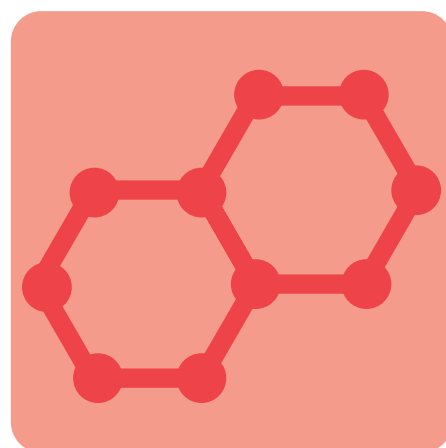
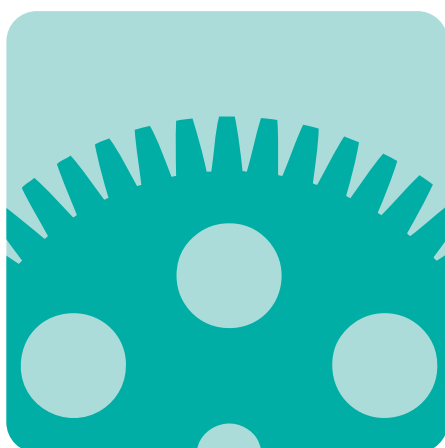
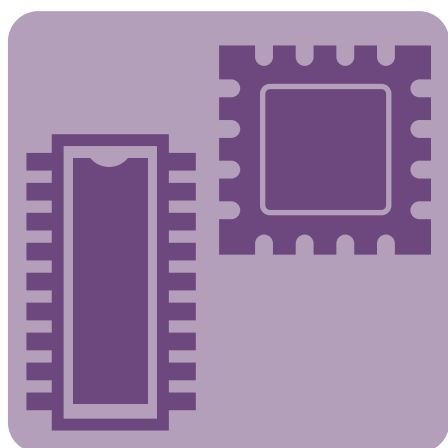


# Annual Report 2024



**Equipment Development Center**

【ミッション】

「研究者にとって一番身近な技術者集団となる」

【ビジョン】

・学ぶ ・挑戦 ・貢献 ・リーダーシップ

【バリュー】

- ・自然科学に興味を持ち、科学的考え方と発想を身につけ、分子科学研究所の発展につながる次世代技術に挑戦します。
- ・研究機器の設計製作および関連する技術分野において、室員一人ひとりが主体的な心構えを持ち高度な技術力を身につけます。
- ・研究者と協働する意識を持ちディスカッションを重ね、要望に近づく装置づくりを目指し、所内の先駆的な研究を支援します。
- ・所外の大学・研究機関からの設計製作依頼に応え、自然科学研究に関する技術ネットワークを拡充し、分子科学研究に役立つ技術ノウハウを集約するハブとしての役割を担います。

アイコンについて

本号では、「技術報告」「トピックス」「特集」に、上記ミッション・ステートメントのバリューに対応するアイコンを付加しました。バリューとアイコンの対応は以下のとおりです。



・・・学ぶ



・・・挑戦



・・・貢献



・・・リーダーシップ

昨年はスポーツ関係で、色々と明るい話題の多い年でした。大谷翔平やオリンピック選手の活躍など、若年人口が減っているにも関わらず以前では考えられなかったような若者の活躍が続いています。これまで関係の方々が築いてきた土台と伝統に加えて、トレーニング・指導方法の改善や国際交流による切磋琢磨が相まって、オリンピックでも金メダル数が世界3位という結果に結びついているものと思います。

翻って他の分野を見てみますと、こちらはあまり芳しくありません。GDPはドイツに抜かれて4位となり、来年にはインドにも抜かれるとの予想があります。自然科学の分野でも、一時期4位だった注目論文の数が13位まで後退しています。これは一体どうしたことでしょうか。スイスの国際経営開発研究所（IMD）という機関が発表している競争力ランキングでは、1990年に1位だった日本の競争力は38位まで後退していますが、その中で特に低い点を取っているのが、マネジメントの慣行（65位）、ビジネスの効率（51位）、国際的な経験（64位）、シニアマネージャー能力（62位）などになります。こうした項目から感じるのは、適切なリーダーシップが取られていない結果、変わらなければいけない場面で問題を先送りにしてしまい、仕事が多い割には本質的なことを出来ていない、といった組織が多いのではないかと、ということでしょうか。研究者の仕事も、テーマの選び方が硬直化していたり、研究以外の雑用が増えたり、ということが影響してないか、心配されます。

我が国でリーダーシップが育たない原因のひとつに、誰も傷つけない・誰にも嫌われたくない、という空気が広く存在することがあるのではないかと思います。しかし誰も傷つかず、そのまま全員が茹でガエルになるのを待っていて良いのか、というと決してそのようなことはないでしょう。日本すごい、みたいな自画自賛番組で現実から目を逸らし続けるのではなく、ピンチをどのようにチャンスに変えていくのか、そうした議論を色々な場面で始めて行かなければいけない時代になっているのだと思います。

装置開発室では、菊地さんが大学に移籍されて、代わりに磯谷さんが新メンバーとして加わりました。今年には分子研創立50周年の年でもありますので、心を新たに活動に取り組んでいきたいと思います。本年も装置開発室をよろしくお願いいたします。

2025年1月

山本浩史

## 目次

構成スタッフ	1
イベント in 2024	2
セクション報告	6
主要設備	11
研究会発表一覧	12
利用者報告	13
申請課題一覧	19
活動レポート	21
トピックス	35
特集 小型ウォータージェットカッターの導入	38
分子科学研究所一般公開 2024	39
着任ドキュメント	42
2024 年 製作品	43
2024 年 工作依頼リスト	49



(前列左から) 山本浩史、近藤聖彦  
 (後列左から) 高田紀子、豊田朋範、菅沼光二、松尾純一、澤田俊広、木村和典、稲垣いつ子、磯谷俊史、石川晶子、宮崎芳野

#### 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

メカトロニクス・セクション	近藤聖彦	KONDO, Takuhiko	主任技師	装置開発ユニット長
	磯谷俊史	ISOGAI, Toshifumi	技術員	
	宮崎芳野	MIYAZAKI, Yoshino	技術員	
エレクトロニクス・セクション	豊田朋範	TOYODA, Tomonori	主任技師	
	松尾純一	MATSUO, Junichi	主任技術員	
	木村和典	KIMURA, Kazunori	技術員	
リソグラフィ・セクション	高田紀子	TAKADA, Noriko	主任技術員	
	木村幸代	KIMURA, Sachiyo	技術員	

#### 技術支援員

	澤田俊広	SAWADA, Toshihiro	
	石川晶子	ISHIKAWA, Akiko	
	菅沼光二	SUGANUMA, Kouji	

#### 事務支援員

	稲垣いつ子	INAGAKI, Itsuko	
--	-------	-----------------	--

1月

23日 出張(名古屋大学)(近藤)

2月

2日 WAN-WAN 実演セミナー(東北大学)(豊田) (記事9ページ参照)

14日 回路工作受入研修(豊田)

15日  
~16日 生理学・生物学技術研究会(豊田)

20日 回路工作受入研修(豊田)

3月

4日 NanospecFY2023(豊田)

5日 第3回東海国立大学機構技術発表会(名古屋大学)(豊田)

7日  
~8日 2023年度 KEK 技術研究会(豊田、松尾、木村、菊地)  
(写真1, 2, 3, 4) (記事35ページ参照)

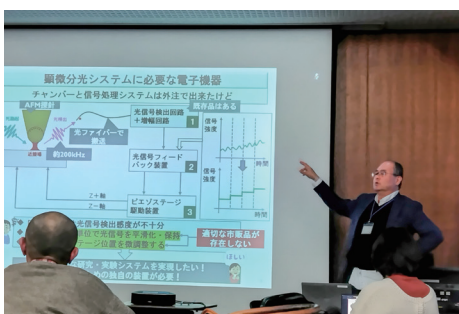


写真1: 身振り手振りで開発内容を説明する豊田氏

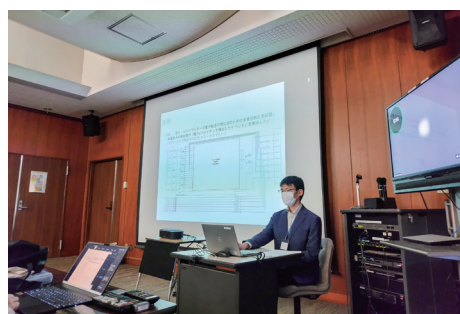


写真2: PCを操作して発表を続ける木村氏



写真3: 例を挙げてめっきを解説する菊地氏



写真4: サンプルを見せ説明する松尾氏

15日 菊地さんを送る会 (写真5)

21日  
～22日 回路工作受入研修 (豊田)

31日 菊地拓郎氏 退職



写真5：菊地さんを送る会にてスタッフ全員で記念撮影

## 4月

24日 出張 (名古屋大学)(近藤、宮崎)

## 5月

16日  
～17日 東海地区国立大学法人等職員基礎研修 (名古屋大学)(宮崎) (記事 35 ページ参照)

## 6月

7日 関東甲信越地区技術職員懇談会 (オンライン)(近藤、高田)

## 7月

1日 磯谷俊史氏 着任

1日  
～5日 自然科学研究機構技術研究会 (オンライン)  
(近藤、高田、木村 (和)、宮崎) (記事 35 ページ参照)

5日 出張 (NanoTerasu)(豊田)

12日 クリーンルーム維持管理情報交換会 (オンライン)(近藤、高田、石川)

24日 国研セミナー (豊田) (記事 36 ページ参照)

## 8月

7日 設計技術交流会 (国立天文台)(木村 (和)) (記事 36 ページ参照)

8日  
～9日 回路工作受入研修 (豊田)

9月

5日  
～6日

第30回機器分析技術研究会(広島大学)(豊田)(写真6,7)(記事36ページ参照)

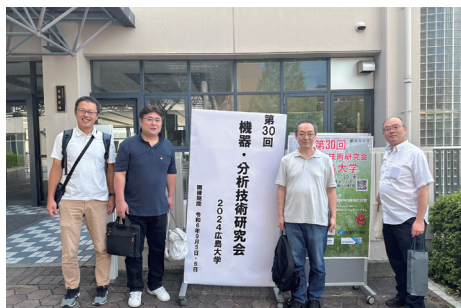


写真6：共同開発や研修関係者と並んで記念撮影する豊田氏(右端)



写真7：聴講者からの質問に答える豊田氏

6日 ナカネット展示会 2024in 岡崎(松尾・木村(和))

19日  
～20日

回路工作受入研修(豊田)

27日

大阪大学理学研究科学内演習  
(大阪大学豊中キャンパス)(豊田)(写真8)  
(記事37ページ参照)



写真8：電子回路の基礎について説明する豊田氏

10月

7日 出張(豊田工業高等専門学校)(木村(和)、宮崎)

7日  
～10日

ARIM 技術スタッフ個別研修(北海道大学)(石川)

9日  
～11日

ARIM 技術スタッフ個別研修  
(東京科学大学)(高田)(記事37ページ参照)

19日

分子科学研究所一般公開 2024 (記事39ページ参照)

22日  
～23日

岡崎市立美川中学校職場体験(松尾・豊田)(写真9)



写真9：3Dプリンターの使い方を講義する松尾氏

30日  
～31日

回路工作受入研修(豊田、木村(和))



11月

8日 エフエム EGAO ラジオ収録  
(松尾・木村(幸))(写真10) (記事 37 ページ参照)

15日 オリエンタルモーター展示会 (豊田)

18日 あいちの名工表彰 (菅沼) (写真11)



写真10：ラジオ収録後にパーソナリティーの松井様(中央)と記念撮影する松尾氏(左)と木村氏(右)

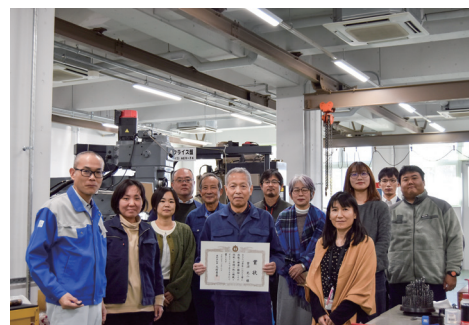


写真11：愛知の名工表彰を受けた菅沼氏を囲んでスタッフ全員で記念撮影

12月

3日 見学対応 (豊田工業高等専門学校)(豊田・木村(和)・松尾、宮崎)

10日 出張 (名古屋工業大学)(近藤、木村)

13日 岡崎ものづくりフォーラム (近藤、豊田、木村)

18日  
~ 19日 設計技術交流会 (名古屋大学)(近藤、磯谷、木村(和)、宮崎)

24日 第30回静岡大学技術報告会 (静岡大学静岡キャンパス) (豊田)

## メカトロニクス・セクション報告

近藤 聖彦

メカトロニクス・セクションは、メカニカルエンジニアリング、デジタルエンジニアリングの技術・技能を有する職員が所属している。メカニカルエンジニアリングに関係する主な依頼は、分子科学研究に必要とされる実験機器の設計製作、試作部品の加工などである。デジタルエンジニアリングに関係する主な依頼は、金属部品の試作として樹脂製部品の3D造形、樹脂製タンパク質の3D造形、設計過程で重要となる構造、伝熱等に関する解析などである。さらに、このような技術支援は所内研究者に対してだけでなく、全国の大学および分子科学分野を中心とした研究機関の研究者を対象としている。

「研究者にとって一番身近な技術者集団となる」および「人々のくらしや環境などが持続的に発展する社会の実現」を目指し、技術や知見を活用して研究開発に貢献する研究所のものづくり集団として活動をおこなっている。

## 1. 製作の依頼件数

図1に6年間の所内外の製作依頼件数の推移を示す。2024年1月～12月の機械工作関係の所内依頼は217件で、実験に使用する部品加工の依頼が多い。2020年4月から3Dプリンタ9台を計算科学研究センターから移管し3D造形の依頼受付けを開始した。3D造形は、複雑な形状を有し、工作機械で加工が困難な部品の造形に適している。さらに、金属加工と比べて短納期かつ樹脂材料を使用すれば低価格で製作が可能である等の長所があり、試作段階における依頼が多い。今年の3D造形の所内依頼は205件であった。

所内の依頼内容は、1週間以内で完了する部品製作が9割程度、設計製作、試作など開発要素が含まれ、完了までに2週間以上必要な依頼が1割程度であった。

2019年に社会連携研究部門が発足し、所外依頼として扱っている。2020年から民間企業と社会連携研究部門に対して装置開発室有償利用を開始、2021年7月に自然科学研究機構分子科学研究所装置開発室装置製作受託規則(以後、製作受託と記す)が施行され、民間企業と所外公的研究機関の依頼を受付けている。今年の機械と3Dに関する製作受託は6件であった。

製作受託の注意点は、所内外の effort の比重を考慮することが重要となり、事前に製作内容を確認し、分子科学分野の技術的貢献、装置開発室の技術向上等を十分に考慮して引き受けている。

その他、マテリアル先端リサーチインフラで3次元光学プロファイラシステムの施設利用があった。

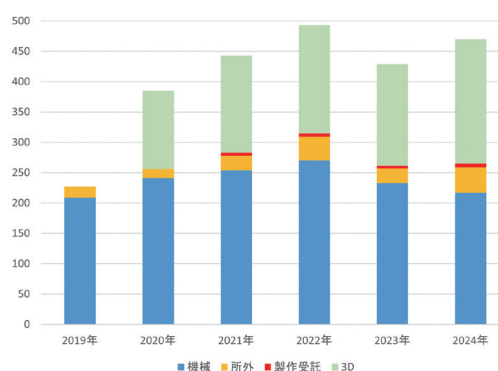


図1：製作依頼件数



図2：冷却容器の接続部品

## 2. 主な依頼内容

## ● メカニカルエンジニアリング

主な依頼は、(1) 部品製作：依頼者から提供される部品形状の手書き図面、簡単な絵、要求される仕様を反映して図面を作成後に加工する内容、(2) 装置製作：設計・開発要素を含み部品を組み合わせて製作をおこなう内容の2つに分類できる。

(1) は、放射光施設で使用する真空部品、極低温環境で使用する部品、金属めっきで製作したスキマー等、様々な部品製作があった。近年は小型で薄い加工依頼が増加傾向である。

図2に真空環境の実験で使用する冷却容器の接続部品を示す。このような部品製作については、納期と依頼件数の状況を考慮しながら内作と外作を振り分けている。

(2) は、図3に示すような電気的評価が行える電気化学セル、レーザ実験で使用する冷却機構、放射光施設で使用する検出器固定治具、高温加熱炉の水冷ホルダ、レーザ結晶を接合する装置等、光学、熱学、真空、低温、光学に関係する高度な知識と技術を必要とする設計と製作依頼があった。これらの依頼は、全般に制限された空間内で装置を組み込む設計が多く、設計の自由度が制限されるた

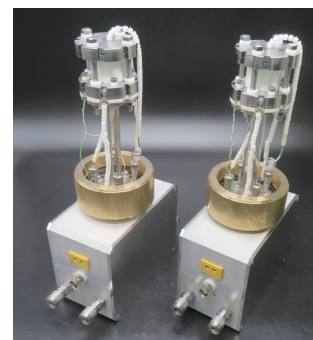


図3：電気化学セル

め、培ってきた経験が役立っている。

#### ● デジタルエンジニアリング

近年導入した5軸加工機は3次元の複雑な動作になるため、制御するプログラム作成は難解になる。これをサポートするのにCAMソフト(hyperMILL)を使用している。従来は工具軌跡だけを表示する機能で工具とワークの干渉チェック(図4参照)をおこなっていたが、加工シミュレーションでチェックできるようにアップグレードした。加工シミュレーションは、PC上で5軸加工機の動作を再現し、工具やホルダの干渉チェックのほか、機械干渉やオーバートラベルを正確に検出することが可能である。また、原点からの移動動作や割出動作など、ツールパス以外の早送り動作についても検証が可能で、実機での確認作業やエラーは大幅に削減され、安全に加工を行うことができる。

(参照URL: <https://www.ai-sols.co.jp/products/hypermill/>)

タンパク質の3Dモデルを造形する際は、Magicsと呼ばれている3Dデータ編集用ソフトウェアを使用することで、複雑なSTLデータを細かく編集することができ、例えば造形物にマグネットを埋め込むための空間を作成するなどの修正を加えて造形することで、構造体の脱着が容易なタンパク質模型を造形することができる。

タンパク質模型は構造体ごとに色分けするとわかりやすくなるため、フルカラーの造形を希望されることが多く、2021年度に樹脂材料でフルカラー3D造形が可能なプリンタを導入した。カラー造形以外にも透明な模型を造形することができ、空間にボールが浮いているような造形も可能となった。

### 3. 技術交流

名古屋大学全学技術センターと国立天文台の技術職員の間で、所内で利用検討がある全方向に動かすことができる球状歯車を題材にした多軸加工機の技術交流を行っている。球状歯車はインターネット上で様々な情報が公開されているが、装置開発室の職員は、開発者の一人である多田隈先生の講演を聴講した。

技術交流の長所は、各機関で加工機とCAMソフトが異なるため、同形状の加工でも、加工のアプローチが変化する。これは、多角的な発想につながる。また、技術ネットワークが拡充するので、人の交流が活性され、ベテランの職員からアドバイスを受けることができる。

図5に加工シミュレーションの画面、図6に5軸加工機で加工した時の様子を示す。

### 4. 一般公開

“「モノづくりと集中力」のフィールドによろこそ”をキャッチフレーズにした。メインの体験イベントは手作り道場の射的とイライラ棒である。射的は輪ゴム銃と円板状の的を3D造形で作製し、輪ゴムが的に当たると「HIT！」と電光表示される。イライラ棒は銅線を曲げて作った「しゃちほこ」にタッチセンサー(湾曲状の金属線)が銅線と接触すると警報灯が点灯する。図7に射的、図8にイライラ棒の展示の様子を示す。これらの体験イベントは、来場者の視覚と聴覚が刺激されるように工夫したので、非常に人気があり、当初の予想を超える大盛況であった。

### 5. その他

近年は見学対応が増加している。見学人数の増加は装置開発室をより広く知っていただける良い機会である。B棟2階のショーケース上に電光掲示板を設置し、3Dプリンタで造形した実験装置、5軸加工機で切削した部品など立体的な展示品を多く設置し、写真の展示よりもわかりやすい工夫をしている。

菅沼光二氏が令和6年度愛知県優秀技能者表彰(職種:汎用金属工作機械工)を受賞された。この賞は、通称「あいちの名工」と呼ばれ、愛知県内の事業所に勤務し、優れた技能を持ち、その技能を通じて社会に貢献された方に授与される。

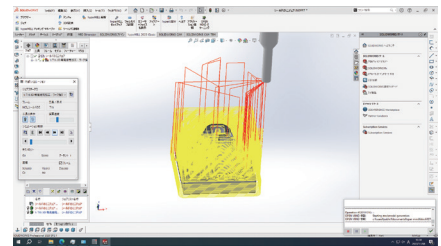


図4: 工具軌跡の画面

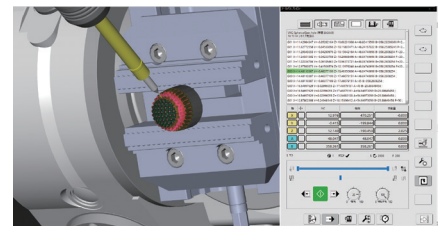


図5: 加工シミュレーションの画面



図6: 5軸加工機で加工した時の様子



図7: 射的の展示の様子



図8: イライラ棒の展示の様子

## エレクトロニクス・セクション報告

豊田 朋範

## 1. エレクトロニクス・セクションの基本方針

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およびそれらの複合回路まで、ソフトウェアはハードウェアに付随したハンドラー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に至るまで、広範な回路技術で支援を行っている。

研究者の要求に応えるために、技術職員は日頃から基盤となる回路技術の育成と共に最新デバイスや新しい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技術の習得に努めている。特に「エレクトロニクス技術の3本の柱」として、FPGAに代表されるプログラマブルロジックデバイスの製作技術、機器組み込み用マイコンの応用技術、アナログ回路製作技術に重点を置いて取り組んでいる。(図1)

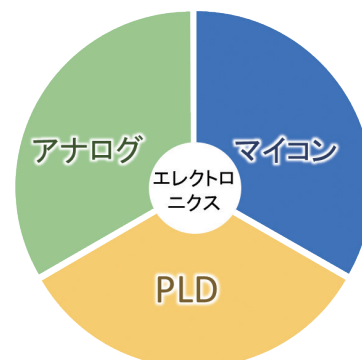


図1：エレクトロニクス技術の3本の柱

## 2. 工作依頼件数の推移と状況

図2は2004年からの工作依頼件数の推移である。2024年は146件を受注し、過去最高となった2023年の151件に匹敵する件数となった。件数増加の要因としては、(1)実験の進捗や生じた課題に応じた機器開発や改良の増加 (2)過去の成果の展開やリピートの増加 (3)高電圧回路の需要の復活 (4)実験現場で破損あるいは急遽必要になったケーブルの製作や修理の増加の4点が挙げられる。

工作依頼の内訳は、回路やプリント基板・ソフトウェアの設計・製作を伴うものが87件(59.6%)、故障・破損した機器の修理やケーブル製作など突発的・改修的なものが59件(40.4%)である。近年の工作依頼は複合的な技術要素を要するものが多く、技術分野を明確に区分することは難しいため、このように分類した。

依頼元を所内と所外で分類すると、所内が123件(84.2%)、所外(社会連携部門を含む)が23件(15.8%)である。2024年も製作受託制度やMTA(成果有体物譲渡)制度に基づく工作依頼を断続的に受注した。今後もエレクトロニクス・セクションは、装置開発室や分子研内外において一定の存在感を維持できる見通しである。

近年の特徴として、実験の進捗に応じて仕様を変更しながら製作・改修することや、1件の工作依頼における複数台製作の機会が増加していることが挙げられる。また、ピン間が狭小な表面実装部品が主流であり、所有するプリント基板加工機では製造が困難、あるいは製造効率が低下する場合は、P板.com(<https://www.p-ban.com>)やFusion PCB(<https://www.fusionpcb.jp/>)などの基板製造サービスを活用しての対応を進めている。更に、(1)使用頻度が多い回路のモジュール化 (2)Pmodなど著名な共通インターフェース仕様に準拠したプリント基板の設計 (3)機械CADとの連携による筐体配置の検証と最適化 (4)卓上CNCフライスや3Dプリンタを活用したパネルやケース加工の内製の一の4項目を推進することで、パネルやケース全体を含めた製作工程の効率化や、複数案件の並行処理を進めている。その結果、工作依頼件数の増加傾向が続くのに対して、完了率は2024/12/31現在で87.0%と比較的高い水準にあり、これらの対策が効果を上げていていると見られる。

ここ数年、マイコンやFPGAを使用しない純粋なアナログ回路の比重が高まっている。2024年は特に高電圧回路の需要復活が顕著で、製作品の1つは後述する知的財産の取得に繋がった。信号の検出や増幅、負電圧や高電圧、大電流の取り扱いではアナログ回路が、分子分光実験やピエゾ素子駆動では高電圧回路が不可欠である。分子科学のみならず広くサイエンスに資する技術支援を推進するため、「3本の柱」のうち、特にアナログ回路技術の取得と向上に注力する必要があると考える。

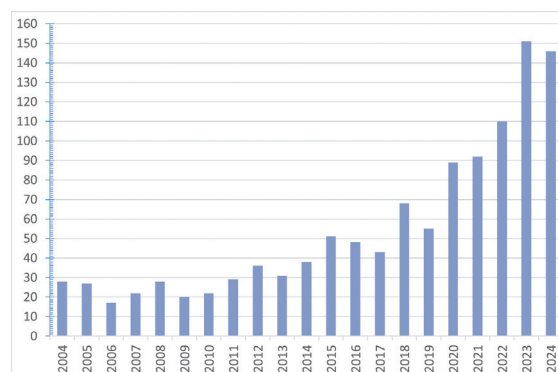


図2：エレクトロニクス・セクションの工作依頼件数の推移

### 3. 知的財産

2024年は、豊田と木村(和)が木村真一教授(分子研／大阪大学)との共同で1件の知的財産を取得した(特願2024-106107「可搬型電源装置」)(関連記事p29)。本装置は2024年12月現在、民間企業による市場調査と2025年1月開催の放射光学会展示に向けた準備が進められている。

エレクトロニクス・セクション所属職員が知的財産にかかわる事例は、後述の岩手大学との共同開発に次いで2例目であり、いずれも民間企業と連携して市場展開が見込まれている。研究験場に足を運び、研究者と密接に連携した装置開発に取り組むことで、知的財産の獲得や活用に繋がると考える。

### 4. 研究会発表・共同開発・アウトリーチ活動

2024年は10件(共著含む)の研究会発表を行った(関連記事p12)。研究会は対面方式もしくはハイブリッド方式のいずれかであるが、開催形式に拘らず、成果発表や課題の提案と討論、人と人との繋がりやそこからの新しい共同を目指して、各種研究会への積極的な参加と発表を推進している。

岩手大学と共同開発を進めている一斉警報通知防災システムは、Jアラートや緊急地震速報と連携する防災システムとしては盛岡市や矢巾町で引き続き実証試験が継続されている。共同開発を展開する民間企業の1つであるアステム社(大阪市)の視覚障害者用受信機「アイ・ドラゴン4」と連携させ、災害発生時に視覚障害者や外国人、高齢者らに迅速な情報伝達を図る取り組みは、メディアでも報道された(河北新報2024年5月23日付や岩手日報2024年6月19日付など)。一斉警報通知防災システムが市場調査を含めた新たな段階に入ったと言える。

装置の異常や警報を周知するWAN-WAN(Wireless Alarm Network for Wide Area Notification)としては、2024年度はMTAで大阪大学や山梨大学に複数台が有償譲渡されたのに加え、研修やセミナー、技術指導への展開が目立った。2024年2月の東北大学(図3)や2024年9月の大阪大学の技術職員対象のセミナーでは、豊田が研修講師として招待もしくは依頼講演を行った。また、昨年度の河尻直幸氏(鳥取大学)と庄司愛子氏(岩手大学)に続き、後藤伸太郎氏(名古屋大学)を受入研修で技術指導し、WAN-WANの周辺ユニットの1つとして音声認識モジュールの開発が進められ、2024年12月現在でマイコンを含めた回路全体を製作中で(関連記事p15)、新しい形の受入研修、ひいては若手技術職員の育成に繋がると考える。



図3：2024年2月開催のWAN-WANセミナー

2020年より研究力強化戦略室と連携して、各種アウトリーチ活動を推進している。2024年は、岡崎市立美川中学校の職場体験受入と、岡崎市理科部の国研セミナー(関連記事p36)で演習を含めた講演を行った。後者は研究力強化戦略室を通じた要望を受けて、過去に出前授業で実施した抵抗温度依存性測定キットを用いた演習を重視したものとしたが、演習に取り組む教員諸氏が学生に戻ったかのように目を輝かせて楽しく真剣に取り組む様子が印象的であった。

「理科離れ」が叫ばれて久しいが、教育現場の実態は「多くの生徒は理科、特に実験が好きである」「教員は実験の機会を増やしたい」「実験に向ける予算と時間が少ない」であり<sup>[1]</sup>、出前授業前後の対談でも出された重要な課題である。この課題に対し、技術で教育現場に貢献できる余地は数多く存在すると思われる。エレクトロニクスをはじめとする科学技術を分かりやすく伝え、実験を通じて関心を高め、理解を深める教材開発は社会貢献の一環であり、「社会と連携し、外部に開かれた国際的研究組織として活動する」<sup>[2]</sup>ことの実践でもあると考える。

### 5. 参考・引用文献

- [1] 「理科嫌い・理科離れに関する研究－児童生徒および教員を対象にした調査をとおして－」山城芳郎、森本寿文、廣瀬友良 [https://www.hyogo-c.ed.jp/~kenshu-p-lib/research/108\\_04.pdf](https://www.hyogo-c.ed.jp/~kenshu-p-lib/research/108_04.pdf)  
 [2] 自然科学研究機構 機構憲章 [http://www.nins.jp/about/folder2/post\\_1.html](http://www.nins.jp/about/folder2/post_1.html)

## リソグラフィ・セクション報告

高田 紀子

リソグラフィ・セクションは、主要メンバー3名（技術職員2名、技術支援員1名）で、フォトリソグラフィ、電子ビーム（Electron Beam: EB）リソグラフィをはじめとした微細加工に関する製作依頼と施設利用者への対応、および共用クリーンルームと加工・測定機器の維持管理を主な業務としている。

## 1. 依頼状況

2024年の依頼件数は、フォトリソグラフィが9件、EBリソグラフィが6件、その他（成膜、PDMS成型、測定等）が21件の計36件であった。過去7年間における依頼件数の推移を図1に示す。

依頼件数36件のうち、スタッフが作業を行った内容が21件、それ以外は依頼者がユーザーとして作業ができるように、各装置の操作手順等についてレクチャーを実施した。スパッタや蒸着による成膜、段差計による測定等、比較的短時間で終了する内容に関しては、依頼者が作業するケースが増えている。

新規の依頼内容としては、電鍍による蒸着用メタルマスクと、EBリソグラフィの重ね合わせ描画を含む微細構造の製作がある。メタルマスクはこれまでフォトエッチングで製作を行ってきたが、数10 $\mu\text{m}$ レベルのパターンを製作するには寸法精度が不十分であった点から、より加工精度が高い電鍍で製作を行っている。

所外からの「施設利用」の件数は計5件（うち新規が2件）、「製作受託」は計4件（うち新規が3件）であった。

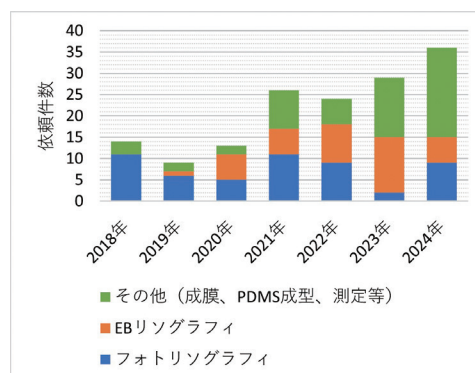


図1：製作依頼件数の推移

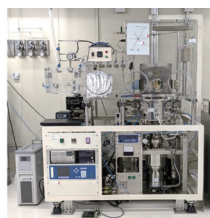
(主なイベント)

2018年：EB描画装置の新規導入

2019-2020年：クリーンルームの移設

## 2. 新規装置の立ち上げ

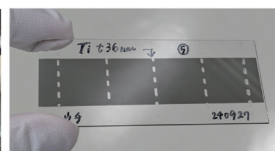
昨年に引き続き、蒸着装置の立ち上げを進めた(図2)。昨年は1源目からAuを蒸着できるところまで確認したが、今年はさらに2源目の増設を行った。膜厚計と直流安定化電源を新たに接続し、2源目からもAuやTiが蒸着できることを確認している。2源目の増設により、大気開放することなく積層膜を蒸着することが可能となった。現在は、蒸着作業に関する操作手順書等を整備し、ユーザーへの装置の貸し出しを開始している。今後は、各蒸着源の位置や種類に対する膜厚のデータを蓄積していきたいと考えている。



(a)



(b)



(c)

図2：蒸着装置の立ち上げ

(a) 蒸着装置 (b) 2源目の増設 (c) Ti蒸着後のガラス基板

## 3. ユーザーへの対応

昨年から開始した新規ユーザーへの「クリーンルーム初回講習」が通例となり、今年は所内外含め計27名に対して実施した。「クリーンルーム初回講習」では、クリーンルームへの入室手順に加え、安全面やクリーン度維持の観点から利用ルールや注意事項について伝えている。初回講習後は、それぞれのユーザーの実験内容に応じて、各装置の操作手順や作業プロセスについてレクチャーを実施した。初回講習に関する説明原稿や各装置の操作手順書を準備することで、1度の機会ですべての情報を伝えられるように心がけている。

## 4. セミナー受講・研究会発表

- ・大学連携研究設備ネットワーク講習会「技術職員のための英語研修」受講(高田)
- ・ARIM 2024年度 技術スタッフ個別研修プログラム「電子線描画装置を用いたナノパターン作製」受講(石川)
- ・ARIM 2024年度 技術スタッフ個別研修プログラム「電子線露光とマスクレス露光のミックスアンドマッチ」受講(高田)

## 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)
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	α -C400iB (FANUC)
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)
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)
ダイソー	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)
測定顕微鏡	STM6 (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)
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	hyperMill (Ai ソリューションズ)
CAE	ANSYS DesignSpace (アンシス・ジャパン)

### 3D プリンタ

種別	形式
FDM 型 3D プリンタ	CreatorPro (FLASHFORGE)
	Pro2 (RAISE3D)
	Guider2 (FLASHFORGE)
	L-DEVO (フュージョンテクノロジー)
	Creator3Pro (FLASHFORGE)
	Creator4s (FLASHFORGE)
	Funmat HT (INTAMSYS)
SLA 型 3D プリンタ	Form2 (formlabs)
UV 硬化インクジェット型 3D プリンタ	3DUJ-2207 (ミマキエンジニアリング)

## 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)
	TDS2014 (Tektronix)
	DS-5354 (IWATSU)
	DS-5624A (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)
	AFG1062 (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	A427 (Accurate CNC)
卓上 NC フライス加工機	KitMill SR200 (ORIGINAL MIND)
レーザーマーカ	LP-GS051-L (Panasonic)

## リソグラフィ・セクション

種別	形式
スピナー	MS-A100 (ミカサ)
	MS-B100 (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)
	PDC-001-HP (HARRICK PLASMA)
	PR200 (ヤマト科学)
精密手動スクライバー	SC-100 (ムサシノ電子)

マスク露光装置	DL-1000 (ナノシステムソリューションズ)
小型 2 源 RF スパッタ装置	デポダウン式 RSP-4-RF3x2 (クワイオバック)
電子ビーム描画装置	ELS-G100 (エリオニクス)
結晶基板切断機	ファインクリスタルカッターⅢ (クリスタルベース)
リアクティブイオンエッチング装置	RIE-10NR (サムコ)
真空蒸着装置	VTS-350M/ERH (ULVAC)

## 2024年 研究会発表一覧

研究会等名称	発表項目	発表者氏名
WAN-WAN実演セミナー 2024年2月2日 東北大学工学研究科	WAN-WAN 事例紹介ー分子科学研究所クリーンルームー (口頭発表)	○豊田朋範
第46回生理学技術研究会 2024年2月16日～2月17日 岡崎コンファレンスセンター	広範囲温度測定ユニットの開発 (口頭発表)	○豊田朋範 千葉寿 古舘守通 藤崎聡美 松尾純一 木村和典
NanospecFY2023 2024年3月4日～3月5日 岡崎コンファレンスセンター	Development of Electronics for Low-temperature Scanning Near-Field Optical Microscopy (ポスター発表)	○豊田朋範 熊谷崇 阿部真之
第3回東海国立大学機構 技術発表会 2024年3月5日 名古屋大学	USB Type-C 搭載 USB シリアル変換モジュールの開発 (口頭発表)	○豊田朋範 千葉寿 古舘守通 藤崎聡美 木村和典
令和5年度高エネルギー 加速器研究機構技術研究会 2024年3月7日～3月8日 高エネルギー加速器研究機構	めっき技術のすゝめ	○菊地拓郎
	超高真空・低温近接場顕微分光システム用測定・制御機器の開発ートラブルと対策にみるアナログ回路開発ノウハウー (口頭発表)	○豊田朋範 熊谷崇 阿部真之
	3Dプリンターを使った透明なモノづくり (ポスター発表)	○松尾純一
	FPGA ボードで作る多出カランダムパルスジェネレータ (口頭発表)	○木村和典
岡崎市理科部 国研セミナー 2024年7月24日 分子科学研究所	低温が創る世界、抵抗と超電導の不思議 ー低温の世界と物理法則を学習・体験するー	○豊田朋範
第30回機器・分析技術研究会 2024年9月5日～9月6日 広島大学東広島キャンパス	チャンバー用超高輝度LEDシステムの開発 (口頭発表)	○豊田朋範 木村和典 田中清尚
第30回静岡大学技術報告会 2024年12月24日 静岡大学静岡キャンパス	マイコン開発における Pmod インターフェースの採用と活用事例	○豊田朋範 千葉寿 古舘守通 藤崎聡美 木村和典



## Bonding technology for DFC Powerchip

Arvydas Kausas, Jun Kobayashi, Vincent Yahia, Hideho Odaka, and Takunori Taira

Division of Research Innovation and Collaboration

Recent advancements in Giant Micro-Photonics toward ubiquitous power lasers have enabled the generation of extremely high powers, opening the door to numerous applications in fields such as nonlinear frequency conversion, terahertz wave generation, laser ignition, Master Oscillator Power Amplifier (MOPA) systems, and laser material processing, like laser peening [1–5]. However, the development of high-power, high-field solid-state lasers is constrained by the heat generated in the gain media during laser operation. The resulting high-temperature gradients in both the transverse and longitudinal directions of the crystal induce the so-called thermal lens effect, which includes spherical aberrations that require additional compensation within the system. Furthermore, depolarization losses can significantly reduce energy extraction from the amplifier.

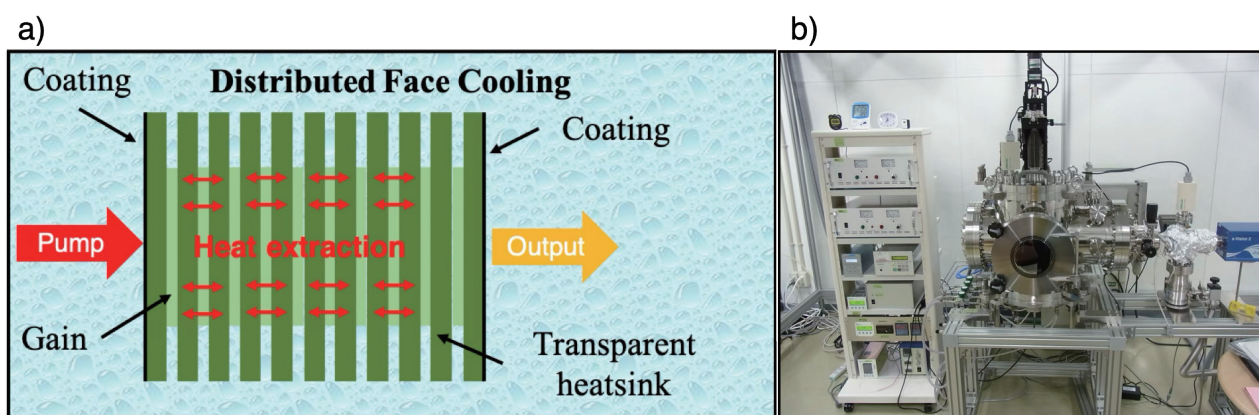
In conventional laser amplifier systems, side-pumped, non-bonded Nd<sup>3+</sup>:YAG rods were commonly used to achieve sub-GW peak power at a low repetition rate of 10 Hz, primarily due to thermal effects that limited operation at higher repetition rates [4]. Several efforts have been made to enhance heat removal from gain media. Hanson et al. reported a single-disk structure of YAG/Nd<sup>3+</sup>:YAG/YAG fabricated using diffusion bonding technology, allowing heat to be removed from both faces of the Nd<sup>3+</sup>:YAG layer [6]. Divoky et al. demonstrated a kilowatt-level average power output of 150 J, 10 ns pulses at 10 Hz, achieved with Yb<sup>3+</sup>:YAG ceramic-based multi-slab configurations utilizing large-scale cryogenic gas cooling in the amplifier system [7]. More recently, an upgrade to 100 Hz operation with 10 J of energy output was reported [8]. Since laser pump diodes constitute a significant cost for solid-state lasers, it is crucial to identify gain media that support reduced diode usage while offering long storage lifetimes or superior heat dissipation capabilities.

To develop a compact, sub-nanosecond, giant-pulse, tiny integrated laser for high-repetition-rate and high-field laser systems, a novel Distributed Face Cooling (DFC) architecture is proposed [9]. This involves fabricating a monolithic multi-disk structure with distributed transparent heatsink (e.g., sapphire) interspersed between thin gain media (e.g., thin Nd<sup>3+</sup>:YAG) using Surface Activated Bonding (SAB) technology. By combining gain materials of low thermal conductivity with crystals of higher thermal conductivity, efficient heat extraction is achieved, as the effective thermal conductivity of the composite material is enhanced [10]. The composite structure allows for the use of various doping concentrations and crystal thicknesses, enabling a more uniform thermal distribution across the composite chip. This results in lower temperatures within the crystal, thereby reducing overall beam distortions caused by thermal effects (Fig. 1(a)).

The DFC laser with a monolithic multi-disk structure combines the advantages of both conventional rod lasers and thin-disk lasers. Firstly, the DFC structure provides a flexible means of achieving the high gain cross-section characteristic of rod lasers. It also facilitates direct diode end-pumping, leading to a compact and simplified laser system, distinct from the parabolic mirror-based recycled pump scheme employed in thin-disk laser structures. Secondly, the composite structure design effectively suppresses parasitic oscillations in high-gain laser materials [11].

The crystal bonding was performed using an inter-layer (e.g., amorphous layer) assisted surface activated bonding (il-SAB) method, which is suitable for optical materials, such as YAG or Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> crystals. The first demonstration of SAB was reported by Suga et al. for bonding of Al–Al or Al–Sn<sub>3</sub>N<sub>4</sub> materials [12]. Applied at room temperature, the il-SAB method has sufficient bonding strength, unlike other direct bonding methods where moderate or high temperatures are required to facilitate the bonding. Therefore, the il-SAB method is suitable for joining dissimilar materials, as no additional stresses are introduced to the bonded structure. Before the bonding process, two crystals are acetone-cleaned and placed in a vacuum chamber ( $<5 \times 10^{-5}$  Pa) where material surfaces are irradiated by an argon fast-atom source. During the bombardment with argon atoms, the oxide layer is removed from the top of the material, which leads to the formation of an amorphous surface with many dangling bonds. Finally, crystals are contacted together using a mechanical press to facilitate the formation of chemical bonds. This bonding method enables the fabrication

of composite structures comprising different materials and surface conditions, including optical coatings. Figure 1(b) shows the bonding machine used to fabricate up to 10 mm aperture crystals suitable for the oscillator and amplifier systems.



With the invaluable support of the Machine Shop, our group at Institute for Molecular Science (IMS) successfully manufactured Distributed Face Cooling (DFC) composite chips. Various material designs were meticulously modeled and produced using a custom bonding machine developed in collaboration with Mr. Takuhiko Kondo. This collaboration has been pivotal in advancing bonding technologies, enabling the exploration of new machine designs that further enhance the capabilities of composite material fabrication. Leveraging this innovative bonding technology, we achieved the development of a J-class energy amplifier system, which is ideally suited for demanding applications such as electron acceleration. These advancements highlight the transformative potential of tailored bonding methods in high-power laser systems, paving the way for new scientific and technological breakthroughs.

Ref:

- [1] L. Zheng, A. Kausas, and T. Taira, “>MW peak power at 266 nm, low jitter kHz repetition rate from intense pumped microlaser,” *Opt. Express* 24(25), 28748–28760 (2016).
- [2] S. Hayashi, K. Nawata, T. Taira, J. Shikata, K. Kawase, and H. Minamide, “Ultrabright continuously tunable terahertz-wave generation at room temperature,” *Sci. Rep.* 4(1), 5045 (2014).
- [3] M. Tsunekane, T. Inohara, A. Ando, N. Kido, K. Kanehara, and T. Taira, “High Peak Power, Passively Q-switched Microlaser for Ignition of Engines,” *IEEE J. Quantum Electron.* 46(2), 277–284 (2010).
- [4] V. Yahia and T. Taira, "High brightness energetic pulses delivered by compact microchip-MOPA system," *Opt. Express* 26, 8609-8618 (2018).
- [5] Y. Sano, “Quarter Century Development of Laser Peening without Coating,” *Metals* 10, 152 (2020).
- [6] F. Hanson, “Improved laser performance at 946 and 473 nm from a composite Nd:Y3Al5O12 rod,” *Appl. Phys. Lett.* 66(26), 3549–3551 (1995).
- [7] Divoký, M., Pilař, J., Hanuš, M., Navrátil, P., Denk, O., Severová, P., Mason, P., Butcher, T., Banerjee, S., Vido, M. D., Edwards, C., Collier, J., Smrž, M., and Mocek, T., “150 J DPSSL operating at 1.5 kW level,” *Opt. Lett.* 46, 5771 (2021).
- [8] M. De Vido, G. Quinn, D. Clarke, L. McHugh, P. Mason, J. Spear, J. M. Smith, M. Divoky, J. Pilar, O. Denk, T. J. Butcher, C. Edwards, T. Mocek, and J. L. Collier, "Demonstration of stable, long-term operation of a nanosecond pulsed DPSSL at 10 J, 100 Hz," *Opt. Express* 32, 11907-11915 (2024).
- [9] L. Zheng, A. Kausas, and T. Taira, "Drastic thermal effects reduction through distributed face cooling in a high power giant-pulse tiny laser," *Opt. Mater. Express* 7, 3214-3221 (2017).
- [10] Y. Sato, A. Kausas, and T. Taira, "Improved effective thermal conductivity of DFC-PowerChip fabricated by il-SAB," in *Laser Congress 2024 (ASSL, LAC, LS&C)*, Technical Digest Series (Optica Publishing Group, 2024), paper AW5A.3.
- [11] V. Yahia, A. Kausas, A. Tsuji, M. Yoshida, and T. Taira, "Joule-class sub-nanosecond pulses produced by end-pumped direct bonded YAG/sapphire modular amplifier," *Opt. Express* 32, 14377-14393 (2024).
- [12] T. Suga, Y. Takahashi, H. Takagi, B. Gibbesch, and G. Elssner, “Structure of Al-Al and Al-Si3N4 interfaces bonded at room temperature by means of the surface activation method,” *Acta Metall. Mater.* 40, S133 (1992).

## 複合的機械加工技術支援業務に必要な電子回路技術研修

### － アナログ回路設計、回路基板設計製作を含む音声検出モジュールの開発 －

名古屋大学 後藤伸太郎

#### 1. はじめに

筆者は名古屋大学において、研究室や授業で使用する実験装置の開発に携わっている。業務の内容は年々変化しており、近年はモーターや各種センサーを搭載して制御を要する装置開発業務が増加している。そこで、電子回路の設計製作や制御技術を本格的に身に着けたいと考えていたところ、分子科学研究所の受入研修制度があることを令和5年2月に知り受講を願い出た。受入研修制度では受講者の技術力や希望に合わせて研修内容を企画していただける大変ありがたい制度である。本研修は令和5年7月から長期間にわたり実施していただき、令和6年11月で第7回を数え、現在も継続中である。

何らかの機器製作を通じて技術習得を行う方が効果的であると考えて、研修課題は音声検出ユニット開発を希望した。筆者の希望を受けて企画された研修内容は、アナログ回路設計、回路基板設計と試作、試作回路の性能評価と改良、改良回路の屋外設置を念頭に置いた筐体製作など、多岐にわたる。本稿では、本研修で学ばせていただいた内容を報告する。

#### 2. 音声検出ユニット

名古屋大学では液体窒素汲取り設備における騒音トラブルが度々発生している。これは利用者のバルブの締めが緩いことで発生する耳障りな甲高い騒音が原因で、近隣住民や付属学校からの苦情を受けた事務室から設備担当者に連絡され、都度対応を行っている。そこで、特定の周波数の音を検出して接点信号を出力する音声検出ユニットの開発を立案した。音声検出ユニットから出力された接点信号を、WAN-WANシステムに入力することで、瞬時に担当者に通報される警報システムを構築することで、騒音トラブルへの素早い対応が可能になると期待できる。

なお、WAN-WANシステムとは、分子科学研究所装置開発ユニットの豊田朋範氏、岩手大学技術室長の千葉寿氏らが共同開発を進めている汎用一斉警報通知システム(Wireless Alarm Network for Wide Area Notification)である。

まず、実際に騒音を発生させて周波数を計測し2000Hzから4500Hzの音を騒音と定義した。騒音発生箇所の近くにマイクを設置することにより音を取り込み、その信号はバンドパスフィルタ回路を介してマイコンに入力して騒音であるかの判定を行うこととした。バンドパスフィルタ回路はマイコンの判定精度向上のために騒音と判定する周波数帯域のみを通過させる回路であり、このバンドパスフィルタ回路の設計・試作・評価・改良が本研修の中心的な内容の1つである。また、部品材質や筐体に関しては設置場所が屋外であることも考慮する必要がある。

#### 3. アナログ回路設計

バンドパスフィルタの理論設計には、Analog Devices が提供する無料の電子回路シミュレータであるLTspiceと部品選定ツールであるADI<sup>SM</sup> Precision Studio、フィルタ計算ツール (<http://sim.okawa-denshi.jp/Fkiesan.htm>) を使用した。まず、LTspiceで2000Hzから4500Hzが通過するバンドパスフィルタ回路を設計した。通過周波数帯域を急峻にして検出精度を高めるため、オペアンプを使用したフィルタ回路を3段組み合わせ合わせた回路とし、使用するオペアンプはADI<sup>SM</sup> Precision Studioで選定した。更にフィルタ計算ツールでもシミュレーションを行い、設計の妥当性を確認した。

#### 4. 回路基板設計と試作

回路とプリント基板の設計には「Altium Designer」(Altium社)を使用した。これは回路やプリント基板の設計のみならずプリント基板製造や部品実装に必要なファイルやデータの生成が可能なエレクトロニクス統合開発環境である。

LTspiceで設計したバンドパスフィルタ回路、後の性能評価に必要なコネクタなどを含めた回路をAltium Designerにおいて設計し、生成したネットリスト(部品の接続情報)を基にプリント基板設計を行った。(図1)なお、この設計段階ではアナログ回路のみに注目し、入力周波数から正常か異常かを判断するマイコンなどの回路は含めていない。

設計に際して、オペアンプの配線、特に入力端子周辺の配線は太く短くすることをご指導いただいた。これは増幅前の信号が受けるノイズを可能な限り小さくするためである。設計したプリント基板では広い基板上の一部に回路が集中することになるため部品実装の難易度が高くなるが、オペアンプ回路の性能向上のために非常に重要なノウハウである。プリント基板設計後は製造データであるガーバーデータを生成して、プリント基板加工機A427A(Accurate社)で加工した。プリント基板

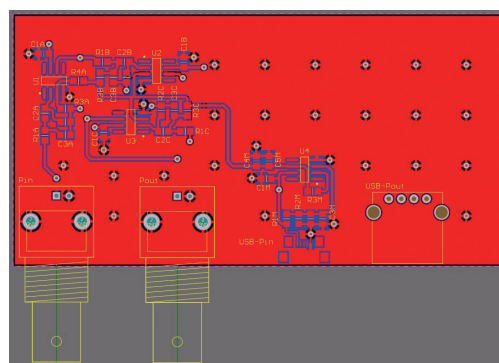


図1：試作プリント基板の設計

の加工後は、切削屑やバリの除去、絶縁コーティング剤の塗布、ランド・パッド部分の銅箔露出処理、さらに部品の実装を行い、回路基板が完成する。部品実装の際は、はんだ付け不良やショートが無いかを一か所ずつテスターを用いて確認も行った。

### 5. 試作回路の性能評価と改良

ファンクションジェネレータ AFG3251(Tektronix) とオシロスコープ DS-5354(IWATSU) を用いて、製作した試作回路の特性評価を行った。まずファンクションジェネレータで 100Hz から 10000Hz まで段階的に周波数を変化させた信号を生成し、その直接の信号と試作回路基板を経由した信号をオシロスコープに入力してバンドパスフィルタの性能を評価した。その結果、概ね 2000Hz から 6000Hz の周波数帯のみ良く通過する特性が得られた。

液体窒素汲取り設備においてはマイクによる音声取込を予定している。使用予定のマイクモジュール AE-MICAMP ( 秋月電子通商 ) の出力波形の中央値は 2.3V 程度であるが、入力波形の中央値を 2.5V として波形が常に正電圧となっても動作することを確認した。そして、ファンクションジェネレータをマイクモジュールに置き換えて液体窒素汲取り設備において録音した異常音を再生したところ、異常音のみが良く通過することを確認できた。

バンドパスフィルタ回路は 2000Hz から 4500Hz の周波数帯を通過する設計に対して、性能計測では概ね 2000Hz から 6000Hz となり高周波側に拡大する結果となった。しかしながら、本装置における異常音検出の目的達成には差し支えないことから、本開発においては試作回路を採用することとした。

次に、液体窒素汲取り設備への設置を念頭に、実用化に必要な改良を検討した。その結果、オペアンプの変更、バンドパスフィルタ回路の後段にコンパレータ、マイコンとプログラム書き込み回路、フォト MOS リレー、製作時の性能確認用テストポイントを追加した。

これらの項目を回路図に反映し、使用予定の筐体に合わせた形状のプリント基板を設計し、現在は部品実装をしている段階である。(図2)

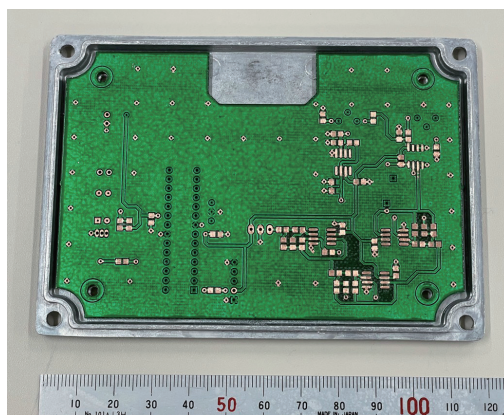


図 2 : 現在製作中のプリント基板

### 6. 今後に向けて

- マイコンプログラム開発  
マイクモジュールから取り込まれた音声信号は、バンドパスフィルタ、コンパレータを経てマイコンに取り込まれる。この段階で概ね 2000Hz から 6000Hz の矩形波状の信号であり、この信号の周波数をマイコンにより測定し、2000Hz から 4500Hz の場合に警報出力をするプログラムを開発する。
- 液体窒素汲取り設備への設置  
屋外環境への設置となることを考慮した筐体の製作は完了している。今後は回路基板の性能確認と筐体への組み込み、現地への設置、既設 200V 電源からの電源取り出しなどが必要である。

### 7. 技術者としての学び

本研修においては、前述の技術的な内容のみならず、プレゼンテーションや報告書、記録用写真撮影など技術者として今後必要とされる素養についてもご指導いただいた。日常業務で関わる依頼者や協力者との信頼関係を築くにはコミュニケーションが欠かせない。自身が何を考えて何をしているのかを相手が理解しやすい言葉と順序で簡潔に伝えることは、技術的な能力と同じく大切な能力である。確かな技術を修得するだけでなく、他者との協調性の大切さを教えていただいた。

### 8. おわりに

本研修では音声検出ユニット開発をとおして電子回路の設計、試作、改良の方法を詳しくご指導いただいた。また、筆者が使い慣れている機械 CAD 「SOLIDWORKS」 とのデータの連携方法も教えていただいたことでプリント基板を特殊な形状の筐体に容易に対応させることも可能となった。さらに、技術的な内容のみならず技術者として必要とされる素養も習得できた。筆者の技術力や希望に合わせて企画していただいた受入研修制度の効果は非常に大きく、大変ありがたい。分子科学研究所装置開発ユニット 豊田朋範氏、松尾純一氏、木村和典氏、岩手大学技術室長 千葉寿氏には本研修にあたり大変お世話になりました。この場をお借りして御礼申し上げます。

今後も技術研鑽を積み、回路系・制御系の技術を身につけて教員や学生から頼られ、必要とされる「電気の分かる機械の人」となれるよう励んでまいります。

### 9. 参考・引用文献

- [1] 渋谷道雄, 「回路シミュレータ LTSpice で学ぶ電子回路 (第4版)」, オーム社, 2022

## 二次元物質ナノデバイス化に向けた自作装置の開発

分子科学研究所 協奏分子システム研究センター 佐藤拓朗

### 1. はじめに

二次元ファンデルワールス物質は、グラフェンに代表される、原子層がファンデルワールス力によって弱く結合した層状構造を持つ結晶性材料である。これらの物質は、電子特性、光学特性、機械的特性において優れた性能を示し、トランジスタ、センサー、光学デバイス、スピントロニクス素子など、多岐にわたる先端応用技術への展開が注目されているだけでなく、超伝導や電荷密度波といった固体物理学の基礎現象を研究するプラットフォームとしても魅力的な研究対象である。特筆すべきは、スコッチテープを用いた剝離法という簡便な手法で、単原子層または数原子層にまで薄くできる点にある。方法は単純で、まず二次元物質のバルク結晶をスコッチテープに貼り付け、テープを何度も折りたたむようにして開くことを繰り返し、最後に、剝離した薄層をテープから基板に転写するだけである。この方法が2004年のグラフェンの発見に使われたことで広く知られるようになり、さらにその作業に特殊な装置を必要とせずに高品質なデバイスを作成できるという手軽さから、二次元物質を用いた物質科学・材料科学の飛躍的な発展を促した。現在私は、物質キラリティと電子物性の関連に注目した研究を行っているが、ごく最近、二次元ファンデルワールス物質をキラリティ研究にも転用できることが報告され、自身のアイデアを検証する舞台として、二次元物質のデバイス作成技術を会得したい、と考えるに至った。

### 2. 自作装置の開発に向けた問題点

しかし、いくら特殊な装置を必要としないとはいえ、初心者が一から二次元デバイスを作成するのは容易ではない。特に難しいのは、剝離した薄結晶を、基板上の所定の位置に転写する過程であった。このプロセスでは、マイクロメートル精度での位置合わせや基板温度の制御を伴い、再現性良く結晶を転写する必要がある。既にいくつかの企業がデバイス作成装置一式の製品化を行っているが、高額な価格設定ゆえ気軽に導入できる状況ではなかった。

そこで、論文やウェブサイトの情報を参考にしながら、できる限り安価に必要な部品を揃え、装置の自作を試みた。しかし、どうしても市販品では対応できない部分が出てきた。転写先の数ミリ角のシリコン基板をステージに安定に固定しつつ、さらに基板温度を制御する機構である。既製品の場合、残念ながら研究で使用するような小さな基板に対応していない、もしくは装置そのものが大型化して他のパーツとの適合性が低い、あるいは温調機器を組み込む際の安全面での不安も無視できない、という問題があった。そこで、装置開発室の近藤氏に相談し、既存自作装置の形状に適応した基板固定・温度制御装置の開発を依頼した。

### 3. 完成したデバイス作成装置

作成いただいた基板固定・温度制御装置を図1に示す。要求される温度範囲、温度の安定性、基板保持の強度について詳細に検討いただき、必要十分な機能を備えたステージが完成した。ステージ表面には極小サイズの吸着穴を設け、真空ポンプで基板を安定に固定する機構を導入し、また、効率的な温調を実現するため、他装置との熱的切り離しを行うパーツも追加された。この設計により、迅速かつ高精度な温度制御が可能となり、デバイス作成の効率が大幅に向上した。さらに、安全性にも配慮し、温調ヒーターや熱電対の破損防止部品も設計していただいただけでなく、配線方法やポンプ、温調機器の選定についても詳細なアドバイスをいただき、迅速に必要な機器を揃えることができた。完成した装置を用いて結晶転写テストを行った結果、十分な位置精度で転写に成功し、その成功率も既報論文と遜色ないレベルであることが確認された。今後は、位置合わせ作業のオートメーション化や精度向上を目指して改良を進める予定である。

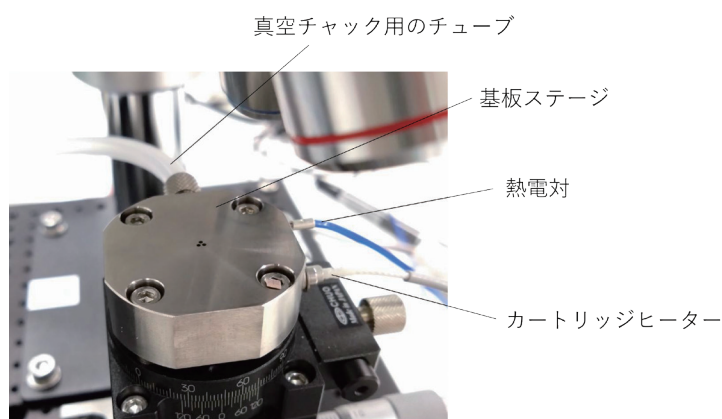


図1：作成いただいた基板固定・温度制御装置の拡大写真。極小サイズの吸着穴を通じた真空チャック機構、熱電対による温度測定機構、カートリッジヒーターによる温調機構が取り付けられている。ステージの下部に配置したXYZステージとの熱接触を抑える構造が採用されている。

### 4. 作成したナノデバイスの評価

転写した薄結晶のデバイス化は、リソグラフィー技術を用いた電極パターンニングで完了する。詳細は割愛するが、電子線リソグラフィープロセスの習得にあたり、装置開発室の石川氏に懇切丁寧な指導をいただき、多様なパターン形状に合わせたパラメータ設定方法、プロセス手順を一通り習得することができた。電極を配置したナノデバイスは、室温からヘリウム温度までの広い温度域で、バルク結晶の抵抗特性をよく再現しており、今回開発した装置やプロセスが材料特性を損なうことなく機能していることを確認できた。これにより、当初計画していた実験を本格的に開始する準備が整いつつあり、今後の進展が非常に楽しみである。

### 5. おわりに

今回、近藤氏の協力のもと、ナノデバイス転写装置を無事に作成することができた。当初の依頼内容を超えて、周辺機器の選定や、装置の利便性向上についても多大な助言をいただき、大変感謝している。また、今回使用した電子線リソグラフィー装置に関しては、主に石川氏にご指導いただいたが、日ごろから装置開発室の方々、特にリソグラフィーセクションの方々からは多くのサポートをいただいている。この場を借りて、厚く御礼申し上げたい。何かアイデアが浮かんだとき、また全く打開策が浮かばないとき、ふらっと気軽に装置開発室に相談に行ける分子研の環境は、これまで私が見てきた大学、研究機関と比較しても抜群だと思う。自身の恵まれた環境に感謝しつつ、今後も精力的に研究を行っていきたい。

## 2024年 施設利用一覧

申込者名	所属	研究課題
宇理須恒雄	(株) NANORUS	培養型プレーナーパッチクランプのSi基板微細加工

## 2024年 製作受託一覧

申込者名	所属	研究課題
矢口寛	理化学研究所 開拓研究本部小林固体化学研究室	電気化学測定セル
宇理須恒雄	(株) NANORUS	Culture tank
宇理須恒雄	(株) NANORUS	Board and Gas Valve
伊澤誠一郎	東京工業大学 フロンティア材料研究所	蒸着基板ホルダー
香月浩之	奈良先端科学技術大学院大学	中赤外アップコンバージョン用結晶回転ユニット
八井崇	豊橋技術科学大学	ナノ構造の試作基板
伊澤誠一郎	東京工業大学 フロンティア材料研究所	蒸着基板ホルダー
熊木文俊	高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所	水素スピルオーバー実験用微細構造試料
矢口寛	理化学研究所 開拓研究本部小林固体化学研究室	水冷治具
宇理須恒雄	(株) NANORUS	マイクロ流路モールド
梅本篤宏	高エネルギー加速器研究機構	Diamond MKID
林桓弘	ハイティラ株式会社	レーザー共振器組立部品
周彪	日本大学 文理学部化学科	結晶成長用 24ch 微小定電流電源
宇理須恒雄	(株) NANORUS	培養型プレーナーパッチクランプのセンサーチップの電子ビーム描画
堀尾真史	東京大学	雰囲気舌光電子分光装置用ノズル
近藤美欧	東京科学大学	光反応セル
正岡重行	大阪大学大学院工学研究科	LED 光反応装置

## 2024年 技術相談一覧

申込者名	所属	研究課題
宇理須恒雄	(株) NANORUS	培養型プレーナーパッチクランプ装置の制御系ソフトの理解
宇理須恒雄	(株) NANORUS	培養型プレーナーパッチクランプ装置の制御系ソフトの理解
宇理須恒雄	(株) NANORUS	培養型プレーナーパッチクランプ装置の制御系ソフトの理解

申請課題一覧

2024年 マテリアル先端リサーチインフラ申請課題一覧

申込者名	所属	研究課題
宇理須恒雄	(株) NANORUS	培養型プレーナーパッチクランプのセンサーチップ微細加工
小杉貴洋	分子科学研究所 協奏分子システム研究センター	一分子計測用アルミミラーの製作
山西絢介	メゾスコピック計測研究センター	導電性透過石英基板の作製
宇理須恒雄	(株) NANORUS	培養型プレーナーパッチクランプのセンサーチップ微細加工
山西絢介	メゾスコピック計測研究センター	ナノ構造体作製
佐藤拓朗	分子科学研究所 協奏分子システム研究センター	対称性と結合した量子伝導デバイスの作成
日野和之	愛知教育大学	フラーレン誘導体 LB 薄膜の表面観察と光電気化学測定
宇理須恒雄	(株) NANORUS	培養型プレーナーパッチクランプのセンサーチップ微細加工
四方明格	基礎生物学研究所 植物環境応答研究部門	植物の細胞成長を評価するマイクロ流体デバイスの作製
八井崇	豊橋技術科学大学大学院工学研究科	フォトニック結晶ナノ構造を用いた量子情報デバイスの開発
湊丈俊	分子科学研究所機器センター	単結晶基板の厚さ計測
林健太郎	基礎生物学研究所 バイオイメーjing解析室	組織・細胞における3次元温度イメージングを通して知る生体物質の熱動態制御
岩山洋士	分子科学研究所極端紫外光研究施設	フォトレジストを塗布した基板作成
高田紀子	分子科学研究所装置開発室	リソグラフィによる微細構造の製作および評価
中本圭一	分子科学研究所機器センター	薄膜をスパッタコートしたカンチレバの作製と評価
神永真帆	豊田工業高等専門学校機械工学科	がん細胞特異的結合分子探索効率を向上させるマイクロ流路デバイスの開発
非公開		
小林政弘	核融合科学研究所 研究部	アミノ酸薄膜試料表面の形状分布計測
宇理須恒雄	(株) NANORUS	培養型プレーナーパッチクランプチップ基板の微細加工
瀬戸啓介	分子科学研究所電子構造研究部門	表面・界面の分子振動分光
宇理須恒雄	(株) NANORUS	培養型プレーナーパッチクランプ基板の微細加工
宇理須恒雄	(株) NANORUS	培養型プレーナーパッチクランプ基板の微細加工



## 設計した加熱式真空チャックの温度特性について

近藤 聖彦

## 1. はじめに

真空チャックで吸着した試料を 110℃程度まで加熱できる加熱式真空チャック（以後、チャックと呼ぶ）の作製依頼があった。図 1 に設計したチャックの形状を示す。このチャックは市販の XYZ 回転ステージに設置する 4 か所のボルト通し穴、 $\square 5$  mm 以上の試料を吸着する 5 個の  $\phi 1$  mm の吸着口がある。この表面近傍が 110℃に到達する時間と回転ステージ台の温度上昇の目安を確認するため、所内で製作した温度測定システムを使用し評価をおこなったので報告する。

## 2. 測定方法について

測定方法は図 2 に示すように、設計したチャック（材質:SUS304）の下部に加熱用のカートリッジヒーター（AC100V 20W）、吸着側の表面近傍に 2 本の K 熱電対（一方は温度制御用、他方は温度測定用）、回転ステージ台の代わりにアルミ製円板を用意し、その表面に K 熱電対を設置した。この際、アルミ製円板の温度上昇を抑制するため、チャックとアルミ製円板の間に 4 個の断熱部品（材質：SUS304 形状：OD5-ID3.4 t3）を挿入した。温度制御は装置開発室で作製した ON-OFF 制御方式のコントローラーを使用した。

## 3. 測定結果

室温時にカバーガラス（ $\square 18$  mm t 0.15 mm）をチャックに吸着した状態で温度測定を開始した。チャック吸着側の温度 1 とアルミ製円板の温度 2 の温度変化のグラフを図 3 に示す。加熱開始から 6 分程度でチャック表面近傍は 110℃に到達し、到達後は 110℃～ 112℃の範囲で温度が変動した。また、アルミ製円板は加熱開始から 40 分程度で 60℃になり、その後、非常に緩やかに温度上昇することがわかった。

## 4. おわりに

要求された仕様を満たすことはわかったが、回転ステージ台の温度上昇をさらに抑制する場合は断熱部品をホトベールなどの熱伝導率が小さい材質に変更する、回転ステージ台とチャックの間に放熱板を挿入するなどの対応を考えている。

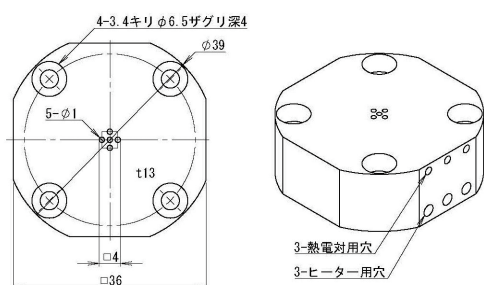


図 1: 加熱式真空チャックの形状

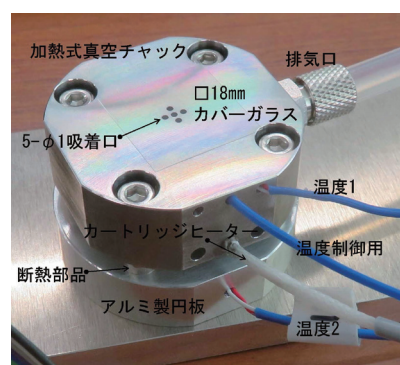


図 2: 配線などの様子

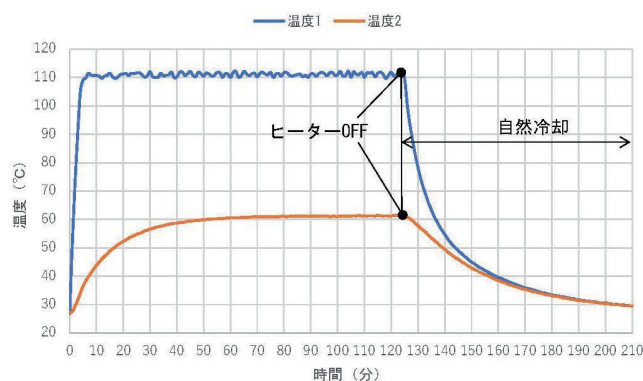



図 3: 加熱式真空チャックの温度変化

低温ゴニオステージの製作 

磯谷 俊史

## 1. はじめに

7月に装置開発室に着任して以降、OJT形式で工場の工作機械に慣れながら様々な依頼品の加工を進めてきた。その中から今回は回転機構を有する低温ゴニオステージの試作から実用品製作までの部品製作に関わったので製作工程を抜粋して紹介する。

## 2. 試作品

製作した低温ゴニオステージの試作品を図1に示す。部品全体の構成として銅とPEEK材が多く使用されている。設計がコンパクトなため部品一点一点が非常に細かくまた、試料台座の高さに制限があるため、それに関わる部品は削り出しにより薄肉に加工している(図2)。

また駆動する機構については市販品のウォームギアと加工したウォームホイールを使用した。

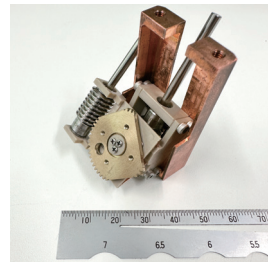


図1：低温ゴニオステージ(試作品)



図2：構成部品(実用品)

## 3. PEEK材の加工

今回の製作にあたって最も苦労した点としてPEEK材の加工が挙げられる。先述したように試料台座の高さが制限されていたため、PEEK製のベースプレートと呼ばれる部品を厚さ10mmの素材から最薄箇所まで1mmまで切削する必要があった(図3)。試作の段階では治具を使用せず加工を進めたが掴み代がほとんど無く、削って薄くなるにつれ、バイスの把握力により素材の反りが生じてしまい均一な1mm厚の面を作ることができず最薄箇所まで0.7mm程度まで薄くなってしまった。図4に示すように水平に引いた赤のラインを基準線とすると中央付近に向けて厚みが薄くなっているのがわかる。また反り対策として弱い力でバイスに固定して加工したところ、切削力によりワークが脱落したため安定した加工が進められなかった。

試作時に発生した反りや脱落の問題から実用品加工の際はインロー形状の治具を作り(図5)、さらに両面テープで固定することとした。治具への取り付けについてはゴム系の強力な両面テープで圧着することで確実に固定することで反りや脱落なども起こらず均一な面に加工することができた(図6、7)。

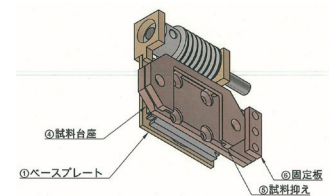


図3：ベースプレート ASSY



図4：PEEK材の反り

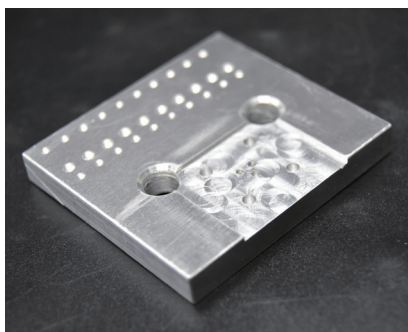


図5：インロー形状の治具

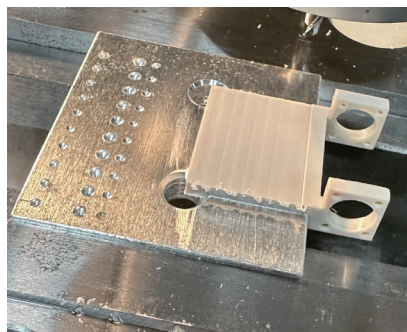


図6：治具への固定

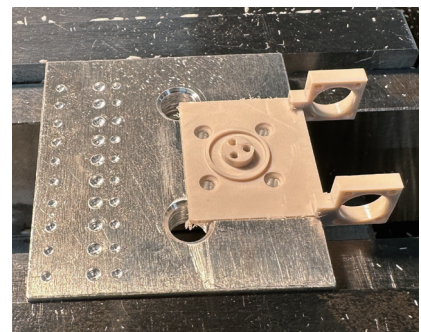



図7：加工後

## 4. おわりに

普段から切削加工時にはバイスやチャックなどメカニカルなクランプを用いてワークを掴んで固定して加工に従事してきた。しかしながら今回のように掴むことでワークの変形が起きたり形状的に掴み代がほとんど無い場合、治具を作るなど固定方法を工夫する必要がある。これまで接着による固定は切削加工において切削力によりワークが脱落するイメージがあったので、あまり用いてこなかった。しかし今回両面テープによる接着固定とインロー形状の治具を組み合わせることで切削力より把握力が大きくなりワークを拘束することができ、狙った寸法に収まる加工が実現できた。素材や加工条件、治具の工夫によって接着固定でも十分に保持できることが分かり、今後の装置製作にも活かせる経験ができたと考えている。

真空容器の溶接とリークチェック 

宮崎 芳野

## 1. はじめに

真空雰囲気中で液体表面の化学状態を測定する際、ノズルから液体ジェットを射出する。真空度を維持するため、射出液を冷却容器でトラップする方法がある。容器の冷却は、液体窒素を使用する。この冷却容器を溶接で作製する依頼があった。溶接箇所が多く、ヘリウムリークテストを実施しながら作製した。また、ヘリウムリークテストに使用していた真空システムが故障したため、超高真空実験に使用していた既存の真空試験システムを、新しく組み直し利用した。これらの取り組みについて報告する。

## 2. 溶接作業について

依頼された真空容器の形状と溶接箇所を図1に示す。図1の風船番号は溶接した順序である。多数の部品を溶接する場合は、溶接順序とヘリウムリークテストのタイミングが重要になる。順序を間違えると、溶接部に溶接トーチを接近できなくなり、容器の製作の難易度が高くなる。また、ヘリウムリークテストのタイミングを間違えると、溶接の修正が困難になる。溶接箇所の中で特に気を付けた②、③、⑥について報告する。

## ②フランジ (ICF34) の溶接

直径 80mm のパイプ側面に、ICF34 を 90 度割り振りで 4 か所溶接した。直径 80mm のパイプ側の溶接面が曲率を有するため、ICF34 のパイプをはめ込むとパイプの一部分に段差ができる。また、溶接トーチが届きにくく、視界が狭い箇所に溶接する必要があった。そのため少しでも作業が容易になるよう、ICF34 のパイプ端面を相手側の曲面に合う形にワイヤー放電加工機で切断した (図2)。この部品を使用して、溶接を行った。

## ③円板の溶接

直径 48.8mm の円に沿って、厚さ 2mm のパイプと厚さ 2mm の板を溶接した。円周が長いため、ターンテーブルを使用することで、溶接ビードが均一になるように溶接した (図3)。このとき、目標の位置から徐々に溶接箇所がずれないように、ターンテーブルと加工物の中心を合わせることに注意した。また、熱応力の影響が大きくなるので、あらかじめ溶接する板に円周の溝を加工し、歪みを最小限に抑えるようにした。

## ⑥段差箇所の溶接

ICF152 のフランジに直径 50.8mm のパイプをはめ込み、2mm の段差をつけて溶接した。パイプに比べフランジの方が、熱容量が大きく溶けにくいので、フランジ側をできるだけ加熱しながら、溶かし落とすようにしてパイプと接合した (図4)。長い距離を溶接していると、時々溶接不良で穴になる箇所が発生する。そのような場合は、穴付近に作った溶接池を穴に流し込むと、接合できることがわかった。

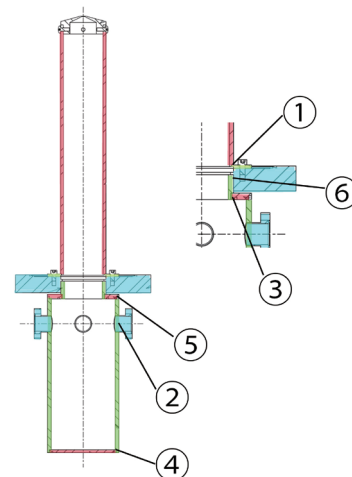


図1：真空容器の断面図

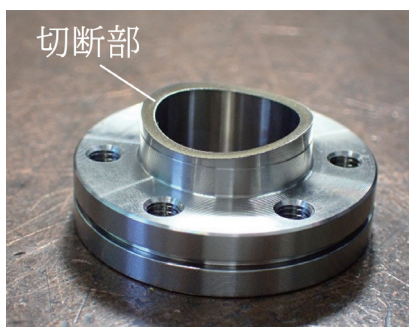


図2：切断したフランジ

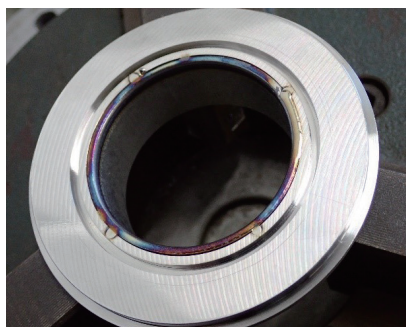


図3：均一なビードの様



図4：溶かし落とした様子

### 3. 真空試験システムの移設について

超高真空実験用として装置開発室で長年使用していた真空試験システムがあった。架台が大型のため、小型の架台に移設して利便性を計った(図5)。

この際、ターボ分子ポンプ(TMP)の排気口側に接続していたもう1台のTMPは取り外し、粗引き用の油回転ポンプを多段ルーツポンプ(檜山工業:NeoDry 15G)に変更した。また、その他にもTMPを空冷するファンの取り付けや、バルブのON/OFFを切り替えるスイッチの増設などを行った。



図5：移設した真空試験システム

### 4. リークチェックについて

移設した真空試験システムを用いてヘリウムリークチェックを行った(図6)。ヘリウムリークディテクタには、キャンノンアネルバのHELEN A-210M-LDを使用した。多数の部品を溶接したが、前述の溶接手順②～⑥の5か所についてリークチェックを行った。ガスケットで密閉できない場合は、Oリングやコンパウンドなどを利用して真空チャンバーに密着させた。

完成した真空容器は、約 $5.0 \times 10^{-5}$ [Pa]の環境で用いられる予定だったため、使用する環境下と同程度の真空度でリークチェックを行うこととした。具体的には、高域用真空ゲージの値が $2.0 \times 10^{-5}$ [Pa]程度で変化しなくなるまで真空引きを行い、ゲートバルブ( $V_g$ )を閉じて封じ切り、リークディテクタ前のバルブ( $V_c$ )を開けて、リークディテクタの排気系の真空計の値が $4.7 \times 10^{-5}$ [Pa]になったことを確認後、少量のヘリウムを試験体に吹きかけて漏れ量を測定した。

最終確認として真空容器を全て組み上げた状態でリークチェックを行ったところ、リークディテクタの表示値は $6.2 \times 10^{-12}$ [Pa・m<sup>3</sup>/s]程度で大きな変動はなかった。気体の漏れを保証する場合は $10^{-8}$ [Pa・m<sup>3</sup>/s]以下を保証する必要があるため<sup>[1][2]</sup>、この値は許容リーク量の範囲内と判断した。

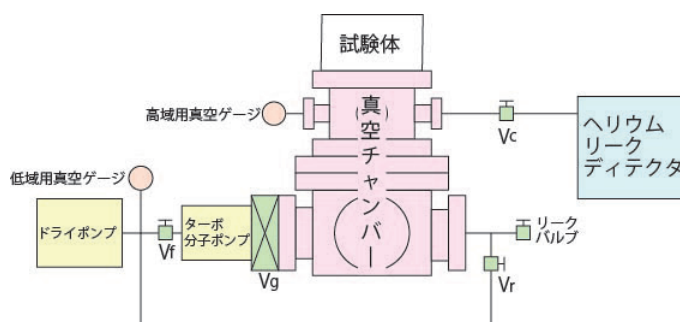


図6：リークチェック構成図

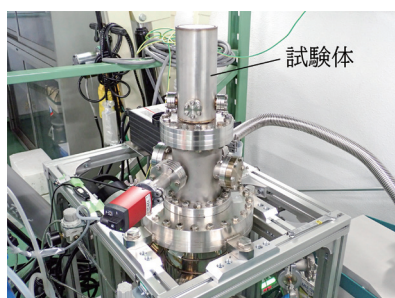


図7：リークチェックの様子

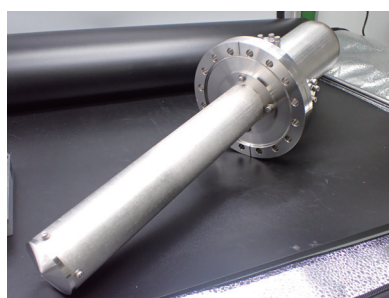


図8：完成した真空容器

### 5. おわりに

今回、真空試験システムの立ち上げから実際の漏れ量の測定まで、真空に関する様々な知識を一通り学ぶことができ、理解を深めることができた。多くの溶接方法を経験しただけでなく、溶接前の準備(熱応力を考慮した設計や位置合わせなど)についても新たな知識を得ることができた。リークチェック時の様子を図7に、完成した真空容器を図8に示す。今後、装置開発室で真空容器に関する依頼と相談を受けた際は、携わって経験を積んでいきたい。

### 6. 参考・引用文献

- [1] 真空技術基礎講習会運営委員会．わかりやすい真空技術．第3版，日刊工業新聞社，2016，155p.
- [2] 大阪産業技術研究所．ヘリウムリークディテクター．Technical Sheet No.22-27. <https://orist.jp/technicalsheet/22-27.pdf> (参照 2024-12-05)

## LoRa 無線搭載コア基板 V2 の開発

## — 量産前提かつ設計条件が厳しいプリント基板設計



豊田 朋範

## 1. はじめに

分子科学研究所と岩手大学の技術職員による共同開発の過程で、2019 年度に LoRa(Long Range) 無線搭載コア基板(以下「コア基板」)V1 を開発した<sup>[1]</sup>。コア基板 V1 は、我々が出願した特許<sup>[2][3][4]</sup>に基づき、防災ラジオと接続して起動トリガ信号を広範囲に伝達することを想定して、サイズとコネクタ位置を厳密に規定した上で開発した。共同開発の進展により、防災システムや汎用一斉警報通知システム(WAN-WAN)では専用の回路とプリント基板を開発することになったが、FFU 制御ユニット<sup>[5]</sup>など C 棟クリーンルームにおけるコア基板の需要はむしろ高まり、防災システムや WAN-WAN を対象にした I/O ピンやコネクタの制限を取り除き、すべての I/O を使用できる新型コア基板の必要性が高まった。

2024 年 11 月に (1)ARM マイコンのすべての I/O ピンを引き出して Pmod インターフェースに接続する (2)従来の Pmod インターフェースは位置・形状共に完全互換を維持する—の 2 項目をコンセプトとするコア基板 V2 の設計が完了し、12 月に製造が完了した。本稿ではコア基板 V2 の概要と V1 との比較、量産を前提とし、かつ設計条件が厳しいプリント基板設計のノウハウについて報告する。

## 2. 開発したコア基板 V2 の概要

開発したコア基板 V2 とコア基板 V1 と比較した写真を図 1 に示す。

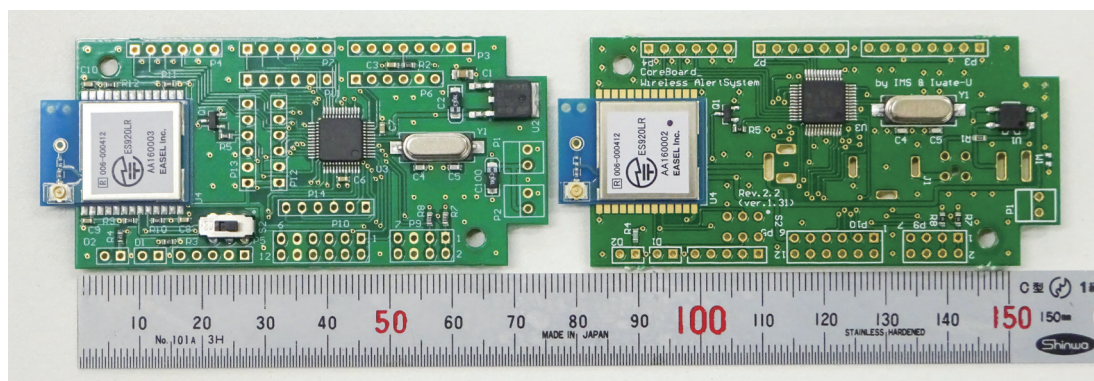


図 1：開発したコア基板 V2(左)と V1 との比較

コア基板 V1 との互換性も重視したため、コア基板 V2 では ARM マイコン LPC1114FBD48/302(NXP 社)と LoRa 無線モジュール ES920LRA1(EASEL 社)を引き続き採用した。また、プリント基板のサイズと形状は、コア基板 V1 と同一であり、組み込み時の互換性を確保した。

コア基板 V2 では、防災ラジオに接続するためのイヤホンジャックや DC ジャック、電源切り替え用の周辺回路をすべて削除した。コア基板 V1 で搭載した 4 系統の Pmod インターフェース、すなわち SPI(Serial Peripheral Interface) × 1、I2C (Inter IC) × 1、GPIO(General Purpose Input / Output) × 2 と、LoRa 無線モジュールとの通信に用いる UART(Universal Asynchronous Receiver & Transmitter)並びに ARM マイコン用 ISP(In System Programming) 端子は位置、形状共にすべて維持し、ARM マイコンの他の I/O ピンをすべて 6 ピンタイプの Pmod インターフェースに接続した。このため、Pmod インターフェースは 5 つ追加された。

## 3. 量産前提かつ設計条件が厳しいプリント基板設計のノウハウ

コア基板は V1 で ISP や各種インターフェースの接続を確認できたため、V2 は V1 における反省や教訓を反映し、更にこれまでの開発で得たノウハウを投入した。本稿では特に量産を前提とする開発や、厳しい設計条件がある開発に必要と思われる 3 つに絞って報告する。

## 3.1 部品を片側に集約する

量産においては、クリームはんだを印刷したプリント基板の所定の位置に実装機で部品を搭載し、ヒーターで短時間加熱してクリームはんだを熔融させ、冷却して部品を固定する(リフロー)ことで実装する。両面に部品がある場合、一度リフローまで通したうえでプリント基板を裏返し、再度クリームはんだ印刷から実施する必

要がある。また、クリームはんだの印刷場所を限定するための金属板（メタルマスク）も表裏で1枚ずつ必要であり、実装コストは倍増する。ICメーカーの各種評価ボードでは部品が片面のみであることは、その証左である。

### 3.2 多層基板の採用の前にスルーホールと配線幅で解決することを優先する

プリント基板の部品や配線の密度が高まると、多層基板の採用が浮上してくる。しかしながら、多層基板は工程が複雑であるため、層数が増えると価格が上昇する<sup>[6]</sup>。また、内層のパターンを目視できない、内層配線を修正できないといったデメリットもある<sup>[7]</sup>。多層基板の導入の前に、スルーホールの穴径や配線幅を絞り、コネクタなどの比較的大きなスルーホールを、円から楕円に変更して複数の配線を通す（図2）など、可能な限り両面基板での設計を試みることで、製造コストを削減できる。

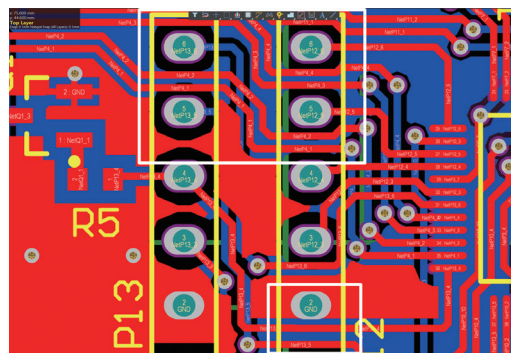


図2：コネクタのスルーホールの形状変更で複数の配線を通した例（白枠内）

### 3.3 業界標準の製造ルールを知り、プリント基板設計の基本を踏まえた設計にする。

2024年12月現在、プリント基板製造企業におけるスルーホールの最小穴径／パッド径は0.3mm／0.6mm、配線の最小幅並びに配線間の最小間隔は0.127mmである<sup>[8]</sup>。これより小さいスルーホールや細かい配線は製造コストを増加させるばかりか、製造不能とされる恐れがある。また、プリント基板を製造できたとしても、必要な仕様を満たさなければ無意味である。配線は太く短く、より近くすることで配線のインピーダンスを低減する、デカップリングコンデンサを極力電源ピン近くに配置する、GNDピンの近くにGNDスルーホールを配置してGNDの電位差を低減するといったプリント基板設計の基本を踏まえることで、確実に動作するプリント基板実現に近づくことが出来る。

## 4. おわりにーコア基板の未来、プリント基板設計技術の獲得と継承ー

コア基板 V1 で搭載した Pmod インターフェースと通信用 UART 並びに ISP 端子は互換性を堅持しつつ、ARM マイコンのすべての I/O ピンを引き出して Pmod インターフェースに接続したコア基板 V2 を設計し、製造が完了した。コア基板 V2 を用いて差圧計測ユニット V2 やマスターユニット V2、WAN-WAN の通信延長ユニットの開発を計画している。

大学・研究機関における電子回路は試作評価を繰り返すことが多く、量産することは少ない。しかしながら、所属を超えた共同開発や獲得した知的財産の活用では、量産を必要とされることが多い。量産前提のプリント基板設計はプリント基板加工機で製造するものとは異なるノウハウが必要である。獲得した設計技術やノウハウを様々な形で公開することで、散逸しやすい電子回路／プリント基板設計の技術継承に繋がると考える。


## 5. 謝辞

コア基板 V1 の開発は、2019 年度自然科学研究機構産学連携支援事業（課題名：「一斉警報通知システム」構想の実現に向けた社会実験）の助成を、コア基板 V2 の開発は 2024 年度所長奨励研究費の助成を受けて行われた。コア基板をはじめとする防災システム共同開発は、千葉寿氏、古舘守通氏、藤崎聡美氏（以上、岩手大学）との共同開発の成果であり、随所で木村和典氏（分子研）の協力を得た。各位に深い感謝の意を表す。

## 6. 参考・引用文献・特許情報

- [1] 豊田朋範「一斉警報通知システムの開発」、Annual Report2019 p28-29
- [2] 特許第 6954530 号「警報連動型防災システム」千葉寿、豊田朋範、古舘守通、藤崎聡美
- [3] 特許第 7170260 号「緊急防災ドッキングステーション」千葉寿、豊田朋範、古舘守通、藤崎聡美
- [4] 特許第 7341426 号「通知システム、通知システムにおける制御装置、及び通知システムにおける制御方法」千葉寿、豊田朋範、古舘守通、藤崎聡美
- [5] 豊田朋範「クリーンルーム統合制御システムの開発ーFFU制御ユニットとトラブル対策ー」、Annual Report2020、p24-25
- [6] たとえば「多層基板の価格設定について」富士プリント工業株式会社、<https://www.fujiprint.com/%E5%A4%9A%E5%B1%A4%E5%9F%BA%E6%9D%BF%E3%81%AE%E4%BE%A1%E6%A0%BC%E8%A8%AD%E5%AE%9A%E3%81%AB%E3%81%A4%E3%81%84%E3%81%A6/>
- [7] たとえば「多層基板とは？特徴やメリットを解説」アナログ回路・基板設計製作 .com、<https://analog-pcb.com/column/698/>
- [8] リジット基板製造基準書 2023/12/26 版 株式会社ピーバンドットコム

## 分子模型のような文字オブジェを作る

3D プログラミングと 3D プリント 

分子科学研究所 松尾 純一

## 1. はじめに

始まりは分子科学研究所創立 50 周年記念事業用の WEB サイトに表示される、球と棒の形状が Ball&Stick 型の分子模型のようにつながって“IMS”や“50”という文字形状を作る動画の“50”をオブジェとして 3D プリンタで造形するという依頼でした(図 .1)。これを製作し展示したところ、これを見た多数の方から「その“50”を横から見たら“IMS”になっていればもっと面白いのではないか」というご意見を多数いただきまして、今回それを実現するべく正面と横からで別の文字列形状に見える分子模型風オブジェの製作にチャレンジしました。

## 2. 分子科学研究所創立 50 周年記念特設サイトの“50”の製作

“50”のオブジェは創立 50 周年記念特設サイトを製作した際に使用した Blender 形式のデータを 3D 形状データに変換して 3D プリンタにて造形しました。(幅 346、奥行 92、高さ 227mm)

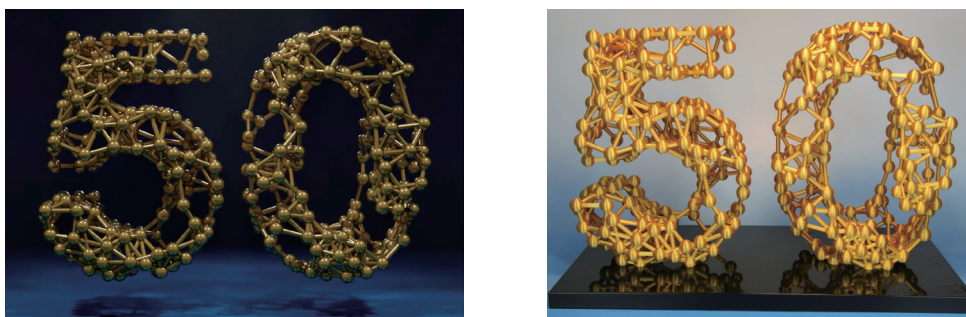


図 1 左：分子研 50 周年記念サイトの“50”、右：3D プリンタで造形した“50”

## 3. 分子模型のような文字オブジェクトの 3D データ製作

分子模型のような文字オブジェの 3D データはまず、入れ物となる文字形状の箱型 3D データを作成し、その中にプログラムを使って球と棒を分子模型風にかき入れるという手順にて製作しました。

文字形状の 3D データは Materialize 社の Magics というソフトウェアを使用して図 .2 のように X 方向に“IMS” Y 方向に“50”を配置し、交差のブーリアン(形状が重なる場所だけ残す)を行い作成しました。

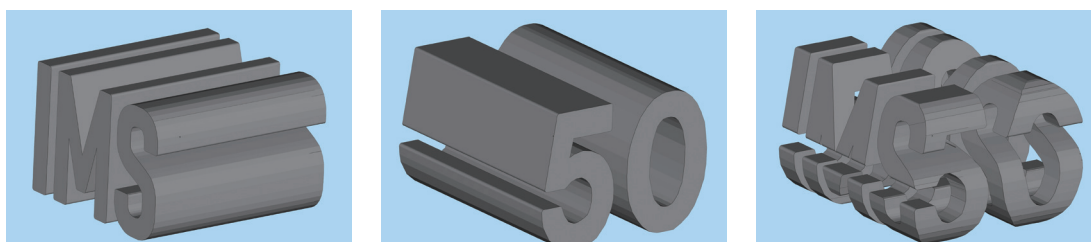


図 2：文字形状の箱型データの作成 左：IMS、中：50、右：2つのブーリアン(交差)

次にこの文字形状の 3D データの中を自作したプログラムを使用して球で埋めていきます。文字型形状のポリゴンの頂点に球をいくつか配置し、そこから任意の間隔をあけて文字型箱形状内を追加の球を配置していきます。その際の内外判別方法は、ランダムに生成した座標に対するその座標に文字型箱形状の中の一番近い座標点がなす法線ベクトルの方向と、文字形箱形状の中の一番近いポリゴンの法線ベクトルの方向が反対なら 3D 形状の内部座標であると判定しています。当初、面法線による内外判別としていましたが、図 .3 の通り 3D 形状の面と面が鋭角に接続するような場面において座標がはみ出してしまふ現象が発生するため、頂点法線方式を用いて複数の法線ベクトルを考慮して判定するように変更しました。

この球を配置する X,Y,Z 座標はランダムに生成し、他の球からの距離が任意の範囲内で文字形状の内側である場合のみ有効な座標として記録され使用されますので、ほとんどの場合は無効な座標として破棄されます。また、球の配置が進めば進むほどそれに比例して排他処理数が増加しますので、このプログラムはかなり長時間の計算時間を必要とします。このような場合には、繰り返し部分のプログラムを並列化させることが考えられますが、今回の場合、並列で動いている他方のプログラムで新しく座標が生成された場合の重なり判定においてプログラムが煩雑になってしまうためそれは行いませんでした。その代わりに、ひと固まり単位(Iと5が重なる部分、Iと0が重なる部分、等々)

にばらしてパーツごとにプログラムを実行しました。これにより疑似的に並列計算とすることで、1日以上かかっていた計算を1時間程度で終了させることができました。

球が埋め終わったら、それらを引き続きプログラムにて一定の距離間のものについて棒形状で接続してやるとBall&Stick型の分子模型風になります。最後にそれを3D形状データとしてファイルに書き出します。

完成した3Dデータが図.4、3Dプリント後の完成品が図.5です。(幅326、奥行298、高さ221mm)

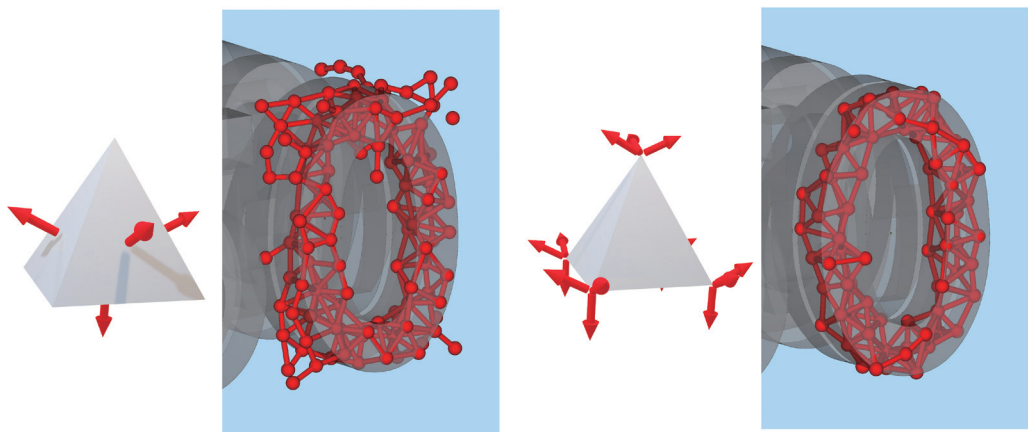


図3 左：面法線を使用した境界判定による作図、右：頂点法線を使用した境界判定による作図

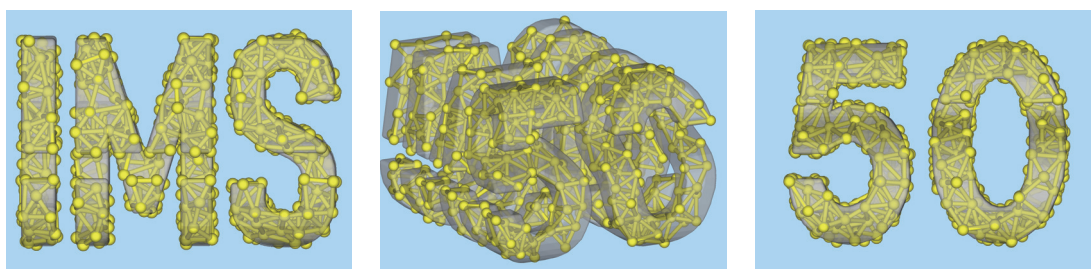


図4：前から見ると50、横から見るとIMSの分子模型風3Dデータ

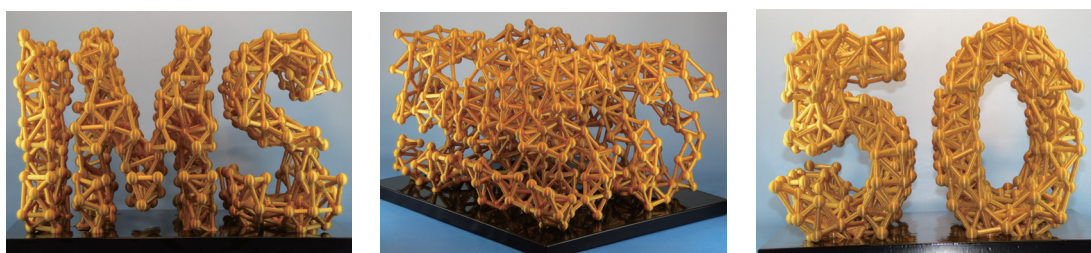


図5：完成した“50”を横から見ると“IMS”に見える分子模型風オブジェ

#### 4. まとめ

正面からと横で別の文字列に見える分子模型風の形状を自作プログラムを使って生成し、3Dプリンタにてオブジェ化することができました。このオブジェは現在(2014年12月)分子科学研究所入口に展示されている他、分子科学研究所創立50周年記念事業記念式典に展示予定です。

今回はパーツごとに分割して疑似的に並列計算をさせましたが、一体物の大きなものを作る場合にはそうはいきませんので、今後は重なり判定の部分の改良を行い並列計算が可能ないように改良していきたいと思えます。

最後に、ベースとなる3Dプログラムを作成していただいた計算情報ユニットの水谷文保氏に感謝申し上げます。



## イオンポンプ用モバイル高電圧電源の開発

木村 和典

## 1. はじめに

超高真空を作り出すために使用されるポンプの種類としてイオンポンプ、ゲッターポンプなどがある。試料を真空中に閉じ込めて運ぶため、持ち運び可能な小型ゲッターポンプやこれを駆動するための高性能なモバイル電源装置が「真空スーツケース」といった形で市販されているが、多くは高価・高重量である。研究者よりモバイル高電圧電源装置の製作依頼があり、安価かつ軽量なものを開発したところ好評であったので報告する。

## 2. 電源装置の仕様

イオンポンプは強力な磁石とハニカム構造からなる陽極、陽極を挟むように配置されたチタン製の陰極からなる。電極間に数 kV という高電圧を印加する必要がある一方、いちど真空中に達してそれを維持するだけであれば電流の要求は十数  $\mu\text{A}$  から数百  $\mu\text{A}$  と、微小である。

開発した電源装置の外観を図 1 に、主な仕様を表 1 に示す。○印は依頼者から要望があったものである。仕様と要望に差異がある場合はその旨を記載した。

依頼者要望として挙げられた USB Type C について過去に装置開発室における使用実績はなかったが、折よく豊田氏が USB Type-C を搭載したシリアル変換モジュールを開発していたため<sup>[1]</sup>、消費電流などを確認したうえでこれをそのまま使用した。



図 1：装置外観（モバイルバッテリー接続時）

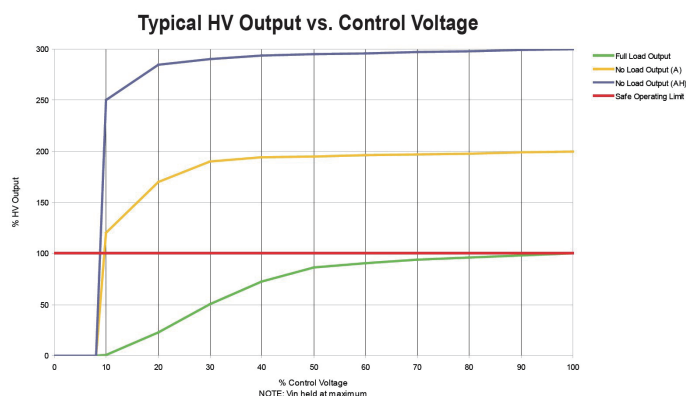
表 1 電源装置の主な仕様

ケース	タカチ電機工 LC135H-N-W 幅 75 × 奥行 135 × 高さ 35mm
高電圧出力	電圧 0 ~ 5kV、最大出力電流 200 $\mu\text{A}$ ○ (依頼者要望は 100 $\mu\text{A}$ )
高電圧出力コネクタ	Winchester Interconnect (Kings) 1064-1 QD ○、背面 (依頼者要望は「既製品の」NEX Torr 互換」、型番等は調査して特定)
電源	外付け (モバイルバッテリー、AC アダプタ、PC など) ○ 電圧 5V、最大消費電流 500mA (USB 2.0 相当)
電源コネクタ	USB Type-C Receptacle ○、背面
電流表示	あり ○、前面 渡辺電機工業 AP-202A-21-31-1、最大 $\pm 199.9 \mu\text{A}$ 、分解能 0.1 $\mu\text{A}$
電圧表示	なし
寸法	W75 × L167 (うち背面の高電圧出力コネクタ 27mm) × H35mm
重量	200g (モバイルバッテリー、USB ケーブル、高電圧出力ケーブルを除く)
部品代	10 万円以下

## 3. 動作

本装置の要は絶縁高電圧 DC-DC モジュール (XPPower 社 A50P-5、以下「A50P-5」) である。このモジュールは幅 11.43mm × 長さ 28.65mm × 高さ 6.35mm と小型でありながら、直流 5V、最大 500mA の電源を供給することで定格電圧 5kVdc、最大電流 200 $\mu\text{A}$  を出力する。また制御電圧入力ピンに対して 0 ~ 5V を印加することで出力電圧を調整することができる<sup>[2]</sup>。

一方で出力電圧は” Non Regulated” であり、負荷に応じて出力電圧が変動する。たとえば無負荷時には定格出力に対して最大 200% の電圧が出力するとされている (図 2)。安全に駆動するためには、負荷に関係なく制御電圧に応じた電圧が出力されることが望ましい。

図 2：使用した高電圧 DC-DC の制御電圧 - 出力電圧特性<sup>[2]</sup>

今回は簡易フィードバック制御をアナログ回路のみで構成した。制御入力電圧と A50P-5 の出力電圧を監視して、A50P-5 への制御電圧出力を変動させている。A50P-5 内では小型トランスを介して電圧制御発振器 (VCO) の出力を昇圧・整流することで高電圧を生成しているが、このとき出力電圧には VCO の発振周波数成分 (数十 kHz) が乗っている。制御にあたっては、この高周波成分を無視するように回路を構成した。

制御入力に対する出力電圧の時間波形を図 3 に示す。可変抵抗を精密ドライバーで回して制御入力を調整しているが、問題なく追従できている。

また制御入力 100% 設定で電源を投入した際の出力電圧の立ち上がり波形を図 4 に、同じく電源を遮断したときの立ち下がり波形を図 5 に示す。電源投入時は 50 ミリ秒ほどで最大出力に達している一方で、電源遮断時は 500 ミリ秒ほど経過してようやく 0V 付近まで到達している。完全に放電されるまでは数秒を要すると考えられる。

なお高電圧 DC-DC モジュールの定格出力 5kV に対して実際の出力電圧が 4.5kV 程度に制限されている。これは設計にあたり一部を簡略化したことで制御電圧出力が最大で 4.7V 程度 (USB からの供給電源電圧 5V に対して最小 -0.5V の電圧降下<sup>[1]</sup>) となっているためである。実用上は厳密に出力電圧 5kV を要求されるものではないためこの仕様で依頼者に納品し、またイオンポンプ実機と接続しての動作も確認された。

#### 4. おわりに

市販されているイオンポンプ用モバイル電源装置には外部通信、出力電流から真空度への換算表示といった機能があるが、本装置にはそれらを一切搭載していない。一方で電源としての仕様は満たしており、小型・軽量かつ安価である。電源コネクタに USB Type-C 形状を採用したことで、モバイルバッテリー、PC や USB 用 AC アダプタを電源として用いることができる。大学・研究所等の子間の数時間を要する輸送のほか、建屋と建屋といった短時間輸送にも容易に使用することができる。

本品は依頼者による研究会での宣伝があり、所外・所内あわせて計 3 台を製作した。また消費電流を削減することで連続稼働時間を延ばしたり、より高い電圧を出力できるようにしたバージョンを開発している。なお、本開発品について特許出願が完了している<sup>[4]</sup>。引き続き、現場の要望に即した装置の開発を行えるよう努めていく。

#### 5. 参考・引用文献

- [1] 豊田朋範「USB Type-C 搭載シリアル変換モジュールの開発と狭小部品を用いたプリント基板設計の課題」, Annual Report2023 p26-27
- [2] XP Power, “A SERIES ISOLATED, PROPORTIONAL DC TO HV DC CONVERTERS”, 4389U03, P.9, [https://www.xppower.com/portals/0/pdfs/SF\\_A\\_Series.pdf](https://www.xppower.com/portals/0/pdfs/SF_A_Series.pdf)
- [3] Texas Instruments, “OPAx170 データシート (Rev E)”, <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/opa170.pdf>
- [4] 特願 2024-106107 「可搬型電源装置」, 木村真一, 豊田朋範, 木村和典

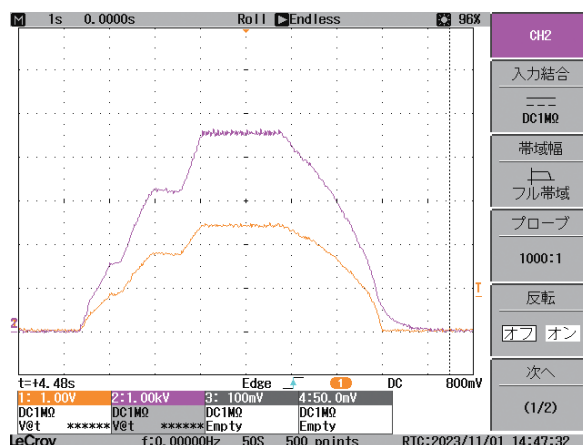


図 3: 制御入力電圧 (橙) に対する出力電圧 (赤) 制御入力 2V/div、出力 1kV/div、横軸 1s/div

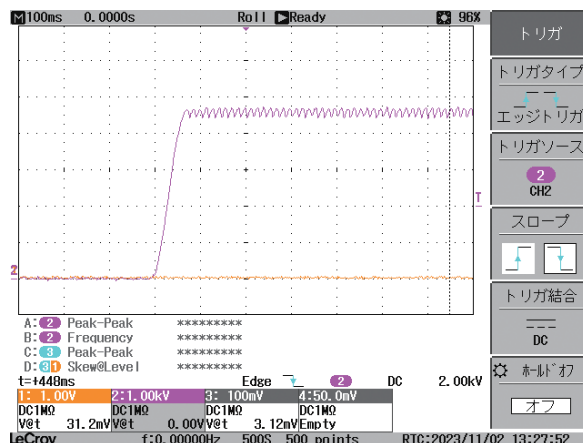


図 4: 制御入力 100% における電源投入時の出力電圧 (赤、1kV/div、横軸 100ms/div)

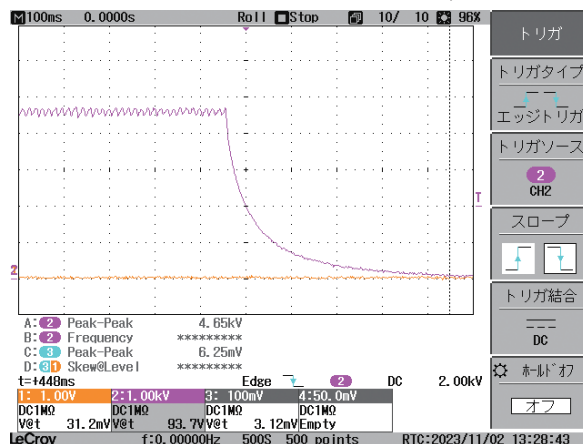


図 5: 制御入力 100% における電源遮断時の出力電圧 (赤、縦軸 1kV/div、横軸 100ms/div)

EB リソグラフィによる Au 微細パターンの製作 

高田 紀子

## 1. はじめに

電子ビーム (Electron Beam : EB) リソグラフィを用いて微細な Au パターンの製作にチャレンジしている。

研究者からの要望を受けて、 $\square 10\text{mm}$  の  $\text{CeO}_2$  (t10nm) /Si 基板の上に、線幅と間隔が等しい L&S (ライン & スペース) のパターンを、何種類か寸法を変えて配置した。L&S の寸法は、線幅が 10 ~ 100nm、長さが 2mm で試作を進めている。製作プロセスは、図 1 に示すような「リフトオフ」で行った。

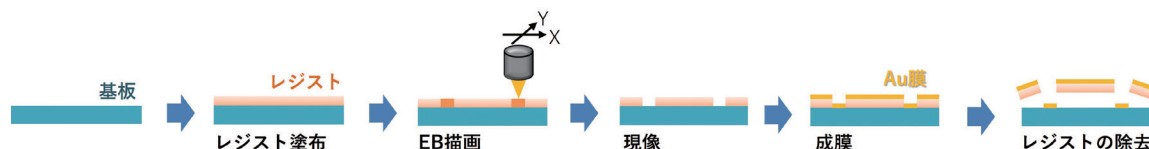


図 1 : リフトオフプロセスの模式図

## 2. 条件検討1 : レジストの厚さ

レジストは ZEP520A (ZEON Co.) を使用した。レジストを基板の上に滴下し、スピコートにより均一な厚さになるように塗布を行う。原液をそのまま使用した場合、回転数 5000rpm でレジストの厚さが 300nm 程度となる。この条件で製作したレジストパターンの顕微鏡画像を図 2 (a) に示す。幅  $50\mu\text{m}$   $\times$  長さ 2mm の区画内に、それぞれ線幅が左から順に 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100nm、一番右端が 500nm の L&S のパターンを配置している。パターンの線幅が細いために顕微鏡画像だけではわからない部分が多いが、線幅が細くなると、表面になにか不均一な模様が現れていることがわかる。これはおそらくレジストパターンの高さが線幅に対して高すぎるために、レジストの倒れが起こっていると考えている。そこで次に、レジスト : 溶媒が 1 : 3 になるように希釈し、同じパターンを製作した (図 2 (b))。この時のレジストの厚さは 50nm 程度である。その結果、図 2 (a) で見られたような不均一な模様が見られなくなったことから、レジストの厚さを 300nm から 50nm に薄くすることで、レジストパターンの倒れを防ぐことができたと考えている。

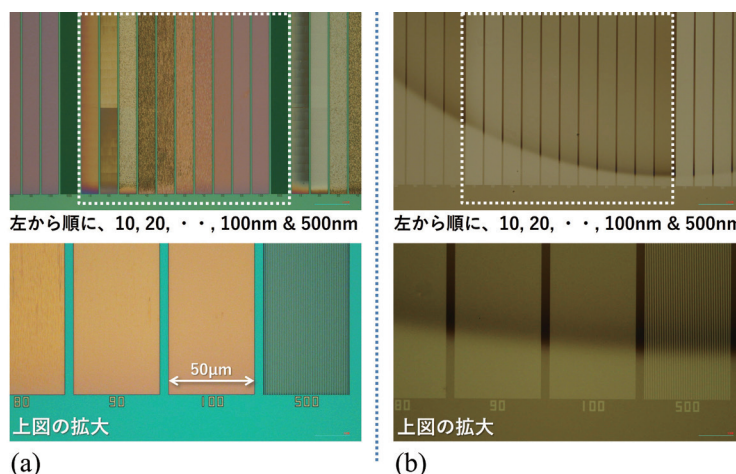


図 2 : レジストパターンの顕微鏡画像

- (a) レジストを原液で塗布 (レジスト厚 300nm 程度)  
 (b) レジスト : 溶媒を 1 : 3 で希釈して塗布 (レジスト厚 50nm 程度)

厚さ 50nm で製作したレジストパターンに対して、厚さ 5nm を目標に Au を蒸着し、レジスト除去まで行ったサンプルの SEM 画像を図 3 に示す (左から順に線幅 30, 40, 50, 60nm。20nm 以下は L&S の形を成していなかった)。Au の L&S のパターンが大体できてはいるが、一部パターンが剥がれたり、細かいゴミが所々に付着したりしていることがわかる。この傾向は、L&S の幅が細くなるほど顕著である。これは、最後レジスト除去の段階で超音波洗浄を行った際に、Au パターンが一部剥がれ、粉々になったものが基板上に付着したものと考えている。

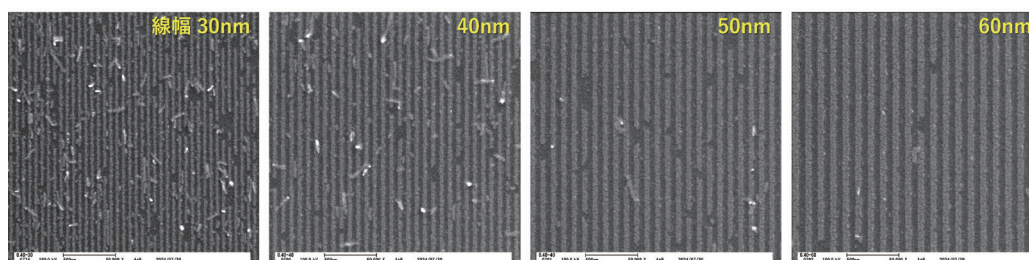


図 3 : Au パターンの SEM 画像

【製作プロセス】EB 描画 → Au 蒸着 → レジスト除去 (超音波洗浄あり)

### 3. 条件検討2：成膜方法

Au パターンの剥がれを防ぐために、基板に対する Au 膜の密着性を上げることを考えた。一般的に、成膜方法は蒸着よりもスパッタの方が基板に対する付着強度が大きいとされている。一方で、スパッタは成膜材料がレジストパターンの側面に回り込みやすく、その結果リフトオフしにくくなるとも言われている。今回 Au 膜の厚さが 5nm で、レジストの厚さ 50nm に比べ十分に薄いことから、スパッタでもリフトオフできるのではないかと考え、Au の成膜をスパッタで試すことにした。Au をスパッタ後、レジスト除去まで行ったサンプルの SEM 画像を図 4 に示す。蒸着で製作したサンプル (図 3) と比較すると、明らかにレジスト除去ができていない箇所が多いことがわかる。それに加え、Au パターンの剥がれも一部で見られることから、成膜方法に関してはやはりスパッタではなく蒸着で進めることにした。

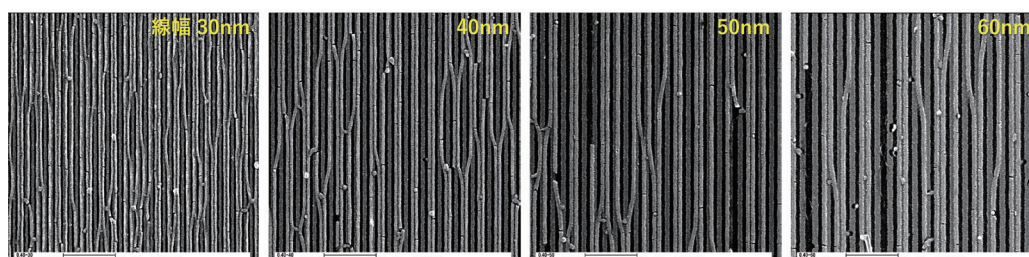


図 4：Au パターンの SEM 画像

【製作プロセス】EB 描画→Au スパッタ→レジスト除去 (超音波洗浄あり)

### 4. 条件検討3：レジスト除去方法

次にレジストの除去方法についても検討を行った。現在行っているレジスト除去の基本的な条件は、①アニソールに一晩以上浸ける、②アニソール中で加熱 (75°C) & 振とう、③超音波洗浄 (100kHz) の 3 工程である。工程ごとに基板をエタノール/シャーレに移し、顕微鏡でレジスト除去ができていないか観察しながら行う。多くの場合、アニソール中で加熱&振とうしただけではレジスト除去が十分にできていなさそうなので (実際は顕微鏡観察だけではよくわからないことが多い)、超音波洗浄を少しずつ追加していく。ただ、図 3 の結果から、超音波洗浄による Au パターンの剥がれが懸念されるため、思い切って超音波洗浄なしでリフトオフを試みた。その結果を図 5 に示す。超音波洗浄ありの結果 (図 3) と比較すると、Au パターンの剥がれがいくらか抑えられていることがわかる。ただ、レジストもしくは Au 膜の残渣が多く残ってしまっていることから、少なくとも今回のパターンに関しては、アニソール中での加熱&振とうの処理だけではレジスト除去の工程が不十分であることが分かった。

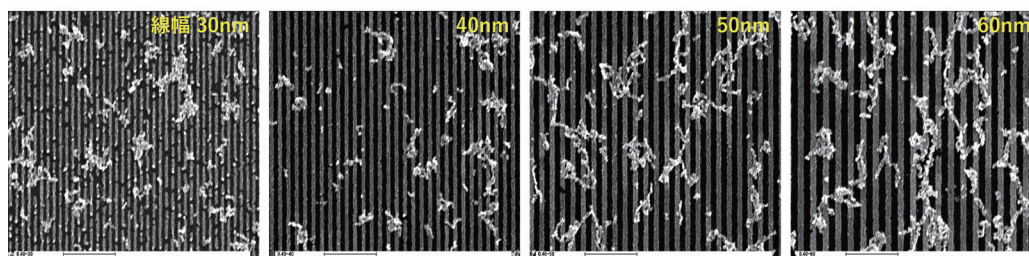


図 5：Au パターンの SEM 画像

【製作プロセス】EB 描画→Au 蒸着→レジスト除去 (超音波洗浄なし)

### 5. 今後の予定

一つは、基板に対する Au 膜の密着性を上げるために、コンタクトメタルとして Ti や Cr を間に薄くはさむことを考えている。その際、コンタクトメタルは密着性を確保できる十分な膜厚が必要となるが、膜厚が厚くなるとリフトオフがしにくくなる傾向もあるため注意が必要である。もう一つはレジスト除去方法の検討である。具体的には溶媒の種類、超音波洗浄の時間、またスプレーによる溶媒の吹き付け等超音波洗浄以外の方法についても検討していきたい。

### 6. さいごに

依頼者の要望に応えられるだけのサンプルには残念ながらまだ至っていないが、EB リソグラフィや蒸着の作業にこれまでよりも精通してきた点、一連の作業を通して失敗も経験しながらデータやノウハウを蓄積してきた点に関して、自分にとって非常に良い経験ができていていると感じている。特に蒸着に関しては、2 年ほど前に他研究グループより移管された蒸着装置の立ち上げから関わり、さらにはコンタクトメタルの蒸着のために 2 源目の増設も自分たちで進め 8 月に実現したばかりのものである。今後も依頼者とのやりとりを重ねながら、研究に役立つサンプルに少しでも近づけていきたい。

真空蒸着用メタルマスクの製作 

木村 幸代

## 1. はじめに

結晶に電極パターンを蒸着するためのメタルマスクの製作依頼があった。メタルマスクは母型に銅めっきを施した後、母型から剥離して製作した。母型の電極パターンの形状は  $50\mu\text{m}$  のラインと  $200\mu\text{m}$  四方の四角形で構成されており、この部分はリソグラフィで製作した。この製作方法について報告する。

## 2. メタルマスクの製作過程

図 1 に示すように、① Si 基板の準備、② Cr、Pt の順にスパッタで薄膜を成膜、③ レジスト塗布、④ マスクレス露光、⑤ 現像、⑥ めっき、⑦ 基板からの剥離、⑧ レジスト除去の順でメタルマスクを製作した。

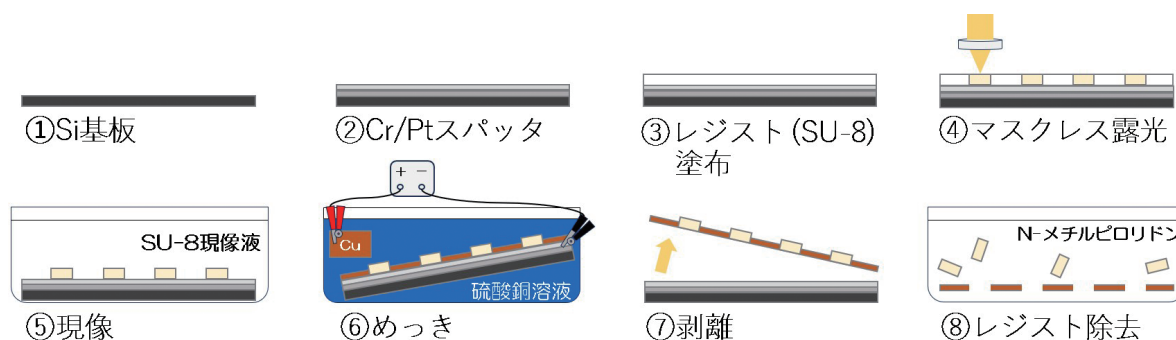


図 1：メタルマスクの製作過程

メタルマスク ( $5\text{mm} \times 8\text{mm}$ 、厚さ  $30\mu\text{m}$ ) は 50 個程度製作する必要があったため、9 行  $\times$  7 列に 63 個配置して、1 枚の母型を使用した製作を試みた。基板の大きさは既存の装置形状を考慮して、4 インチの Si 基板を使用した。

めっきは硫酸銅溶液 2000ml を入れためっき槽 ( $200\text{mm} \times 120\text{mm} \times 140\text{mm}$ ) で行った。導電性があるめっき治具に Si 基板を鉛直に取り付け、陽極側の銅板を 100mm 程度離して固定した。さらに、めっき液を循環するエアープンプも取り付けた。

めっき条件の設定には、最初に液の状態を確認するためにハルセル試験を行い、適した電流密度  $2.5\text{A}/\text{dm}^2$  を求めた。次にめっき厚さの理論計算式から、目標膜厚  $30\mu\text{m}$  をめっきするための電流値とめっき時間を求めた。計算の結果、電流値は 1.7A、めっき時間は 55 分程度となった。しかし、試作時に目標の板厚よりも厚くできたため、85% 程度を見込んで 47 分めっきを行った。めっき直後の様子を図 2 に示す。

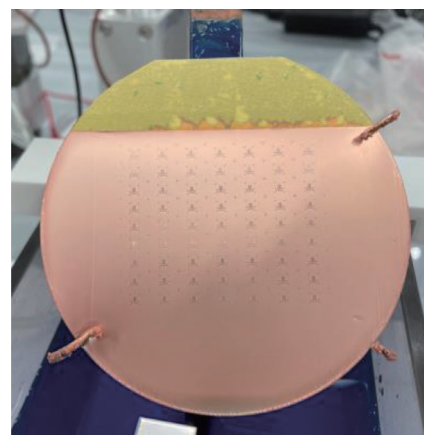


図 2：めっき後の基板

## 3. レジストの除去

電極パターンの型となるレジストには、めっきの目標厚さ  $30\mu\text{m}$  よりも厚く成膜できる SU-8 3025 を使用した。スピナーで  $50\mu\text{m}$  を目標に塗布し、マスクレス露光装置で露光して現像を行った。

めっき後にメタルマスクを剥離 (図 1 ⑦) する際、レジストは基板側に残り、メタルマスクのみ剥がれることを予想していた。しかしレジストは基板よりもマスクと強く密着していたため、ほぼ全てのレジストがマスク側について基板から剥がれてしまった (図 3)。この事態は想定していなかったため、SU-8 の剥離に関する文献を調べたところ、SU-8 は熱硬化後の架橋反応により剥離が困難であるが、有機溶剤である N-メチルピロリドンにより膨潤させて除去することが可能との情報を得た [1]。

そこで、図 4 に示すように  $60^\circ\text{C}$  に加熱した N-メチルピロリドンに 40 分浸漬後、超音波洗浄を  $28\text{kHz}$  で 5 分行ったところ、63 カ所のパターンのうち、47 カ所のレジストが除去されたことを確認できた。残りの 16 カ所については、

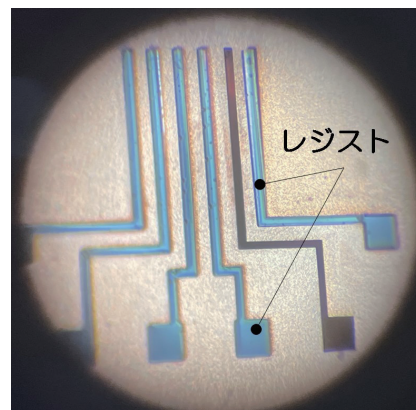


図 3：マスクと共に剥がれたレジスト

パターンの幅が  $50\mu\text{m}$  程度であるため、顕微鏡で確認しながら針先で浮いたレジストを取り除いた。

針先で除去が難しかった残滓(ざんさい)も2カ所見られたが、パターンの溝に嵌入していたため、除去は困難であると判断した(図5)。

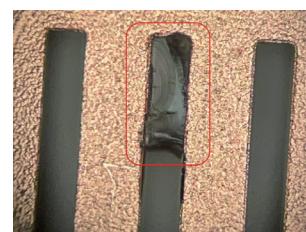
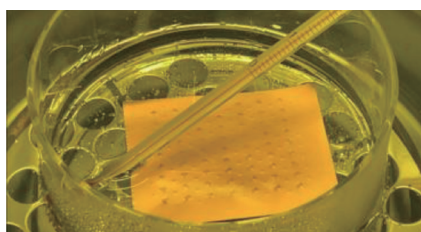
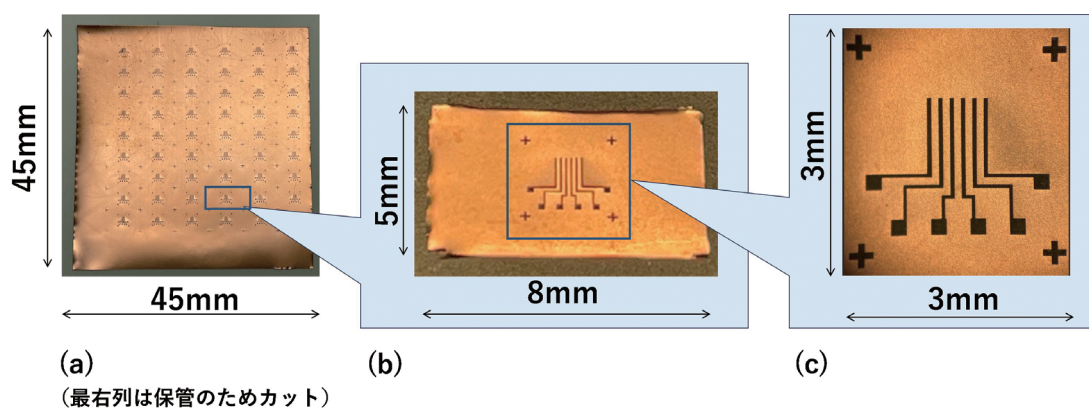


図4：N-メチルピロリドン中での浸漬 図5：レジストの残滓(ざんさい)

#### 4. 製作したメタルマスク

4インチのSi基板上に63個配置して製作したメタルマスクを図6(a)に示す。使用時は目印に合わせて $5\text{mm} \times 8\text{mm}$ にカッターで切り取って使用する(図6(b))。電極パターンはメタルマスクの中央部に $3\text{mm}$ 四方の範囲内で製作した(図6(c))。顕微鏡で観察したパターン部の拡大図は図7に示す。

製作したマスクは厚さ $20 \sim 30\mu\text{m}$ 程度、線幅 $54\mu\text{m}$ 程度であった。測定はそれぞれマイクロメータ、顕微鏡で行った。



(a)63個並べて製作したメタルマスク (b)カットしたメタルマスク (c)パターン形状

図6：完成した蒸着用メタルマスク

#### 5. 今後の予定

今回製作したメタルマスクは、パターン幅の目標が $50\mu\text{m}$ であったが、完成寸法が $54\mu\text{m}$ となり、CADで作成した寸法に近い値のメタルマスクを製作することができた。

めっきを用いたメタルマスクの製作では、以前行ったことのあるウェットエッチングによる製作に比べてエッジが丸みを帯びる様子もなく、目標に近い形状が得られることが期待できる。依頼者からさらに細かいパターンの製作を要望されているため、可能な限り細かいパターンの作製に挑戦していきたいと考えている。

#### 6. さいごに

マイクロレベルのデバイスをめっきとリソグラフィを組み合わせるには、多くの工程が必要となる。その途中で失敗すると、やり直しに時間を要する。望まれたサンプルを迅速に提供できるよう、再現性のある手法を確立したい。

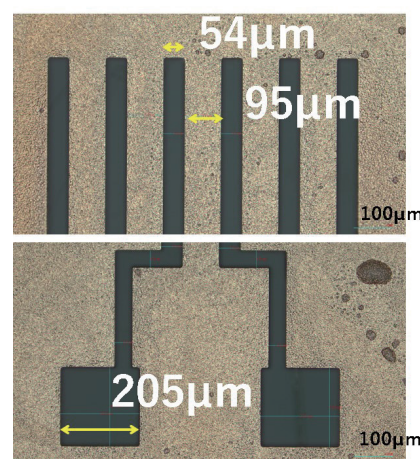


図7：パターン部拡大図

#### 7. 参考・引用文献

[1] 安井学、中野一史、黒内正仁、川野伸一、金子智、「添加剤を加えたN-メチル-2-ピロリドンによるSU8微細パターンの剥離」, p1-9, 日本機械学会論文集, Vol.84, No.862, 2018

## 令和5年度高エネルギー加速器研究機構技術研究会

豊田 朋範

3月7日～8日に高エネルギー加速器研究機構つくばキャンパスで開催された令和5年度高エネルギー加速器研究機構技術研究会に参加し、「超高真空・低温近接場顕微分光システム用測定・制御機器の開発ートラブルと対策にみるアナログ回路開発ノウハウ」なる題目で口頭発表を行なった(図1)。

本発表は3月4日のNanospecFY2023で発表した題材について、回路設計・製作に主眼を置いたもので、開発中に遭遇した様々なトラブルのうち、(1)電源電圧の仕様を見落としたことで、一瞬で電源電圧が短絡する(2)時間経過で積分回路の出力のDCオフセットが増大する(3)Webで探したサンプル&ホールド回路が全く動作しないーの3項目について、原因と対策を報告した。

発表後の意見交換会では、「Webやテキストにない回路のノウハウが分かって良かった」「ベテランこそこのような発表をするべき」と好評を得た。失敗やトラブル、改善方法を出して共有するという技術研究会の原点を再認識した。

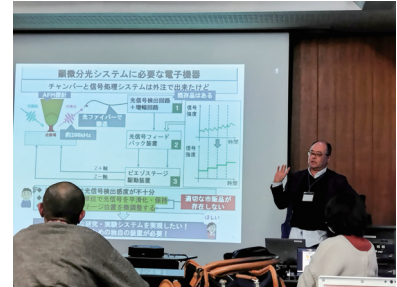


図1：口頭発表を行う筆者

## 東海地区国立大学法人等職員基礎研修

宮崎 芳野

### 1. はじめに

2024年5月16、17日に名古屋大学にて実施された、職員基礎研修に参加した。この研修は、勤務経験が半年以上2年未満の職員に対し、法人職員として必要な構えや基礎知識等を修得させ、職務遂行能力を養成するとともに、他機関の職員との交流を促すことを目的としている。

これまでの成果や経験を振り返り、今後の不安や課題などについて共有・整理することで、その目標を達成するためのコミュニケーションの取り方や仕事への取り組み方を改めて学んだ。研修中は、グループに分かれてディスカッションする場面が多々あり、他機関・他分野の職員との置かれている環境の違いについて見識を広げることができた。

## 自然科学研究機構技術研究会

木村 和典

2024年7月1日から5日間に亘り、第18回自然科学研究機構技術研究会が開催された。昨年度に引き続いてオンラインでの実施であり、あらかじめ募集した業務に関する困りごとや情報交換したい内容、調査したい内容をテーマごとに分類してグループディスカッションを行う形式であった。

筆者は全21テーマのうち「制御・プログラミング」についてコアメンバーとして参加した。当日の議事録は事前情報とともにオンラインホワイトボード(Google Jamboard, ただし2024年12月末でサービス提供終了)に記録されていたため、参加を断念したテーマについても事前に記載された困りごとと情報を提供したり、後からディスカッションの雰囲気を知ることができた。

(9-2) 制御・プログラミング  
アイスブレイクテーマ：最近のマイブーム(興味ある事、ハマってることなど)を教えてください。あとコアメンバーの方には自己紹介の時に業務内容を簡単に話してください!



写真1：Google Jamboard を用いた議事録アイスブレイクの様子

岡崎市理科部 国研セミナー  

豊田 朋範

7月24日に分子研で開催された岡崎市理科部の国研セミナーにおいて「低温が創る世界、抵抗と超電導の不思議－低温の世界と物理法則を学習・体験する－」なる題目で講義と演習を行った。

本講演は2021年と2022年に岡崎市立新香山中学校で筆者が実施した出前授業を国研セミナー向けに再構成したもので、理科教育に携わる教諭諸氏が理科の面白さや難しさを体験していただく機会とすることを重視した。座学では抵抗の原理だけでなく、歴史や料理と低温の関係を紹介し、演習では筆者が開発した抵抗温度依存性測定キット(図1)を3名～4名一組で用意し、抵抗の温度依存性を実際に測定してグラフにする過程を体験いただいた。

本講演を進めるにつれて、教諭諸氏の表情が一様に輝きを増していった。理科教員は実験が好きであるという以前の筆者の報告<sup>[1]</sup>を裏付けると共に、このようなスタイルの講演が理科教育の現場に求められていると改めて実感した。

[1]「理科嫌い・理科離れに関する研究－児童生徒及び教員を対象にした調査をとおして－」山城芳郎、森本寿文、広瀬友良、[https://www.hyogo-c.ed.jp/~kenshu-p-lib/research/108\\_04.pdf](https://www.hyogo-c.ed.jp/~kenshu-p-lib/research/108_04.pdf)

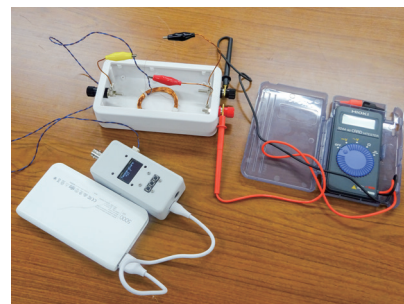


図1：演習で使用した抵抗温度依存性測定キット

国立天文台出張  

木村 和典

2024年8月7日に国立天文台三鷹キャンパス先端技術センター(Advanced Technology Center, ATC)に出張した。メカトロニクスセクションでは以前より多軸加工機に関する技術交流を名古屋大学および国立天文台と進めていたが、設計技術交流を行うこととなった。エレクトロニクスセクションでも熱解析などを行えると便利であることから、今回の交流会に参加させていただいた。名古屋大学理学部から5名、ATCから5名、装置開発室から1名(筆者)が参加した。

初回ということもあり、今回は国立天文台における設計の流れを紹介していただきつつ意見交換を行うというスタイルでの交流となった。国立天文台はプロジェクトをベースとする点や国際プロジェクトが多数となる点などで分子研とは大きく異なっており、それに応じた仕事の進め方や品質保証の観点など参考になるお話を伺うことができた。



写真1：国立天文台正門

第30回機器・分析技術研究会 

豊田 朋範

9月5日～6日に広島大学東広島キャンパスで開催された第30回機器・分析技術研究会に参加し、「チャンバー用超高輝度LEDシステムの開発」なる題目で口頭発表を行なった(図1)。発表内容は開発の動機や回路構成、長いケーブルを接続した際のトラブルや対策を主体とし、持ち込んだデモ機を点灯させ、所定時間後に自動消灯する一連の動作を実演した。

発表後、実際に装置を見たいという聴講者にデモ機を渡し、「思った以上に軽い」「実物があると分かりやすい」など好評を得た。また、同日の別の発表で「チャンバー内部が暗いので、(筆者が発表したような)ライトが必要になる」と言及され、一定のインパクトを与えたと思われる。

本発表で持ち込んだデモ機の筐体は、工作依頼と同じく木村和典氏に製作いただいた。厚く御礼申し上げます。



図1：聴講者の質問を聞く筆者



大阪大学理学研究科 学内演習  

豊田 朋範

9月27日に開催された大阪大学理学研究科 学内演習に講師・演習担当として参加し、筆者は「各種センサーでWAN-WANを動かすまで」と題した講演と演習を実施した(図1)。

本演習は、筆者らが開発した汎用一斉警報通知システム(通称WAN-WAN)を題材として、各種センサーを用いた回路をブレッドボードで構成し、WAN-WANに接続して通知動作を行なう実践的なもので、大阪大学理学研究科の技術職員17名が全員参加した。最初にWAN-WANの原理と基本構成を千葉寿氏(岩手大学)が説明し、続いて筆者が講演と演習を行い、最後にWAN-WANとの接続に必要なアプリの導入と設定を庄司愛子氏(岩手大学)が説明した。

大阪大学理学研究科にはものづくりを担当する技術職員が存在しないため、センサーについても基本的な動作原理から説明する必要があった。アンケートでも好評の中に「専門外のため難しかった」という声が複数あり、専門外の職員を対象とする講義や演習では基礎を重視した内容とする必要性を実感した。

本演習の実施には、稲角直也氏(大阪大学)、千葉寿氏、庄司愛子氏に多大なご協力をいただいた。厚く御礼申し上げます。



写真1: 講演する筆者

ARIM 技術スタッフ個別研修プログラムへの参加 

高田 紀子

2024年10月9日～11日の3日間、ARIM 2024年度 技術スタッフ個別研修プログラムの一つで、東京科学大学で行われた「電子線露光とマスクレス露光のミックスアンドマッチ」に参加した。内容は、電子ビーム露光とマスクレス露光とのパターンの位置合わせ、金属蒸着、リフトオフ、SEM観察等多岐にわたり、クリーンルーム内で作業を行うのを間近でみたり、実際に装置に触れたりすることができた。現像やリフトオフ作業に関しては、長年経験を積んできた先生方のノウハウを教わることができ、大変貴重な機会だったと考えている。受講者は私を含め3名で、少人数だったこともありその場で質問をしやすい雰囲気だった。今回担当してくださった東京科学大学の先生方だけでなく、受講者同士でも現場ならではの情報交換を行うことができ、大変有意義な3日間だったと考えている。



電子ビーム露光の講習の様子

エフエム EGAO ラジオ出演 

木村 幸代

11月8日にラジオ番組『EGAO FRIDAY SCIENCE LAB.』の収録で、松尾氏と広報の原田氏と共にエフエムEGAOを訪問した。収録前に30分程度、パーソナリティの松井令子氏と談話する時間が設けられ、装置開発室の役割などをざっくばらんにお話することができた。本番では、業務内容としてクリーンルームで行っている作業やその必要性を紹介した。松井氏は、“製作物を顕微鏡で見ないと見ることができない”という点に大変驚かれたようだった。製作物の一例として、高田氏が一般公開用の景品として製作した“小さな表彰状”を持参したが好評で、「なんて書いてあるか読めない！これは本当に、とてもかわいいですね！」、といった感嘆の声をいただいた。

松尾氏は、3Dプリンターではどのようなモデルを製作しているかに加え、研究者の用途や、3Dプリントが研究所内で依頼業務として確立するまでの経緯などを紹介し、筆者にとっても興味深い内容だった。持参した緑色に発光するたんぱく質のモデルは夏祭りなどで光るおもちゃに利用されているもので、馴染みのないたんぱく質の研究について、少し身近に感じてもらったのではないかと思った。

松井氏は、筆者らの業務を『松尾さんは小さいものを大きくする、木村さんは小さいものを作っているという、真逆のお仕事』と解釈してくださり、一般の方の目線を通して、装置開発室で扱う製品の幅広さを実感した。また、業務について改めて考える良い機会となり、学生や研究者以外の方と交流の機会を持つことの意義を感じた。



## 小型ウォータージェットカッターの導入

近藤 聖彦

WAZERは、従来の大型工業用ウォータージェットカッターと異なり、シェア工房やFabスペース、研究開発や教育機関での利用を想定した、コンパクト&静音設計の小型ウォータージェットカッターである。試作と小ロットに活用できコストを抑えた加工の導入に最適である。(参照 URL:<https://www.macros-cad.co.jp/laser/wazer.html>)

所内において、導電性の材料はワイヤー放電加工機で切断しているが、ガラス、セラミックス、プラスチックなどの切断は難しかった。そこで、金属、CFRP(炭素繊維複合材料)とカーボンファイバーなどの複合材料、セラミック、大理石、花崗岩などのタイル、ガラス、プラスチック、ゴム、発砲体などがカットできる材料として取り上げているWAZERを導入した。

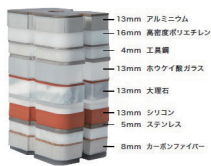
その他の特徴として、粒子状のガーネット粉末(サンドブラストガーネット)を混入することで威力を増した「アブレイブジェット加工」が可能である。



製品仕様	
メインユニットサイズ (スタンド付時)	856 × 648 × 1220mm
メインユニット重量 (水、カーネットなし)	50kg
メインユニット重量 (水、カーネットあり)	180kg
ポンプボックスサイズ	533 × 379 × 251mm
ポンプボックス重量	42kg
カットエリア	460 × 305 × 30mm
カットライン幅	1.2mm
カットインベッドサイズ	485 × 330mm
カットできる材料	金属、ガラス、樹脂、発砲材、タイル、フォーム、ゴム
カットインベッド持続時間	60分 (カーネット補充の時)
ガントリ一掃速度	1500mm/分
ガントリ位置精度	0.08mm
騒音	87 ± 3dB
室温	0~40℃

※製品仕様は予告なく変更する場合がございます。

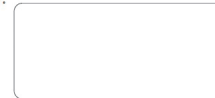
### 材料別最大カット厚



## WAZER The First Small Waterjet

電 源 ※100V15Aを2基給電してください。	
電源仕様 (本体)	100~110V / 60Hz
電源仕様 (ポンプボックス)	100~120 VAC, 60Hz, 14A, 1,500W 230~240 VAC, 50Hz, 7.5A, 1,500W
ソフトウェア	
システム要求	インターネット接続必須
ブラウザ	Google Chrome, Safari, Microsoft Edge, Internet Explorer, Firefox
インポート可能ファイル	dxf, svg
出力言語	Gコード
本体への取り込み方法	SDカード
出力水	
使用最大圧力	317bar
最大流量	1.9L/分
ガントリ内流水口 (オフィス)	0.48mm
流水口素材	丸ピンまたはセラファイア
混合チューブ内径	1.1mm
結 水	
結水装置	水道水
結水フィルター	300メッシュ
結水圧力	2.4bar
結水時流量	3.8L/分
結水温度	54℃
用 水	
排水方法	設置先の地域の規準に従ってください。
最大排水距離	9m
排水量	5.7L/分
水の再利用	不可
消耗品	
ガーネット	交換頻度: 約160分/1袋 価格: 7,500円 (税別)
ノズル	交換頻度: 300時間 価格: 60,000円 (税別)
カットインベッド	交換頻度: 20~100時間 価格: 60,000円 (税別)
ガーネット	
ガーネット	80メッシュ
ガーネット使用率	0.15kg/分
機械内ガーネット投入量	13.5kg

※製品仕様は予告なく変更する場合がございます。  
※本製品には製品マニュアル(日本語)が付属します。



No.20240411



総販売元 コムネット株式会社

■ 都 府 本 社 〒650-0047 兵庫県神戸市中央区東灘町7-2-10 TEL 078-304-7780 FAX 078-304-7780  
■ 東 京 本 社 〒224-0044 神奈川県横浜市都筑区東山2-20-134 TEL 045-364-2181 FAX 045-364-2182  
■ 大 阪 支 店 〒812-0892 兵庫県姫路市博多区東原町3-1-41 TEL 062-710-4442

※メーカーのカタログを掲載

# 分子科学研究所一般公開 2024

松尾 純一

## 1. はじめに

2024年10月19日に分子科学研究所の一般公開が開催されました。前回(2021年)はオンライン開催でしたが、今年はおんサイト形式に戻して行われました。今年の装置開発室は「集中力」をテーマに体験型の展示に力を入れ、まど当てやイライラ棒など来場者に楽しんでもらえるものを目指しました。

## 2. 配置

体験型の展示が多いので人が滞留することを考え、人の流れを整えるために順路を決めて展示を下記の図.1のように配置しました。

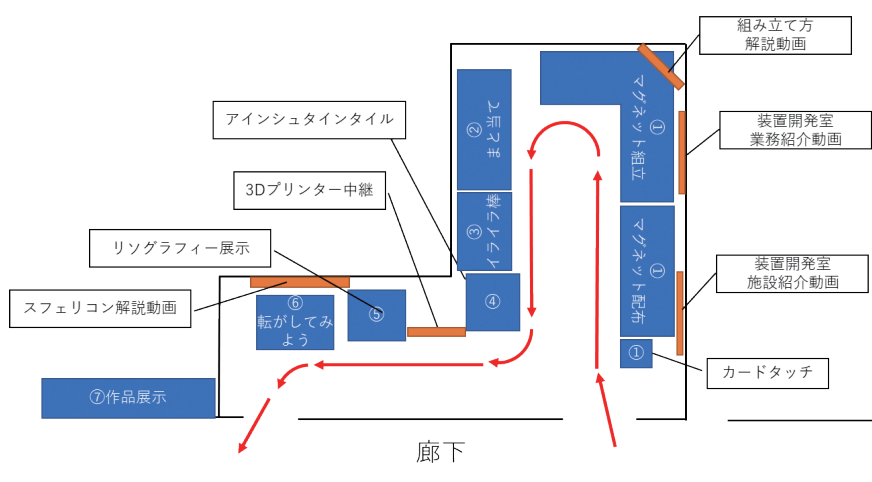


図 1 : 展示配置図



図 2 : 開始前の全体風景

## 3. 展示物

### ①分子研オリジナルマグネット組み立て体験

3Dプリンターを使って造形した分子研オリジナルマグネットを自分で組み立てて持って帰っていただくというコーナーを設置しました。マグネットキャップの形状は1億倍の空間充填モデルの分子模型になっていて、それに分子研マークなどの模様が描かれています。用いた分子は硫化水素、塩化水素、アンモニア、二酸化炭素、食塩、水、窒化ガリウムの7種類で、その他に来年は分子研が50周年を迎えるということで、蓄光フィラメントで50周年記念の文字を入れたものも用意しました。

3Dプリンターの造形物のサポートを取り外すという体験をしてもらうために、マグネットキャップは磁石穴にサポート材が残ったままにしました。自分でそれを取り外し、磁石に両面テープを付けてはめ込むと完成です。

半年間3Dプリンターを動かして続けて用意できたマグネットカバーが申込者数と同じ2000個少々でしたので、カードをタッチしてもらい記録を残すことで1人1個の配布数制限をさせていただきました。

組み立て場には係員を配置し、小さい子供や苦手な方には代理で作業を行いました。また、組み立て解説ポスターを掲示するとともに、組み立て解説動画も放映しました(図.3)。



図 3 : 左から、メニュー表、全体風景、組み立て場、組み立て手順ポスター

### ②まと当て

集中力の体験としてゴム銃を使った“まと当て”を用意しました。3Dプリンターにて5連射できるゴム銃と“まと”用のカラム駒のようなキャップを造形しました。また、赤外線センサーを使用した物体検出装置(製作品:24F09)を作成し、“まと”が検出できなくなったら電光掲示板に「HIT!」と表示されるような装置をくみ上げました(図.4)。



図4：左から：まと当て場、掲示ポスター、体験風景

### ③イライラ棒

集中力の体験としてイライラ棒を用意しました。銅線を曲げて作ったシャチホコ風コースにフックをかけてスタートからゴールまでをどれだけ接触回数を少なくたどり着けるかを挑戦するものとなりました。接触すると回転灯が点灯すると共にアラーム音が鳴るような回路を製作しました(製作品:24I10)。また、オプションとしてマルクスジェネレーターを使った高電圧発生回路を使ってスパーク音も同時に発生させられる仕組みも用意しました(図.5)。



図5：左から：イライラ棒の装置一式、体験風景、回転灯と高電圧発生装置の作動風景

### ④アインシュタインタイル

1つの形状の非周期的な組み合わせが面形状を形成するという不思議なアインシュタインタイルについてのポスターを掲示し、3Dプリンターで作成したタイルで面を作る体験コーナーを設置しました(図.6)。

### ⑤リソグラフィー展示

リソグラフィーを使った工作技術の解説ポスターと、工作物のサンプル展示を行いました(図.7)。



図6：アインシュタインタイル展示



図7：リソグラフィー展示

### ⑥転がしてみよう

スフェリコンやヘキサスフェリコン、オロイドなどを3Dプリンターで製作し、一見転がらなさそうな形状を転がす体験をしてもらえるようにしました。また、その後ろで解説動画の放映を行いました(図.8)。

### ⑦作品展示

機械工場の工作技術をわかりやすく楽しんでみてもらえるような工作物や、3Dプリンターならではの工作物などを展示しました。たくさんものを展示してくれていた菅沼氏にちなんで「菅沼コーナー」と呼ばれていました(図.9)。

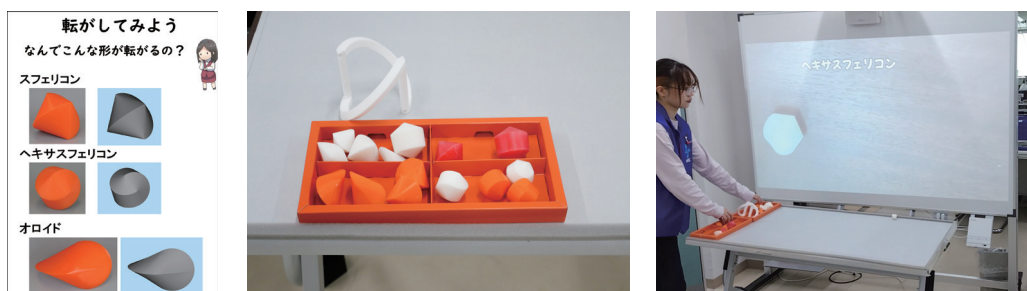


図 8：転がしてみよう 左から：掲示ポスター、転がすもの、転がしてみよう場

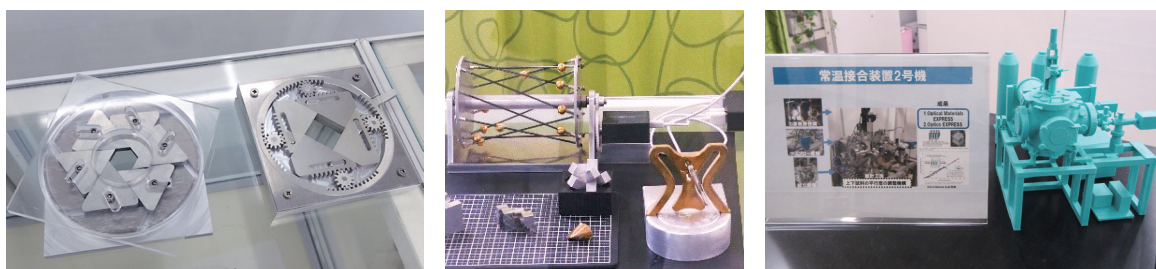


図 9：作品展示 左から：シャッター機構、ワイヤーカット工作物と回転体、真空装置模型

#### 4. 動画放映

前回のオンライン開催時に使用した装置開発室の業務紹介動画や施設紹介動画を再編集して放映しました。また、今回 YouTube のストリーミング機能を使用して 3D プリンターの動作風景の中継を行いました。

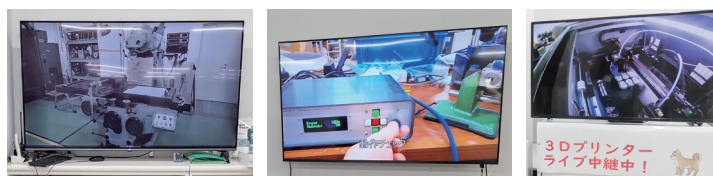


図 10：動画放映 左から：施設紹介、業務紹介、3D プリンター

#### 5. セクション紹介ポスター

装置開発室の技術の核となる3セクションを紹介するポスターを「集中力」をテーマとして作成し、掲示しました。

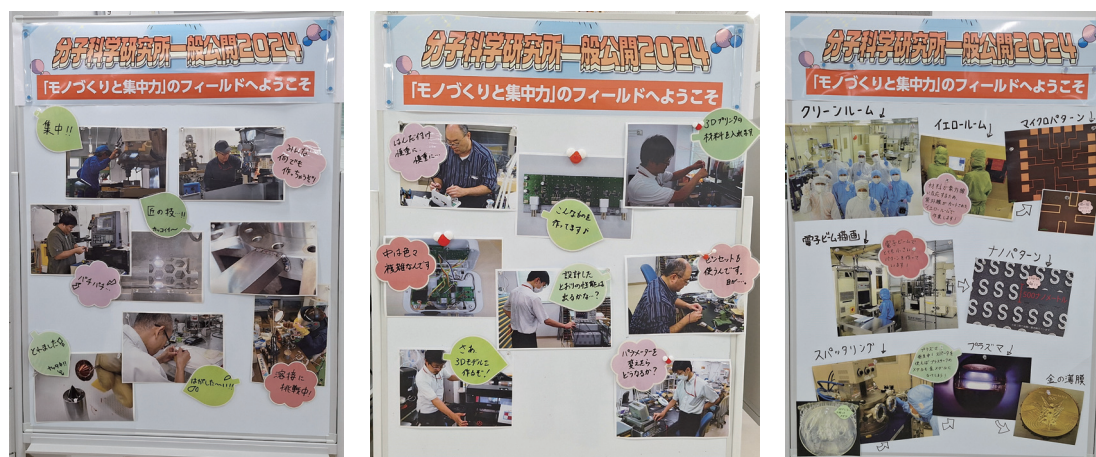


図 11：セクション紹介 左から：メカトロニクスセクション、エレクトロニクスセクション、リソグラフィーセクション

#### 6. 最後に

オリジナルマグネット配布数はカードのタッチ合計数から1230個でした。また、装置開発室があるB棟に設置してあるタッチポイントには1613回のタッチ数が記録されており、今回設置されたタッチポイントの中で一番の回数だったようです。半年がかりで展示物を製作したり当日は最後まで行列が絶えなかったりと、大変なこともたくさんありましたが、おかげさまでたくさんの方に来ていただけて良かったです。次回はスペース等やイベント数を精査して混雑具合を改善し、もっとたくさんの方にゆっくりと楽しんでいただけるようにしたいと思います。

着任ドキュメント 

磯谷 俊史

## 1. はじめに

2024年7月1日より分子科学研究所装置開発室に着任した。分子研赴任前は名古屋大学工学研究科の装置開発室に勤務しており、現在と同じく装置開発・製作を主な業務として機械加工を軸に業務に従事していた。業務内容は大きく変わっていないが作業する環境や設備が変わったためOJT形式で業務を進めながら新しい環境に順応することに努めた。以降取り組んできた内容を報告する。

## 2. NC 工作機械

大きく変わった環境としては使用できる工作機械である。各組織によって所有する機種などは当然異なる。汎用加工機については機種によって多少の違いはあるものの使用するにあたっては大きな問題は無い。しかしNC工作機械についてはメーカーによって使用方法が大きく変わるため、運用するにあたってはそれに慣れる必要がある。着任後、基本的な操作方法的な簡単なレクチャーを受けた後にマニュアルなどの資料を用いながら基本的なプログラムの作成・加工を進めた。主に以下の3機種の扱いを学んだ。

- ・CNC旋盤: YAMAZAKI MAZAK SQT 100MY (図1)
- ・ワイヤ放電加工機: FANUC ROBOCUT (図2)
- ・NCフライス: MAKINO AEV-74 (図3)



図1: CNC 旋盤



図2: ワイヤ放電加工機



図3: NC フライス

NC工作機械を運転していく中で衝突といった事故を防止するために、プログラムによる運転前の安全確認を特に重点的かつ慎重に行い、事故なく進めることができた。その中でもCNC旋盤は旋削の他にミーリング軸を有した機械であり、マザトールを用いたプログラミングが可能である。さらにシミュレーションによるチェックができるため、安全に加工を進められ、マザトールによる段取りを学ぶことができた。(図4,5)

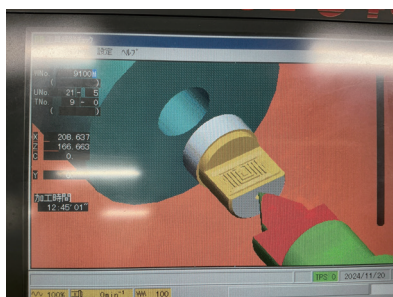


図4: シミュレーション画面

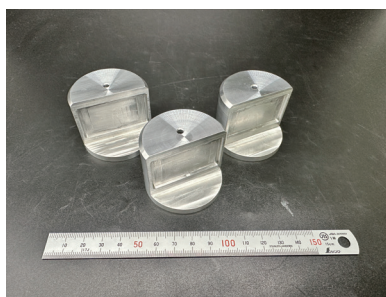


図5: 一般公開トロフィー土台

## 3. まとめ

半年間、業務を通して装置開発室所有のCNC旋盤、ワイヤ放電加工機、NCフライスへの対応をすることができた。また、NC工作機以外でも汎用機を使用した工作をする機会がこれまでより増え、就職後12年間という期間の中で名古屋大学の慣れた環境でNC工作機械に頼ることが多かった工作であったが、今回の分子研への赴任を機に汎用機で加工することで原点に立ち返り、自分自身の加工技術を見つめなおすとても良い機会となった。

## 4. 今後の展望

さらに高度な要求に応えるためにCAMを使用した5軸マシニングセンタへの対応やNCフライスに対するNCプログラミングの習得、またこれまであまり取り組んでこなかった設計について新たに学び研鑽していきたい。

24A07 冷却ガス導入用ユニット



ステンレス部品を加工後、TIG溶接で接合した。溶接部が多く、ヘリウムリークテストのタイミングと溶接順序が重要であった。

24C24 三脚固定台



支給された三脚を分解し、必要な部品だけを使用して組み立てた。三脚を固定したステンレス製板はTIG溶接で作製した。板と三脚の固定は専用の部品を加工して取り付けした。

24F02 水冷治具



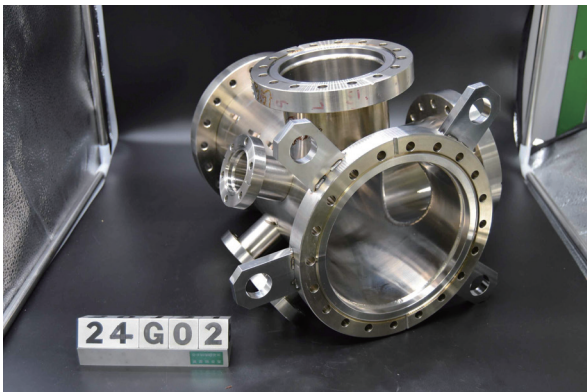
炉心管を冷却するための新型ユニット。旧型は接着剤を使用した部分の耐久性が低く、修復作業が必要であった。新型は接着剤を使用しない構造とし、耐久性を向上させた。

24F12 ARPES 用超高真空加熱へき開ホルダー



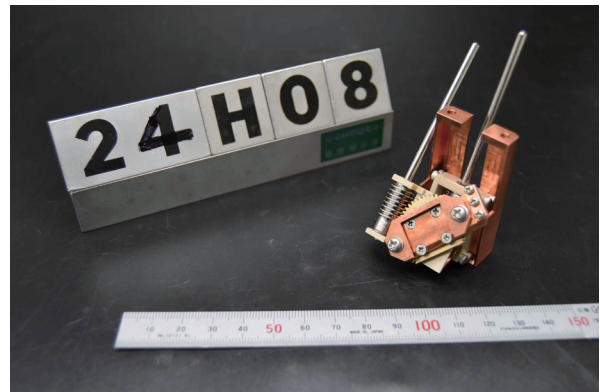
角度分解光電子分光に使用するホルダーの部品。真空環境下において高温で加熱するため、材質はモリブデンで加工をおこなった。

24G02 チャンバー架台用脚溶接



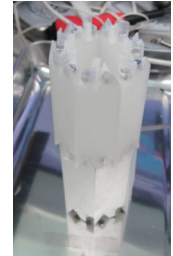
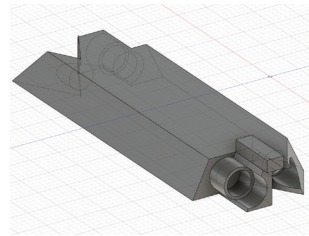
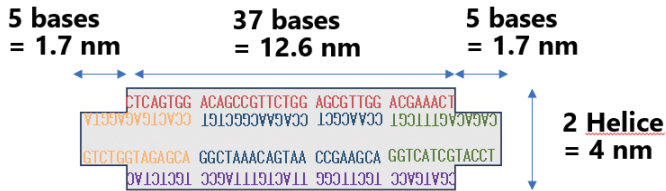
放射光施設で使用されていたチャンバーの配置換えがあり、新設の固定位置に対応した脚板を加工後、TIG溶接でチャンバーに接合した。

24H08 小型二軸ゴニオ



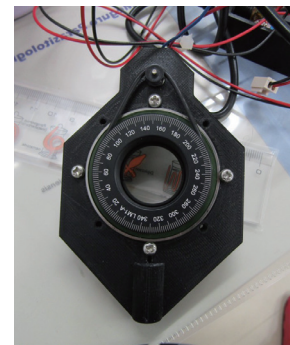
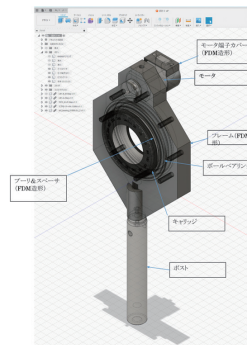
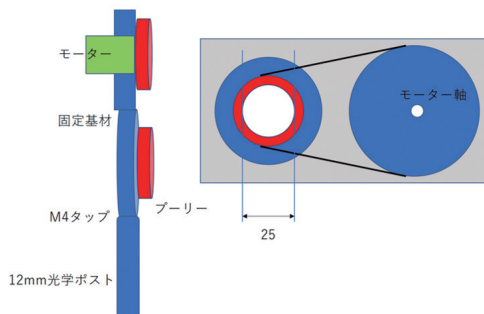
設置場所に制限があるため、小型かつ薄板の部品で構成されている。特に、樹脂製部品の板厚1mmの加工において板厚を均一にするため治具を製作後に加工をおこなった。

24F11 DNA ナノ構造体模型



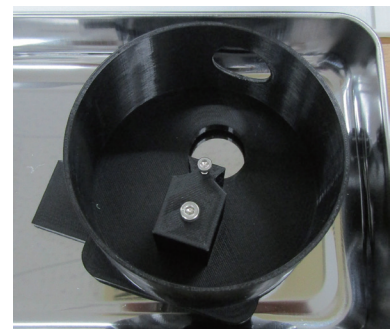
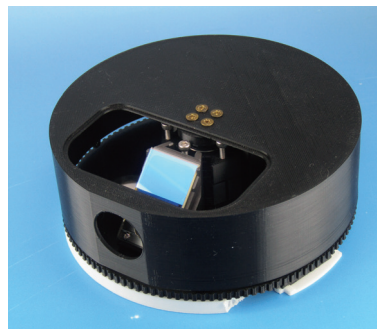
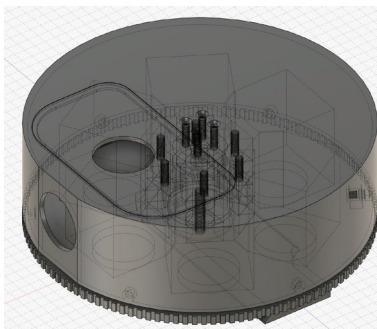
DNAは5本が編み物のように絡み合いナノ構造体を形成する。また、それらが集まって7角形のチューブ状の形状をとること知られており、それを模擬する模型を製作した。ナノ構造体は対角の角同士が結合するため、それ以外の場合や結合する角度が違う場合に結合しないように結合面の形状に工夫を加えた。

24E02 非線形結晶高速回転装置



光学回路に使用するミラーマウンタを高速回転させる装置。ベアリングやミラーマウンタ、モーター等を3Dプリントした部品を使用して組み上げた。

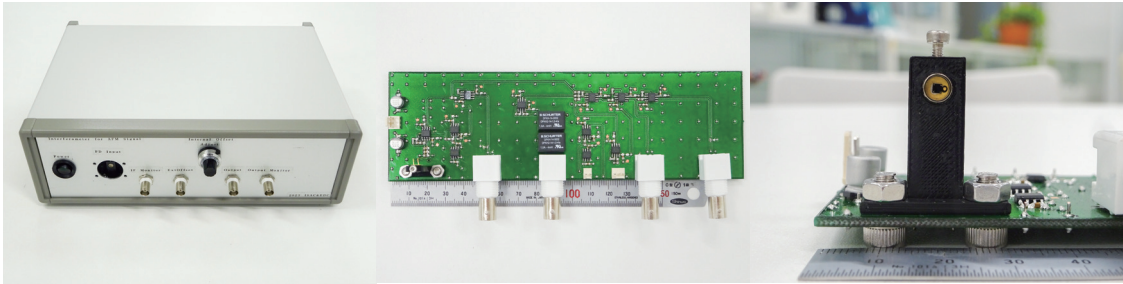
24G01 顕微鏡用ミラーユニット



顕微鏡のミラーを選択するユニットが廃版となっているため、3Dプリンターで製作した。ベアリングによる回転と位置固定用の磁石により6つのミラーを切り替えられるもの(写真中央)と、1個のミラーを固定するもの(写真右)の2種類を製作した。



## 24A01 AFM 信号検出用干渉計 V2



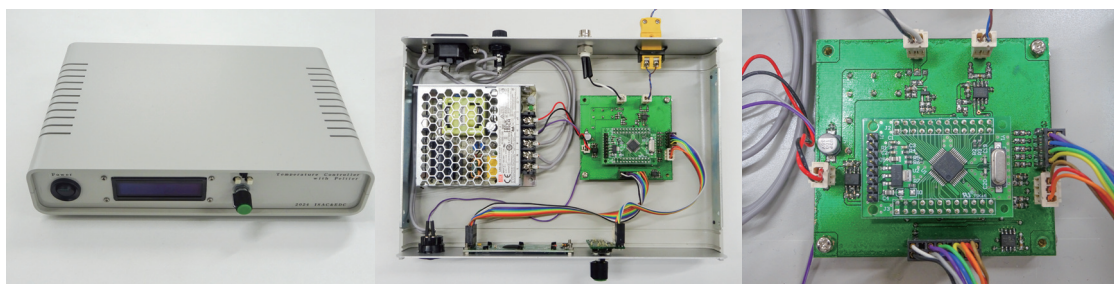
- 超高真空・低温光学操作プローブ顕微鏡において、AFMカンチレバーに照射したレーザー光の干渉光を検出し、250,000倍に増幅して出力する。
- I-V変換回路の改良により、V1(23D04)より増幅度を2倍以上に増強(100,000倍→250,000倍)すると共に、低ノイズ・高速応答を両立。
- 3Dプリンタでフォトダイオードの固定治具を製作し、安定した干渉光の検出を実現。

## 24F03 AFM 信号検出用フィードバック機構 V2



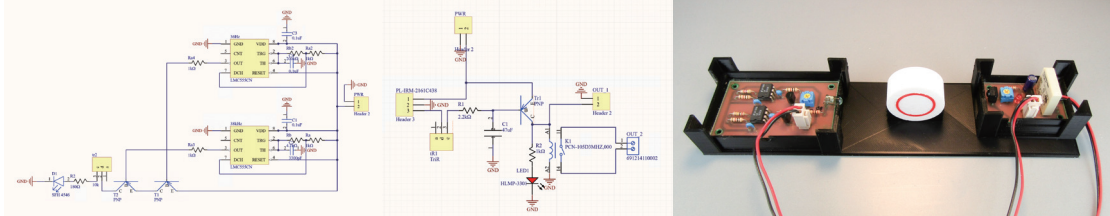
- AFM信号検出用干渉計の周波数変動を最大10Hzに平滑化し、後段のピエゾステージ微調整用HVアンプ(23E02)に送る。
- 入力回路の改良とローパスフィルターの追加により、V1(23D05)より出力の精度と安定性の向上を実現。
- 部品点数の多さからプリント基板の製造を外注し、品質の安定性向上と複数台製造時の短納期を実現。

## 24J02 真空チャンバー内試料冷却用ペルチェ素子コントローラ



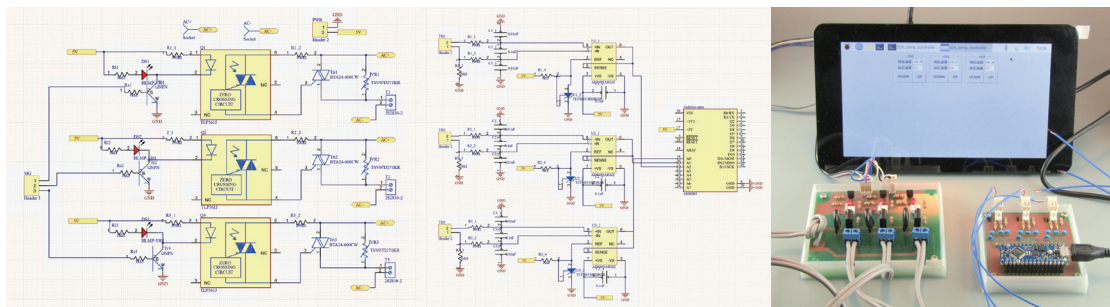
- 真空チャンバーの試料を冷却するペルチェ素子を制御し、一定温度になるように冷却する。
- K型熱電対による温度測定は-270℃～1800℃に対応。制御回路の差し替えにより、ヒーター制御などに容易に転用可能。
- 制御と操作は実績のあるARMマイコンモジュールを採用し、開発期間を短縮。

24F09 物体通過検出装置



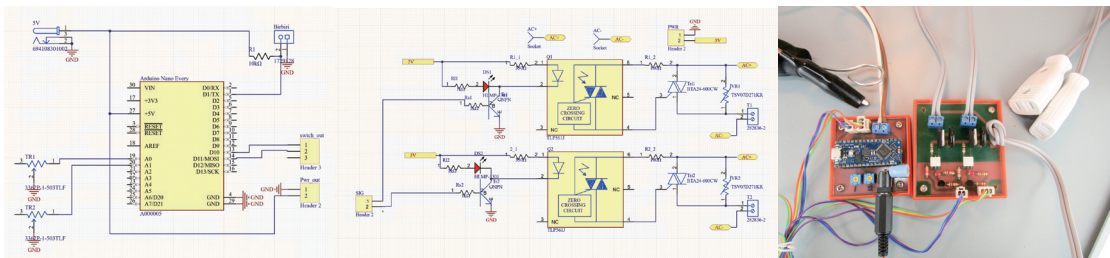
光源と光センサーの間に物体があるかどうかを検出する。外乱を防ぐため光センサーに赤外線リモコンのモジュールを採用し、38kHz周期のバースト波にのみ反応させている。

24G05 3ch 温度コントローラ



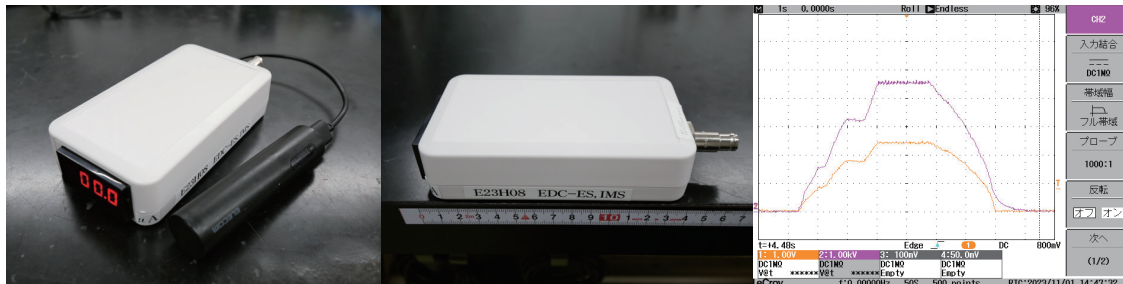
3つのヒータ用100V出力と熱電対を使用した温度センサーを備える温度コントローラ。Raspberry Piのタッチパネルに表示したGUIからコントロールする。

24I10 イライラ棒制御回路



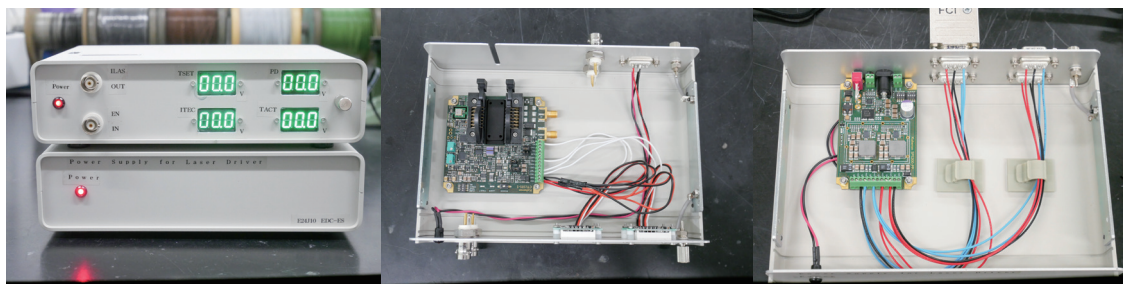
5V・10kΩでプルアップした+線とGNDの-線が接触し通電すると、2系統のアラーム用の100V出力をそれぞれ任意の時間ONする。

## 23H08 23L02 23L03 24A17 イオンポンプ用モバイル電源



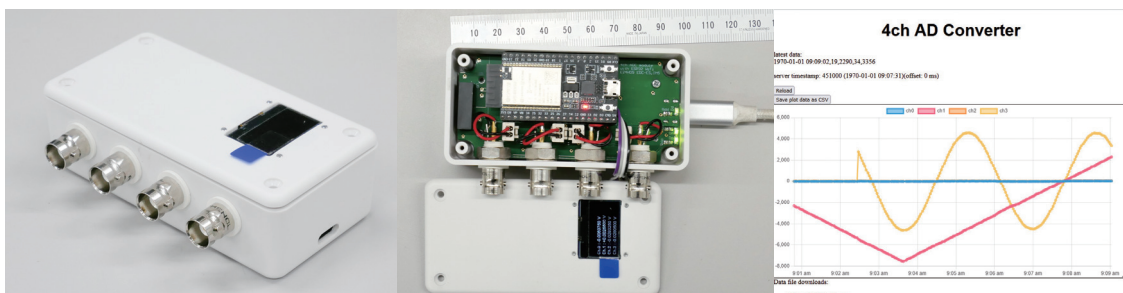
- 小型可搬イオンポンプを駆動するための、USB Type Cコネクタによる給電で動作可能なモバイル高電圧電源
- 入力電源5V 500mA(max)、最大出力5kV 200 $\mu$ A、電流モニター分解能0.1 $\mu$ A、出力コネクタSHV-10
- 筐体高さ35mm、幅75mm、奥行き135mm + SHV-10コネクタ突起45mm、重量200g

## 24C05 24J10 レーザードライバおよび専用 DC 電源



- 市販のレーザーダイオードコントローラ基板および専用DC電源を使いやすいようまとめたパッケージ
- レーザードライバ側：各種電流・電圧表示、出力有効・無効設定用外部入力信号(BNC)
- 電源側：最大4系統への同時出力可能、D-sub9ピンコネクタによる接続

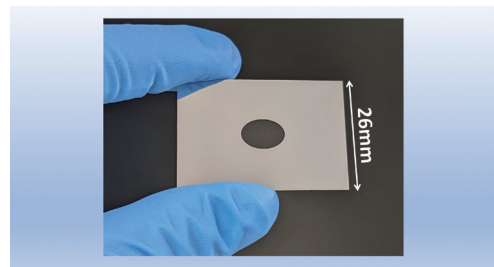
## 24H09 ネットワーク対応 ADC ユニット



- USB Type-Cによる給電で動作し、2.4GHz無線LAN経由で値を配信するADコンバーター
- 内蔵httpサーバーで簡易グラフ表示Webページを配信するほか、任意のhttpクライアントでデータ取得可能
- 入力数4 (BNC)、最大入力電圧 $\pm 10.4$ V、電圧分解能16 bit、1 Sample/s程度 (全チャンネル同時取得)

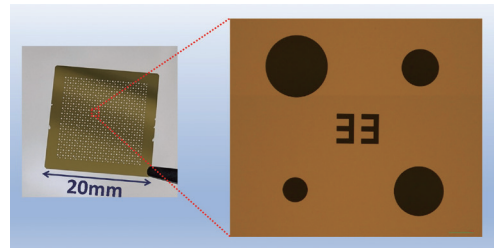
24B01 アルミミラー

38 × 26 (mm) のガラス基板上にAl膜をスパッタ成膜し、基板中心に対して、光を通すための楕円パターンをウェットエッチングで製作した。Al膜の厚さは50nm、楕円パターンの大きさは9.9 × 7.0 (mm) で製作を行っている。



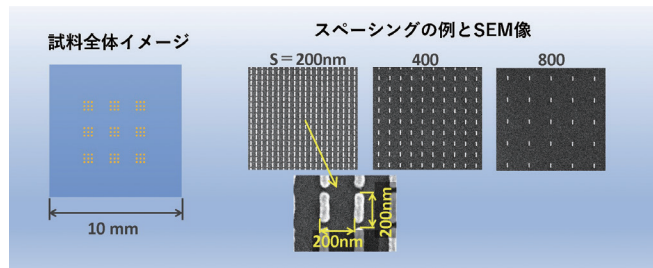
24B03 フォトリソ金構造

□20mmの石英基板上に、外形の異なる4種の円形パターンを多数製作した(φ100, 150, 200, 250μm)。パターンの位置を識別するために、4種の円形パターンの中心に数字パターンを配置している。パターンの材質はAu (t100nm) / Cr (t3nm) で、円形や数字パターンの部分は金属膜をウェットエッチングすることで石英基板を露出させている。



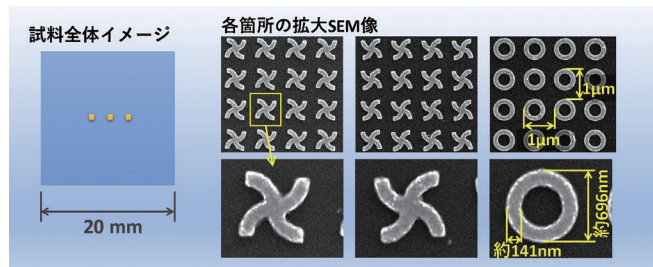
24B04 円偏向近接場誘起磁化反転デバイス

依頼者提供の□10mm石英基板に対し、右図のようなスペーシングの異なる金の微細構造を□150μm範囲内に作製した。構造厚みは42nm程度。



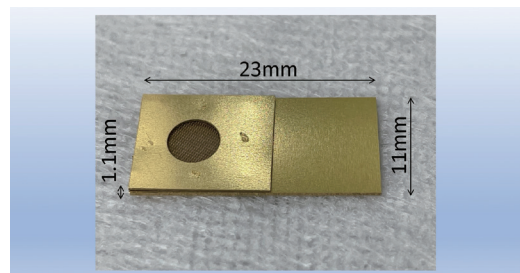
24F01 微細構造3種試料

□20mm合成石英基板の上の□150μm範囲・3箇所に対し、右図のような金の構造を作製した。構造厚みは86nm程度。



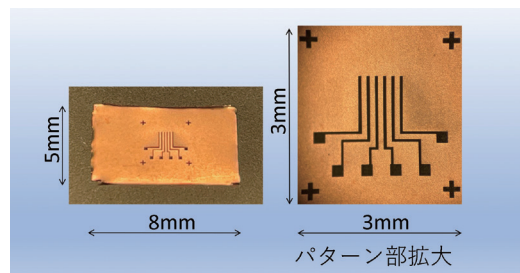
24I03 SUSメッシュ電極の試作2

機械工作で依頼を受けたSUSメッシュ電極に、酸化防止を目的とした金のスパッタを行った。両面に300nm成膜した。



24I04 メタルマスク

板厚約20μmの蒸着用メタルマスクを銅めっきで製作した。型はレジストにSU-8を用いてSi基板上にリソグラフィで製作し、めっきの電極となる部分は白金をスパッタで成膜している。パターンの大きさは、幅55μm、間隔94μmで、5 × 8mmのマスクを4インチ基板上に9行 × 7列並べて一度に63個製作した。目印に沿ってカッターやハサミで切り取って使用する。



## メカトロニクス・セクション (274 件)

伝票番号	品名	24C05	レール加工
24A01	ひずみ印加用ステージ	24C06	カンチレバー押え板
24A02	CD 測定用基板ホルダー	24C07	架台調整用治具
24A03	加熱用試料ホルダー	24C08	NaI 検出器固定治具
24A04	電子走査レンズ	24C09	プローブスタンド
24A05	輻射シールドの追加工	24C10	架台位置調整部品の溶接
24A06	SAB3 号機ビューポート改良	24C11	AFM 部品
24A07	冷却ガス導入用ユニットの製作 [写真]	24C12	Beam displacer アダプター
24A08	シグマ光機ゴニオステージ用アダプタ	24C13	Moonshot 480mmDFC ホルダー
24A09	粉末用分光セル	24C14	オープンベース (ペルチェ素子用)
24A10	Si 加熱ホルダ板	24C15	アルミカット
24A11	Part1 for SS-4BG	24C16	M6 追加工
24A12	赤外光検出器 (MCT) 固定具	24C17	アルミフレームカット
24A13	試料固定具	24C18	SUS430 カット
24A14	アクリル板穴追加工	24C19	pre チャンバー固定脚つゐあ (溶接)
24A15	遮光パネル追加工	24C20	アルミ板加工 ミニ
24A16	真空用試料ホルダー	24C21	カメラ固定台
24A17	中間プレート ver.2	24C22	接合機
24A18	DC モーター固定具	24C23	ミニ回転導入期ロッド延長
24A19	試料ホルダー追加工	24C24	三脚固定台 [写真]
24A20	試料ホルダー	24D01	通電ホルダー
24A21	MCT 固定具 2	24D02	CCD 検出器分光器用天板
24A22	AFM 用試料ホルダー	24D03	光学ブレードボード追加 2
24A23	研磨治具	24D04	ダイヤフラムポンプ用防振台
24A24	ガラス飛散防止シリンダー	24D05	レーザーマーカ分解
24A25	フィードスルー SHV 付フランジのねじ除去	24D06	真空用加熱ステージ
24A26	DFC 冷却ホルダー	24D07	ダイナミックシール
24A27	Lens Holder	24D08	通電加熱レセプターカバー
24A28	ColdGonio#2 Insulator	24D09	光学アライメント用ターゲット
24A29	電動アイリスシャッター用 M0.4-8T ピニオンギア	24D10	CBG temperature gradient holder
24A30	電気化学測定セル	24D11	極低温試料ホルダー
24A31	アクリル板切り欠き追加工	24D12	ARPES 用一軸圧力セル
24B01	M3,M4 ネジ穴開け試料ホルダー	24D13	アルミすぺーざー
24B02	真空ノズル	24D14	CMOS カメラ再度アダプター
24B03	Tholab 社製ステージ用アダプタ	24D15	試料ステージ HSCD 用
24B04	電流計固定パネル	24D16	25 mmレール加工 90 mm
24B05	ICF70 フランジへの放射温度計固定治具	24D17	CMOS カメラフロントエンドアダプター
24B06	結晶ホルダ	24D18	曲げプローブ
24B07	アクリルカバー追加工	24D19	対物レンズマウント
24B08	シャッターベース	24D20	熱電対導入用フランジの修理
24B09	ロッド追加工	24D21	アルミ板
24B10	MCC 用スぺーサ	24D22	冷却セル固定治具
24B11	分光器ファイバー取付用マウント	24D23	ミラーマウント台
24B12	アルミプレート	24D24	アクリル板
24B13	M8 ナット付	24D25	CBG temperature Gradient holder
24B14	高輝度 LED 用サポート	24D26	真空蒸着用基板ホルダー
24B15	ミラーマウント	24D27	トランスファチューブ延長管
24C01	超純水用スタンド追加 (ロート台の改造)	24D28	変換アダプター
24C02	位置調整用機具 A・B	24D29	ステンレス製レンズチューブ
24C03	Shutter base-R2	24D30	AFM 試料ホルダー
24C04	アルミサンプルホルダー	24E01	アクリル板面取り加工

## 2024年 工作依頼リスト

24E02	MCT 固定用治具
24E03	アルミフレーム端面加工
24E04	サンプルホルダー
24E05	試料バンク
24E06	SAB 装置
24E07	UVSOR 測定用セル
24E08	高次光かつとミラーホルダ
24E09	Pad connecter
24E10	ロッド変換用パイプ
24E11	XRD 用サンプルホルダー
24E12	IS-MCL Holder Moonshot
24E13	New GA Holders
24E14	分光器測定用の穴作製
24E15	アクリル板 φ 20
24E16	XY ステージ用ジグ
24E17	トッププレート
24E18	レーザープレート
24E19	マイクロチップレーザ
24E20	蒸着基板
24E21	ノズル取付部品再溶接
24E22	SUS メッシュ電極の試作
24E23	通電サンプルホルダー
24E24	ステンレスレンズチューブ改良
24F01	Beam displacer アダプター 追加依頼
24F02	水冷治具 <a href="#">[写真]</a>
24F03	マイクロ流祖モールド
24F04	PBS cage adapter
24F05	治具プレートの製作
24F06	電動アイリスシャッター用ピニオンギア
24F07	ダイオードマウントゲージ
24F08	一軸圧力セル試料ホルダー
24F09	LD マウント
24F10	サンプルレシーバー改良
24F11	分光器用スリット
24F12	ARPES 用超高熱真空加熱へき開ホルダー <a href="#">[写真]</a>
24F13	カメラ固定台
24F14	鉄棒加工
24F15	Moonshot Cr:LiSAF DFC molder
24F16	真空チャック
24F17	カメラ工程板
24F18	ペリスコープミラー脱落防止金具
24F19	LEED 用カメラマウント
24F20	YAB クリスタルホルダー
24F21	XY ステージマウント
24F22	シラー固定金具
24G01	サンプルホルダー
24G02	チャンバー架台用脚溶接 <a href="#">[写真]</a>
24G03	カンチレバーマウント
24G04	AMP3 (16LD) 用 Leg plate
24G05	MCT 検出器固定台
24G06	ホルダー追加加工

24G07	サンプルプレート
24G08	DFC holder short
24G09	Manipulator パーツ加工
24G10	アルミ板加工
24G11	ステンレス電極
24G12	デシケーターポート
24G13	ポストクランプフォーカス
24G14	サンプルホルダー
24G15	アルミボックス
24G16	電極支持ホルダー
24H01	板とステージ (Thorlabs)
24H02	ICF70 アタッチメント
24H03	アルミ角棒加工
24H04	フランジ溶接
24H05	腕固定ホルダー
24H06	蒸着源
24H07	SAB- アダプター
24H08	小型 2 軸ゴニオ <a href="#">[写真]</a>
24H09	ホルダ固定具
24H10	ケース加工
24H11	サンプルレシーバー改良
24H12	トランスファー治具用ピン
24H13	MCT 固定治具
24H14	DFC ホルダー
24I01	Au マスク 4 種
24I02	粉末用分光セル
24I03	M4 ネジ穴 IV ケース
24I04	ネジ外し
24I05	カメラマウント他
24I06	ブランケット追加加工
24I07	モニターアーム追加加工
24I08	Alphas fork (アルファラス製フォーク)
24I09	通電加熱試料用ジグ
24I10	ボロメータアンプ内バイアス電源用電池アダプタ
24I11	CR:LiSAF DFC HOLDER-2
24I12	FIZR 用試料ホルダー
24I13	多連式温度制御光反応装置
24I14	増幅器用足板追加加工
24I15	カンチレバーホルダー
24I16	L アンゲル加工
24I17	SUS マスク
24I18	DFC ホルダー
24I19	超伝導体の切断
24I20	ターゲットホルダー
24I21	アイソレーター 他
24I22	DFC ホルダー (リピート)
24I23	CP06F/M ablation
24J01	単結晶ホルダ
24J02	SUS ロッド
24J03	接合機
24J04	ステンレス、スーパーインバー、インコネル

24J05	ミラーマウント
24J06	加熱 Ta 板
24J07	ねじとりはずし
24J08	MPC 保護ケース
24J09	加熱式真空チャック改良
24J10	低温 2 軸ゴニオ
24J11	クライオスタット接合部品
24J12	ミラーホルダー (アダプター)
24J13	1/2 インチ固定台試作
24J14	モニターユニット台座
24J15	クランプ試作
24J16	変換ネジ追加工
24J17	スペーサー
24J18	カンチレバーステージ
24J19	加熱機構フィラメント保持部
24J20	トルクリミッターネジ外し
24J21	板バネ
24J22	ICF34 両面フランジ内径拡大
24J23	レーザースポットモニター
24K01	CD 試料だいソーラボネジ穴開け
24K02	LS 固定具、ラックの追加工
24K03	スペーサー
24K04	CBG temperature gradient holder
24K05	セラミックヒーター用粉末分光セル
24K06	位置決め台 A、B
24K07	STM 針ホルダー
24K08	試料加熱台追加工
24K09	DLC ホルダー入射穴拡張
24K10	PLD チャンバー用台座
24K11	KON-23I15 ホルダー追加工
24K12	試料台ネジ穴あり
24K13	アクリル板追加工
24K14	バオロメータ止め具
24K15	治具と光学定盤の追加工
24K16	プラグ 1
24K17	heatsink5
24K18	引張試験用ヒンジ
24K19	デシケーター・ポート
24K20	波長板マウント
24K21	BL5U 仮マニユパイレータ
24K22	荷重テスト治具
24K23	シリコンフォトダイオード固定用ジグ
24K24	fram_V2 補助台座
24K25	キャップ追加工
24K26	アルミボックス
24K27	角 8 mm サンプル用 $\phi$ 12.7 mm アダプタ
24K28	プラグ 2
24K29	モーター固定 Ver.4 Ver4-1
24K30	試料ホルダー 1, 2, 3
24K31	電極パーツ穴あけ 2 カ所
24L01	シリコンフォトダイオード固定用治具

24L02	UVSOR 測定用セル
24L03	光反応セル
24L04	DFC クランプ
24L05	回折格子マウント
24L06	治具プレートの製作及び固定プレートの製作
24L07	STM 針ホルダー追加
24L08	BNC 絶縁アダプタ
24L09	X ステージ固定用治具
24L10	雰囲気下光電子分光装置用ノズル
24L11	アルミボックス追加工
24L12	蒸着用ホルダー
24L13	TM 単身保存用ホルダー
24L14	金属るつぼ
24L15	押さえ板
24L16	金属るつぼ ver1
24L17	荷重テスト用軸 (M15)
24L18	電流アンププレート
24L19	チタン製エルダー
24L20	Pt 電極
24L21	探針ホルダー

## 2024年 工作依頼リスト

### 3D プリンタ (208 件)

伝票番号	品名	24C16	新 I2C 有機 EL モジュールスタンド
24A01	polarisplate v26 & v25	24C17	L 字モータ端子キャップ改
24A02	POLARIS-K1E3-Step v19 & VV0 & v21	24C18	Φ 10mm スペーサ
24A03	stage1,2,3	24C19	PMH-CS-type-V6-r1 & PMH-CS-type-V7-r1
24A04	koheronIVcase v5 & 6	24C20	カロリメータ部品
24A05	ギアヘッドモータ用端子カバー	24D01	パワーメーターホルダー
24A06	PiCamera 台座、線量計ホルダ	24D02	DMD をコントロールするボードを立てて固定する部品
24A07	フォトダイオードの取付治具 改良版	24D03	camera_sasae
24A08	POLARIS-K1E3-Step v28 & v31	24D04	アイリスシャッターコントローラ用ケース ArduinoMicro 版
24A09	koheronIVcase v8 & v9	24D05	24C24 部品
24A10	PiCameraV2 台座カバー	24D06	board stand r2
24A11	KON-AC_カロリメータ-jigu	24D07	ケーブル押さえ部品
24A12	展示・貸し出し用分子モータ	24D08	fiber holder2
24A13	sampleholder_new v22 & sample_locker_v12	24D09	Cleaner_Tool_001
24A14	電動アイリスシャッター量産2	24D10	カット用ジグ
24A15	POLARIS-K1E3-Step v33	24D11	固定具
24B01	リミットスイッチ取付_7U-TR_V2 - test	24D12	KON-24C09-02
24B02	POLARIS-K1E3-Step v35	24D13	電動アイリスシャッター
24B03	TR Side A & B	24D14	レシーバー取付プレート
24B04	POLARIS-K1E3-Step v39	24E01	receiving dish
24B05	電動アイリスマウンターコントローラ用ケース	24E02	非線形結晶高速回転装置用 フレーム <a href="#">[写真]</a>
24B06	DCmotorhex v30	24E03	パイロメーター固定具
24B07	TEL-bracker 等	24E04	KON-24D11-02
24B08	KON-SAB4_T_holder-01-ver7-15	24E05	KON-24D11
24B09	リミットスイッチ取付_7U-TR_V4 等	24E06	MonopoleGear & SphericalGear
24B10	stage3_hole 11.8	24E07	MonopoleGear3 & rod
24B11	TR_Side_V3 等	24E08	ドラフト B
24B12	基盤固定用 L 字型治具	24E09	KON-24D11-02-ver3
24B13	base の改良版	24E10	MonopoleGear4
24B14	IrisShutterController3 マウント	24E11	7ULL XYStage 固定具、2ED 固定
24B15	POLARIS-K1E3-Step v39	24E12	一般公開用分子研マグネット
24B16	POLARIS-K1E3-Step v42	24E13	一般公開用ゴム銃
24B17	PiCameraV2 台座 LED 拡張&線量計ホルダ	24E14	SphericalGear_sasae_hole & SphericalGear_ sasae_tap
24B18	PiCameraV2 台座 LED 拡張カバー	24E15	KON-24E07-01 and KON-24E07-02
24B19	PiCameraV2 台座 LED 拡張と線量計ホルダー Ver2	24E16	piller-A_r2 and piller-B_r2
24C01	Culture tank	24E17	KON-nano
24C02	PiCameraV3 台座 LED 拡張 & カバー	24E18	cable_guard_r2
24C03	PiCameraV3 台座 LED 拡張	24E19	coil & TriCoil 枠
24C04	PiCameraV3 台座 LED 拡張カバ& PiCameraV3 台座 LED 拡張カバこれは	24E20	ブレードボード v9
24C05	24A24 部品試作	24F01	ICF70-FH_Ohta_SP
24C06	MY-24A24-dai	24F02	SW_box
24C07	LEED カバー	24F03	ICF70-FH_Ohta_SP FDM 版
24C08	fiber holder & 旋盤ジグ	24F04	スイッチボックスとケーブルガード
24C09	ケーブルのボビンと押さえの試作	24F05	sphericon
24C10	50周年オブジェ IMS & 50 ver	24F06	ケーブルガード等
24C11	MY-24A24-dai_ashi_jig	24F07	E24F01 用 enclosure
24C12	band & bobin	24F08	ウォルブスティック固定 ,V1,V+5mmV+10mm
24C13	Part2 & Part3 試作部品	24F09	ceramic_t2_2
24C14	MPMS XL7 & MPMS7 & MPMS3 straw new bold	24F10	資産管理プレート
24C15	パワーメータースタンド試作		



## 2024年 工作依頼リスト

24F11	DNA ナノ構造体 <b>[写真]</b>
24F12	カーボンファイバーフィラメント試験片作成
24F13	アインシュタインタイル
24F14	alignmentplate_OD v9
24F15	KON-24E22-ジグ
24F16	ロッド固定 up, Down
24F17	KON-24E22-ジグ -01
24F18	KON-24F20-01 & KON-24F20-02
24F19	KON-24F20-01 ~ 03
24G01	顕微鏡ミラーユニット <b>[写真]</b>
24G02	2L-Airpipe_ana
24G03	トロフィー案
24G04	SHV ジャックの絶縁治具
24G05	EXEF20-10-19 SB・SG v4
24G06	EDWARDS_AIR_COOLING_UNIT
24G07	ABS での大物出力テスト
24G08	トロフィー案試作2
24G09	トロフィー本番
24G10	IMS-50 モデル台 ABS 仕様
24G11	50 周年記念事業用のノベルティー案作成
24G12	KON-24C09-02
24G13	BL1B 取付用 BL6B サンプルホルダー
24G14	BL1B 取付用 BL6B サンプルホルダー
24H01	128x64 ドット有機 EL ディスプレイ用壁掛け治具
24H02	KON-24G07-01
24H03	box_ue_25 & box_ue_30
24H04	positionner1 v1
24H05	新 I2C 有機 EL モジュールスタンド改
24H06	table_ashi
24H07	table_ashi 2
24H08	TA mount cover r2
24H09	ペプチド鎖モデルのサーボ駆動 Ver 修理
24H10	文字入りカバーの試作
24H11	物体検出装置用ケース
24H12	フォトセンサー遮蔽板 _wide38 & 42
24H13	保護カバー 4 wide20 と 蓋
24H14	ルビジウム原子を周期表マグネット
24H15	多地点カメラ用 Rpi カメラモジュールケース
24H16	cantilevermount_1 v80
24I01	保護カバー 4 wide20 改
24I02	Rb マグネット
24I03	Part2
24I04	20240910 SHT31 センサーケース v1
24I05	ドラフト制御ユニット用ケース
24I06	サーボ駆動ペプチド鎖モデルのコントローラ修理
24I07	電柱ノズル加工用治具
24I08	desk Ashi cover
24I09	SHT31 センサーケース
24I10	fixBracket_E & CornerBlock_C3
24I11	cap_zentai
24I12	nozzle_jig_pipe

24I13	イライラ棒コントローラ用ケース
24I14	ルビジウム同位体マグネット
24I15	THz 顕微平面ミラーホルダー用台
24I16	fixBracket_F
24I17	湊研究室 ノベルティー試作
24I18	THz 顕微平面ミラーホルダーミラー固定用
24J01	THz 顕微平面ミラーホルダーミラー固定用
24J02	87 ルビジウム同位体マグネット
24J03	分子構造マグネット 2 種
24J04	sentan_cover
24J05	4inch_clamp
24J06	ICF152 固定具
24J07	一般公開用色々出力
24J08	いらいら棒の柄
24J09	セルホルダー
24J10	クランプ試作1
24J11	cantilevermount
24J12	irairabou_goal2 & irairabou_cap2
24J13	試料ステージ支え v0
24J14	3ch 温度コントローラ用ケース
24J15	モーター固定
24J16	試料ステージ支え v2
24J17	TR_Side 部品
24J18	holder V800PA r4 & base stand D
24K01	50 周年記念式典用ノベルティー試作
24K02	試料ステージ支え v2 改良バージョン
24K03	モーター固定 Ver2
24K04	TA マウントカバー
24K05	Fiber Clip r2 の一部をゴム化
24K06	cable_fix v1
24K07	LS センサー遮蔽壁
24K08	LS センサーしゃへいかべ ver.2,3,4,5
24K09	Fiber Clip r4 試作改良
24K10	FFU コントローラケース
24K11	TR 留め具
24K12	キャスター車輪の転がり防止の部品
24K13	Angle Cover v1
24K14	Microstat サンプルホルダー
24K15	転がり防止リング (ゴム)
24K16	パイロメータ止め具
24K17	50 周年記念ペン立て
24K18	分子研マグネット (アンモニア)
24K19	アングルカバー
24K20	電解合成用ステージ
24K21	RIGOL オンロのブラケット
24K22	THz 顕微放物面ミラーホルダー用台 2
24L01	nozzle_jig_58_ver2
24L02	LS センサー遮蔽壁
24L03	ファイバークリップ r4 量産
24L04	alignmentplate_large
24L05	ラダー用 Rpi 固定治具

## エレクトロニクス・セクション (146 件)

24L06	PDMS ステージ成形型
24L07	バンドルファイバー治具
24L08	base stand Drs
24L09	PDMS ステージ 2
24L10	alignmentplate_large v4
24L11	THz 顕微平面ミラーホルダー用台 2-test
24L12	transfer adapter parts
25A04	アングルカバー

伝票番号	品名
24A01	AFM 信号検出用干渉計 V2 [写真]
24A02	レーザードライバ用 DC 電源
24A03	AFM 用極細熱電対
24A04	Exchange SMA(Channel port) of Picoscope
24A05	BIN 電源アダプタ
24A06	PCA 光伝導アンテナ修理
24A07	MCT プリアンプ用電源ケーブル
24A08	電動アイリスマウント用コントローラ
24A09	アイリスシャッターコントローラ ArduinoMicro 版
24A10	AFM 信号検出用フィードバック機構& HV アンプ改良
24A11	冷却器用配電ケーブル
24A12	フィードスルー付属 SHV ケーブル
24A13	SHV フィードスルー付属ケーブル
24A14	バイアス印加用ローパスフィルタ
24A15	Powrline cable for diode
24A16	DIO-Dsub 変換ケーブル
24A17	イオンポンプ用モバイル電源修理 [写真]
24B01	SHV ケーブル
24B02	画像トラッキング用カメラ制御ソフトウェア
24B03	レーザーダイオードドライバ用各種ケーブル・配線
24B04	レーザードライバトリガ/モニタ用 BNC ケーブル
24B05	レーザーダイオード用 DC 電源の AC 電源ケーブル並びに配線
24B06	SHV-BNC 変換コネクタ
24B07	レーザードライバおよび専用 DC 電源改修
24B08	SHV ケーブル圧着端子
24C01	水量監視システム故障対応
24C02	チラー・制御電源用 AC200V ケーブル
24C03	プローブ用アダプタ
24C04	FFU 制御ユニット V2( 第 4 次開発 )
24C05	レーザードライバおよび専用 DC 電源改修 ( 第 2 次 ) [写真]
24C06	ポータブルスピコンター
24C07	AFM 用セラミックヒータ極細ワイヤ
24C08	Detector Signal Splitter V2( 修理 )
24C09	Detector Signal Splitter V2.1
24D01	アイリスシャッターコントローラ
24D02	ツジ電子ハンドボックス修理
24D03	リミットスイッチ BOX 改修
24D04	圧力ゲージ用電源
24D05	Kessil LED ON/OFF 制御装置
24D06	高速 CMOS カメラ用 LEMO ケーブル
24D07	High Voltage Low-pass Filter
24D08	圧力ゲージ用電源の配線修正
24E01	非線形結晶高速回転装置用 モータドライバ
24E02	AFM 用 Short Length BNC ケーブル
24E03	インバータ制御ユニット V2
24E04	流量計用パワーサプライ
24E05	L 字プラグ付き実験系用 AC 延長ケーブル
24E06	極低温・超高真空ナノ顕微分光システム用機器改良
24E07	テレグラフノイズジェネレータ
24E08	HV アンプ 1 号機修理

24E09	X線回折装置用フラットケーブル	24I06	分子研クイズ王選手権トロフィー用プレート
24E10	AFM信号検出用フィードバック機構の修理	24I07	ステッピングモータードライバBOX ドライバ交換
24E11	B207 蒸着装置用 AC100V 並びにアース線配線	24I08	NeoDry ポンプ用電源コードの作成
24E12	モータードライバー故障箇所調査並びに修理	24I09	自動バルブスイッチング電源
24E13	18-8 芯ツイストシールドケーブル	24I10	イライラ棒制御回路 <a href="#">【写真】</a>
24E14	X線回折装置用フラットケーブル (2回目)	24I11	多連式温度制御光反応装置用 LED 照光システム
24F01	半導体レーザー用温度コントローラ D-sub - BNC-J 変換	24I12	D棟実験室 AC100V ファクトライン
24F02	TELEDYNE 製 TIPA 用 DC 安定化電源	24J01	フォトダイオード用両極性低ノイズ電源
24F03	AFM信号検出用フィードバック機構 V2 <a href="#">【写真】</a>	24J02	真空チャンバー内試料冷却用ペルチェ素子コントローラ <a href="#">【写真】</a>
24F04	圧力ゲージ用シールド線	24J03	オシロスコープ接続用ボックスの修理
24F05	両極可変高圧電源	24J04	セラミックヒータ用電源ケーブル
24F06	Material Temperature Controller	24J05	培養型プレーナーパッチクランプ装置の制御系ソフト解説 (10月)
24F07	NI製 D/A 信号加算回路	24J06	AFM 演算回路用出力バッファ改訂版
24F08	Soldering, Connecting terminals	24J07	$\mu\mu$ -A-Meter
24F09	物体通過検出装置 <a href="#">【写真】</a>	24J08	分子研クイズ王選手権トロフィー用プレート (追加分)
24F10	フォトダイオード用 DC 電源	24J09	24ch 結晶生成用微小定電流電源
24F11	ピエゾ駆動用高圧電源	24J10	レーザードライバコントローラ&電源 <a href="#">【写真】</a>
24F12	BIN 電源アダプタ	24J11	D-sub - BNC ケーブル
24F13	大森 G 実験室の環境データ表示システム	24J12	フレームモニタリング用信号分配モジュール
24F14	フォトダイオード S13995-01 実装	24K01	洗浄室ドラフト制御ユニット
24F15	実験棟 5F UV 光源のアース接続	24K02	真空チャンバー内セラミックヒーターコントローラ
24G01	CCD 変位計コントローラ用 DC24V 電源	24K03	培養型プレーナーパッチクランプ装置の制御系ソフト解説 (11月)
24G02	AFM信号検出用フィードバック機構 V2 改修	24K04	真空ゲージの修理調査
24G03	TEC & Thermometer ユニット端子修理	24K05	AFM 用セラミックヒータ極細ワイヤ (改修)
24G04	フォトダイオード S13995-01 実装 (2回目)	24K06	レーザーダイオードドライバ電源 EN 信号出力追加
24G05	3ch 温度コントローラ <a href="#">【写真】</a>	24K07	$\mu\mu$ -A-Meter 修理
24G06	250W レーザーダイオードドライバ	24K08	wifi 接続4チャンネルデータロガー本体
24H01	実験室 100V ケーブル配線	24K09	広範囲熱電対モジュール改良
24H02	レーザーダイオード用ケーブル (第2次)	24K10	レーザーダイオードドライバ電源 EN 信号出力追加 (2台目)
24H03	200V チラー用電源ケーブル	24K11	イオンポンプモバイル電源
24H04	温度コントローラ用ケーブル	24K12	2象限 PD アンプ
24H05	温度コントローラケーブル (2本目: 保守品)	24K13	レーザーコントロール用ケーブル
24H06	AFM 用電源ケーブル延長	24K14	BNC-SMA 変換ケーブル修理
24H07	温度コントローラケーブルコネクタ改修	24K15	レーザー変位計の電源コード
24H08	X線装置用フラットケーブル	24K16	レーザー用サーマルパワーセンサー修理
24H09	ネットワーク対応 ADC ユニット <a href="#">【写真】</a>	24K17	200V CABLE PLUG
24H10	ボロメータアンプ修理	24L01	ステッピングモーターコントローラ
24H11	チラー用単相 200V ケーブル	24L02	THORLABS 赤色 LED アタッチメント
24H12	分子研玄関展示物用電源床転がしコンセント	24L03	エアパーティクルセンサ 取付作業
24H13	ドラフト制御ユニット V2.1	24L04	NIM-BIN 電源機能追加
24H14	基板加工機のエアバルブの開閉自動化	24L05	培養型プレーナーパッチクランプ装置の制御系ソフト解説 (12月)
24H15	ボロメータアンプ基板	24L06	ステージ用 AC100V 電源ケーブル
24H16	チャンバー用超高輝度LEDシステム (本体サンプル)	24L07	レーザーコントローラ用ケーブル
24H17	MCP アンプ	24L08	モータードライバケーブル (ノイズ対策)
24I01	WAN-WAN 基本モジュール用出力ユニット (シンプルタイプ)	24L09	電子衝撃型試料加熱装置
24I02	WAN-WAN 基本モジュール用出力ユニット (電池駆動タイプ)	24L10	2象限 PD アンプ (PD 実装)
24I03	Soldering cables	24L11	蒸着用 DC ヒーターコントローラ
24I04	AFM 用微小信号増幅器		
24I05	冷却器電源ブレーカー交換		

## 2024年 工作依頼リスト

### リソグラフィ・セクション (36件)

伝票番号	品名
24B01	アルミミラー <a href="#">[写真]</a>
24B02	真ちゆう等の酸化膜除去
24B03	フォトリソ金構造 <a href="#">[写真]</a>
24B04	円偏向近接場誘起磁化反転デバイス <a href="#">[写真]</a>
24C01	アルミ部品の表面測定
24C02	マイカへの Au 蒸着 (レクチャー)
24C03	フォトリソ光チョッパー1
24E01	レジスト塗布した基板
24E02	段差計による膜厚測定 (レクチャー)
24E03	水素スピルオーバー実験用微細構造試料
24E04	EB 操作説明
24F01	微細構造 3 種試料 <a href="#">[写真]</a>
24F02	プラズマクリーナーのレクチャー
24F03	石英基板への Au 蒸着 (レクチャー)
24G01	小型蒸着装置のレクチャー
24G02	ダイヤモンド基板への Al マイクロパターニング
24G03	マイカへの Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> スパッタ (レクチャー)
24H01	段差計による膜厚測定 (レクチャー)
24H02	Au 蒸着膜の膜厚測定
24H03	SUS メッシュ電極の試作
24I01	RIE の操作説明
24I02	O <sub>2</sub> プラズマを用いたレジスト残渣除去 (操作説明)
24I03	SUS メッシュ電極の試作 2 <a href="#">[写真]</a>
24I04	メタルマスク <a href="#">[写真]</a>
24J01	一般公開用サンプルの酸素プラズマ処理
24J02	マイクロ流路の鋳型の製作 (操作説明)
24K01	培養型プレナーパッチクランプのセンサーチップの電子ビーム描画 (NANORUS ⑥)
24K02	分光計測用微細構造試料④
24L01	マイクロ流路の形状測定 (zygo 操作説明) ②
24L02	金薄膜穴基板
24L03	マイクロ流路の形状測定 (zygo 操作説明)
24L04	PDMS を用いた銅スキマーの型取り
24L05	PDMS ステージ
24L06	マイクロ流路の鋳型の製作② (操作説明)
24L07	段差計の操作説明
24L08	ガラス基板

---

装置開発室 Annual Report 2024

2025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

