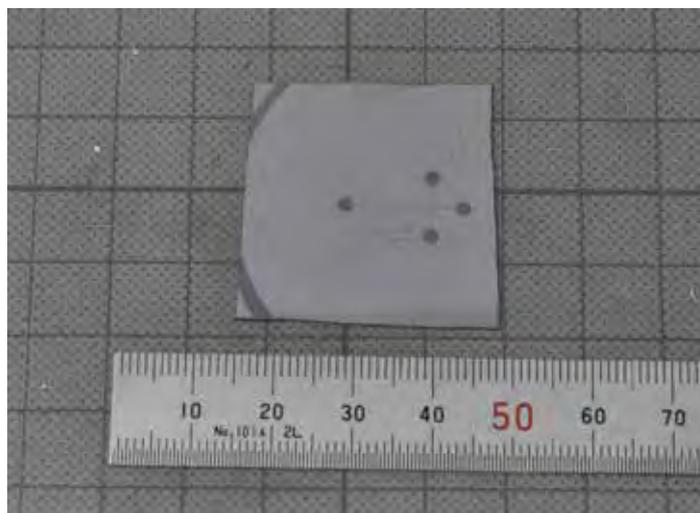


図 4 シリコン基盤上の流路パターン

### 3. 謝辞

最後に、私の研修を指導して下さいました矢野氏、近藤氏、高田氏にお礼を申し上げます。また、今回の研修を受け入れていただきました鈴木技術課長、全体のお世話をしていただいた青山氏、そして装置開発室の皆様へ深く感謝いたします。



図 6 機器開発技術班の皆様と

## 分子科学研究所による受け入れ技術研修の参加報告

岩手大学 技術部 古館 守通

### 1. はじめに

本研修は、平成 25 年 8 月 28 日から 31 日の 4 日間（最終日は移動日）、愛知県岡崎市にある自然科学研究機構分子科学研究所（以下分子研）において、Arduino プロトタイプピンダの ARM マイコンへの適用を目的として受け入れていただいた研修である。研修に先立って分子研の皆様には研修スケジュール計画や日程調整などの準備にご尽力いただいた。

### 2. 研修内容

研修は 28 日午後から 30 日午前まで行った。研修の主な内容は筆者が Arduino で構築した回路を ARM マイコンを使用した回路に置き換えることである。

写真 1 は Arduino とブレッドボードにより作成した赤外線通信回路である。この回路は Arduino micro, 赤外線リモコン受信モジュール, 赤外線 LED で構成されている。この回路はいわゆる学習リモコンと同様の機能を有しており、その概要は次の通りである。まず TV など家電のリモコン信号を赤外線リモコン受信モジュールで受信し、その信号を記憶する。次に記憶したリモコンの信号を赤外線 LED から送信して TV などの家電を制御する。

写真 2 は写真 1 の回路と同等な機能を ARM マイコン（LPC1114）で構築した赤外線通信回路である。その構造は基本的には Arduino 版と同等であるがプログラムは Arduino 版と大きく異なる。具体的には、Arduino 版ではカウンタや PWM（Pulse Width Modulation）など多くの機能がライブラリとして提供されており、比較的容易にプログラムすることができるのに対し、ARM マイコン版ではカウンタ、PWM などの機能を使用する場合にはレジスタの細かい設定が必要となる。筆者はこれらのプログラムの置き換えを、助言を受けながら少しずつ行い最終的に ARM マイコン版のプログラムを完成させることができた。

ところで、筆者はこの「プログラムの置き換え」だけでは解決できない問題をハードウェア的な方法で解決するという重要な知見を得た。具体的な内容は次の通りである。当初 Arduino 版で学習した信号を送信する際には赤外線 LED を家電機器の赤外線受光部にある程度近づける必要があったが、その原因は不明であった。そこで、分子研所有の IR ビューアー（赤外線を可視光に変換する

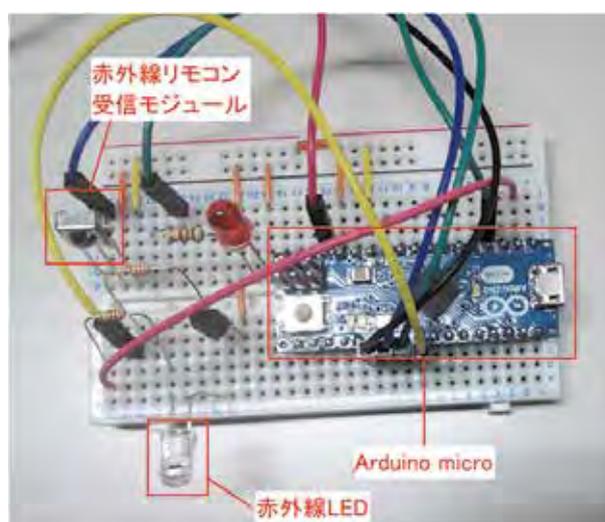


写真 1. Arduino で構築した赤外線通信回路

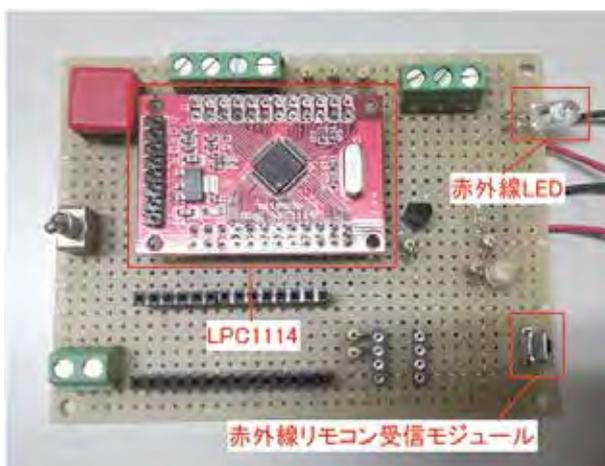


写真 2. ARM マイコンで構築した赤外線通信回路

装置)を用いて検証した結果、赤外線 LED の光強度が弱いことが判明した。

これにより赤外線 LED に流れる電流が小さいのではないかと推測し、回路系の見直しを行った結果、トランジスタで電流を増幅する方法を具体的にご教授頂いた。その方法を用いて、まずは Arduino 版 (ブレッドボード上) で回路系の再構築を行い、最適な光強度を得られる条件を確立した。得られた条件に基づき ARM マイコン版に移植し、最終的に距離や指向性の問題を解決するに至った。これは本研修の目的である Arduino でのプロトタイピングと ARM マイコンへの適用にも通じるものであった。これによりソフトのみで解決できない場合でもハードを考えることによって解決できるということを知ることができた。

### 3. 施設見学

30日の午後からは、計算センター、ヘリウム液化機、UVSOR の各施設を案内していただいた。

計算センターではスーパーコンピュータを見学させていただいた。スーパーコンピュータは分子研のみならず様々な機関から利用可能であることを知った。また計算をする場合にいくつかのセル状に分割されたものを計算の種類に応じて複数確保して計算を行う仕組みが非常に興味深かった。

ヘリウム液化機はその大きさと大幅に自動化された構造に興味を引かれた。また、使用したヘリウムを回収再利用することでコストを削減しているといった点も興味深かった。

最後に UVSOR を案内していただいた。この施設は想像以上に巨大なものであり、また数多くの研究グループが様々な研究をしていることが興味深かった。

### 4. おわりに

本研修では、これまで行っていた Arduino でのプロトタイピングが ARM マイコンでどのように実現できるのかを理解することができ、またソフトとハードとの関連についても貴重な体験をすることができた。このことは筆者にとって非常に有意義なものであった。施設見学では最先端の装置に触れることができ、とても興味深い内容であった。本研修を実施するにあたり、様々な準備にご尽力いただいた鈴木技術課長ならびに豊田氏をはじめとする分子研関係者各位に感謝申し上げる。



写真 3. スーパーコンピュータの利用例



写真 4. ヘリウム液化機



写真 5. UVSOR

## NC工作機械の加工技術研修の受講報告

舞鶴工業高等専門学校 教育研究支援センター第1部門 櫻井一樹

### 1. はじめに

私は舞鶴高専において主に溶接実習の工作指導をしているため、NC工作機械を利用する機会が少なく、仕事の幅を広げるべくNC加工技術のスキルアップを考えていました。今回、自然科学研究機構分子科学研究所の技術課が主催する受け入れ技術研修（9月2日～6日）に参加させていただく機会に恵まれましたので御報告させていただきます。

本研修を受講するにあたり分子科学研究所の装置開発室にある設備を利用させていただくことで、以下の課題を目的として研修に臨みました。

- 1) ワイヤ放電加工機の基本操作に慣れて、加工精度を上げる加工条件を自力で見つけることができるようにする。
- 2) 平成25年度末に舞鶴高専実習工場にCNC旋盤を新規導入する予定であり、それに向けてCNC旋盤の基本構造を実際に見て基本操作に慣れる。

また別の分野ではありますが、技術課主催の受け入れ技術研修には、舞鶴高専より一昨年度は眞柄、昨年度は能勢が受講しており、私で3人目となります。

### 2. 専門研修内容

最初に、ワイヤ放電加工機（三菱電機製DWC90H）の基本操作を覚えるため、A5052板（ $t40 \times 140 \times 100\text{mm}$ ）を用いて、JIS B6360で規定される形状の試験体をワンカットで加工しました（図1）。試験体のA点とB点における穴の直径をノギスで測定し、その測定結果を基に算術平均値と直径法を用いて真円度を求める研修を行いました（図2、表1）。



図1 試験体の形状

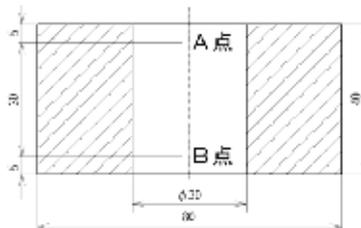


図2 穴径の測定点

表1 穴径の測定結果

φ30穴径	A点	B点
平均値 [mm]	29.92	29.92
真円度 [mm]	0.13	0.13

（ノギスによる測定）

次に、SUS304板（ $t3 \times 168 \times 115\text{mm}$ ）を用いて、目標のはめあい公差になるまで、加工条件や加工経路を変えて試行する研修を行いました（表2、図3、図4）。はめあい部品を3個製作し、Test1とTest2では、NC装置に内蔵されている標準加工条件（Eパック）を同じにしてオフセット量を変えてワンカットで加工しました。Test3では、Eパックと加工経路を変え、さらに凸部と凹部のオフセット量を違う値にして2回に分けて加工しました。最終的に目標値の公差に収めることができました。

ワイヤ放電加工機で材料を加工している間、CNC旋盤（Mazak製SUPER QUICK TURN 100MY）に搭載されている対話式プログラムを用いてM42のボルト（材質：SUS304）と六角ナット（材質：A5052）のねじ切り加工も行いました（図5）。CNC旋盤を操作することは今回が初めてでしたが、これまでマシニングセンタを操作したことはあるので、マニュアルを見ながら普通旋盤の知識を活用して操作することができました。

表 2 はめ合い部品の測定結果

試験番号	加工条件		凸部 マイクロメータ測定		凹部 ノギス測定	
	パック 番号	オフセット量 [mm]	実測値 [mm]	目標値 [mm]	実測値 [mm]	目標値 [mm]
Test1	E72	130	3.973	3.98 ~	4.03	4.00 ~
Test2	E72	140	3.998		4.02	
Test3	E77	131	3.997	4.00	4.02	4.02
	E77	143				



図 3 はめ合い部品



図 4 測定箇所



図 5 CNC 旋盤加工品

### 3. TIG 溶接実演

舞鶴高専で行っている TIG 溶接の模擬授業を機器開発技術班の方々に対して行いました。暗くて見えづらい溶接面を着けている最中に熔融池を、初心者の学生が視認しやすい方法について話しました。こちらからも技術提供を行うことによりお互いのスキルアップにつながったと思います。

### 4. おわりに

本研修では、装置開発室にあるマイクロ流路ミキサーを製作する装置や CNC 旋盤を初めて見ることができて大変有意義でした。また、放電加工においても自作した治具を活用することが加工精度を上げるうえで重要であると再確認しました。今回学んだことを工作実習授業に生かしていきたいと思います。

最後に、研修を受けるにあたり、装置機器開発技術班の矢野様には丁寧にご指導いただき感謝申し上げます。また、ご協力いただいた技術課の鈴木課長、並びに青山班長をはじめ装置開発室の皆様、紙面を借りて厚く御礼申し上げます。

図 6. 装置開発室機械系の皆様と  
(筆者左から 3 人目)

## 共同開発セミナー「超精密加工」

近藤聖彦

2013年6月19日に分子科学研究所 実験棟402号室において共同開発セミナー「超精密加工」を開催した。装置開発室は、他機関と共同で先端デバイスの製作を行っている。最近、国立天文台および名古屋大学と共同で、真空紫外光を使ったマイクロスケールの顕微分光に使用するMgF<sub>2</sub>非球面レンズの製作に取り組んでいる。また、核融合炉内プラズマの3次元イメージングに使用されるマイクロ波撮像素子用ホーンアンテナの製作に関しては、高度な5軸マシニング加工技術を有する岩手大学高度試作加工センターと共同で取り組む予定である。

本セミナーでは、超精密加工を課題に各機関から技術報告を受け、討議を行うことで、先端デバイス製作がより高度に行えることを目指した。

プログラム	
9:30	9:35 挨拶 技術課 課長 鈴木光一
9:35	10:15 「MgF <sub>2</sub> 非球面レンズ製作における脆性面改善の検討結果について」 分子科学研究所 装置開発室 近藤聖彦
10:15	11:00 「5軸マシニングセンターによる精密加工技術の紹介」 岩手大学 工学系技術室 共通基盤部門ものづくり技術分野 加賀 亨
11:15	11:35 「増波カメラの700素子レンズアレイの進捗状況」 国立天文台 先端技術センター 三ツ井健司
11:35	11:55 「今後の共同開発研究の技術テーマについて」 名古屋大学 全学技術センター 鳥居龍晴

## 微細加工に関する技術サロン会

高田 紀子

第2回微細加工に関する技術サロン会を当研究所で開催し、大学、研究機関、企業から約20名が集まり技術交流を行った。内容はリソグラフィ技術が中心で、各々が取り組んでいる加工や測定事例、応用例としての研究内容や最先端の装置の紹介等多岐にわたった。

<p>【11月21日(木) 14:00~17:30】</p> <p>「第2回微細加工に関する技術サロン会」</p> <p>〒113-8671 東京都文京区本郷3-1-1 東京大学 工学部 技術センター</p> <p>14:00 開会式(15分) 挨拶(15分) 懇話会(15分)</p> <p>14:30 講演1: 超精密加工技術の現状と今後の展望(15分) 東京大学 工学部 技術センター 加賀 亨</p> <p>14:45 講演2: 超精密加工技術の応用事例(15分) 東京大学 工学部 技術センター 加賀 亨</p> <p>15:00 講演3: 超精密加工技術の応用事例(15分) 東京大学 工学部 技術センター 加賀 亨</p> <p>15:15 講演4: 超精密加工技術の応用事例(15分) 東京大学 工学部 技術センター 加賀 亨</p> <p>15:30 講演5: 超精密加工技術の応用事例(15分) 東京大学 工学部 技術センター 加賀 亨</p> <p>15:45 講演6: 超精密加工技術の応用事例(15分) 東京大学 工学部 技術センター 加賀 亨</p> <p>16:00 講演7: 超精密加工技術の応用事例(15分) 東京大学 工学部 技術センター 加賀 亨</p> <p>16:15 講演8: 超精密加工技術の応用事例(15分) 東京大学 工学部 技術センター 加賀 亨</p> <p>16:30 講演9: 超精密加工技術の応用事例(15分) 東京大学 工学部 技術センター 加賀 亨</p> <p>16:45 講演10: 超精密加工技術の応用事例(15分) 東京大学 工学部 技術センター 加賀 亨</p> <p>17:00 講演11: 超精密加工技術の応用事例(15分) 東京大学 工学部 技術センター 加賀 亨</p> <p>17:15 講演12: 超精密加工技術の応用事例(15分) 東京大学 工学部 技術センター 加賀 亨</p> <p>17:30 講演13: 超精密加工技術の応用事例(15分) 東京大学 工学部 技術センター 加賀 亨</p>	<p>【11月22日(金) 9:00~11:00】</p> <p>「第2回微細加工に関する技術サロン会」</p> <p>〒113-8671 東京都文京区本郷3-1-1 東京大学 工学部 技術センター</p> <p>9:00 開会式(15分) 挨拶(15分) 懇話会(15分)</p> <p>9:15 講演1: 超精密加工技術の現状と今後の展望(15分) 東京大学 工学部 技術センター 加賀 亨</p> <p>9:30 講演2: 超精密加工技術の応用事例(15分) 東京大学 工学部 技術センター 加賀 亨</p> <p>9:45 講演3: 超精密加工技術の応用事例(15分) 東京大学 工学部 技術センター 加賀 亨</p> <p>10:00 講演4: 超精密加工技術の応用事例(15分) 東京大学 工学部 技術センター 加賀 亨</p> <p>10:15 講演5: 超精密加工技術の応用事例(15分) 東京大学 工学部 技術センター 加賀 亨</p> <p>10:30 講演6: 超精密加工技術の応用事例(15分) 東京大学 工学部 技術センター 加賀 亨</p> <p>10:45 講演7: 超精密加工技術の応用事例(15分) 東京大学 工学部 技術センター 加賀 亨</p> <p>11:00 講演8: 超精密加工技術の応用事例(15分) 東京大学 工学部 技術センター 加賀 亨</p>
--	--

## 東北大学多元研出張報告

青山 正樹

平成24年度後期および平成25年度前期において、東北大学多元研からの施設利用申請課題「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」を行っている。本課題は超音速分子線源の設計試作について、多元研機械工場と分担して実施している。平成25年7月11日、12日に製作した分子線源を多元研研究室に設置されている真空チャンバー内へのインストール作業を行った。



## JAIST 出張報告

筆者の技術報告にもあるように、7月9日～11日の三日間、アルミナ基板への窒化ニオブ（以下、NbN）によるミアンダ（蛇行）パターンの製作を、ナノテクノロジープラットフォームを通して北陸先端科学技術大学院大学（以下、JAIST）で実施した。JAISTでは、スパッタによるNbN成膜からレジスト除去まで一連のリフトオフ工程を、担当者の協力の下で行った。また、製作したサンプルのダイシングソーでの切断やXPSによる組成分析も、JAISTで所有する装置を利用した。スパッタとXPSの装置の写真を右に示す。高度な設備を利用できただけでなく、こちらの要望に沿ったアドバイスや提案を頂くことができたため、リフトオフ未経験の私でも目的のものを製作することができた。次のステップとして、基板ではなくアンビル形状へのパターンニングをJAISTで試みる予定である。

高田 紀子



三極スパッタリング装置  
(アルバックサービス/  
SMR2304E)



XPS (島津/  
Kratos AXIS-ULTRA DLD)

## 岩手大学出張報告

装置開発室では、機構新分野創成イメージングサイエンスで実施されているマイクロ波イメージングに協力し、ホーンアンテナアレイやビームスプリッター板などの高度な加工技術が必要とされる機器の製作を行っている。ホーンアンテナアレイは、四角錐ホーン形状部の新しい加工方法について提案し製作コストの大幅な改善を行った。また本課題について5軸マシニングセンターの卓越した加工技術を有する岩手大学高度試作センターと共同で行っている。平成25年9月20日に岩手大学高度試作センターの加賀亨技術職員とアンテナアレイ製作に関する打ち合わせを行った。

青山 正樹



## 出張報告-ICALEPCS2013-

豊田朋範

ICALEPCS2013にポスター発表で参加した。10月10日(木)における90分のセッション中に日本語で5名、英語で3名とディスカッションを行った。このような場では、文法の正確性より物怖じせずに積極的に話しかける姿勢が重要であると感じた。

発表以外の主なエピソードとしては、(1)ドライな交通機関(2)強固なセキュリティに囲まれたNIF(National Ignition Facility: 開催地であるローレンスリバモア国立研究所にあるレーザー核融合研究施設)が挙げられる。(1)は停車駅や乗り換え路線など懇切丁寧な案内は一切なく、事前に時刻や行先などを調べる必要があった。(2)はツアーバスへの乗車前にカメラ類をすべて没収され、見学前にパスポートの提示を3回求められ、エネルギー省のワッペンを付けた軍服姿の屈強な警備員(大口徑の拳銃も所持!)がパトロールしているなど、接客やセキュリティの認識の違いを痛感した。

今回は自身初の単独外渡航であり、地理や行程に不安があった。事実、空港からの路線でいきなり逆方向の便に乗車したりした。しかし重大なトラブルはなく、全く異なる文化圏を体験できる貴重な機会となった。

真空用燃料電池型セル



動作中の電極触媒を光電子分光により in-situ 測定するための燃料電池型セル。触媒のついた高分子膜を両電極で挟み、各極に水素および酸素を流すことで燃料電池として動作する。



1/16" ステンレスパイプの溶接による水素ガスの流入口と排出口。

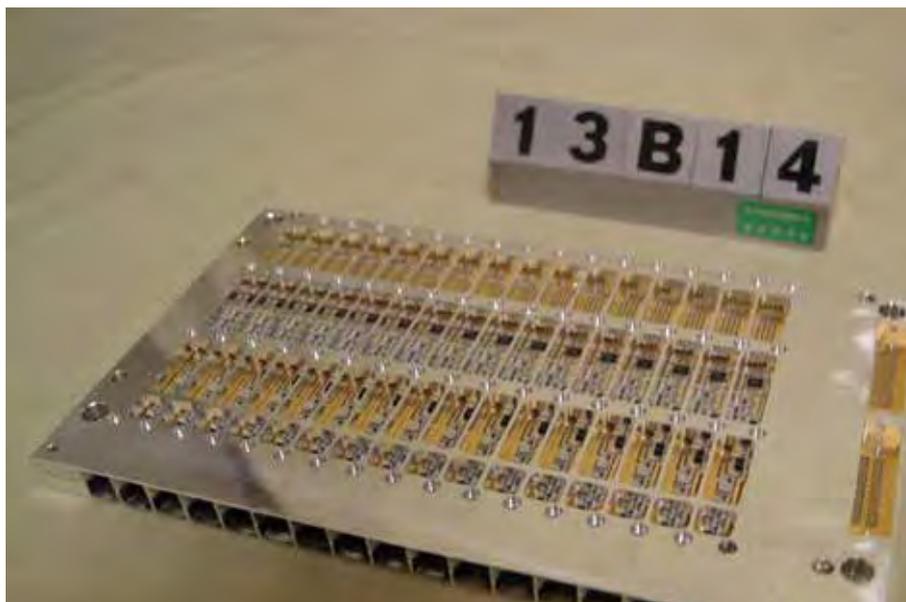


空気極側電極。光電子分光測定用に入射 X 線の通る溝と検出器のアプローチをモニターするための溝を加工した。



燃料極側電極。水素が流れるための溝が加工されている。

MWTV 素子試験台の製作



誘導体ファントムの散乱測定を目的とした 10GHz, 16ch, 1元ホーンアンテナアレイ。NC フライス盤を長時間運転させることで製作に成功した。

## カソードプラグ



次世代 UVSOR のための電子銃で、背面からレーザー照射することができる、超伝導電子銃用フォトカソードプラグ。

## 液体セルホルダー



in-situ 液体フローセル試作機。非常に狭い空間に液体セルを設置するため厚みが  $\leq 2\text{mm}$  になっている。

## C foam 「スポンジ状炭素板」への穴あけ



次世代多孔質カーボン素材「CFOAM」の穴あけ加工。通常工具による難加工材料への穴あけに挑戦した。

## 流体セル PEEK 配管継手



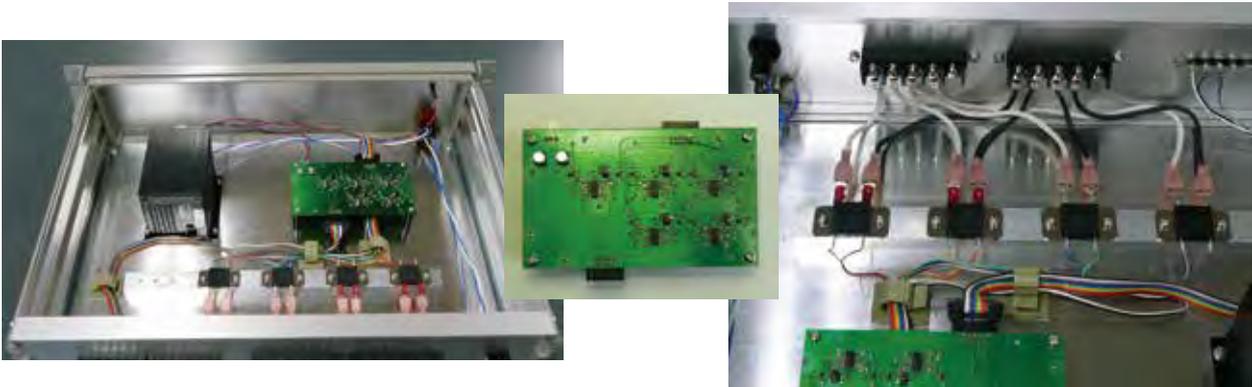
流路接続用バルブ。当初絶縁を考慮してポリイミド樹脂で製作したが破損をしたため、延性のあるポリエーテルエーテル酮 (PEEK) に変更した。

## Qスイッチレーザーモジュール組込用ミラーホルダーの改造



超高精度微調スクリュー (1/4" -254TPI) の組込みでさらに厳密なミラー調整を可能にした。

電流モニタ回路 (シャント盤)



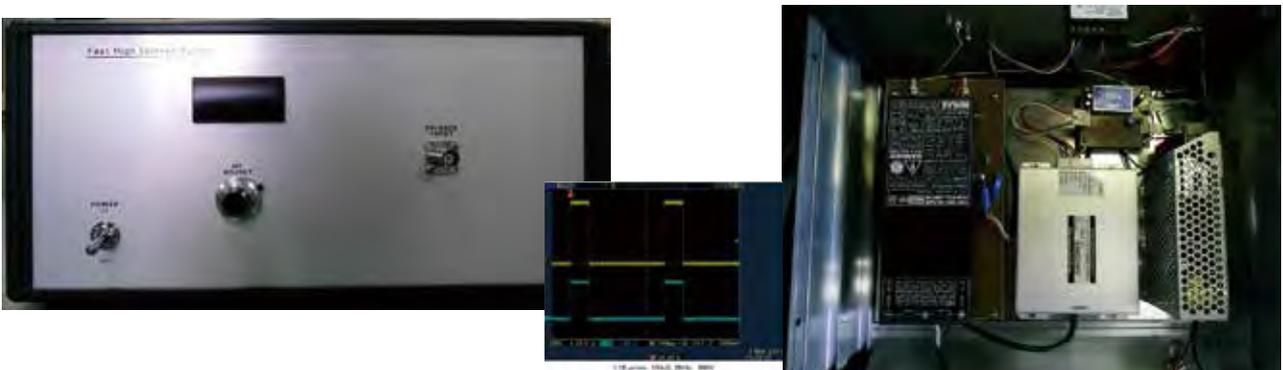
UVSOR ビーム輸送系電源の電流値モニタ回路  
電流検出用シャント抵抗+電圧増幅率 40dB の差動アンプ  
4チャンネル用, 3チャンネル用

電子スライダック



AVR マイコンによる位相制御により、従来のスライダックより重量や容積を大幅に削減しつつ、  
電流容量 15A まで接続可能。AC200V にも対応可能。  
ロータリーエンコーダによる出力レベル (1~100%:分解能 1%) の調整と LED 表示による視認性の向上を実現。

1kV 高電圧パルサー



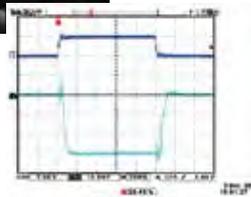
Push-Pull 高電圧スイッチによる 0~1kV 可変高圧パルサー  
Turn-On Delay time: 160nS, Turn-Off Delay Time: 190nS  
Rise & Fall time: 20nS, Pulse Width: 150nS ~ ∞

## プログラマブル分周器



レーザーからの 1kHz 出力を基に、最大 8 チャンネルの TTL レベル論理回路出力を生成する。  
CPLD + VHDL を用いることで、論理回路は自由に構成・変更が可能。

## NMR 用負極性 mV パルスー



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 ~ -490mV  
Turn-On Delay time: 40nS

## LED 照明コントローラ



高輝度白色 LED でチャンバー内などを照らすための調光装置。  
ARM マイコンを用いて高分解能の PWM を 4 チャンネル独立制御。  
コンパクトな昇圧・定電流回路を構成し、3.3V 単一電源から  
高輝度白色 LED 用を安定的に駆動。

## 2013年 工作依頼リスト

装置開発室の業務に所内からの依頼による装置製作がある。機械、電子回路の各グループが2013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は製作品ページに掲載した。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 (259件)

伝票番号	品名	13C06	Sample holder
13A01	ICF70 フランジ窓加工	13C07	ネジアダプター
13A02	FTOホルダー t1.8用	13C08	ステージ支持台
13A03	NMRセル台	13C09	ベークパイプ追加加工
13A04	電気化学セルとアダプター	13C10	偏光子ホルダ
13A05	光反应用アルミブロック追加加工	13C11	分子線スキマー (スリム型)
13A06	干渉計用シャッター	13C12	ターンバイターン BPM 切替器パネル加工
13A07	丸形ピンホール	13C13	ネジ加工と治具製作
13A08	LD 固定用 M6 ロングネジ	13C14	Shaft Anchor (BL5B チルト機構)
13A09	遮蔽板 32mm	13C15	超高真空蒸着源
13A10	分光器スリットアダプタ	13C16	BL5U 用サンプルホルダーフィンガー一式
13A11	レーザーホルダー	13C17	レーザーカバー穴あけ加工
13A12	PZT HOLDER	13C18	アルミ板穴あけ
13A13	アクリル板穴あけ	13C19	M20 ボルト
13A14	ICF203 ビューポートガasket 固着エッジ修理	13C20	真空シャッター
13A15	ストッパー、ダイフロン	13C21	偏極電子銃光学台
13A16	新イオン源支持板Ⅲ	13C22	ステンレスベース穴追加加工
13A17	ドリフトチューブぶら下げ治具	13C23	レンズ電極、コリメート電極
13A18	ステージプレート 600	13D01	超伝導電子銃用トランスファー
13A19	PC カバーネジの製作	13D02	新 NMR セル挿入治具
13A20	ステージアダプタ	13D03	VCSEL モジュール L 型
13A21	調製治具	13D04	パイプアダプタ (PEEK 製)
13A22	試料ホルダー	13D05	ブレッドボードステージ穴あけ
13B01	真空用燃料電池セル 【写真】	13D06	マイクロチップレーザーハウジング 改造打合せ用図面
13B02	シリンドリカルミラーホルダ	13D07	LD マウント
13B03	チャームミラーホルダ	13D08	液体セルホルダー 【写真】
13B04	EB 試料分光用ピンホール	13D09 *	マイクロ波テレビ試験台
13B05	すり鉢型試料ホルダー	13D10	蒸着装置内部品溶接
13B06	LD レンズアライメントシステムの ステージ調査	13D11	ブレッドボード他穴あけ
13B07	UV マイクロチップレーザーハウジング	13D12	9T 側トリマーアース固定具
13B08	新 NMR セル台	13D13	マイクロチップレーザーハウジング 改造型の学会用写真と図面
13B09	加熱ステージ一式	13D14	SNOM 用試料ホルダー
13B10	平板ミラーホルダ	13D15	Mo 小板
13B11	斜入射分光器用調整ステージ	13D16	CD 用試料ホルダー
13B12	グレーティングホルダ	13E01	ATR 用テフロン流路
13B13	追加加工 (マグネットベース)	13E02	膜圧計スタンド
13B14 *	MWTV 素子試験台の製作 【写真】	13E03	SUS 板と圧力計配管部品
13B15	会議室プロジェクター移設工事	13E04	錠剤成型器及び固体試料ホルダー
13B16	シャッター支持台	13E05	ナイフエッジスリット
13B17	冷却ユニット	13E06	電界効果測定 BOX
13B18	ペDESTal	13E07	分光器用リニアセンサアダプタ
13C01	MCP マウント Ver.2	13E08	新 NMR 用支持
13C02	PEM 用固定板及びブレッドボード改造	13E09	回転ステージアダプタ
13C03	サンプルホルダー	13E10	レールホルダ
13C04	マイクロチップレーザーハウジング改造	13E11	ゴニオアダプタ
13C05	SNOM 用ステージアダプタ	13E12	アクリルボックス

13E13	ATR用フローセルシステム
13E14	Φ 13 mm基板立て
13E15	セル押エ
13E16	ステンレスフランジ、テフロンリング
13E17	パネル加工
13E18	トランスファーチューブ修正
13E19	AFM観察
13E20	蛍光測定レンズマウント
13E21	液クロ試料台
13E22	アルミ加熱ブロック 50ml ナス用
13E23	マスクライナースペーサー
13E24	モリブデンサンプルホルダー軸部分溶接修理
13E25	イオンポンプマウント
13E26	金属板サンプル
13E27	加熱用アルミブロック 100ml ナス用
13F01	真空部品修正加工
13F02	ストッパー
13F03	サンプルホルダー修正加工
13F04	角窓用ホルダー
13F05	パイレックスガラス
13F06	ECDL 部品
13F07	反応セルアダプター
13F08	回転軸支え
13F09	電極追加工
13F10	回転ステージアダプタ
13F11	PDMS製流路作製
13F12	有機薄膜 AFM 測定
13F13	ICF70 窓枠
13F14	BL5U 用バンク
13F15	カメラ取付台
13F16	ゴニオアダプタ・スリットホルダ他
13F17	グレーティングホルダ
13G01	レーザーマウント
13G02	400W ファイバーアダプター
13G03	スピニコータ試料台
13G04	ベースプレート
13G05	ウォーブルスティックアダプター
13G06	ヒートシンク流体解析
13G07	光電気化学セル
13G08	Mo製サンプルディスク
13G09	結晶コーティング除去加工
13G10	BL6B ミラー調整部品他
13G11	VCSEL モジュール L 型 -A110
13G12	メッシュ板
13G13	カソードプラグ <a href="#">[写真]</a>
13G14	MCP マウント Ver.4
13G15	トランスファーロッド部品
13G16	液体セルの形状測定
13G17	ピエゾステージ用アダプタ
13G18	レーザーカバー穴あけ加工
13G19	LD アダプター
13G20 *	7ch マイクロ波テレビカメラ
13G21	気相 NMR 装置三号機
13G22	ビームストッパー
13G23	膜のテストホルダー
13G24	ビームライン使用用 JIG
13G25	コールドフィンガー
13G26	サンプルホルダー

13G27	7U ホルダーとサンプルマウント
13G28	カメラ固定台
13H01	錠剤成型器
13H02	サンプルホルダー
13H03	サンプルホルダー修正加工
13H04	コールドフィンガー
13H05	ミラーホルダー
13H06	パルスシェイパーマウント
13H07	反応セルアダプター
13H08	ミラーホルダー (追加製作)
13H09	試料ホルダー No.2
13H10	電気化学セル
13H11	アクリル板穴あけ
13H12	蒸着装置ケーブル接続部
13H13	プレート
13H14	分光器アダプタ
13H15	波長板用部品 No.1 ~ 3
13H16	ロッドエクステンション
13H17	Cr シート切断
13H18	アーム取付板
13H19	耐熱レーザーモジュールの設計試作
13H20	Q スイッチレーザーモジュール ミラーホルダー改造 254TPI 型 <a href="#">[写真]</a>
13H21	ICF152 用アクリルふた他
13H22	ビューポート
13H23	サンプルプラグ改造
13H24	ステンレス STM Tip ホルダー
13H25	カソードプラグ簡易型
13H26	NMR 試料管用治具一式
13H27	C foam「スポンジ状炭素板」への穴あけ <a href="#">[写真]</a>
13H28	パワー変調ユニット用ブレッドボード
13I01	CRYSTAL HOLDER V2
13I02	流体セル PEEK 配管継手 <a href="#">[写真]</a>
13I03	カソードプラグ DC Gun 用
13I04	熱電対用金属プレート
13I05	テーパアンプジグ
13I06	タンタル基盤
13I07	グラッド鋼テスト用トラップ
13I08	アイソレーターホルダー
13I09	in-situ DXAF セルホルダー
13I10	DC エミッタンス
13I11	波長板用部品
13I12	レンズ電極
13I13	斜め 30° フランジ
13I14	ビューポート用光学台
13I15	小型固体レーザーホルダー
13J01	パルスシェイパー用アダプタ
13J02	Si フォトダイオード増幅器
13J03	コンポジット結晶ホルダー
13J04	バブルディテクタ調整
13J05	Q スイッチレーザーハウジング ミラーホルダー改造
13J06	ショットプラスト処理
13J07	分光器アダプター
13J08	へき開器部品
13J09	ATR-STF 用部品の改造
13J10	サンプルカバー 10 & 11

2013年 工作依頼リスト

13J11	石英ガラス穴あけ加工
13J12	ガラス切断テスト
13J13	Bracket
13J14	グレーティング切断
13J15	Cr 針の SEM 観察
13J16	Cr バー、針ホルダーの製作
13J17	薄膜計部品
13J18	NW25 アクリル付き
13J19	FTIR カバー工作
13J20	レンズ固定枠
13J21	LBO 結晶オープン
13J22	フェーエルインジェクター改良
13J23	導電性ガラス切断
13J24	コイル治具
13K01	パージボックス
13K02	コイル治具 4、エポキシ板
13K03	Φ 32 光学ロッド
13K04	サンプルホルダ
13K05	Q スイッチ用ミラーホルダー改造
13K06	補正コイルボビン
13K07	ICF114 フランジ支持台
13K08	支柱・板
13K09	Cr バー
13K10	ドライバーコネクタ
13K11	サポート部品追加工
13K12	ブレッドボード加工
13K13	熱アンカー部品
13K14	光学素子ホルダー式
13K15	プラスチック製結晶ホルダーの加工
13K16	補正コイルボビン
13K17	MOT コイルジグ
13K18	レーザーカバー穴あけ追加工
13K19	サンプル板ネジ穴加工
13K20	SEM ヒーター導入の為の押え & フランジ穴付部品
13K21	連続光照射用回転セルの温度調節部品
13K22	ブレッドボード追加工
13K23	アクリルボックス
13K24	レンズ固定枠
13K25	サンプルホルダー一式
13K26	ブレッドボード追加工
13L01	サンプルホルダーの追加工
13L02	サンプルプラグ
13L03	六角ボルト
13L04	燃料電池セル
13L05	補正コイルボビン
13L06	サンプルホルダー
13L07	LED ランプケース
13L08	VG250-ICF203 変換フランジ他
13L09	アルミ遮光板の製作
13L10	レーザー結晶チャンバー用チューブ
13L11	銅製スペーサー
13L12	基板ホルダー
13L13	光学ホルダー
13L14	冷却装置
13L15	結晶ホルダー

電子回路グループ (31件)

伝票番号	品名
13B01	FT-IR 加熱機器用温度調節器改良
13B02	二段式高圧パルサーの改造
13C01	ターンバイターン BPM 切替器 (3号機+1~3号機まとめBOX)
13C02	STM 用プリアンプの改造
13C03	保護回路
13D01	HV インターロック
13D02	NMR 用正負両極性 mV パルサー <a href="#">[写真]</a>
13E01	電流モニタ回路(シャント盤) <a href="#">[写真]</a>
13E02	電子スライダック <a href="#">[写真]</a>
13E03	高速ディレイ回路
13F01	電解効果測定 BOX(配線)
13F02	プログラマブル分周器 <a href="#">[写真]</a>
13G01	差動増幅器試作用基板
13G02	HV インターロック装置の改造
13G03	1KV 高圧パルサー <a href="#">[写真]</a>
13H01	差動増幅器基板
13I01	TTL 発振器 Ver2
13I02	パルスドライバー用信号変換ケーブル
13J01	ノイズフィルター
13J02	回転セル制御システム
13J03	シャッターコントローラー用外部接続端子
13J04	Si フォトダイオード増幅器
13K01	LED 照明コントローラ <a href="#">[写真]</a>
13K02	ビームシャッター・コントローラ
13K03	LED ライト(電源回路付)
13K04	小型パルスモータコントローラ
13L01 *	高電圧高速パルススイッチング回路
13L02	4 タイプ LED 基板
13L03	フォトダイオードディテクタ
13L04	Piezo Driver
13L05	高電圧電源(カスタム仕様)

---

装置開発室 Annual Report 2013

平成 26 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