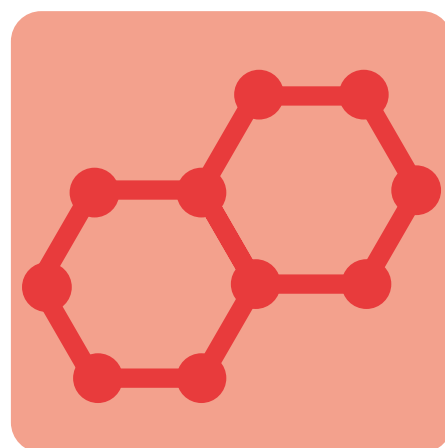
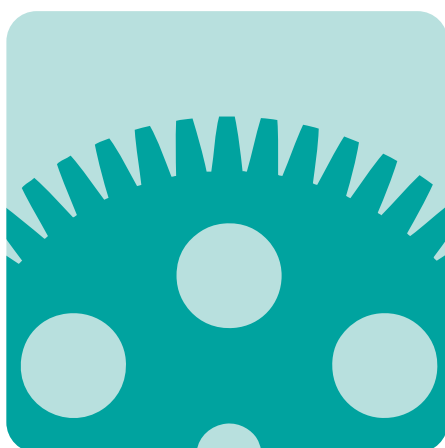
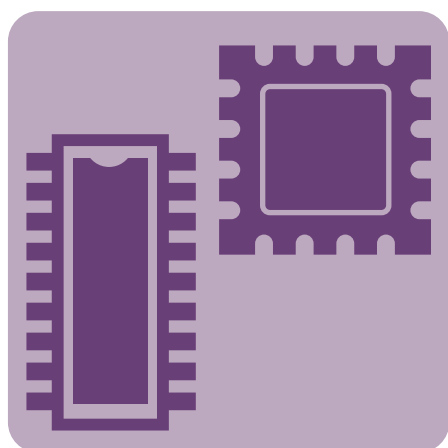


Annual Report 2018



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

グローバル化とデジタル化によって、技術革新のスピードは益々早くなっています。10年前まで未開の地だったような所に突然携帯の電波が行き交うようになり、全員がスマートフォンでキャッシュレス決済を始める、というような事が起き始めています。そのような状況では、古い技術を持たないことが既得権益と固定概念を生まず、むしろスピード勝負で有利である、という事まで言われています。150年ほど前から工業化を経験し、古い技術「も」持っている我が国が、そのような新しい世界と競争していくためには、これまでの蓄積を活かしつつも、今までの常識やルーチン作業にとらわれない柔軟な姿勢が欠かせないでしょう。

昨今の AI 技術進展によって、科学の世界も変わりつつあります。昨年の巻頭言にも書きましたが、そこでは計算機にかけるための良質のデータがまだまだ足りないと言われています。こうした状況では、様々なセンサーやロボットなどの自動化装置を組み合わせ、擾乱の少ない大量のデータを生成してくれるシステムをいかに設計するか、ということが大事になるでしょう。装置開発室もこのような新しい装置の時代に対応して行く必要があるのではないか、と近頃とみに感じています。またそのような場面では、計算機センターなど他の施設、あるいはさらに研究所外の機関とも、益々連携していく必要が出てくるでしょう。

昨年はメンバー構成ほか、様々な動きがありました。木村幸代さん、木村和典さんを新たに技術職員として、菊地拓郎さんを特任専門員として迎えることが出来ました。3D プリンタは計算機センターに移管するとともに、シミュレーションやめっき技術など、新しい技術の取得を引き続き試みています。また、5軸加工機と電子ビーム描画装置の導入が決まり、益々デジタル化が進む予定です。年末には建物の改修が決まり、これまで分散していたクリーンルームを集約できることになりました。この機会に、必要なものとそうでないものを、固定概念にとらわれず一度ゼロから見直していくことも大切でしょう。所内外の関連部署とも連携しつつ本年を、将来の飛躍につながる大切な1年としたいと思います。

2019年1月

室長 山本浩史

目次

構成スタッフ	1
イベント in 2018	2
セクション報告	7
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	20
技術報告	22
トピックス	32
特集 「新人ドキュメント」	
新人活動報告	35
「異分野」を取り入れる－機械・電気・情報の融合－	37
2018 年 製作品	39
2018 年 工作依頼リスト	43



(左手前から) 浦野宏子、高田紀子、近藤聖彦、山本浩史、青山正樹、吉田久史
(右手前から) 菊地拓郎、木村和典、木村幸代、澤田俊広、水谷伸雄、豊田朋範

装置開発室長（併任）

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

技術職員

機械グループ

青山正樹	AOYAMA, Masaki	技術班長
------	----------------	------

水谷伸雄	MIZUTANI, Nobuo	係長
------	-----------------	----

近藤聖彦	KONDO, Takuhiko	係長
------	-----------------	----

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

中野路子	NAKANO, Michiko	(※ 2018 年 1 月まで)
------	-----------------	------------------

木村幸代	KIMURA, Sachiyo	(※ 2018 年 4 月より)
------	-----------------	------------------

電子回路グループ

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

木村和典	KIMURA, Kazunori	(※ 2018 年 10 月より)
------	------------------	-------------------

特任専門員

木村幸代	KIMURA, Sachiyo	(※ 2018 年 3 月まで)
------	-----------------	------------------

木村和典	KIMURA, Kazunori	(※ 2018 年 4 月～ 10 月)
------	------------------	----------------------

菊地拓郎	KIKUCHI, Takuro	(※ 2018 年 5 月より)
------	-----------------	------------------

技術支援員

田中隆	TANAKA, Takashi	(※ 2018 年 3 月まで)
-----	-----------------	------------------

澤田俊広	SAWADA, Toshihiro
------	-------------------

吉田久史	YOSHIDA, Hisashi
------	------------------

事務支援員

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

イベント in 2018

1月

- 22日
～23日 出張(国立天文台)(青山)
- 15日
～19日 受入研修(名古屋大学 西村氏)(豊田)
- 31日 中野路子氏 退職

2月

- 8日
～9日 第19回分子科学研究所技術研究会(岡崎コンファレンスセンター)
(青山、水谷、近藤、高田、木村(幸)、豊田)
- 21日 エンカレッジ・セミナー(エン・ジャパン名古屋オフィス)(豊田)
- 23日
～24日 出張(岩手大学)(豊田)

3月

- 1日
～2日 平成29年度 核融合科学研究所 技術研究会
(多治見市産業文化センター)(青山、豊田)(写真1)



写真1：会場前のパネル

- 2日
～3日 出張(JAXA 相模原キャンパス)(青山)

- 19日
～20日 第13回情報技術研究会
(九州工業大学飯塚キャンパス)(豊田)(写真2)



写真2：聴講者に演習の特徴を紹介する豊田氏

- 21日 出張(三菱重工工作機械(株))(近藤)

- 31日 田中隆氏 退職

4月

- 1日 木村幸代氏 技術職員採用

1 日	木村和典氏 着任
9 日 ～ 10 日	出張 ((株) コンボン研究所)(青山、木村 (幸)、吉田)
12 日	設計製造ソリューション展 (ポートメッセ名古屋)(青山、豊田、木村 (和))
16 日	出張 (金属技研 (株))(青山、近藤)

5月

8 日 ～ 9 日	出張 (国立天文台)(青山、木村 (幸))
16 日	菊地拓郎氏 着任
24 日	SOLIDWORKS ではじめるプリント基板設計 (名古屋市)(豊田、木村 (和))
29 日 ～ 31 日	平成 30 年度自然科学研究機構初任者研修 (機構事務局他)(木村 (幸))(写真 3)



写真 3：文部科学省庁舎前での集合写真
(後列左から 2 人目が木村(幸)氏)

6月

1 日	機械工作に関する安全講習会 (青山、水谷、近藤、木村 (幸)、菊地)
5 日 ～ 6 日	リソグラフィに関する講習会 (高田)
6 日 ～ 8 日	第 34 回化学反応討論会 (量子科学技術研究開発機構関西光科学研究所) (豊田、木村 (和))(写真 4) (記事 32 ページ参照)

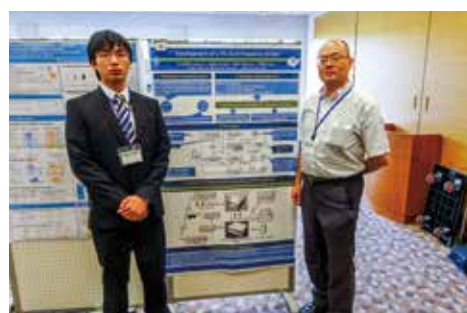


写真 4：ポスター前で記念撮影
(左：木村(和)氏 右：豊田氏)

7 日 ～ 8 日	第 13 回自然科学研究機構技術研究会 (核融合科学研究所)(青山)
11 日 ～ 13 日	アーク溶接等の業務に係る特別教育 (名古屋市工業研究所)(菊地) (記事 35 ページ参照)
13 日 ～ 14 日	出張 (東京大学)(近藤、高田)
14 日	INTERMOLD 名古屋 (ポートメッセ名古屋)(青山)
20 日	ファナック技術説明会 (名古屋市)(青山)

イベント in 2018

20 日
～ 21 日

回路工作に関する講習会 (豊田、木村 (和)、吉田)(写真 5,6)

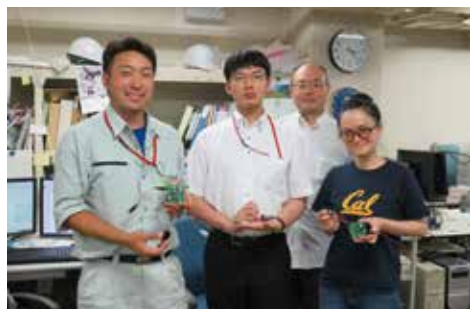


写真5：1日目の受講者との記念撮影

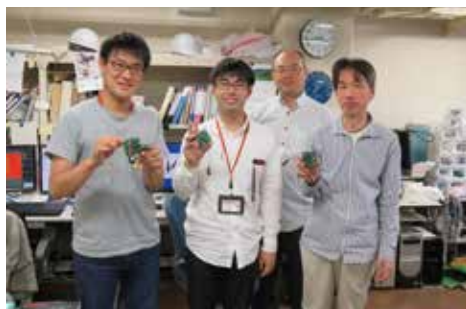


写真6：2日目の受講者との記念撮影

7月

10 日
～ 11 日

ANSYS Mechanical Pro 体験セミナー (名古屋市)(近藤、木村 (幸))

10 日
～ 11 日

ガス溶接技能講習 (日立建機教習センター愛知教育所)(菊地)

11 日
～ 12 日

ものづくりフェア (岡崎市武道館)

8月

7 日
～ 8 日

出張 (JAXA 相模原キャンパス) (青山)

31 日～
9月2日

盛岡市総合防災訓練 出展 (盛岡市立城西小学校)
(豊田、木村 (和))(写真 7)



写真7：会場前で記念撮影に臨む出展者一同
(中央：豊田氏、後列左：木村 (和) 氏)

9月

3 日
～ 7 日

受入研修 (神戸大学 松本氏)(豊田)(写真 8)
(記事 18 ページ参照)



写真8：マイコンプログラミングに取り組む松本氏

4 日 OpenIt FPGA トレーニングコース
～ 5 日 (豊田、木村 (和))(写真 9)



写真 9：熱心に受講する会場いっぱいの受講者

11 日 出張 (前田工業 (株))(青山)

21 日 平成 30 年度神戸大学分野別研修
(神戸大学六甲台キャンパス)(豊田、木村 (和))(写真 10) (記事 33 ページ参照)



写真 10：演習教材を手に説明する豊田氏

10月

1 日 木村和典氏 技術職員採用

9 日 出張 ((株) エリオニクス)(高田)
～ 11 日

12 日 出張 (JAXA 相模原キャンパス)(青山)
～ 13 日

20 日 分子科学研究所 一般公開 (写真 11)
(記事 33 ページ参照)



写真 11：プリント基板加工機による製作を説明する吉田氏

イベント in 2018

21日
～22日 出張((有)セルコトロン)(木村(幸)、吉田) **(記事 34 ページ参照)**

29日
～30日 平成30年度自然科学研究機構初任者研修(フォローアップ研修)
(核融合科学研究所)(木村(幸))

11月

1日
～2日 第7回アライアンス技術支援シンポジウム(東北大学片平キャンパス)
(豊田、木村(和))(写真12) **(記事 34 ページ参照)**

1日
～2日 第29回 日本国際工作機械見本市(JIMTOF2018)(東京ビッグサイト)
(青山、水谷、近藤、菊地)(写真13)



写真12: 会場からの質問に答える豊田氏



写真13: 会場である東京ビッグサイトを臨んで

12日
～16日 受入研修(北陸先端大学院大学 宇野氏)(豊田)(写真14)

16日 職場体験実習(岡崎市立額田中学校・同美川中学校)(菊地)(写真15)



写真14: 回路CADでプリント基板設計に取り組む宇野氏

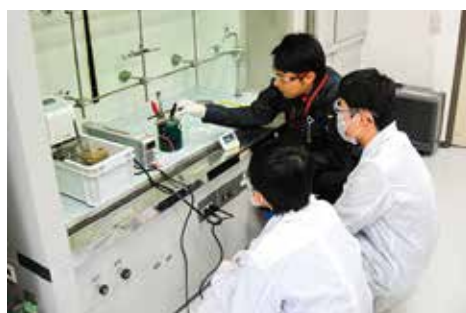


写真15: めっきの原理や方法を説明する菊池氏

27日 出張(東京大学生産技術研究所)(青山)

12月

13日 SOLIDWORKS 社 事例取材対応(豊田、木村(和))

14日 出張(SEMICON Japan 2018)(高田)

17日
～18日 出張((株)Aiソリューションズ:CAM(HyperMILL)講習会)(青山、近藤、菊地)

20日 装置開発室運営委員会(青山、近藤、豊田)

メカトロニクス・セクション報告

近藤 聖彦 高田 紀子

メカトロニクス・セクションは、主に機械加工・設計技術、フォトリソグラフィ技術、デジタルエンジニアリング技術を有する技術職員の集団である。これらの技術を利用して、分子科学研究に必要とされる実験機器の設計製作、マイクロレベルの微細形状を有するデバイス製作、設計過程で必要となる構造、磁場などに関する解析をおこなっている。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も対象としている。また、近年はミッションステートメントを制定し、ミッションを達成できる技術者集団を目指して活動をおこなっている。

1. 製作依頼件数

平成30年1月～12月の所内製作依頼は215件で、過去5年間は同程度の件数であった。依頼内容については、1週間以内で完了する部品加工が7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3割程度であった。

機器開発技術班が分子研で培ってきた技術(真空技術、光学技術、低温技術など)を有効に広く活用でき、さらに技術職員の技術向上をはかるため、所外の研究機関、大学から申請ができる制度(ナノテクノロジープラットフォーム協力研究)を設けている。ただし、所内と所外の依頼件数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技術向上を十分に考えた上で、引き受けている。表1に示すように、所外の技術支援は23件であった。その内、完成までに3週間以上要する依頼が5件であった。このような時間を要する依頼は、これまでの設計製作の経験を活用できる場合もあるが、初めて経験する内容が多く、試作品を作り、実験などをおこない製作を進めるので、技術向上につながっている。

表1の民間企業については、ナノテクノロジープラットフォーム施設利用から申請できる3次元光学プロファイラーシステムの利用件数である。所内においても、この装置は、高精度に表面性状を測定できることから利用が多くなっている。使用を希望する場合は事前の予約を推奨する。

表1 2018年所外依頼の申請機関と件数

機関名	件数
名古屋大学	3
宇宙航空研究開発機構	1
国立天文台	1
愛知教育大学	2
神戸大学	1
統合バイオサイエンスセンター	1
基礎生物学研究所	2
民間企業	12
合計	23

2. 製作依頼内容

●機械工作

主な依頼は、(1) 部品加工: 依頼者から提供される部品形状の絵や仕様をもとにして製作図面を作成した後に加工する内容、(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する内容の2つに分類できる。

(1) は、レーザ、真空に関する実験部品、スキマ、放射光施設で使用するサンプルホルダ、水冷ベース、細穴加工、テーパ形状をしたヘルムホルツコイルボビン、加熱容器など、様々な部品加工があった。図1に真空実験に使用するブリュースター角窓設置台を示す。このような部品加工については、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2に示すような赤外線装置に設置して使用するソレノイドバルブ式溶液交換流路ベース、連続でサンプルを接合する装置、サンプルをスパッタする装置、真空環境で使用する冷却アダプタ、磁場発生装置の試作、レーザ装置の開発、光化学反応セル容器など、真空、接合、冷却、磁場、光学に関する高度な技術を必要とする設計依頼があった。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、設計の自由度も制限されるために多くの時間を必要とした。

その他、所内に納めた冷却ユニットを共同研究で使用した外部機関から同型物の製作依頼があり、成果有体物の契約を締結し提供をおこなった。



図1: ブリュースター角窓設置台



図2: ソレノイドバルブ式溶液交換流路ベース

●フォトリソグラフィ

依頼内容はこれまでと同様、PDMSおよびガラス製マイクロ流路や金属薄膜によるパターニングが多かった。特に、ガラス基板上へのマイクロ流路や溝構造の製作依頼があった。溝深さの要望は数 μm ～数10 μm と幅広いため、長時間のウェットエッチングに耐えられるマスクの材質や厚さを検討しながら製作をおこなっている。金属薄膜のパターニングについては、これまでは電極構造やスリットの製作が多かったが、今年は新たに、アルミのスパッタ成膜によるミラーの製作依頼があった。

新規の試みは、ガラスの低温接合と金属箔のフォトエッチングがある。ガラスの接合技術は、ガラス製マイクロ流路の凹みを平らなガラス板で密閉するときに必要な。ガラスを融かさずに接合する技術(低温接合)を有する東京大学の北森研究室と共同研究契約を締結し、接合技術の習得をおこなった。金属箔のフォトエッチングについては、厚さ20～50 μm のチタン箔に対して両面からウェットエッチングすることで、微細な貫通穴の試作をおこなった(図3)。さらに、ナノテクノロジープラットフォームを通して、外部の大学と研究機関から細胞融合の実験で用いるマイクロ流路等、生物分野の製作依頼が数件あった。その他にも施設利用を受け入れており、特にマスクレス露光装置の利用が多かった。

2018年2月の分子科学研究所技術研究会では、「微細加工技術～ゾーンプレート製作を考える～」をテーマに、ゾーンプレートを実際に使用している研究者と、微細加工に携わる技術職員との間でディスカッションをおこない、ナノレベルのパターニングに関する知識を深めることができた。

2018年12月に電子線描画装置を新規に導入し、これまでのマイクロレベルのパターンに加え、さらに微細なナノレベルのパターニングが可能となった。今後はこの技術習得と向上を目指しつつ、ナノレベルのデバイス製作をおこなうための準備を進めている。



図3：フォトエッチングで製作した微細形状を有する薄板

●デジタルエンジニアリング

昨年度に導入したFemtetを使用し、円錐形状コイルを複数組み合わせで使用した場合の磁場強度などについて解析をおこなっている。その他、真空中で使用するコイルの解析について相談があり、今後この解析をおこなう予定がある。また、これ以外にも設計時に必要となる構造、熱解析については、ANSYS(図4)を使用している。これらについて、単純な解析はできるが、複雑な解析をおこなう場合は、習熟に時間が必要となり、迅速な対応が難しい状況である。そこで、セミナーに参加し解析技術に関する情報収集をおこないながら知識を深めている。

今年度は5軸加工機を導入する予定がある。これまでに3軸加工のNCプログラムを作成した経験はあるが、5軸加工プログラミングの経験は少ない。このプログラミングは工具とワーク位置の関係が複雑になるため、イメージすることが困難になる。それゆえに、5軸加工機を制御するには、CAMソフトウェアが必要になる。そこで、hyper Millと呼ばれるCAMソフトウェア(図5)を用いることにした。これを使用できるようにするため、メーカーが開催している講習会に参加するなど、5軸加工プログラミングの習得を目指している。

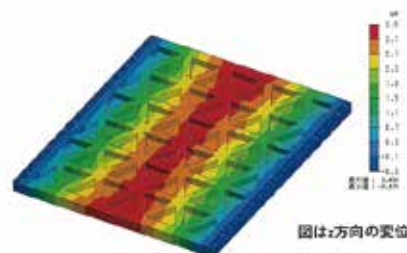


図4：構造解析



図5：加工シミュレーションのイメージ

3. その他

<口頭発表>

- | | |
|----------------------|------|
| (1) 第19回分子科学研究所技術研究会 | (高田) |
| (2) 自然科学研究機構技術研究会 | (青山) |

<研修・トレーニング・資格>

- | | |
|---------------------------------|------------|
| (1) 新人研修 | (木村) |
| (2) ガス溶接技能講習 | (菊地) |
| (3) CAM講習会 | (青山、近藤、菊地) |
| (4) アーク溶接特別教育 | (菊地) |
| (5) Ansys Mechanical Pro 体験セミナー | (近藤、木村) |

<中学生職場体験>

- | | |
|------------------|------|
| (1) 市内中学校2名 (図6) | (菊地) |
|------------------|------|

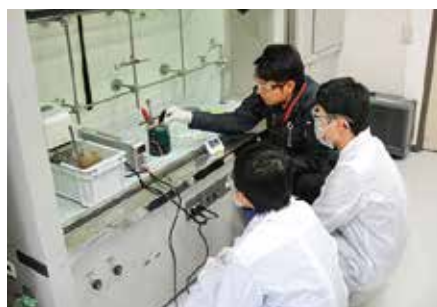


図6：職場体験の様子

エレクトロニクス・セクション報告

豊田 朋範

1. 概要

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」(以下「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(PLD)の製作技術、機器組み込み用マイコンの応用技術、並びに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)

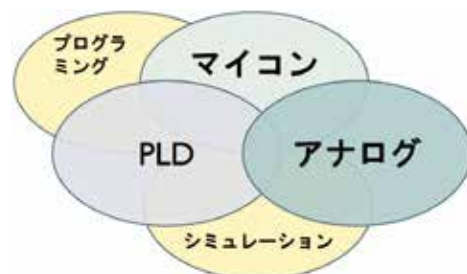


図1：エレクトロニクス技術の3本の柱

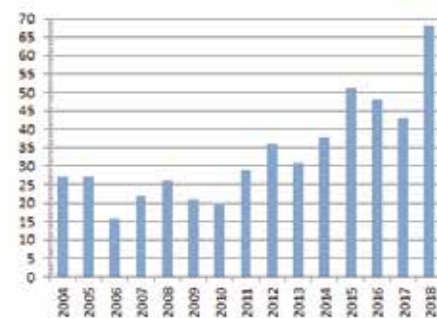
2. 工作依頼件数の推移と状況

図2は2004年からの工作依頼件数の推移である。2018年は68件の受付を行い、過去最高を大きく更新した。近年、人員の異動や定年退職があった一方、工作依頼件数は高水準の傾向が続いている。

内訳は、回路やプリント基板の設計・製作を伴うものが52件(76.5%)、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16件(23.5%)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殆どで、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。

近年の特徴として、実験の進捗に応じて仕様を変更して複数回製作することや、1件の工作依頼で複数台製作することが増加していることが挙げられる。

依頼元を所内と所外で分類すると、所内が59件(86.8%)、所外が9件(13.2%)である。エレクトロニクス・セクションにおける所外依頼は近年増加傾向にある。他大学における工作技術支援が衰退する中、装置開発室の工作技術支援はエレクトロニクス・セクションにおいても一定の存在感を得ていると推察される。

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. 研究会発表・研修対応・アウトリーチ活動

2018年は8件(共著含む)の研究会発表を行った(関連記事p12)。また、岩手大学との共同開発の成果を1件特許出願した。製品化に向けての模索や検討が引き続き続けられ、その中から技術職員から提案する形の工作依頼が生まれるなど、新たな展開の萌芽が発しつつある(後述)。

所外の技術職員を一定期間受け入れて技術研修を行う受入研修は2件であった(関連記事p18)。所外の技術職員は、技術需要に対応しようとしても制度や費用など様々な悩みや苦労がある。それに受入研修で応えることは、技術職員の交流にもなると共に、自身の知見の整理や再確認を行い、課題を見つけ、新たな技術開拓の方向性を見出す機会でもある。

また、9月には神戸大学分野別研修の演習講師として招聘され、マイコンに関する講義とARMマイコンプログラミングの演習指導を行い(関連記事p18並びにp33)、11月には第7回アライアンス技術支援シンポジウムにおいて招待講演を行った(関連記事p34)。これらは何れも研究会等の意見交換で打診され、関係者の尽力で実現に至ったものであり、研究会等に積極的に参加し、参加者と交流することの重要性を改めて確認した。

4. 今後の展開

4-1. 知見や情報の公開・共有と洗練

2018年4月に待望の新任職員である木村和典氏を迎えた。これまで新任職員は工作依頼の下請けで技術と知識を蓄積し、徐々に工作依頼を担当する形式であった。近年の急激な情勢の変化を受けて、(1)本人が対応可能な技術は引き続き研鑽と向上を続ける(2)未知の技術はこれまでの知見や情報を公開・提供し、それを基に習得と洗練を図るの2点を基本とする方針に転換した。

木村(和)氏の研修とヒアリングの結果、木村(和)氏がエレクトロニクス分野の基礎技術を有することに加えて機械工作分野に長けていることが分かり、工作依頼において特にマイコン開発と機械工作を担当してもらった。その中で、マイコンの機能ライブラリや回路CADの部品ライブラリは、筆者がこれまで開発したものを提供し、協力して洗練・追加し、その成果を共有することにした。現在、GitHub (<https://github.com/>) で有名なGitを用いた共有システムを検討・開発中である。

4-2. 研究者の需要を捉えた提案型業務

これまでの共同開発を通じて岩手大学との協力体制が構築されてきたが、共同開発で得られた、あるいは先行開発した知見を通常業務に反映することを試みてきた。これらは(1) ARM マイコンやロータリーエンコーダを中心とする簡便かつ直感的な操作系の実現(2) 視認性やコントラストに優れる有機ELディスプレイの導入(3) EEPROMを用いた電源投入時の前回の状態の復元など多数である。

2018年はそこから一歩踏み込み、研究・実験現場の悩みや需要につぶさに耳を傾け、必要な機能を集約した機器を開発し、研究者に提案する、提案型業務を開始した。

2018年度の所長奨励研究課題で「研究現場に必要な機能を絞り込んだ研究用電子機器の開発と展開-新任職員のOJTとしての機器開発-」を掲げ、採択された。この所長奨励研究費と、岩手大学の千葉寿氏を含む大森Gとの討論により、まず(1) Signal Fanout Buffer and Distributor (2) デイレイパルス・ジェネレータ(3) NIM-TTL 変換器の開発に着手した。

(1) は第34回化学反応討論会にポスター発表とともにデモ機を出展し、大変好評を得た(関連記事p32)。この際、研究現場が抱える苦悩に「大学等の技術職員だからこそ出来ること」として図3の方針を説明し、多くの共感や賛同を得た。

また、(2) の開発要望も多数寄せられたことで、確信を強めて開発を進め、時間分解能5nsなど必要十分な機能を有する1ch版の開発に成功した(関連記事p28)。引き続き2ch版の開発を進めている。

(1)(2)は大森Gの他、平等Gからも同様の相談が寄せられ、工作依頼として受注し、製作した。同様の苦悩を抱える研究者は潜在的に多数存在すると思われることから、所内研究者には機器センターが所轄する小型機器貸出しシステム、所外研究者にはMTAを用いて、より積極的に開発した機器の存在を知らせ、使ってもらい、新たな悩みや要望を汲み取り、機器開発を行う、提案型業務によるプラスのループを構築することを中長期的な目標とした(図4)。これを達成するため、エレクトロニクス・セクション一同は引き続き技術の研鑽と習得を進めていく所存である。



図3：研究現場に必要な機能を絞り込んだ機器開発

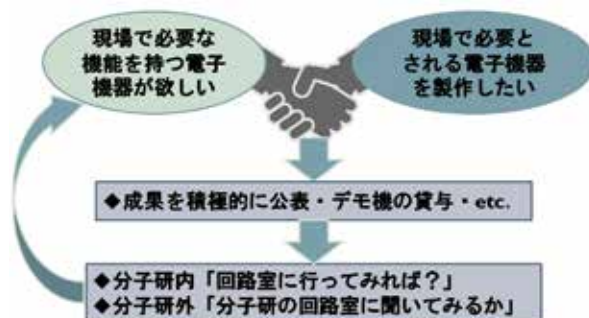


図4：提案型業務による新たな展開

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(滝澤鉄工所)
NC 旋盤	SUPER QUICK TURN 100MY(Mazak)
タッピングボール盤	BT13RL(日立工機)
フリーボール盤	DMB(帝人製機)
ボール盤	TYPE DD-4300(日立工機)
	KID-420(KIRA)
	NRD-340(KIRA)
	KSAP(牧野フライス)
フライス盤	VHR-SD(静岡鐵工所)
	RUM-5(碌々産業)
	BN5-85A6(牧野フライス)
	SBV400(遠州工業)
NC フライス盤	AEV-74(牧野フライス)
	α-C400iB(FANUC)
ワイヤ放電加工機	ROBOFIL2020Si (アジェ・シャルミー・ジャパン)
形彫放電加工機	A35R(Sodick)
切断機	ファインカット HS-100 (平和テクニカ)
抵抗溶接機	NRW-100A(日本アビオニクス)
ノコ盤	HB-200(フナソー)
コンターマシン	VA-400(AMADA)
シャーリング	SHS3(コマツ産機)
ダイヤモンドソー	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)
双眼実体顕微鏡	EMZ-5TRD(メイジテクノ)
測定顕微鏡	STM6(オリンパス)
マイクロスコープ	VHX-1000(KEYENCE)
非接触三次元測定装置	NH- 3SP(三鷹光器)
表面粗さ計	SURFTTEST SV-400(ミットヨ)
万能投影機	V-24B(ニコン)
硬さ試験機 (ロックウェル)	RH-3N(東京試験機)
走査型プローブ顕微鏡 (SPM)	SPA3800N/SPA-400 (日立ハイテクサイエンス)
三次元光学プロファイラー	ZYGO NexView
段差計	KLA-Tencor P7

設計・解析

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

フォトリソグラフィ

種別	形式
スピニングター	MS-A100(ミカサ)
マスクアライナー	MA-10(ミカサ)
プラズマクリーナー	PDC-32G(HARRICK PLASMA)
	PDC-001-HP(HARRICK PLASMA)
精密手動スクライバー	SC-100(ムサシノ電子)
超純水製造装置	アリウムプロ UV-DI(ザルトリウス)
マスクレス露光装置	DL-1000(ナノシステムソリューションズ)
クリーン恒温恒湿室	イエロー クラス 1000(アイテックス)
小型 2 源 RF スパッタ装置	デポダウン式 RSP-4-RF3x2(クライオバック)

エレクトロニクス・セクション

計測器

種別	形式
デジタル オシロスコープ	6200A(LeCroy)
	354(LeCroy)
	TDS3014B(Tektronix)
	TDS2014(Tektronix)
	DS-5354(IWATSU)
ミックスドシグナル オシロスコープ	MSO2024(Tektronix)
ロジックアナライザ	TLA5201(Tektronix)
ネットワーク / スペクトラム / インピーダンス アナライザ	4396B(Agilent)
データロガー	GL900(GRAPHTEC)
マルチメータ	2001(Keithley)

計測器

種別	形式
エレクトロメータ	6513(Keithley)
LCR メータ	ZM2353(NF)
ユニバーサルカウンタ	53132A(Agilent)
ファンクション ジェネレータ	AFG3251(Tektronix)
パルスジェネレータ	Model8600 (Tabor Electronics Ltd.)
直流電源・電流モニタ	6243(ADCMT)

加工機

種別	形式
プリント基板加工機	A427(Accurate CNC)

2018 年 研究会発表一覧

研究会等名称	発表項目	発表者氏名
第19回 分子科学研究所技術研究会 2018年2月8日～9日	HDLの変遷ーロジック回路開発のこれまでとこれから(口頭発表) Vivadoにおける高速ディレイゲートシステム開発の諸問題(口頭発表) リフトオフによるゾーンプレート製作(口頭発表)	○豊田朋範 ○豊田朋範 ○高田紀子
平成29年度 核融合科学研究所技術研究会 2018年3月1日～2日	TTLトリガ分周器開発におけるVHDL回路構築の理想と現実(口頭発表)	○豊田朋範
第13回情報技術研究会 2018年3月19日～20日	FMラジオ受信機で体験するARMマイコンプログラミング(演習テーマ講師)	○豊田朋範
第34回化学反応討論会 2018年6月6日～8日	Development of a Signal Fanout Buffer and Distributor (ポスター発表) Development of a TTL level Frequency Divider (ポスター発表)	○千葉寿 豊田朋範 武井宣幸 大森賢治 ○豊田朋範 千葉寿 武井宣幸 大森賢治
第13回自然科学研究機構 技術研究会 2018年6月7日～8日	宇宙研との交流人事、先端工作技術グループ立ち上げ協力について (口頭発表)	○青山正樹
平成30年度 神戸大学分野別研修 2018年9月21日	FMラジオ受信機で体験するARMマイコンとC言語プログラミング (講義・演習テーマ講師:招聘)	○豊田朋範 千葉寿 藤崎聡美 古舘守通 木村和典
第7回アライアンス技術支援 シンポジウム 2018年11月1日～2日	分子科学研究所装置開発室とその開発事例(口頭発表:招待講演)	○豊田朋範 千葉寿 藤崎聡美 古舘守通 木村和典

信号増幅器のための水冷システムの構築

光分子第二 大森グループ 周 諭来

1. はじめに

我々の実験室にはレーザーをはじめ、コイルやアンプなど様々な熱を発する装置がある。これらの装置から発せられる熱のクーリング対策を行うことは、装置の保護、信号の安定性の確保や室温の安定化の向上などの観点から、とても重要である。現在、一部の高出力レーザーではチラーを用いた循環液による熱対策を行っているが、それ以外の電子機器に関しては空冷による放熱対策しか行っていない。そこで、今回新しく作る信号増幅器には、実験室にもともと備え付けられている冷却水による水冷を行った。

2. 信号増幅器の水冷

私たちの実験では音響光学素子(AOM)を使い、レーザーの周波数と強度の変調を行っている。AOMへは約1Wの信号増幅器(Mini-Circuits ZHL-1-2W+)によって増幅された正弦波信号(80MHz~230MHz)が与えられている。この信号増幅器自体は実験中ずっと電源を入れた状態にあり、熱を発している。そこでこの信号増幅器の熱対策として、下に冷却水が通るための空洞がある銅板(図1)をくっつけ、その銅板の中を流れる冷却水によって、信号増幅器から発せられる熱を除去することを行った。水冷銅板は4つつつ直列につなぎ、2セット作った(合計8個を水冷)。それぞれのセットへはマニホールド(図2)によって分岐された冷却水が分配されている。銅板同士また銅板とマニホールド間はナイロンチューブによって接続されており、接続部分はスウェージロックによって水漏れのないよう締めている。マニホールド自体には増設用の出口を用意しており、将来的にもし他に冷却したいものがあつた場合、簡単に増設することができるようになっている。



図1：水冷銅板



図2：マニホールド

3. 最後に

今回の水冷システムを構築することで、信号増幅器から発せられる熱を実験室の冷却水を使って冷却することができた。また、この水冷システムはマニホールドを増やすことで、水冷したいものの増設にも対応している。実際の実験の面からは、温度の安定化による実験の安定性の向上を期待したい。

この水冷システムの製作にあたり、水冷銅板の製作を機械工作室に依頼し、また材料とデザインの相談をした。水が漏れるなどの事故が起こると、実験に壊滅的な被害を与えるので、水漏れを起こさない注意点などについても教えてもらい、現在この水冷システムは問題なく動作している。

私は分子研に来るまで、機械工作を行った経験がなく、最初のころはわからないことだらけであったが、現在はフライス盤や旋盤などを使った工作を行うことができるようになった。これはひとえに先生、技術職員、研究員の方々の丁寧な指導によるものであり、とても感謝している。また自分で手を動かしものを作る喜びも感じるようになったこともうれしく思う。これからも、様々な機械工作を行うことを楽しみにしながら、自分の研究を進めていきたい。

高い ON/OFF 比で流量と電気抵抗を制御する 高集積マイクロ流路バルブシステムの開発

名古屋大学 宇野 秀隆

1. はじめに

我々がこれまで開発を行ってきた培養型プレーナーパッチクランプ技術は神経細胞ネットワークのイオンチャンネル電流記録によるハイスループットスクリーニング装置を実現する唯一の方法と考える。神経変性疾患の多くはその初期異常がイオンチャンネル電流に現れることを考慮するとその実現への期待は大きい。我々のグループで開発したバイオセンサを用いて神経細胞ネットワークの自然発火によるチャンネル電流測定に成功している。ハイスループット実現には高集積化と多チャンネル化が必須であり、複数の測定点を持つ素子の多チャンネル化をマイクロ流路とマイクロバルブの技術を用いてこれを実現する。(図1)。素子は高密度マイクロ流路構造を有し、各チャンネル間の電氣的絶縁を可能とした。各測定点に電極を接続し任意の測定点のチャンネル電流測定を行う。そのため各測定点の数に呼応した電極が必要となるが、電極の精度を維持するためにメンテナンス処理が必須となる。これが数個のレベルであれば問題はないが、測定点が1000以上となると大きな問題となり、これをマイクロバルブによって測定点と電極を切替え選択する方式を用いて解決する。

本研究では、他の同様な構造を持つバルブシステムでは、鋳型を通常のフォトリソグラフィにより作製しているため構造の自由度が二次元に制限される。それに対して我々はマスクレス露光装置(DL-1000)を用いたグレースケール露光による厚膜レジストへの精密三次元加工にて鋳型を作製し、三次元構造のシール性の高い流路構造を実現した。この構造を持った流路を用いる事で流路全体の抵抗を小さく保ちながらバルブのON-OFF時のシール抵抗比が大きい理想的なバルブシステムの開発を目的とする。

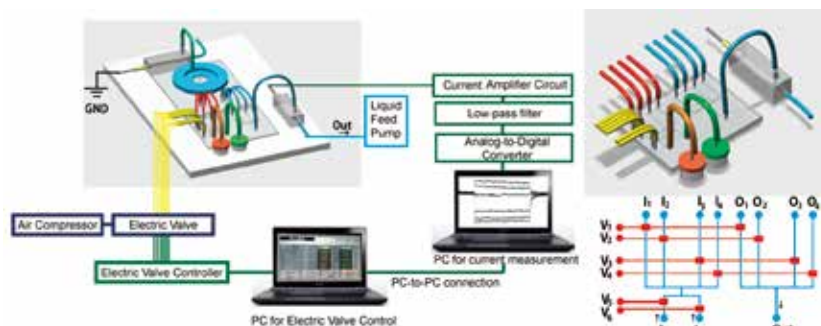


図1 ハイスループットスクリーニング装置のシステム構成図

2. シール性の高い流路構造を持つマイクロ流路の作製と実験

マスクレス露光装置(DL-1000)を用いて光の強度を8bit分解能で調整したグレースケール露光にて、異なるビットマップを重ね合わせ光スポットの多重度を利用することで中間光量の露光を行い、露光量の違いによりフォトリソの現像後の残膜率を制御して三次元構造のシール性の高い流路構造を持つレジスト鋳型を作製した(図2)。製作工程はスライドガラス基板(52x76x1.5 mm)上にフォトリソ(PMER P-HA 1300PM, 東京応化工業)をスピンドーターを用いて厚さ約19 μm 均一にコーティングし、露光した後に現像した。バルブと接する流路構造部については露光量640 mJを255階調としグレースケール露光を行い流路幅200 μm 、曲率260 μm の凸型の構造を形成させた(図2)。バルブシステムはこの鋳型と別途製作したバルブ部のレジスト鋳型を用いてPDMSの成型を行い、二層を重ね合わせて加熱し二層が完全に結合した一体型デバイスとなり、それをベースとなるガラス板の張り合わせによって構成した(図3)。

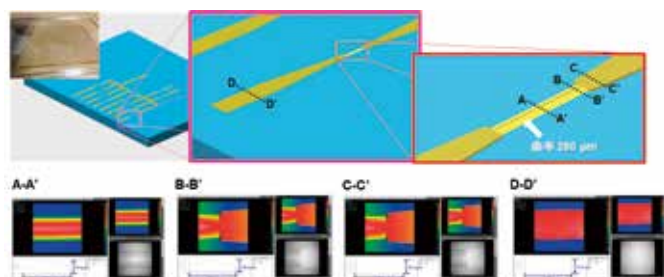


図2 グレースケール露光によって作製したシール性の高い三次元構造を持つマイクロ流路の鋳型

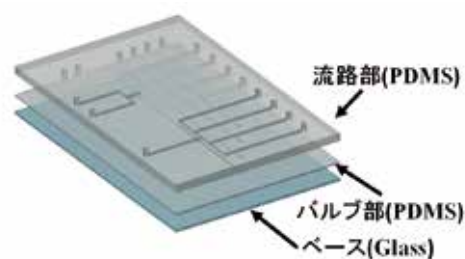


図3 マイクロバルブシステムの構成図

3. 結果と考察

マイクロバルブと矩形流路(●)と三次元構造の流路(■)との間の性能の比較として流路内の生理食塩水を用いて電流の導通テストを行った。空気圧に比例して電気抵抗を示した(図4)。また、三次元構造部の流体解析結果(図5、流速: 0.059 m/s、流量: 185 μ l/min)より、回収される溶液の総ボリュームが20 μ l程度であることから実用的な流路である。この結果から三次元構造のシール性の高い流路構造にマイクロバルブを組込む事でバルブのON-OFF時のシール抵抗比が大きい理想的なバルブシステムを完成させ、同時多点抽出を実現する高集積化を達成した。

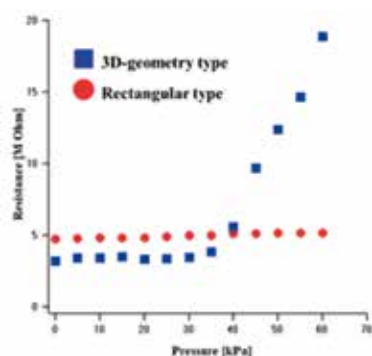


図4 バルブ動作時の電気抵抗 - 圧力依存特性

- : シール性の高い三次元構造流路
- : 矩形流路

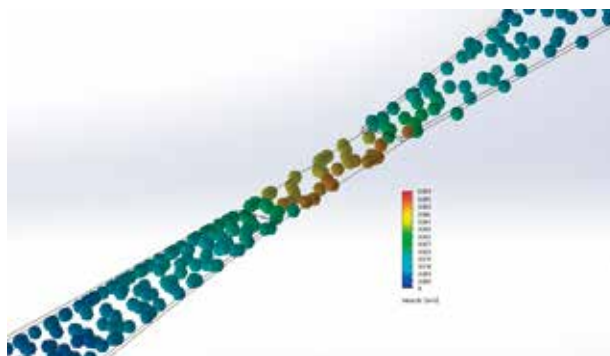


図5 バルブと接する三次元構造部の流体解析結果
流路が最も狭くなる部分の流速が 0.059 m/s、流量が 185 μ l/min となる。

4. 謝辞

開発にあたり、装置開発室 近藤聖彦技術職員、高田紀子技術職員に大変お世話になりました。心より感謝申し上げます。

ループ型光量子コンピュータのためのタイミング制御器の開発

東京大学 武田俊太郎

1. はじめに

筆者は分子科学研究所在籍時、装置開発室に大変お世話になった。そして、東京大学に異動して新しい研究プロジェクトに携わっている現在も、ナノテクノロジープラットフォームの制度を利用して引き続き装置開発室のご協力を頂いている。本稿では、現在筆者が取り組んでいる光量子コンピュータの研究について紹介し、その研究のために装置開発室との協力で開発中のタイミング制御器について述べる。

2. ループ型光量子コンピュータ

近年、世界中で量子コンピュータ開発の一大ブームが巻き起こっており、新聞・雑誌等で取り上げられる機会も増えたため、量子コンピュータについて聞いたことのある読者も多いかもしれない。量子コンピュータとは、量子力学の原理を活用した新しい動作原理のコンピュータである。現代のコンピュータでは、「0か1」というビットの情報を電圧のHigh/Lowで表し、電気回路を用いてANDやNOTなどの演算を繰り返し実行することで様々な計算を行っている。一方、量子コンピュータでは、「0と1の重ね合わせ」である量子ビットを情報単位とする。複数の量子ビットを用いて様々なパターンの情報を重ね合わせた上で、量子ビットに演算を施していくと、全てのパターンについて並列計算が実行でき、特定の計算を現代のスーパーコンピュータよりもはるかに高速で実行できる。

これまで、超伝導回路方式、イオン方式など、様々な方式で量子コンピュータのハードウェア開発が進められてきた。その中で、光方式の量子コンピュータは、室温・大気中動作が可能、光通信が可能、クロック周波数が高いなど特有の利点を持つ、有力候補の一つである。光量子コンピュータの典型的な実現方法が図1(a)である。この場合、まず量子ビットの情報を乗せた光パルスを多数、別々の光路上に準備する。そして、光パルスが進む道筋に沿って様々な光学素子を配置して光回路を構築することで、光パルスに演算を実行していく。しかしこの方式の場合、多数の量子ビットに何ステップも演算を施すような大規模な計算を実行するにはかなり大規模な光回路が必要となるため、実用レベルの光量子コンピュータを作るのは難しいと考えられてきた。

この課題を解決するため、2017年に我々はどれほど大規模な計算も最小規模の光回路で実行できる新しい光量子コンピュータ方式を発明した[1]。この方式のポイントは、図1(b)のようなループ型光回路を用い、演算回路1ブロックを無制限に繰り返し用いて計算を行うことである。具体的には、まず時間的に一列に並べた多数の光パルスをループ内で周回させておく。このループを周回している間、光パルスの持つ情報は維持されるため、ループは言わば情報を蓄えるメモリである。このループ内にプロセッサとして1個の演算回路を組み込む。この演算回路は、例えばある時はAND、ある時はNOTのように光パルスごとに機能を切り替えながら、順次演算を施していく。この機能の切り替えは、光回路を構成する光スイッチの向き・ミラーの透過率・位相シフタのシフト量などのパラメータを時々刻々と動的に切り替えることで実現できる。

ループ内で光パルスを周回させ続ければ、1個の演算回路を回数無制限で使用できるため、どれほど大規模な計算でも図1(b)の必要最小限の光回路だけで実行できる。従って、この方式では光量子コンピュータの飛躍的な大規模化が可能になると同時に、その開発に必要なリソースやコストも大幅に減少できる。現在、筆者はこのループ型光量子コンピュータの原理実証実験に着手し始めたところである。

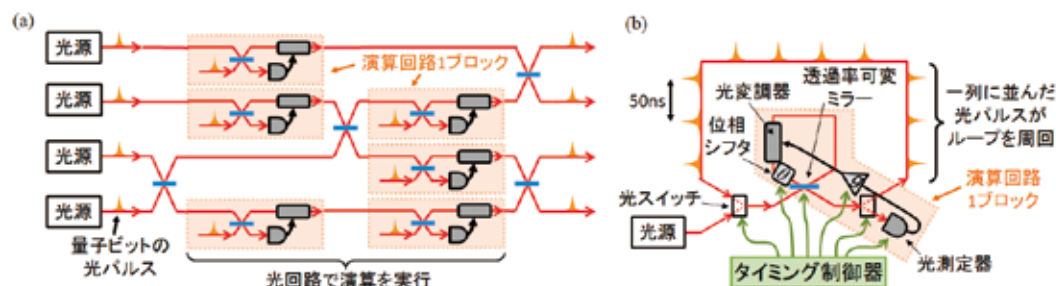


図1 (a) 従来の光量子コンピュータ。(b) ループ型光量子コンピュータ。

3. タイミング制御器の開発

図1(b)の光回路の設計段階で、各種デバイスの応答速度を考慮して、光パルス同士の間隔を50ns程度に設定した。この場合、演算回路の部分には50ns毎に別の光パルスが来ることになる。光パルス毎に機能を切り替えながら演算を施していくためには、50ns刻みで光スイッチ・透過率可変ミラー・位相シフタなどデバイスの状態を時々刻々と切り替えなくてはならない。このように、多数のデバイスの切り替えタイミングを同期させるためには、図2(a)のように、ナノ秒

オーダーの分解能で定義したトリガー信号を、チャンネル間のジッターなく多数 (20 チャンネル以上) 出力できるタイミング制御器が必要となる。

このような多チャンネルのトリガー生成器としては、Quantum Composers 社の 9520 シリーズなどの市販品もある。しかし、市販品の出力チャンネル数は本実験には不十分であり、かつ High/Low が複数回切り替わるような自由度の高いパルスパターンは出力は制限される。そこで今回、装置開発室の豊田朋範氏にご協力を頂き、FPGA (Field-programmable gate array) を用いたタイミング制御器を開発することにした。FPGA は、動作が高速で、かつ出力パターンを自由に定義して多数同時に出力できるため、本用途に最適である。開発当初、筆者は FPGA の取り扱い方法の知識はほとんどなかったが、豊田氏のご指導の下、ハードウェアの仕組みからハードウェア記述言語 (VHDL) を用いた基本的なプログラミング方法まで一通り習得することができた。

タイミング制御器の開発は、まず出力チャンネル数 10 個の試作機の製作からスタートした。装置開発室のプリント基板加工機を用いて、Diligent 社の FPGA モジュール Cmod A7 を利用した回路基板を設計・製作して頂いた。この回路の設計時に考慮すべき点は、FPGA の出力を、同期したい各デバイスのトリガー入力端子の仕様に合わせてレベル変換することである。特に難しいのは、図 1(b) の位相シフタ等に用いているポッケルスセルの駆動装置である。この駆動装置のトリガー入力端子の仕様は「入力インピーダンス $50\ \Omega$ 、入力電圧最低 3V 以上」である。今回使用している FPGA の出力信号は High で 3.3V (LVCMOS) しかなく、最大出力電流も低いため、この端子に直接入力するには不向きである。そこで、初めの試作機では、FPGA 出力をレベル変換 IC (74VHCT245) により 5V (TTL) へ変換してみたが、実際に入力インピーダンス $50\ \Omega$ の端子に入力すると電圧は 2V 程度しか出力されず、ポッケルスセル駆動装置のトリガー信号としては不十分であった。そこで、アナログアンプを用いて FPGA の出力を増幅する構成に変更した。一般に、立ち上がり時間が数ナノ秒程度の FPGA の出力信号を、波形を歪めることなくアナログ的に増幅することは容易ではない。しかし、今回は高速オペアンプ (AD8009) を使用することで、2ns の立ち上がりを維持したまま FPGA 出力信号を増幅することができた。さらに、この信号は入力インピーダンス $50\ \Omega$ の端子に入力して 4V 弱の電圧を出力でき、ポッケルスセル駆動装置のトリガー端子の要求仕様を満たした。

実際にこの試作機を東大で実機と組み合わせてテストした。FPGA をクロック周波数 100MHz で動作させ、10ns の分解能で出力パルスパターンを定義できるようプログラムを準備した。この結果、ポッケルスセルを含む複数のデバイスをジッターなしで同期させながら自由自在に制御することが可能になった。今後、この試作機のチューンナップと機能追加を行いつつ、出力チャンネル数を増加させる予定である。最終的には、ループ型光量子コンピュータの全てのデバイスを同期制御できるタイミング制御器を完成させ、ループ型光量子コンピュータの実証実験に活用したい。

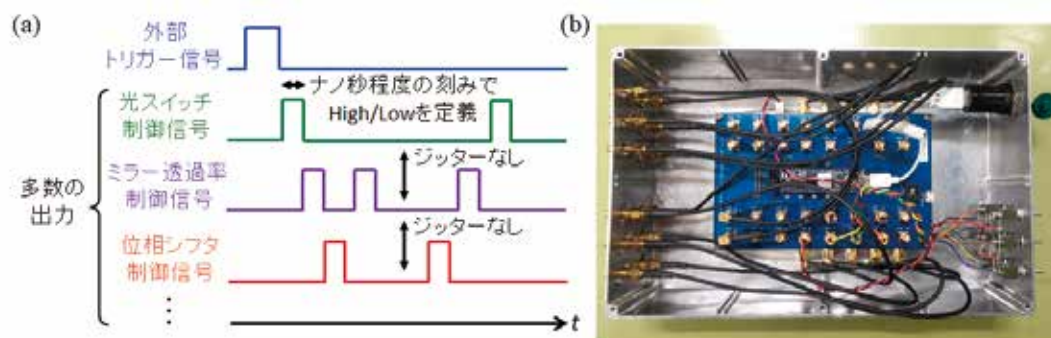


図 2 (a) タイミング制御器の動作パターン例。外部トリガー信号を受けると、プログラムされたパターンの信号を多数の出力ポートから同時に出力する。(b) タイミング制御器の試作機。ボックス中央の基板は 2 段構造になっており、上段は FPGA モジュールを搭載した基板、下段は高速オペアンプ (AD8009) により FPGA 出力を増幅する基板。

4. むすび

今回、豊田氏のご指導・ご協力の下、ループ型光量子コンピュータのタイミング制御器を FPGA を用いて開発した。ハードウェアを開発して頂いたのはもちろんのこと、FPGA のプログラム記述方法についても懇切丁寧にご指導頂き大変感謝している。筆者の所属している東京大学物理工学科では、機械工作で利用できる設備に限られている上、電子回路工作に至っては相談できる相手もない。ふらっと気軽に装置開発室に相談しに行くことのできる分子科学研究所の研究環境は非常に恵まれているし、今でもこうしてナノテクノロジープラットフォームを通じて利用させていただいている私も非常に恵まれていると思う。

5. 参考文献

[1] Shuntaro Takeda and Akira Furusawa, “Universal Quantum Computing with Measurement-Induced Continuous-Variable Gate Sequence in a Loop-Based Architecture”, *Physical Review Letters* **119**, 120504 (2017).

分子研受入技術研修と神戸大学分野別研修 － C 言語と ARM マイコンを題材とした実習について －

神戸大学 松本香

1. はじめに

本稿では、2018年9月に分子科学研究所で受講した分子研受入技術研修と神戸大学で開催した分野別研修について報告する。現在、集積回路情報研究室で研究教育活動の支援業務を行っている。配属先の研究室では、VDECを用いた低消費電力LSIの開発を研究テーマの1つとしているが、将来構想として開発したLSIにARMマイコンコアを搭載することが挙げられており、ARMマイコンの知識や技術の習得が強く求められている。そこで、9月の下旬に分子研受入技術研修を受講した。

神戸大学では年に一度、教室系技術職員を対象にした研修が行われている。今年度の分野別研修(電気電子分野)では、マイコンについてのテーマを設定したいと考え、分子科学研究所の豊田朋範技術主任に講師、木村和典特任専門員(当時)に講師補助をお願いし、松本がコーディネーターを務めた。今回は、神戸大学技術職員研修において、初めて学外の技術職員が講師を務めた。

2. 分子研受入技術研修

2018年9月3日(月)～7日(金)に分子科学研究所の装置開発室で豊田氏にご指導いただき、受入技術研修を受講した。VDECを用いたLSI開発において、ARMマイコンの知識や技術の習得と共に、Verilog-HDLや関連ツールを用いたロジック回路開発技術の構築も強く求められている。そのため、今回の技術研修では、C言語とARMマイコンを用いたFMラジオ受信機の開発(演習)、FPGAトレーニングコースを受講した。ARMマイコンに関する技術研修を3日間受講した。Visual Basic等とは異なるハードウェアに密接したC言語プログラミングを体験し、ARMマイコン技術習得の足掛かりとした。また、FPGA開発の基礎的な知識と技術の習得のため、2日間の学習を行った。これら2点の研修を行うことで、今後の業務に反映する基盤技術の確立を目指した。

まず初めに、ARMマイコンの研修では、基本的な事項として、アナログ回路とデジタル回路、FPGAについて講義を聞いた。次に実際にARMマイコンの実習を行い、各部品のプログラミングについて学んだ。部品によっては、初期化しないと使えないこと等いろいろな事項を学ぶことができた。マイコンの学習について、どこから手を付けていいかわからずに苦戦していたが、大変勉強になった。

FPGAの研修では、HDLで回路を記述する方法について学んだ。デジタル回路を構築する手法として、回路図を描く方法とHDLで記述する方法がある。回路図で記述すると、見た目には分かりやすいが、数千、数万個の素子があるような大回路規模の構築が困難となる。HDLでは、プログラムで回路を構築するため、大規模回路も製作可能であるが、文法を覚える必要がある。今回はVerilog-HDLでの記述方法を行った。講義の間に出る課題をこなしながら、HDLで記述する際の注意点を実践的に学ぶことができた。文法がC言語と似ているが動作は異なるという注意点があるというようなことも分かり、理解が深まった。この研修をきっかけに、今後の業務に役立てたいと思う。



図1：分子研受入研修の様子1



図2：分子研受入研修の様子2

3. 神戸大学分野別研修

神戸大学では年に一度、全学研究科・附属センター等の教室系技術職員(再雇用職員を含む)69名を対象にして、全員参加の神戸大学技術職員集合研修といくつかのテーマから選択する分野別研修が行われている。その目的は、勤務に関する必要な専門的知識、技術等を修得させ、それらの向上及び自己啓発を図るとともに、技術交流をととして能力、資質等を向上させることである。今回、電気電子分野からはマイコンをテーマにした研修を企画することを考えた。近年、マイコン開発においては様々な評価ボードや開発ツールが登場しているが、何から手を着けて良いのか不明瞭で、マイコン本来の性能を十分引き出せる状況とは言えない。そこで、豊田氏に講師を依頼し、「FMラジオ受信機で体験するARMマイコンとC言語プログラミング」というテーマで神戸大学分野別研修を行った。

本研修では、豊田氏が開発したFMラジオ受信機という教材を動作させることを最終的な目標とした。ARMマイコンの開発環境の使い方からフレームワークを利用して、マイコンというハードウェアに即したプログラミングを体験する。9月21日に1日コースで開催し、参加者は9名であった。「ARM」は、組み込み機器や低電力アプリケーション向けに広く用いられている。ARMマイコンは今までに累計300億個以上を出荷しており、事実上、32bitの標準マイコンと言える。まず初めに、マイコンの基礎知識として、マイコンで出来ること、できないことについて講義を行い、その後、実際にFMラジオ受信機を用いて、プログラミングの体験を行った。実習内容としては、LEDの点灯、スイッチを用いてLEDの制御、ロータリーエンコーダでLEDの明るさ制御、キャラクタ液晶で文字列表示、そして最後にFMラジオを動作させ、各部品のプログラミングを行った。マイコンを使ったことはないが、C言語を扱ったことのある受講者は多く、研修はスムーズに行われたように感じた。そのため、予定していたよりも早く進むことができ、全員がFMラジオを動作させることができた。



図3：神戸大学分野別研修の様子1



図4：神戸大学分野別研修の様子2

4. まとめ

2018年9月の初めに分子科学研究所で分子研受入技術研修を受講した。日常業務で必要とされる、ARMマイコンだけでなく、FPGAの知識も得ることができ、非常に有意義な研修であった。その後、9月の下旬には神戸大学で年に一度行われている分野別研修に講師として、豊田氏と木村(和)氏にお越しいただいた。マイコンを扱ってみたいと考えているが、なかなか挑戦するチャンスがないという方が多かった。参加者には今回の研修をきっかけにマイコンを積極的に使っていただければと思う。

謝辞

分子研受入研修及び神戸大学分野別研修において、多大なるご協力をいただいた分子科学研究所 豊田朋範氏に深く感謝いたします。

申請課題一覧

2018 年 施設利用申請課題一覧

申込者名	所属	研究課題
宇理須恒雄	名古屋大学 未来社会創造機構	神経細胞ネットワーク診断プラットフォームの開発
宇理須恒雄	名古屋大学 未来社会創造機構	神経細胞ネットワーク診断プラットフォームの開発
馬場正明	京都大学 理学研究科	差動排気超音速ジェット装置の製作
水瀬賢太	東京工業大学大学院	位相分解分子波動関数イメージング装置の開発と運用

2018 年 ナノテクノロジープラットフォーム施設利用申請課題一覧

申込者名	所属	研究課題
宇理須恒雄	名古屋大学 未来社会創造機構	神経細胞ネットワークハイスループットスクリーニング装置の開発
非公開	民間企業	
日野和之	愛知教育大学教育学部	フラーレン誘導体 LB 薄膜の表面観察と評価
非公開	民間企業	
非公開	民間企業	
富永圭介	神戸大学 分子フォトサイエンス研究センター	誘電緩和測定用固体試料ホルダー製作
日野和之	愛知教育大学教育学部	ガラス流路の作製
非公開	民間企業	
日野和之	愛知教育大学教育学部	フラーレン誘導体 LB 薄膜の表面観察と評価
宇理須恒雄	名古屋大学 未来社会創造機構	神経細胞ネットワークハイスループットスクリーニング装置の開発
非公開	民間企業	
非公開	民間企業	
非公開	民間企業	
非公開	民間企業	
非公開	民間企業	
戸川欣彦	大阪府立大学 工学研究科	無機系キラル結晶微細デバイスの作製
非公開	民間企業	
日野和之	愛知教育大学教育学部	フラーレン誘導体 LB 薄膜の表面観察と評価
日野和之	愛知教育大学教育学部	ガラス流路の作製
宇理須恒雄	名古屋大学 未来社会創造機構	神経細胞ネットワークハイスループットスクリーニング装置部品の開発
戸川欣彦	大阪府立大学 工学研究科	無機系キラル結晶微細デバイスの作製
非公開	民間企業	

2018 年 ナノテクノロジープラットフォーム協力研究申請課題一覧

申込者名	所属	研究課題
鹿野 豊	東京大学 先端科学技術センター	高精度計測のための小型環境センサーの開発
小嶋崇文	国立天文台 先端技術センター	ミリ波帯における導波管 - 平面回路変換器の検討
武田俊太郎	東京大学大学院	ループ型光量子プロセッサのためのプログラマブルタイミング制御器の開発
井口佳哉	広島大学大学院 理学研究科	Paul 型イオントラップを利用した質量選別のための電気回路製作
坪内知美	基礎生物学的研究所 幹細胞生物学研究室	マイクロチャンバーを利用した細胞融合系の確立
加藤 優	北海道大学大学院 地球環境科学研究院	電極 / 溶液界面の軟 X 線吸収・発光分光計測
武田俊太郎	東京大学大学院	ループ型光量子プロセッサのためのプログラマブルタイミング制御器の開発
水瀬賢太	東京工業大学大学院	分子波動関数可視化のための冷却型分子線源の開発
坪内知美	基礎生物学的研究所 幹細胞生物学研究室	マイクロチャンバーを利用した細胞融合系の確立
武田俊太郎	東京大学大学院	ループ型光量子プロセッサのためのプログラマブルタイミング制御器の開発
沼田宗典	京都府立大学大学院	分子間力の精密制御を目的としたマイクロ空間の開発と新規物質材料の創製
田嶋尚也	東邦大学 理学部	分子性ディラック電子系デバイスの表面評価
日野和之	愛知教育大学教育学部	ガラス流路の作製

加工精度に関する基礎的検討

青山 正樹

製作依頼を受けて検討を行っている極低温下で使用される光学系は、熱収縮による光軸誤差の把握が困難となるため、ミラーホルダーに光軸調整機構を設けない単純な構造および形状で検討を行っている。機械加工精度のみでの光軸位置決めとなるため構成部品は高い加工精度および組み付け精度が必要となる。図1に現在検討中の光学系の概略図を示す。最終精度を $10\mu\text{m}$ 程度とした場合、組み付け時に生じる誤差を考慮すると、ミラーホルダーの製作精度は数ミクロン以下にすることが望ましい。なお、ミラーホルダーの組み付け時の誤差については昨年度の本誌で報告を行ったのでご参照いただきたい。本報告では検討中のミラーホルダーを、当室の既存の工作機械を用いて製作する場合の基本的な加工精度に関するこれまでの知見について報告する。

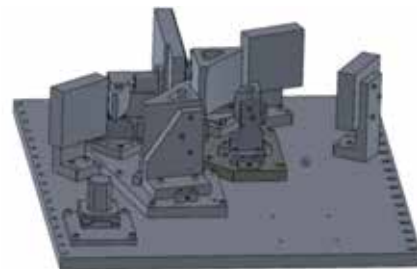


図1 検討中の光学系

切削加工を行う場合、機械自身の母性原理による誤差、切削過程で生じる誤差、制御過程で生じる誤差など避けることができない微小な誤差が発生する。図2、図3は機械自身の母性原理による誤差がどれくらい生じるかについて、当室に設置されているNCフライス盤について検討を行った結果である。図2は機械周辺温度の変化に対し、主軸に取り付けられた工具先端とワークとの間隔がどれくらい変化するかを確認したものである。この機械の場合、周辺温度が 1°C 上昇すると工具先端とワーク間の距離が $4\mu\text{m}$ ほど小さくなる。図3は実際に平面加工を行った面について、NH-3SP（三鷹光器）により平面度測定を行った結果である。機械の持つ誤差のみが反映されるように、ワークには切削力やバイス固定時の変形による影響がないよう、厚み 60mm のアルミブロック材を用いた。なおワークの幅は $50\text{mm} \times 50\text{mm}$ とした。図3(1)は直径 10mm のエンドミルを用いて加工を行った平面度測定の結果、図3(2)は直径 100mm のカッターで幅 50mm を一度に加工した結果である。 10mm のエンドミルで加工を行った面の平面度は約 $4\mu\text{m}$ 。直径 100mm のカッターで行った面についてはわずかな凹面となっており、平面度は $13\mu\text{m}$ ほどであった。これは主軸のわずかな傾きによるもので、平面度が重要な個所の加工では注意が必要である。なお 0.1° の主軸の傾きでも直径 100mm のカッターの場合、凹面には最大 $80\mu\text{m}$ ほどの高低差が生じる恐れがある。

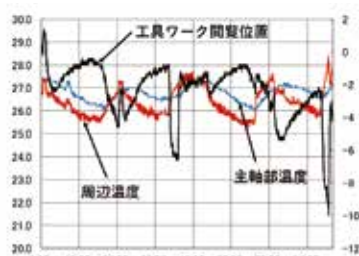


図2 機械周辺温度の影響

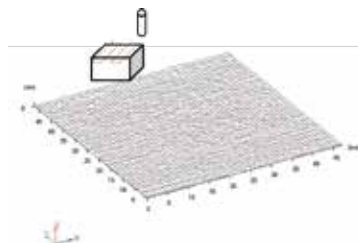
(1) $\phi 10\text{mm}$ エンドミルによる平面加工(2) $\phi 100\text{mm}$ カッターによる平面加工

図3 平面加工精度の確認

切削過程で生じる誤差については、切削力やワーク固定などの外力、切削時の発熱および材料の残留応力に起因する誤差などがある。図4はアルミニウム合金圧延材の片側のみを加工し、残留応力による変形を確認した結果である。加工部に $40\mu\text{m}$ ほどの反りが生じていることがわかる。要求精度が普通公差程度であれば問題にならない誤差量でも、より精度を求められる部品では加工工程や加工方法に注意を払う必要がある。

残留応力や加工歪に起因する変形では加工物の厚みが薄くなるほど変形が顕著となる。今回のミラーホルダーの製作とは関係ないが、厚みの薄いアルミ製ミラーの製作を検討した際に、加工歪による変形を抑制する方法として、アルミよりも剛性の高い材料をバックプレートとする二相材を検討した結果が図5である。ジルコニアセラミックスとアルミ合金との接合材であり、厚さ 8mm のアルミ単体材の片側を加工した場合は約 $90\mu\text{m}$ ほどの反りが生じているが、二相材の加工では、強度の高いジルコニアセラミックスが変形を抑制し $5\mu\text{m}$ 程度の平面度に収まっている。

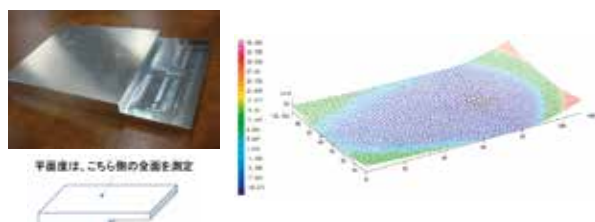


図4 アルミ圧延材の片側加工による反り

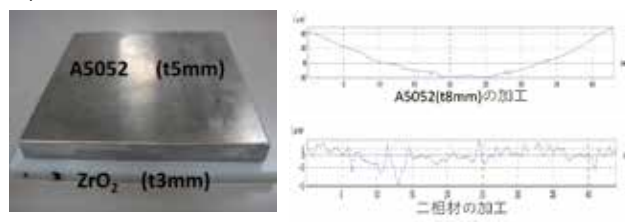


図5 二相材による変形抑制の確認

タクトスイッチを利用した ウォブルスティック用リミットセンサーの製作

水谷 伸雄

1. はじめに

ウォブルスティックは、真空実験装置の試料交換などに使用され操作性の良さから分子研 UVSOR でも多くの実験装置に利用されている。しかし、その手軽さゆえ操作ミスによるトラブルも発生していた。ある共同利用の実験装置では、試料交換において、ウォブルスティックと電動回転ステージを交互に操作して実験を行っていたが、ウォブルスティックの先端が、電動回転ステージと接触したままステージを回転させてしまい真空内のメカニズムを破損してしまうトラブルが起こっていた。そこで、ウォブルスティックが最も手前に引き出された状態の時のみ電動回転ステージの電源が入り、また、何らかの理由でステージ回転中にウォブルスティックが動いてしまった場合には、ステージの回転が止まる安全回路が必要になった。

今回紹介するリミットセンサーは、このウォブルスティックの後端に取付けられた。なお、制御回路はエレクトロニクスセクションにて製作された。

2. リミットセンサーの製作にあたり

リミットセンサーには、以下の条件が求められた。

- 実験装置には、一切の改造を加えないこと。
- ウォブルスティックのストロークを犠牲にしないこと。
- ウォブルスティックの操作グリップより小さいこと。
- 現在の操作性を損なわないこと。
- ベアリングに耐える構造または、ベアリングの際容易に取外しできること。
- 他のウォブルスティックや直線導入機にも取付け可能なこと。
- 複数の共同利用者の使用に耐える安定した構造であること。

これらに加え、短期間での製作が求められたので、シンプルで加工しやすい部品形状とし、製作部品は、固定リング、移動リング、スライドシャフトのみとした。

本リミットセンサーを取付けたウォブルスティック本体とセンサーの構成部品を図1に示す。



図1：センサーを取付けたウォブルスティック本体

3. 電気接点用スイッチの選択

リミットセンサーの名のごとく電気接点となるスイッチには、市販のリミットスイッチを利用するのが良いと思われたが、市販されている小型なものでも大きさ、形状とも今回の条件には不向きであった。また、回路基板に実装されるディップスイッチは、構成部品との絶縁や固定方法の面で部品加工に手間が掛かり不相当であった。そのため、小型で取付け部分の加工も容易なタクトスイッチを採用した。スイッチ類の比較写真を図2に示す。(左から、タクトスイッチ2種類、ディップスイッチ、リミットスイッチ2種類)

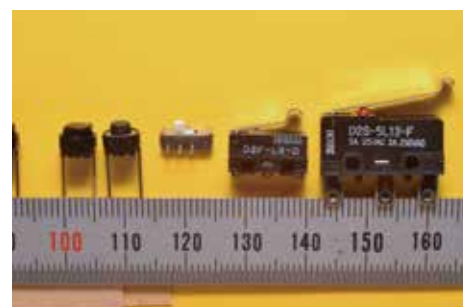


図2：各種スイッチ類

4. タクトスイッチ

タクトスイッチとは、パソコンのキーボードや電子機器の操作ボタンなどの回路基板に実装されるスイッチで、通常はキートップと呼ばれるボタンが被せられ直接目にすることは少ない。今回使用したタクトスイッチは、直径φ 6.45ミリ、全高5ミリ、ストローク1.3ミリ(カタログ値)を使用した。スイッチのストロークが1.3ミリなのでウォブルスティックのストロークを殆ど犠牲にすることなく、それでいて操作グリップの僅かなズレは許容できると考えた。ところが、実際のスイッチのストロークは1.5ミリ程あったものの電気接点として機能するストロークは0.2ミリしか無かった。これではウォブルスティックの操作グリップが僅かにでも動いてしまった場合に電気接点がOFFになり、電動回転ステージの駆動回路を止めてしまう。しかも、この程度のズレでは、目視による発見が難しく原因不明のまま実験を中断しかねない。そこで、タクトスイッチとボールプランジャーを組み合わせることでこの問題を改善した。

タクトスイッチはその構造ゆえ、作動力(押す時の力)こそ1.57Nだが、復帰力(戻す時の反力)は0.15Nと少ない。これを作動力0.6～1.6Nのボールプランジャーで押すことで、電気接点として有効なストロークを長くした。つまり、タクトスイッチを押すときは、ボールプランジャー側から縮み始め、最後はタクトスイッチ、ボールプランジャーともほぼ同時に縮みきることによって電気接点がONになる。逆に離れるときは、ボールプランジャーが先に伸び始め伸びきった後にタクトスイッチが伸び復帰することで電気接点がOFFになる。この動作により電気接点としての有効なストローク長を確保しセンサーとしての安定性を得た。(図3～8に動作状態を示す。)

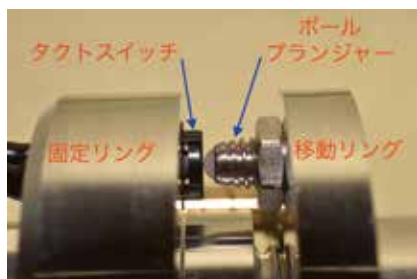


図3：初期(無負荷)状態
(電気接点 OFF)

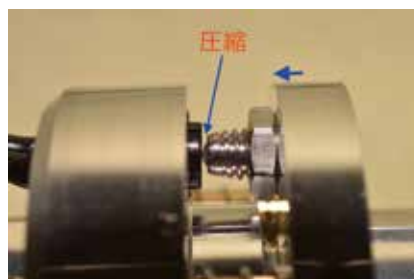


図4：ボールプランジャー圧縮
(電気接点 OFF)

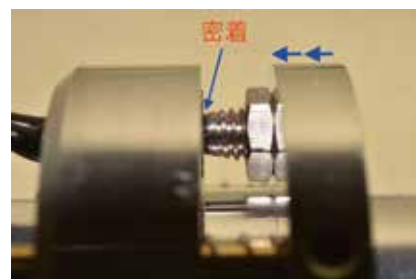


図5：密着状態
(電気接点 ON)

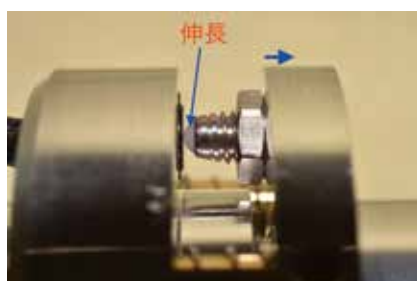


図6：ボールプランジャー伸長
(電気接点 ON を維持)

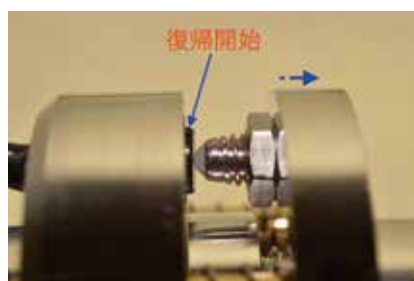


図7：タクトスイッチ復帰開始
(電気接点 ON を維持)

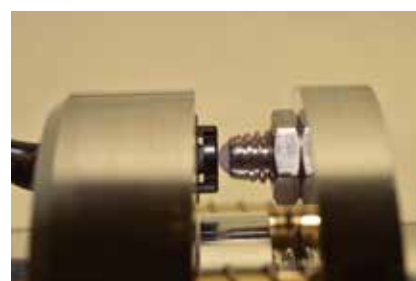


図8：タクトスイッチ復帰状態
(電気接点 OFF)

5. リミットセンサーの構成

リミットセンサーを図9に示す。外径φ40ミリ、全長22.5ミリ、固定部分の内径はφ3/4インチである。

図では、左側にタクトスイッチの付く固定リングがあり、スプリングハウジングも兼ねている。M6ネジ2本を使いウォブルスティックのエンドストッパーと交換する形で固定される。

右側は、ボールプランジャーの付く移動リングで2.5ミリの移動量を持ち、スプリングガイドを兼ねたスライドシャフト3本でガイドされる。この移動リングをウォブルスティックの操作グリップが押すことでセンサーとして機能する。

スプリングは、外径φ5.0ミリ、線径φ0.29ミリ、自由長20ミリ(バネ定数0.088N/mm)を3本使用し、4ミリ圧縮した状態で組込むことにより3本合計の反発力は、1.056N～1.716N(最大移動時)になる(計算値)。これにより自らのバネ圧で操作グリップを押し戻してしまうこともなくセンサーとして確実な動作を得ている。

6. おわりに

リミットセンサーの固定リングの内径をφ3/4インチにしているため、UVSORでは、ウォブルスティックだけでなく直線導入機にも使用されている(図10)。タクトスイッチの耐熱温度は90℃のためベーキング時にはリミットセンサーを取り外す必要があるが、今までに4組が納品されている。



図9：リミットセンサー

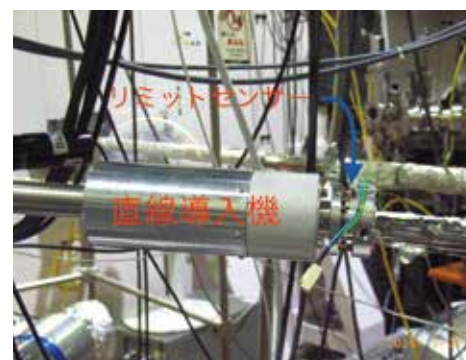


図10：直線導入機での使用例

ガラス板の穴加工装置の製作

近藤 聖彦

所内のガラス製マイクロ流路加工はフォトリソグラフィとフォトエッチングを使用している。成形したマイクロ流路に送液するための貫通穴は、大型NCフライス装置に高速スピンドルを設置し、電着砥石（以降、工具と呼ぶ）で加工をおこなう。しかし、この加工作業は、装置の扱いに慣れること、多くの準備時間が必要になることなどから、機械グループの技術職員でなければ、ガラス板の穴加工は難しかった。

そこで、簡易フライス装置を改良し手動でガラス板に穴加工が簡単にできる加工装置（図1）を所長奨励研究費の助成を受け製作をおこなっている。表1に選定した簡易フライス装置の主な仕様を示す。

本装置を使用した穴加工は、図2に示すワックスでガラス板（図中の白い破線）を接着したアルミ製治具をバイスに固定し、工具が装着されたスピンドルを手動ハンドルで降下しておこなう。図2の治具は30mm×70mmのガラス板に対応するが、ガラスの形状に応じて治具を製作すれば形状が変わっても加工は可能である。

ガラスの穴加工は、工具の進入、貫通時に工具送り速度が速くなると穴周辺に発生するクラックが大きくなる。これを抑制するため、低速で工具を送ることが望ましい。それには、工具の進入と貫通位置の判断が重要になる。この位置情報が座標値などで表示されると目視確認ができるのでわかりやすい。簡易フライス装置の手動ハンドル目盛りは、最小値1mmの間隔で移動量を確認する仕様になっている。所内で使用するガラス板の厚さは1mm以下が多いので、この間隔で工具の進入と貫通位置を判断することは難しい。そこで、図1に示すように移動量が最小10 μ mで表示ができるリニアゲージをスピンドル本体に取り付け、スピンドルの移動量を座標表示器で目視確認できるように改良した。最初に工具とガラス表面が接触する位置を原点に設定しておけば、工具が貫通する送り量はガラスの厚さに相当し、厚さがわかれば貫通のタイミングを判断できる。さらに、座標表示器は設定した座標値と工具位置の座標値を比較する公差判定出力の機能を備えるので、工具が設定値に到達したときに、音で知らせるためのブザーを取り付けた。貫通間近の座標値を設定すれば、工具が設定値を通過するときに音で判断ができるので、表示器の値を随時確認することなく穴加工に集中できる。

試しで、直径0.64mm程度の工具を使用し厚さ0.7mmのガラス板に穴加工をおこなった。図3に進入側から顕微鏡観察した加工穴形状を示す。0.67mmと工具径よりも30 μ m程度大きくなったが、送液に支障が生じることはない。また、ガラス以外の材質として、厚さ20 μ m、50 μ mのチタン板に直径0.1mmの穴加工をおこなっている。

現在は性能試験途中であるため、座標表示器、ブザー、電源などが分散しているが、試験後はケースに納め、一般の方に利用していただく予定である。



図1：製作中の穴加工装置

表1 簡易フライス装置の主な仕様	
寸法	横200mm×高さ500mm×奥行300mm
重量	5.9kg
Z軸移動量	65mm
回転数	1200～6000rpm
消費電力	200W



図2：ワックスでガラス板を固定したアルミ製治具

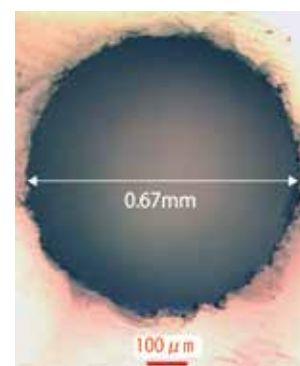


図3：加工穴の形状

フォトエッチングによる金属箔への微細貫通穴の製作

高田 紀子

1. はじめに

UVSORから依頼を受けて、フォトエッチングを用いて金属箔への微細貫通穴の製作を試みたので報告する。

フォトエッチングは、表面がレジストパターンでマスクされた被加工物を、エッチング液等の化学薬品を使ってマスクされていない部分を溶解することで、パターンを製作する方法である。金属箔に貫通穴を製作することにより、蒸着用マスクやスリット、メッシュの構造などを製作するのに利用されている。フォトリソグラフィでレジストにパターンを製作するため、設計できるパターンの自由度は高く、微細で複雑な形状や貫通穴を一度に製作することができる。一方で、製作できるのは基本的に二次元の構造であり、また等方性エッチングでは、図1に示すように加工断面が垂直にならないなどのデメリットがある。



図1：等方性エッチングの断面形状
赤い破線のように垂直に加工できない

2. 製作内容

今回依頼を受けた内容は、非磁性の金属箔（25.2 × 12 × t0.05 (mm)）に対して、φ 0.05 mmの円形を59個、幅0.1mm × 高さ0.528 mmの四角形を合計で44個の貫通穴を製作するというものである（図2）。装置開発室ではAu、Cr、Tiの3種類のエッチング液を所有する。金属箔の材料は、非磁性、かつ価格がリーズナブルなTiを選択した。Tiのエッチング液にはKSMF-260（関東化学）を、レジストにはAZ1500（38cP）（メルク）を用いた。

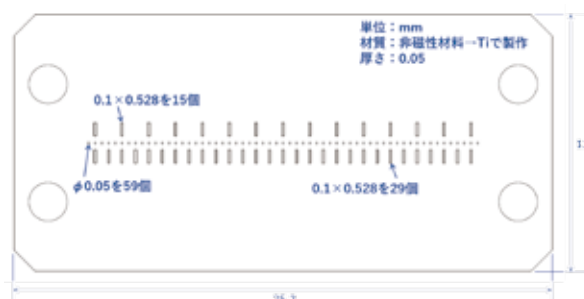


図2：製作パターン

3. 製作方法の検討

・試作1：片面からのエッチング

1回目の試作では、50 × 33 × t0.05 (mm) のTi箔の片面に対してレジストパターンを製作し、KSMF-260に浸けることで、片面からのみエッチングを行った（図3）。もう片面にはレジストを一面に塗布することで、全面を保護した。エッチング中は時々金属箔をエッチング液から取り出し、顕微鏡による穴の貫通の有無と、段差計による穴の深さを確認しながら行った。

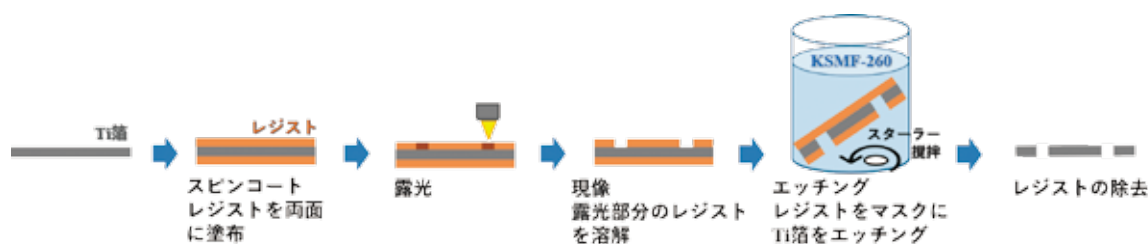


図3：製作工程（片面からのエッチング）

穴が深くなるほどエッチング速度が遅くなり、穴が貫通するまで最終的に9時間30分程度（エッチング液の設定温度 40℃）を要した。エッチング後のチタン箔の顕微鏡画像を図4に示す。穴の寸法は設計値よりも大きく、形状にもばらつきがあり、中には貫通していない穴も見られた。また、マスクとしての役割をもつレジストが長時間のエッチングに耐えられず、その下のチタン箔が腐食されていることも分かる。片面からのエッチングでは、エッチング時間が長い分、レジストと基板の間へのエッチング液の浸透による横方向への広がり（アンダーカット）や、エッチング速度の場所によるばらつき、そしてレジストマスクの下のTi箔の腐食の程度が大きくなっていることが原因と考えられる。

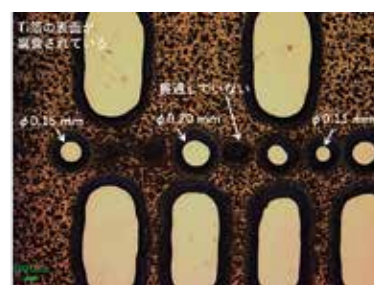


図4：Ti箔の顕微鏡画像
(Ti箔 t0.05 mm を片面からエッチング)

・試作2:両面からのエッチング

2回目の試作では、両面にレジストパターンを製作し、それらをマスクに両面からTi箔をエッチングすることによりエッチング時間の短縮を図った。製作工程と結果をそれぞれ図5と図6に示す。表面と裏面の位置合わせは、あらかじめTi箔に加工した $\phi 0.1\text{mm}$ の貫通穴2か所と、製作パターンと同じ図面上に作成した十字のアライメントマーク2か所を目印とし、マスクレス露光装置のCCDカメラを使って、貫通穴と十字マークとを重ね合わせることで行った(図7)。両面からのエッチングに要した時間は合計4時間(エッチング液の設定温度 50°C)であり、片面からのエッチングの時と比較して半分以下に抑えることができた。結果としては、穴の形状にばらつきがあるが、全ての穴が貫通していた。

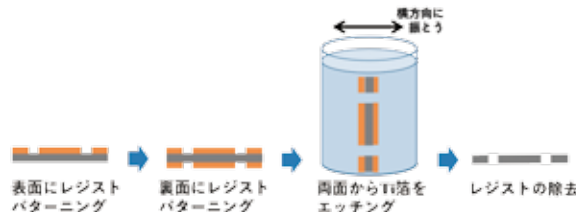


図5：製作工程(両面からのエッチング)



図6：Ti箔の顕微鏡画像
(Ti箔 $t0.05\text{mm}$ を両面からエッチング)

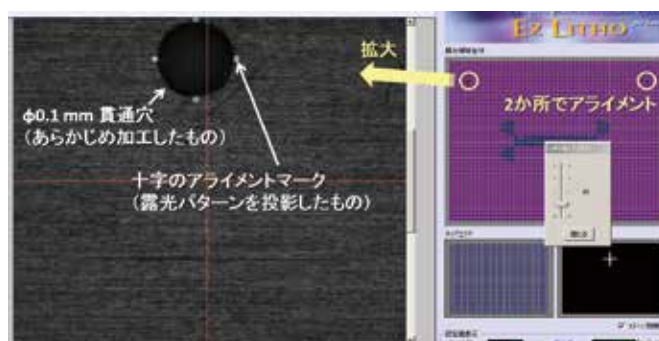


図7：表面と裏面との位置合わせ

・試作3:Ti箔の厚さの変更

3回目の試作では、Ti箔の厚さを 0.05mm から 0.02mm に薄くすることで、さらにエッチング時間の短縮を行った。その結果、エッチング時間は1時間30分(エッチング液の設定温度 50°C)と大幅に短縮された。製作したサンプルの写真と顕微鏡画像を図8に示す。穴の大きさは、設計値の $\phi 0.05\text{mm}$ に対して約 $\phi 0.09\text{mm}$ と広がってはいるが、これまでの結果と比較するとアンダーカットが抑えられ、穴の形状も均一であることが分かった。また、エッチング時間が短い分、レジストマスクの下でのTi箔の腐食も大きく減少していた。

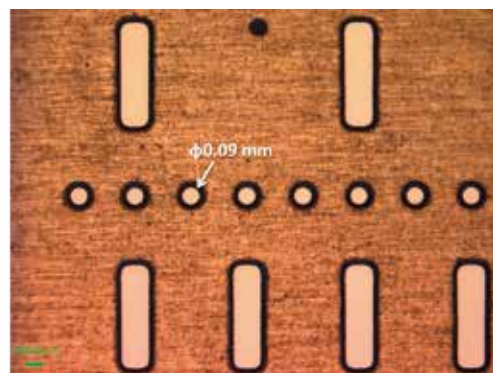
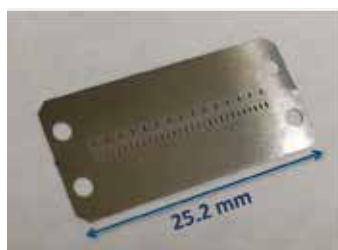


図8：製作したTi箔の写真と顕微鏡画像
(Ti箔 $t0.02\text{mm}$ を両面からエッチング)

4. まとめ

今回の試作では、エッチングを両面から行ったり、Ti箔の厚さを薄くしたりすることでエッチング時間を短縮し、アンダーカットや寸法のばらつき、Ti箔の腐食を抑えることができた。特に両面からのエッチングは、金属箔の材質や厚さに関わらずエッチング時間を短縮できるため、フォトエッチングには有効な方法であるといえる。今後は、密着性と耐薬品性の高いレジストマスクを製作することで、寸法精度の向上と金属箔の腐食の防止、また、厚さが厚い金属箔でも対応できるような安定した製作方法の確立が課題である。

FPGA と ARM マイコンを用いた 高分解能ディレイゲートパルサーの開発

豊田 朋範

1. 概要

パルスレーザーを用いた実験—たとえば分子にレーザーを照射して反応過程を調べる実験(Fig.1)において、レーザーパルスをトリガとして長時間のディレイ T_d と短時間のゲート幅 T_w を両立するディレイゲートパルサーが必要とされる。分子が大きくなると T_d は数ms以上と長くなる傾向があるが、必要な反応のみを測定系に取り込むため、 T_w は数 μs ～100 μs と短い。

筆者はこれまで何度かディレイゲートパルサーを開発してきたが、10ns以上の時間分解能を実現することに課題があった。今回、FPGAの開発環境を刷新したのを契機にFPGAを新規デバイスに移行し、時間分解能5nsを実現すると共に、実験現場で必要な50 Ω 負荷駆動機能を搭載することを試みた。

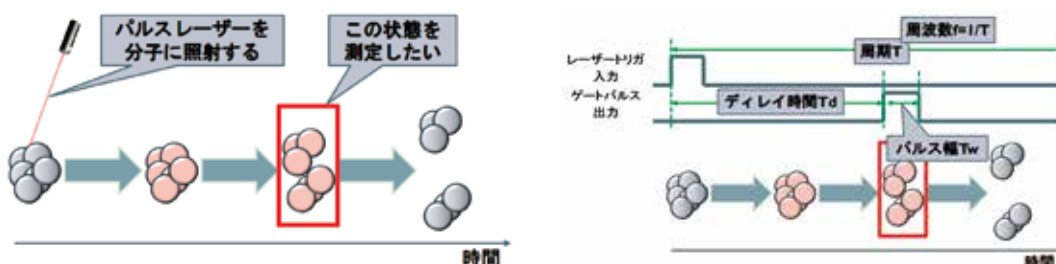


Fig.1: レーザーを用いた実験とディレイパルサーの必要性

2. 装置の構成

開発したディレイゲートパルサーのブロック図をFig.2に、主な仕様をTable 1に示す。

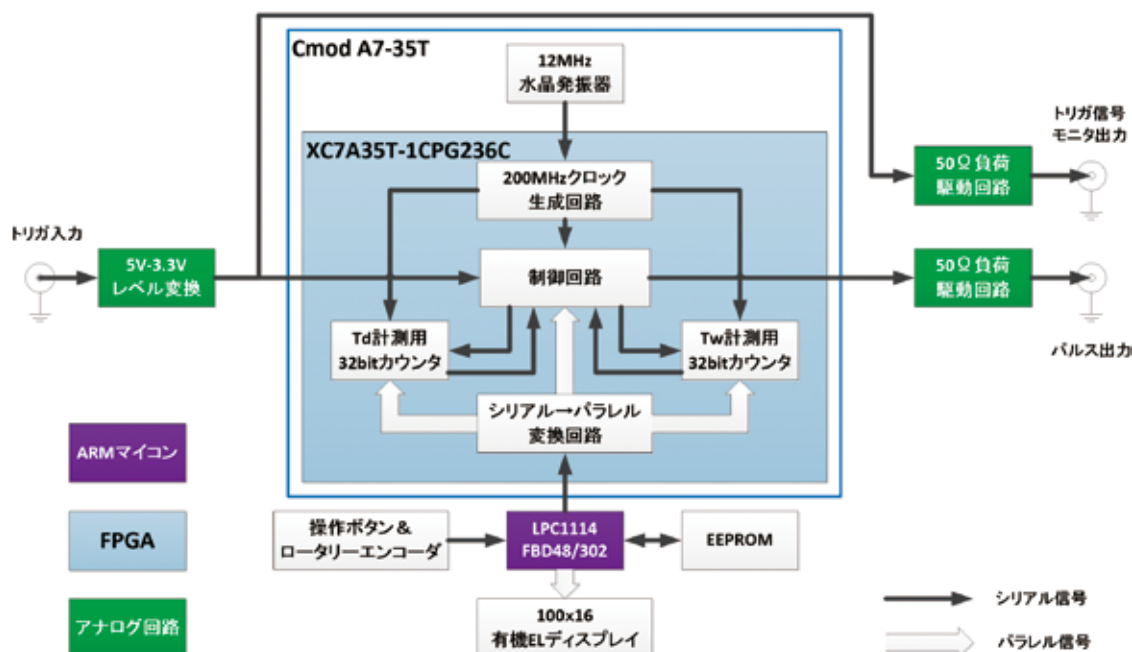


Fig.2: 開発したディレイゲートパルサーのブロック図

本装置はインターフェースをARMマイコン LPC1114FBD48/302(NXP社)が担当し、ディレイゲートパルスの生成をFPGA XC7A35T-1CPG236C(Xilinx社)を搭載したCmod A7-35T(Digilent社)が担当する。FPGAはTd計測用32bitカウンタとTw計測用32bitカウンタのペアと制御回路、シリアル-パラレル変換回路、システムクロック生成回路を搭載する。32bitカウンタと制御回路並びにシリアル-パラレル変換回路はVHDLで構築し、システムクロック生成回路は開発環境のVivado2016.4(Xilinx社)で無償使用できるIP(Intellectual Property)コアを用いて、オンボードの12MHz水晶発振器から200MHzを生成して32bitカウンタと制御回路に供給する。このため、時間分解能は5nsとなる。

ロータリーエンコーダとスイッチで、ディレイ時間 T_d 、ゲート幅 T_w などを設定すると、ARMマイコンはデータをFPGAに転送すると同時に、EEPROM 24LC64 (Microchip 社) に記録する。この通信仕様はSPI(Serial Peripheral Interface)に似た、クロック、データ、ロードの3線シリアル通信である。

FPGAはARMマイコンから送信されたデータを所定の出力の T_d 計測用 32bit カウンタと T_w 計測用カウンタにセットする。以降、 T_d か T_w を更新するまで、FPGAはトリガ入力の立ち上がりから T_d 時間後にゲート幅 T_w のディレイゲートパルスを出し続ける。

トリガ信号のモニタ出力は、T型BNCアダプタで信号を分割しなくてもトリガ信号をモニタ出来るようにしたものである。モニタ出力とディレイゲートパルスの出力は、いずれもTHS3001ID(Texas Instruments 社)で3.3V→5Vに増幅すると共に、50 Ω 負荷駆動を実現した。

3. 時間分解能向上のための VHDL 記述の検討と改良

本装置におけるFPGAの回路構築では、(1)デバイスの更新による物理的な性能向上を考えた方がよい(2)カウンタの制御回路を抜本的に見直すべきなどの情報を得た。これらを反映して(1)FPGAをXC7A35T-1CPG236Cに更新(2)ステートマシンで構築した制御回路で T_d と T_w の計測用カウンタを制御する一を採用・導入した。本稿では特に(2)について述べる。

これまではFig.3-1の方式で回路を構築していた。この方式は、カウンタ内部でキャリー信号を生成し、それをもう一方のカウンタのイネーブル信号に使用するもので、 T_d 計測用 32bit カウンタと T_w 計測用 32bit カウンタが交互に動作する。この方式では、VHDLの記述は比較的平易であるが、 T_d 計測用 32bit カウンタで生成したイネーブル信号が T_w 計測用 32bit カウンタに想定どおりに伝搬できない回路が構築され、不規則にディレイゲートパルスが出力されない不具合が発生した。このため、あまり時間分解能を向上できなかった。

今回はFig.3-2の方式で回路を構築した。この方式は、トリガ入力や計測用カウンタの値に応じてステートが遷移し、計測用カウンタや出力を制御するものである。また、キャリー信号の生成をカウンタ内部では行わず、カウンタとは別に比較回路を設けて行う。この方式はカウンタの他に制御回路やキャリー信号生成用の比較回路を構築し、適切に組み合わせる必要があるため、VHDLの記述は複雑になるが、動作周波数は向上し、確実にディレイゲートパルスを出力する回路を構築できた。

4. まとめ・謝辞

FPGAとARMマイコンを用いて、高分解能ディレイゲートパルサーを開発した。新規デバイスの導入とVHDL記述の抜本的な見直しにより、懸案であった時間分解能の向上を実現し、また、正確な信号伝送に不可欠な50 Ω 駆動を追加した。これにより、実験現場で求める機能と使いやすさを集約し、洗練した装置を実現できた。

システムの基本部分はFPGAとARMマイコンで実現できたが、トリガ入力のレベル変換やパルス出力並びにモニタ出力の50 Ω 負荷駆動はアナログ回路が必要であった。1つの分野にとらわれず、多方面の知識や技術を導入・向上していくことが必要であると改めて実感した。

本装置の開発においては、岩手大学の千葉寿氏と実験現場において必要な機能について何度もディスカッションし、多くの知見を得た。また、FPGA開発においては、筑波大学の小野雅晃氏にVHDL記述を指導いただき、重要な情報を提供いただいた。この場を借りて御礼申し上げます。

Table 1: 開発したディレイゲートパルサーの主な仕様

項目	仕様
時間分解能	5ns
時間設定レンジ	ディレイ: 100ns~4sec ゲート幅: 1 μ sec~100msec
パルス振幅	5V
出力数	1
出力インピーダンス	50 Ω
その他	トリガ入力のモニタ出力 電源 ON 時に、前の状態を復元

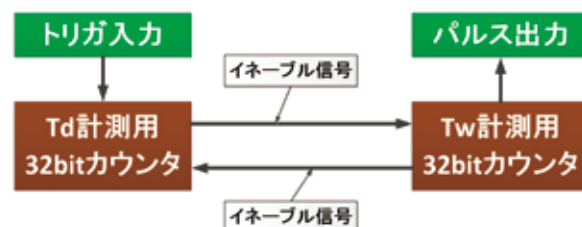


Fig.3-1: 従来のカウンタ構成

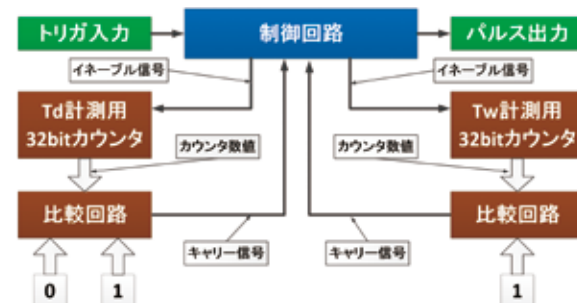


Fig.3-2: 改良したカウンタ構成

測定器向け汎用ユーザーインターフェースの構築

木村 和典

1. はじめに

既にエレクトロニクスセクション報告で述べられている通り、筆者が着任した今年度の工作依頼件数は過去最高を更新した。そのような状況にあって、製作する測定器のユーザーインターフェース（情報を表示するディスプレイ、および標準的な操作用スイッチ類）を、安価かつ操作が容易でメンテナンス性の高いものに統一する流れとなっている。

今回は、多様な測定器に対応し得る汎用ユーザーインターフェースの構築について、主に担当したマイコンのプログラムに関する面から報告する。

2. 概要

製作した汎用ユーザーインターフェースについて、ケースに収めた状態の全体像を図1に示す。プログラミング言語には、マイコン等の用途でも広く用いられており実績のあるCを使用した。

パネルの基本的な構成については、昨年度豊田氏により報告されたバイモルポンプ駆動用高電圧アンプ^[1]などとはほぼ同一である。ただし金属製だったケース本体をABS樹脂にアルミパネルを付けるタイプに変更したことで、前回と比較して安価で軽量、かつ加工し易いものとなった。

内部のブロック図を図2に示す。従来通り基本的な制御をARMマイコンLPC1114FBD48/302（NXP社）が担当し、ユーザーは固定I/Oポートに接続された操作ユニット（ロータリーエンコーダ、5個のスイッチのセット）と有機ELディスプレイ（Winstar社）とを用いて各種設定を行う。また、バイモルポンプ駆動用高電圧アンプなどで搭載されていたEEPROM（不揮発性メモリ）もシステムの共通仕様として実装されており、直近の各種パラメータ、測定器によってはプリセットを記録できる。一度電源を落としても直前の状態が保存されるため、立ち上げ時に値を設定し直す手間を省くことが可能である。

ハードウェアとソフトウェアの基礎部分を共通化したことで、マイコンなどの機能開発・検証などに割く時間を省略し、測定器用に特化した各デバイスや回路の開発に注力することが可能となる。

また汎用I/Oポートから先は完全に任意となっており、通信フォーマットにさえ留意すればFPGAやCPLD、DDSやデジタルポテンショメータといった各種デバイスを操作することが出来る。



図1 汎用ユーザーインターフェース(ケース収納時)

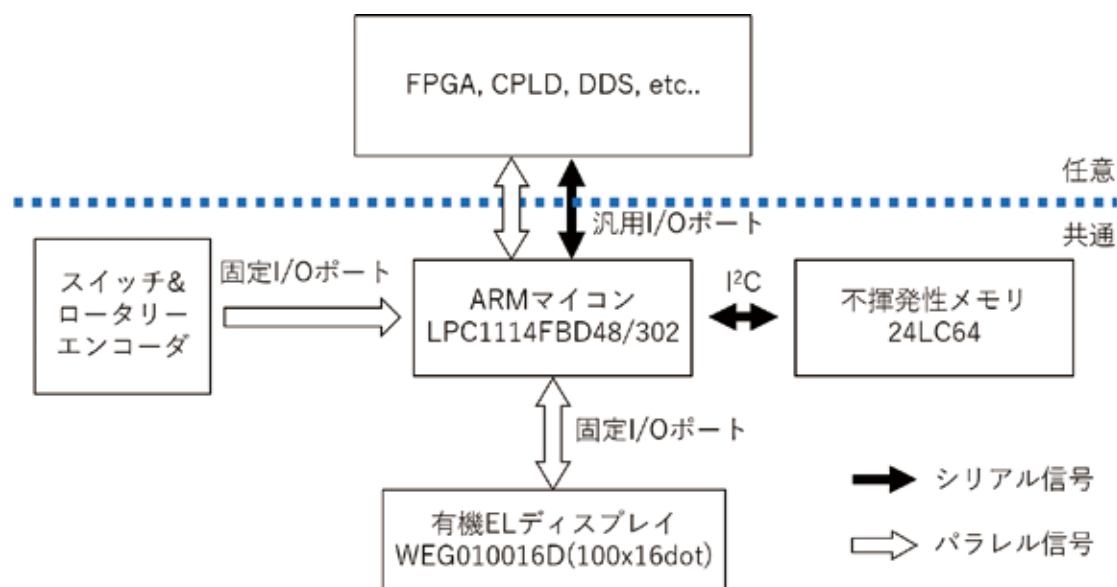


図2 汎用ユーザーインターフェース ブロック図

3. 操作性の向上と統一

従来のプログラムでは、特定のスイッチを押す度に操作可能な値が切り替わるという手法がとられていた(図3)。この手法も次第に慣れるものの、十字型に並んだスイッチの見た目と反した動作がなされる場合が多く誤操作を招きやすい、機能選択が一方向にしか遷移しないため複数のパラメータを扱う際の行き来に手間がかかる等、複数の問題点があげられる。

そこでスイッチの並び方を活かし、仮想的にページを移動する方式を採用して、まず単一チャンネル出力版で実装を行った。

このインターフェイスでは、中央のスイッチで決定・解除、上下のスイッチで操作対象・プリセット選択などの切り替え、左右のスイッチで変更する桁の選択、ロータリーエンコーダで値の変更を行うように統一されている。

従来の操作系が直感性に欠けていた点は、操作体系をボタン配置に則ったものへと変更したことで解消され、また単方向であった機能選択の遷移を双方向にすることで、値を設定・修正する際の手間が緩和されたと考えられる。

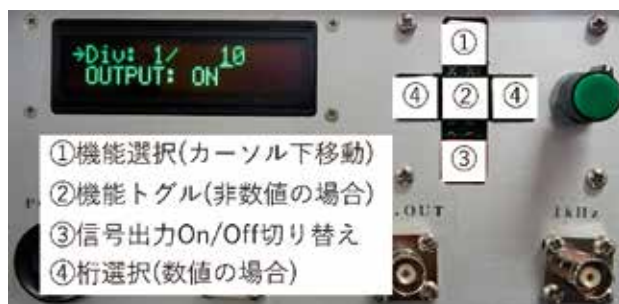


図3 従来のユーザーインターフェイス

4. 拡張を前提とした再設計

種類にもよるが、複数チャンネルの出力機能をもつ測定機器は決して珍しくない。そこで、複数チャンネルの表示に対応した画面遷移を同様の操作感で行えるよう再設計を行った。

出力に必要なパラメータについてそれぞれの最大最小値、分解能などをまとめた構造体propertyを作成し、出力チャンネルごとの構造体outputの配列要素に必要なだけ格納する。これにより値へのアクセスは

`output[チャンネル番号].property[値番号].value;`

と書ける。各ページはチャンネル番号と値番号で表現できるため、「表示している値を変更する」「今の値をメモリに書き込む」といった個別機能も共通化できる。

これらを用い、図4に示すような画面遷移を構成した。これは例えば装置の引き渡しの際に研究者に対して動作を視覚的に説明しやすく、前述した「直感的な操作性を実現する」という点に関して有効と考えられる。

またこの方式では、扱う値の種類やチャンネル数の増減がある場合、またその他特殊な挙動を扱う必要がある場合などであっても、容易に対応することが可能である。図4で言えば、扱う機能やパラメータの数に応じて縦方向にブロックが増え、チャンネル数が増えれば横方向にブロックが複製されるのみとなる。この柔軟さは、汎用的なユーザーインターフェイスの構築にあたり必要な条件の一つであると考えられる。

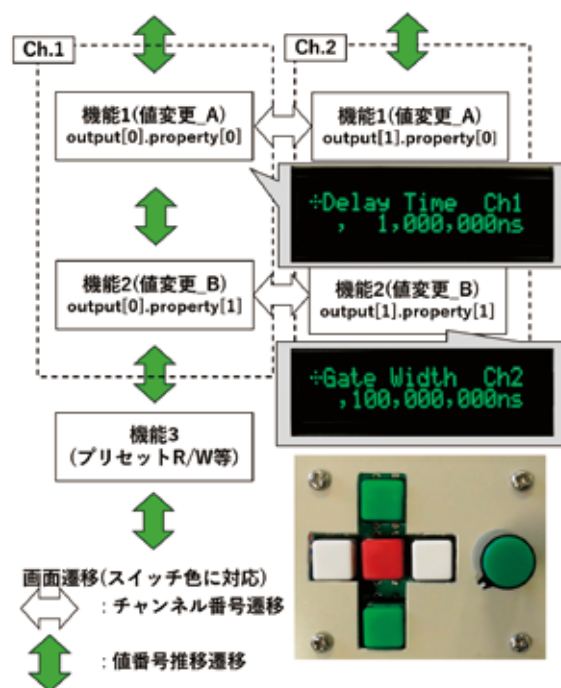


図4 汎用インターフェイス 画面表示例と状態遷移 (複数チャンネル対応版)

5. まとめ

増加する測定器開発依頼に対応するため、汎用的で流用可能なインターフェイスの構築を行った。要求される仕様を満たしつつ、可能な限り広い適用範囲を持つように設計・実装したことで、ほとんどの部分を他の測定器に転用できるシステムが組みあがった。

しかし、今後要求される入出力数が増加することを考えると、操作系統は問題ないものの画面表示の視認性の悪化、マイコンの容量・通信速度不足などが懸念される。またこの有機液晶モジュールを用いる限り、1画面につき表示できるパラメータは最大でも2種類である。そのため各モジュールの適正などを考慮し、必要となるようであれば新たなデバイスの導入と使い分けも視野に入れ、今後も開発を続けていく方針である。

6. 参考・引用文献

- [1]「バイモルポンプ駆動用高電圧アンプの開発」, 豊田朋範, 装置開発室 Annual Report 2017, P30 ~ 31

第 34 回化学反応討論会

豊田 朋範

2018年6月6日～8日に量子科学技術研究機構 関西光科学研究所で開催された第34回化学反応討論会にポスター発表で参加した。従来、業務で得た知見や直面した課題については技術研究会で発表してきたが、今年度の所長奨励研究で挙げた測定器開発の成果や現状を研究者が集う場に持ち込み、意見や要望を聞き、今後の開発に生かすことを目的に、共同開発を進めて来た千葉寿技術専門職員(岩手大学)と共に第34回化学反応討論会への参加を決めた。

今回の発表では、ポスターで装置の仕様や測定系の構築例を紹介すると共に、実行委員会のご厚意でデモ機を実際に動作させるスペースをご用意いただいた(写真)。結果、多くの研究者から好評を得ると同時に、ディレイパルス器開発の要望を多くいただいた。その要望を基に、ディレイパルス器の開発を進めている(p28)。また、会場で再会した高橋正彦・東北大学多元研教授との議論が、第7回アライアンス技術支援シンポジウムへの招待講演に繋がった(p34)。

今回の発表に際しては、大森賢治教授と武井宣幸助教(現:京都大学)に共著者をご快諾いただき、旅費を支給いただいた。また、発表支援のため同行いただいた木村和典氏の旅費を繁政技術課長に支援いただいた。この場を借りて御礼申し上げます。



写真：デモ機を用いた発表の様子

ガラスの接合技術

高田 紀子

装置開発室においてマイクロ流路を有するチップを製作する際、基板に流路パターンを加工後、もう一枚の基板でフタをする場合が多い。基板にガラスを使用する場合はガラス同士の接合が必要となる。これまでは、接着剤を用いてガラス同士の接合を行ってきた。この方法は、加熱と荷重が必要ないため大規模な装置が不要というメリットがある反面、流路を埋めないように接着剤を付けることが難しく、また接着剤の耐薬品性が問題になる等のデメリットがある。本来は、接着剤を用いずに直接ガラス基板同士を接合する方が望ましいため、ガラスの接合技術をもつ東京大学の北森研究室を訪問し、「ガラスの低温接合」について教わってきた。低温接合では、酸素プラズマ処理によりガラス表面を活性化することで水を吸着させ、2枚の基板を重ね合わせた状態で加熱し水を抜くことで接合を行う(図1)。接着剤を用いず、また加熱温度をガラスの融点まで上げることなく接合が可能である。加熱の温度と時間、さらに酸素プラズマ処理の時にフッ素を添加することで、接合強度を調整できる点も大きなメリットである。

現在は分子研の装置を利用して再現実験を進めており、接合条件について検討を行っている。



図1：低温接合の概略図

Novel Room-Temperature Fluorine Containing Plasma Activated Bonding and Its Improvements (2010 11th International Conference on Electronic Packaging Technology & High Density Packaging) より引用

分子科学研究所一般公開 2018 機器開発技術班

近藤 聖彦

機器開発技術班のテーマは「不思議なフォースを感じよう」に決め、楯円ビリヤード、テルミン、霧箱を製作し体験型の展示をおこなった。楯円ビリヤードは子供に人気があり、他方の焦点においた標的にあたると歓声があがった。霧箱は宇宙線の観察ができると驚嘆され、アルファ、ベータ、ガンマ線の見分けにについて質問が多かった。テルミンは事前に用意した楽譜を見ながら演奏に挑戦する見学者が多く、他の展示と滞在時間を比較すると長くなったが、それだけ興味を持っていたと考えられている。今回は体験型の展示だけであったが、行列ができるほどの賑わいであったので、大成功に終わったと考えている。

一般公開 2018 - プリント基板のネームプレート作り -

豊田 朋範

2018年10月20日に開催された分子科学研究所一般公開2018において、「プリント基板のネームプレート作り」と題して出展した。前回(2015年)の経験を踏まえ、(1)タイムテーブルや案内掲示物を作成して現在の状況を分かりやすくする(2)出展内容をネームプレート作りに絞り込むの2点を中心に準備を進めた。また、前回と同じく、分子研のロゴを配置したプリント基板製ノベルティを500個用意した。

今回は、過去最高を更新した前回は大きく上回る3500人超の来場者で終始混雑したが、事前の準備が奏功し、トラブルや事故もなく無事出展を終え、ノベルティも全て配布完了した。

次回は、基板加工機を用いたネームプレート作りの回数とノベルティを増やすことを検討したい。



写真：ネームプレート作りのひとコマ

共通イベントの景品製作

木村 幸代

2018年は一般公開の共通企画でクイズ大会が実施された。景品にも分子研としての意味合いやPR要素を持たせたいと考え、トロフィ(図1)と表彰状(図2)を当室で製作することにした。全体の設計組立てとアクリル製台の加工は水谷氏が担当し、ロゴのワイヤーカットは筆者が行い、文字盤は、基板加工機で豊田氏が担当した。

また、表彰状はスコープを使わないと肉眼では見えない“隠しメッセージ”の入った20mm角のミニ賞状を、高田氏にリソグラフィで製作していただき、どちらもとても良い出来栄になった。各職員が日々研鑽している個々の技術を集結させると、様々なことが出来るものだと実感した。



図1：トロフィ



図2：表彰状(20 mm角)

平成 30 年度神戸大学分野別研修

豊田 朋範

2018年9月21日に開催された、平成30年度神戸大学分野別研修の「FMラジオ受信機で体験するARMマイコンとC言語プログラミング」に講師として招聘され、講義と演習指導を行った。

今回の研修招聘は、2018年3月の核融合科学研究所技術研究会において邂逅した熊谷宜久氏（神戸大学工学研究科技術室副技術長）との議論で、筆者の過去の発表や演習講師が話題に上り、神戸大学でも担当できないかと打診いただいたことに端を発する。

当日は、まず「講義—マイコンで出来ること、出来ないこと—」なる題目でマイコンに関する講義を行い、続いてFMラジオ受信機を用いたプログラミング演習を行った（写真）。受講者は真摯に取り組み、FMラジオ受信機の機能を全て実現することが出来た。今回の研修が神戸大学技術職員の知見になり、分子科学研究所と神戸大学の交流再開に繋がれば幸いである。

今回の研修実現に尽力された熊谷氏と松本香氏（神戸大学）、演習を支援いただいた木村和典氏、教材製作費と木村氏の旅費を支援いただいた繁政技術課長に、この場を借りて御礼申し上げます。



写真：演習の様子

コイルメーカー出張報告

木村 幸代

10月22日、現在開発を行っている装置に用いる特殊な形状のコイル製作を目的に、吉田氏と長野県上田市にある有限会社セルコトロンを訪問した（写真）。

現在試作段階のコイルでは、複雑な形状のため巻き数や巻き線長さの管理、形状の保持などが課題であったが、有限会社セルコトロンでは、様々な巻き線の線種やサイズ、形状のコイルの試作を依頼することができた。張力やピッチを調整できる専門メーカーの設備や接着剤の使い方、調整のための手作業などを見学することができ、本作実現に向けた課題を集約し、対策を検討できた。



コイルを巻いている様子

第7回アライアンス技術支援シンポジウム

豊田 朋範

2018年11月1日～2日に東北大学片平キャンパスで開催された第7回アライアンス技術支援シンポジウムで招待講演を行った。これは、6月6日～8日に開催された第34回化学反応討論会で再会した高橋正彦・東北大学多元研教授から、第7回アライアンス技術支援シンポジウムの紹介と講演を打診いただいたことに始まる（p32）。招待講演はこれまでなかったことであり、5つの附置研究所の技術職員に共通するテーマを考える必要があった。

講演題目は「分子科学研究所装置開発室とその開発事例」として、装置開発室の構成スタッフと取り組む技術分野を紹介した後、開発中のディレイパルサーを題材として、機器開発において研究者との密接な討論と必要な機能を絞り込むことの重要性を中心に述べた。本講演は大変好評で、意見交換会でも多くの賛同と質問を得て、活発な討論を行った。

本講演実現に尽力いただいた高橋教授、東北大学多元研技術室の皆様がこの場を借りて御礼申し上げます。



写真：招待講演の様子

新人活動報告

菊地 拓郎

1. はじめに

本年5月より、特任専門員として採用されました。民間企業を2社経ており、技術系の人間ではありましたが、工作機械の取り扱い経験はほとんどなく、未経験からの出発となりました。分子研で必要な技術を身に付けられるか不安はありましたが、装置開発室の皆様の指導を頂くことで、着実に成長していると実感できております。

本稿では、この数か月に私が活動し、経験してきた内容に感想を交えてご紹介したいと思います。

2. 新人研修

入所してまず、装置開発室のメンバーから各加工機、技術の説明を受け、実際に使用して体験させて頂きました。

加工機の中では、旋盤およびフライス盤を最も多く使用する機会がありました。材料ごとの切削条件、工具の選択、加工手順など最適な方法を選択するには、多くの経験が必要です。これらは、工作機械の基本中の基本となるため、常に技術を磨いていかなければならないと感じています。

図1は、アーク溶接の練習を行った際に作成した箱です。SUS板を5枚配置して、各接合部を溶接しました。初めて溶接をしてみて、箱を1つ作るにも、材質に合わせた出力の設定、穴が開かないよう一定に溶接棒を送っていく技術等、様々な経験や知識、技術が必要であり、こちらも一朝一夕では身に付かないことを実感しました。



図1：溶接練習品

3. 講習会

「所内講習」

所内の設備を利用するため、各セクションの講習会を新人研修の一環として受講しました。

- ◆ 安全講習会：工作室にある汎用機械の取り扱いと注意点（6月1日受講）
- ◆ リソグラフィ講習会：設備の使用方法、クリーンルームおよびイエロールーム内の作業（6月5日受講）
- ◆ 電子回路講習会：はんだ付けの作業方法と注意点（6月20日受講）

「外部講習」

装置開発室での業務を進める上で必要な技能や作業の中には、労働安全衛生法の規定により技能講習又は特別教育を受けなければならないものがあります。本年に受講したものについて下記に示します。

- ◆ アーク溶接特別教育：6月11日～13日@名古屋市工業研究所
- ◆ ガス溶接技能講習：7月10日～11日@日立建機教習センター愛知教育所

各講習は座学と実技の2部構成となっており、座学で技術について一通りの講義を受け、実際に溶接作業を行います。座学は、技術解説と同等に事故事例の紹介に時間を割いており、安全に作業するための意識付けに重きを置いているように感じました。

このほか、クレーン作業のための玉掛け技能講習、クレーン運転特別教育や自由研削砥石の特別教育を受講していく予定です。

4. 業務報告

上記の研修、講習以外で行なってきた業務についてご紹介します。

「通常業務」

装置開発室には、所内外のユーザーから装置や部品の加工依頼が寄せられます。はじめは、加工工程が簡単な依頼を担当しながら、経験を積みさせて頂きました。大まかな流れは、①図面を作成（3Dモデル→2D図面）し、②図面を基に加工をする。

現品への追加工あるいは、接続部品を作製するなどの依頼もあります。図2は、現品を採寸し、3DCADでモデル化し、追加部品（図中の赤色、黄色）をアセンブリしたものです。このように、イメージを具現化させるのは、モノづくりの醍醐味であると感じています。



図2：3DCADでのトレーシング

「一般公開」

本年は、3年に1度の一般公開が10月20日に開催されました。展示品は、来場者の目線から興味を示してもらえそうなものであり、かつ装置開発の要素が含まれるもので考えました。今回展示した3つの展示物のうち、テルミンと霧箱の2つを提案し、担当することになりました。(図3)

テルミンは、世界初の電子楽器とも言われるロシアの楽器です。見慣れないビジュアルと手を触れずに音を出す操作は、興味を引いてもらえるのではないかと考えました。回路は単純な構成で、自作が可能なものを参考にしました。電子回路班には回路設計と出力調整で協力頂き、はんだ付けは自で行いました。また、基板やスピーカーを納める筐体は3DCADで設計し、3Dプリンタで出力したものを使用しました。出力には、計算科学研究センターの松尾氏にご協力頂きました。

霧箱は、大学時代に作製した経験からこちらも見学者を楽しませられると考え、製作しました。霧箱は、普段見ることのできない宇宙線を間接的に観測できる装置です。部品構成が簡易的で大部分は、100円均一店などで購入可能なもので作りました。

当日は、残念ながら私用で参加することができませんでしたが、大盛況だったと聞き及んでおります。装置開発の業務は、研究者や企業とのやり取りが大部分を占めます。しかし、外部や一般の方に向けて発信する機会ですっかりと技術をアピールすることも重要な要素ではないかと感じています。



図3：製作したテルミン(左)と霧箱(右)

「職場体験実習」

地元中学校の生徒が職場体験実習に分子研を訪れ、11月15日、16日の2日間のうち16日を装置開発室が担当させて頂きました。

装置開発室の技術の一端を体験してもらうという趣旨で、表面処理(めっき)を体験してもらいました。

座学と実験の構成で、中学生でも可能な限り理解できるよう努めました。しかし、イオンや電気分解が未学習ということもあり、どのように説明すれば伝わるか、かなり苦心しました。理科が好きな生徒でしたので、とても真剣に聞いてもらえたのは幸いでした。

実験では、自分の手で実験をしてもらい、めっきが付いていく様子を見てもらいました。実験に際しては、危険が無いよう工程と設備に配慮し、保護具も着用しました。素材は、ステンレス製のスプーンやワイヤ放電加工で模った真鍮の模型にニッケルめっきおよび金めっきを施しました。(図4)



図4：めっき品(金およびニッケル)

この体験が、少しでも彼らの成長に寄与できたら幸いに思います。

5. 技術研究

依頼業務などの主要業務の傍らで、自己研鑽として力を入れていきたいと考えているのが、技術研究です。本年から所長奨励研究が復活したこともあり、「表面処理技術の導入に係る研究」を研究題目として、めっき技術の導入を進めています。

はじめの成果目標として、分子線スキマーの作製を設定しました。スキマーは海外製品があり、電铸による製造をしているそうです。装置開発室ではユーザーの要望に応えられるよう切削加工で製作されていました。

切削の技術を母型の作製に応用し、それに電铸することで、任意の厚み、希望する口径および材質でスキマーを製作することが期待できます。(図5)

特に同じ形状を繰り返し製作する場合に、切削で一から造る必要がなくなり、工数削減に威力を発揮します。

表面処理技術に関わっていた経験がこのような形で活かせることができ、非常に嬉しく感じております。ぜひ装置開発室の新たな技術として定着させていきたいと考えております。

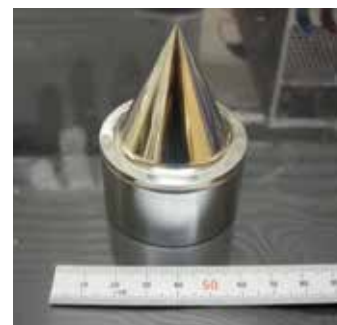


図5：スキマーの母型

6. おわりに

この1年を通して、様々な技能に触れ、新しく会得する機会に恵まれました。研究機関の技術職員は、ユーザーからの要求、求められる技能が民間企業のそれとは異なり、広い知識と高い技能を要することを感じました。

今後は、ユーザーの要望に応えられる技術力を身に付けること、それを以てベテラン技術者の技術を継承していくこと、新しい技術を取り入れて発展させていくことの3つを柱として、日々精進していきたいと考えております。

「異分野」を取り入れる － 機械・電気・情報の融合 －

木村 和典

1. はじめに

平成30年4月1日付けで技術課 装置開発室に特任専門員として採用され、東海北陸地区大学法人等職員採用試験を経て10月より電子機器開発技術班（エレクトロニクスセクション）所属の技術職員となった。これまでの学生生活を通じて培ってきた「ものづくり」の知識と経験が、幸いにして多少なりとも通用しているようで、一部の業務に関してはほぼ私が主導する形で進めているものすらある。今後もそれらで活かせるものは活かしつつ技術課職員の皆様の技能を吸収し、また自らも発信できるものは発信し、広くお役に立てるよう精進する所存である。

さて、通常業務に関する技術面の話題は技術報告で扱うものとして、ここでは筆者が学生時代に習得し、業務を遂行するにあたり支えとなった「異分野」の技能とその適用例について2種類ほど紹介する。

2. 機械分野－CADとNC工作

装置開発室エレクトロニクスセクション（以降、“回路班”とする）では主に電気・電子回路を用いた各種測定・実験機器を製作しているが、それらを納品する際にはほぼ必ず何らかのケースに収める事が必要となる。当然、コネクタ形状に合わせて都合よく穴が開いているものなどは市販されていないため、市販されているケースのパネルを加工することになる。従来この作業は回路班の職員が汎用工作機械（フライス盤やボール盤）を用いて行われていた。豊田氏によれば、回路の製作が容易に進んだ場合であってもこの段階で時間をとられる事が多かったという。

2015年に基板加工機が更新された際、吉田氏によりこれを用いたパネル加工が試みられている^[1]が、エンドミルの摩耗や材料の固定方法に起因する不具合などから立ち消えとなった模様である。

ところで筆者は電気系の学科を出て電気を扱う部門で働いているが、学生時代の課外研究ではロボット競技に参加し、それも専らマシンの機械部品製造と運用を担当していた。その関係で汎用・NC工作機械の操作、2D/3D CADおよびCAMに関しては多少の心得があった。そこで機械工作室にあるNCフライスを回路班の人間が使えないか青山氏に相談したところ快諾をいただき、機械そのものとNCコードに関して、それぞれ解説していただいた。

その後、折よく多数の穴加工を必要とする多チャンネル電源装置の製作依頼があり、試験的にNCフライスによる半自動加工を行った。結果は上々であり、不慣れな人間と比較して工作精度が良いのは勿論ながら、機械工作作業にあたっての拘束時間が大幅に削減された。

さらにこの1ヵ月後、特定の機能を有する回路をラックに収めて10台分納品して欲しいという工作依頼が入った。70[mm]*200[mm]という比較的狭いパネルに大量の部品を並べる事となったが（図1）、既にNCフライスによる加工実績があることから、過去に例の無い「測定器の量産」という業務は無事に遂行された。その後も多くの依頼で、ケースの加工は半自動化され、結果として本来の業務である電気・電子回路の製作と検証に注力する事が可能となった。

パネル加工については上記の通り解決したものの、組付けの際に部品 - ケース間の干渉が複数箇所判明した。現在、筐体設計の段階でそれらを検証するため、回路班においても機械班で用いられている3次元CADを使用できるよう準備を進めている所である。これも幸いにして使用経験があるため、製作のさらなる効率化等を目指す。

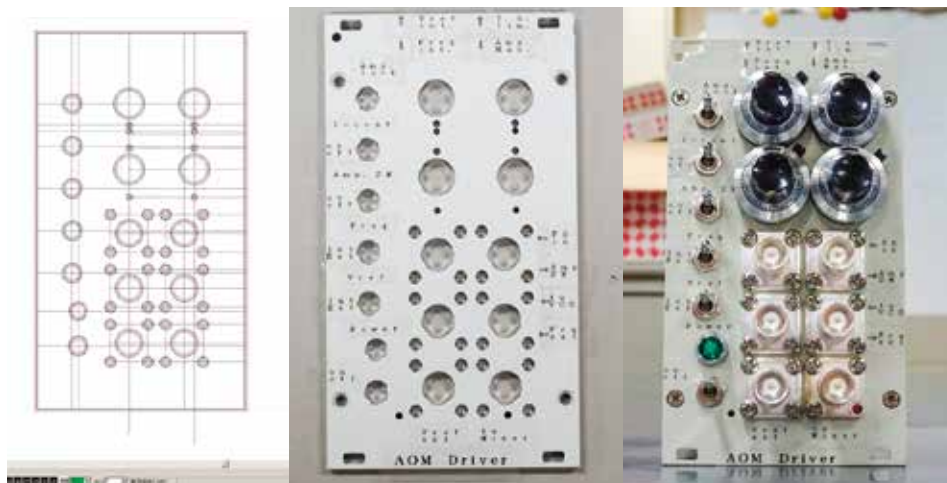


図1 量産した実験機器 左：CAD図面（NCコード生成用に作成） 中：製作した実物 右：部品実装後

3. 情報分野 - プログラミングと環境構築、バージョン管理

神戸大学技術職員研修の一環として分野別研修「FMラジオ受信機で体験するARMマイコンとC言語プログラミング」が9月21日に開講され、講師として装置開発室より豊田氏が招かれた。筆者は4月に新人研修としてそのプログラムを受けていたため、演習の補助を担当した。本来ならばガイダンスを含め2週間程度を要する内容を1日という短期間で終えなければならない日程の都合により、開発環境の構築と、研修を円滑に進めるための各種ファイルの配置統一などが障害となりえた。

このうち開発環境については、豊田氏よりマイコン用総合開発環境であるLPCXpressoのインストールマニュアルが送付され、当日までに参加者全員が用意してくるという方針で解決された。しかしサンプルプログラム、及びプロジェクトファイルの配置統一については、説明と確認のために時間を割かざるを得ない状態であった。

この問題の解決のために、Windowsの標準機能であるバッチ(.bat)の利用を考えた。すべての処理はコマンド化して特定のスクリプトファイルに収められ、ワンクリックで統一された環境を用意することが出来る。これにより研修の際に起こり得るトラブル(ファイルの紛失・参照先の不整合など)をある程度予防するとともに、本来の研修内容であるプログラミング演習に、より多くの時間を割くことが可能となった。このスクリプトは上記の研修において実際に用いられ、いくつかの点において改善の余地は見られたものの、参加者からは概ね好意的な意見を頂いた。

これについても学生時代の経験が活かされた形となった。上述の通り筆者は課外研究の一環でロボティクス競技、具体的にはロボカップと呼ばれる大会の一部門に参加していたが、この競技においては参加者のコミュニティにより開発された競技用ソフトウェア群の使用が前提条件となっており^[2]、それらはLinux系OSでのみ動作が保証されていた。当然ながら開発環境構築のためにはLinux環境を整え、各ツールを適切な場所に配置し、依存しているライブラリをインストールし、ソースコードからソフトウェアをビルドするといった一連の作業を行えなければならない。競技に参加し何らかの開発を行うことが目的であるにもかかわらず、その準備の段階で初心者を振り回し落ししかねない状態であった。そこで、シェルスクリプトによる自動セットアップツールを作成した。一度起動すれば、30分程度ですべての必須ソフトウェアが準備されるものであり、これは現在も開発とメンテナンスを続けている。

またこの際にGitを用いたバージョン管理についても触れており、業務においてはマイコン用プログラムの共通部分(例えば有機液晶表示器、スイッチやロータリーエンコーダの状態判別など)を抜き出したライブラリを準備する際に用いている。ある程度まとまった段階で機会があれば紹介したい。

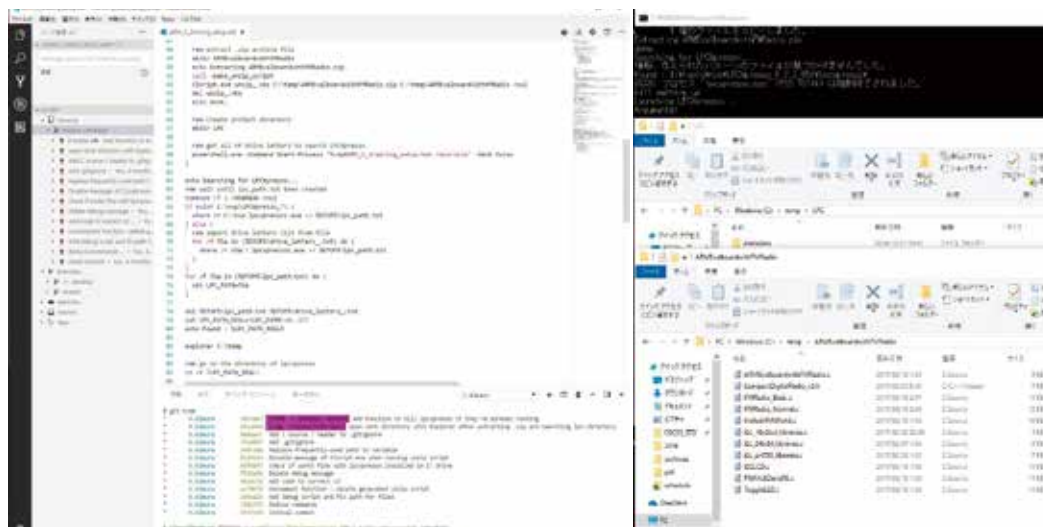


図2 演習用自動セットアップスクリプト開発の様子(左)と実行後のファイル構造(右)

4. まとめ

今回、筆者が初めて社会人として働き、各種業務を遂行するにあたって支えとなった異分野の技能について紹介した。両者に共通して、「本来注力すべき事項に注力するために、本筋でない部分を可能な限り省略・自動化する」という筆者の思想が根底にある。このためには、自分の専門に関する知識は勿論のこと、ある程度異分野についての見識も必要となる。紹介した事例が示す通り、これらの技能は決して本業である電気分野と明確に隔たれたものではなく、また分からなくなった際に「誰に聞けば解決されそうか」を判断する材料にもなるためである。

今後もし取り入れられるものは取り入れ、勿論専門分野についても見識を深め、所内外からの多様な要求に応えられるよう努めて行きたい。

5. 参考・引用文献

- [1]「プリント基板加工機の更新とパネル加工への応用」, 吉田久史, そうち掲示板249号(2015.11.24)
- [2]「RoboCup SSL – Official open source shared software」, <https://github.com/RoboCup-SSL>

17K18 回転セル用試料ホルダ



2枚のフッ化カルシウム円板で封じたタンパク質試料を一度に88個セット可能な回転式ホルダ。冷却効率が良いために銅板にニッケルメッキを施した。

17K22 狭部用スキマーΦ80



実験装置の改造により、フランジ部分の形状は変更せずに、高さを低くし先端穴径も小さくした。

18B19 ブリュースター角窓設置台



真空容器に設置して使用するため、ブリュースター角度を有する部品をICF70に溶接し製作。

18D08 ソレノイドバルブ式溶液交換流路ベース



2種類の液体をソレノイドバルブで交換して使用するための流路ベース。

18F06 光化学反応セル容器



サンプルに光を照射することで生じる温度上昇を抑制するための冷却容器。

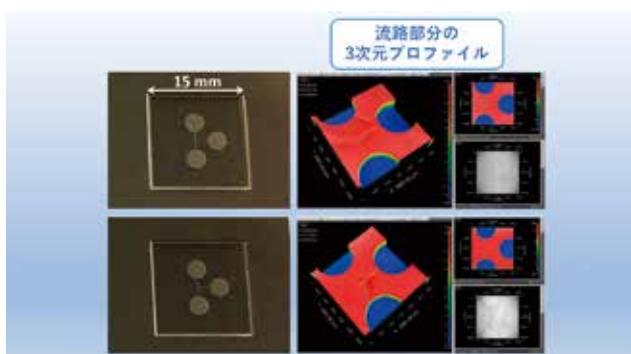
18J10 ヘルムホルツコイルボビン



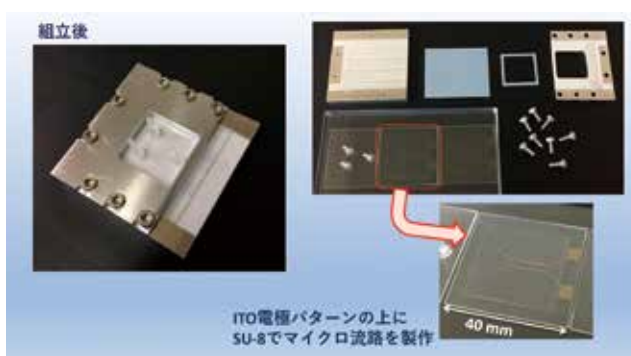
試料の磁場方向を一定にするため、均質な磁場を発生させるのに使用するコイルボビン。テーパ状の部分でパイプに固定する。

18A10 T字・Y字マイクロ流路

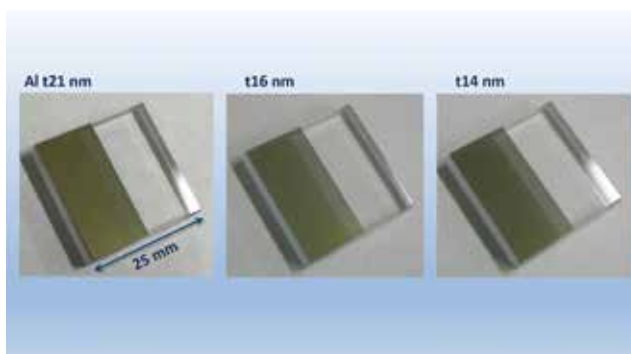
幅50 μ m、深さ50 μ mのマイクロ流路をPDMS樹脂で製作した。この流路は、軟X線吸収分光法(XAS)による溶液反応の分析に使用されるもので、軟X線が透過する厚さ100 nmのSi₃N₄膜と組み合わせて使用される。

**18B11 マイクロ流路電気化学測定システム**

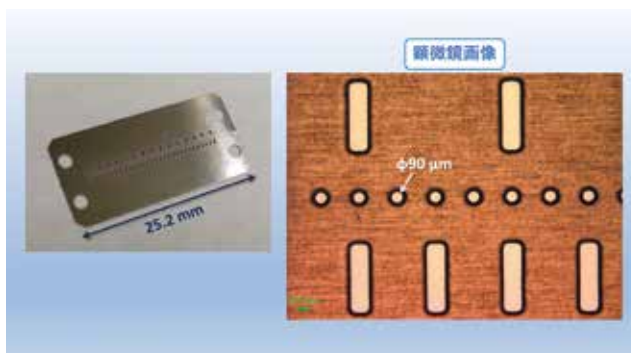
テンパックスガラス基板(□40 mm)に対して、ITOによる電極パターンと、その上にレジストSU-8でマイクロ流路を製作した。マイクロ流路のフタは取り外す必要があることから、アルミ製のホルダーで挟み込むことで固定している。

**18C11 膜厚指定アルミミラー**

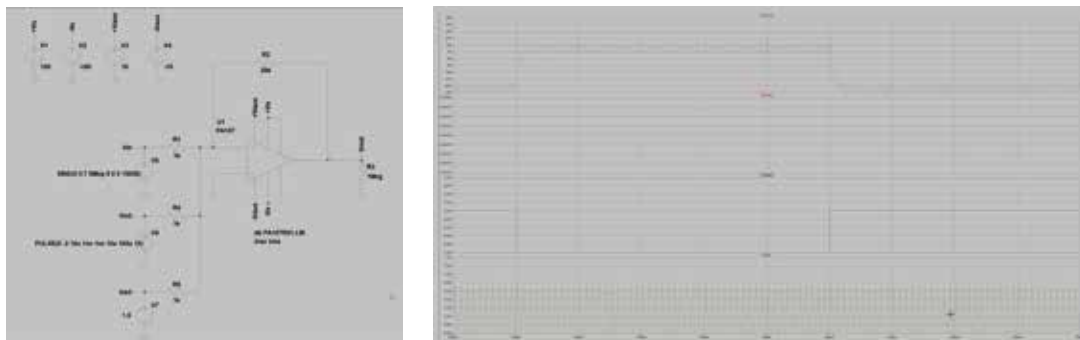
石英基板 □25×t5 (mm) の半面に対して、スパッタによりAlを厚さ16 nmになるように成膜した。Alの厚さは段差計と非接触三次元測定装置の2種類で測定し、段差計で厚さ21 nm、16 nm、14 nmの3種類の膜厚のサンプルを製作した。

**18J17 角度デバイススクリーン**

厚さ20 μ mのTi箔の両面にレジストパターンを製作し、両面からTiをウェットエッチングすることで微細貫通穴を製作した。貫通穴の大きさは、設計値が ϕ 50 μ mに対し、 ϕ 90 μ m程度であった。

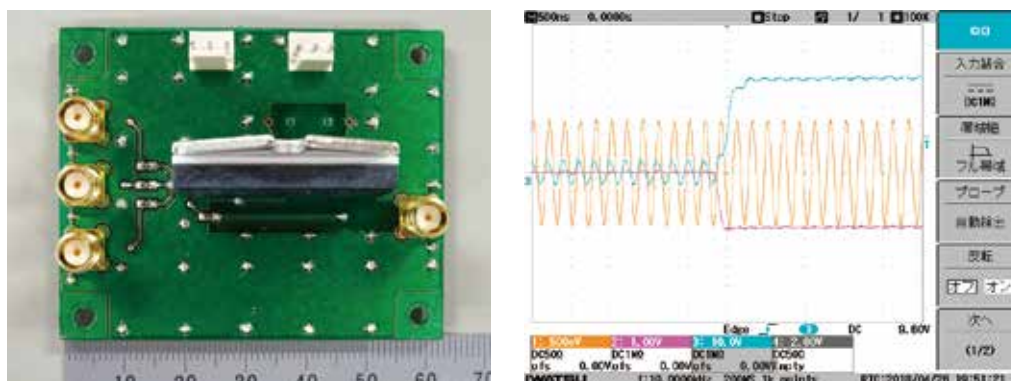


18A01 Paul 型四重極イオントラップ用 RF 信号合成回路：回路シミュレーション



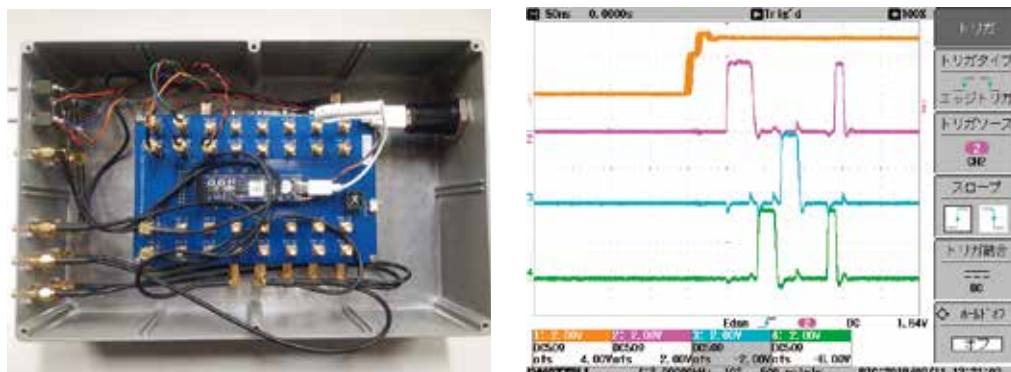
- 高電圧アンプ PA107 を中心とする 5MHz サイン波、パルス波、DC バイアス電圧を合成する回路のシミュレーションと解析
- 従来カット&トライで検証していた回路動作の検証や回路定数の最適化を、シミュレーションソフトを用いることで工程を削減し、高価な高電圧アンプ破損のリスクを低減。

18D03 Paul 型四重極イオントラップを用いた質量選別装置



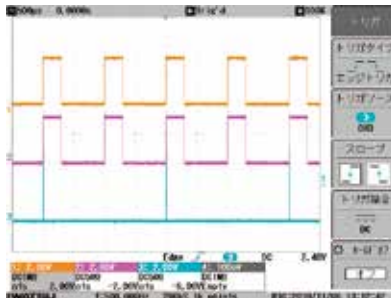
- 18A01 の結果を受けて設計した、3 入力 1 出力の RF 信号合成回路のプリント基板。
- 実験段階であるが、5MHz, $\pm 700\text{mV}$ サイン波、10kHz, 幅 $10\mu\text{s}$ のパルス波の合成と増幅に成功。

18D04 プログラマブルタイミング制御器レベル変換基板 (関連記事 p16)



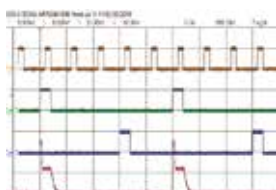
- さきがけ研究課題のループ型光量子プロセッサ開発に必要な、タイミング制御器とポッケルセル駆動用レベル変換回路。
- FPGA と電流帰還 OP アンプを用いて、時間分解能 10ns と立ち上がり・立下り 2ns の複数パルス出力を実現。

18H02 1ch ディレイパルサー (関連記事 p28)



- パルスレーザを用いた実験などで必要な、一定時間後に所定のパルス幅を出力する装置。
- 時間分解能 5ns、ディレイ時間 5ns ~ 4sec、パルス幅 1 μ s ~ 1ms。パルス出力とトリガ入力のモニタ出力はすべて 50 Ω 駆動可能。

18F02 ビームシャッターコントローラ Ver.4



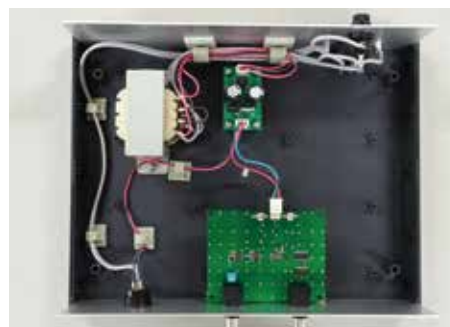
- パルスレーザの同期信号を受け、2台のビームシャッターをプログラマブルに開閉する駆動回路
- シャッター開のタイミング...シャッター①：0~9999パルス毎、シャッター②：0~9999パルス前

18G03 BL7U クライオ凍結防止温度コントローラ



- クライオ凍結防止のための加熱用 200Wヒータの定電流駆動電源回路
- 保護機構:ヒータ温度による電流制御、熱電対やヒータの断線検出、回路の過熱や過電流の検出

18H03 ボイスコイルモータ用方向指示回路



- ボイスコイルモータの移動に伴う信号変位量の極性に応じて、TTLレベルのロジック信号を出力する装置。
- OPアンプを用いた微分回路により、簡便かつ高感度な検出回路を実現。

機械グループ (216 件)

伝票番号	品名
18A01	蒸着遮蔽板修理・ホルダー改良
18A02	レーザーフォーミング用テスト板
18A03	Laser Head
18A04	段差溝構造付PDMS基板
18A05	スパッターターゲットホルダー製作
18A06	蒸着用シャッター板
18A07	サンプル回転用機構
18A08	トランスファーチューブリーク修理
18A09	マイクロレーザパーツ
18A10	T字・Y字マイクロ流路 [写真]
18A11	ミラーホルダー
18A12	金型カット
18A13	ヒーティングアルミブロック
18A14	積層ホルダー
18A15	スリット
18A16	UVガラスへの描画(パターン)
18A17	ニードル付き1/4パイプ
18A18	三脚用アダプタ
18A19	ピンホール($\Phi 0.05, 0.1, 0.2$)
18A20	回転セル用コントローラーパネル
18A21	ミラーホルダー
18A22	アルミプレート
18A23	結晶ホルダー 5X0.5用
18A24	Qスイッチレーザモジュール
18B01	スクロールポンプ修理
18B02	成膜チャンバー架台天板
18B03	赤外顕微鏡用ステージ
18B04	サンプル押え
18B05	減圧弁台座
18B06	ピラーを削る
18B07	一体型小型レーザー構成試験用角型
18B08	STM装置移設解体作業指導
18B09	分光器トランスファー導入部漏れ対策
18B10	チャンバー架台サポート追加工
18B11	マイクロ流路電気化学測定システム [写真]
18B12	極低温光学系の開発
18B13	光化学反応セル
18B14	レンズアダプタ
18B15	ソースフランジ
18B16	電極マウント他
18B17	ICF152マルチポート及びICF70SHVポート
18B18	レーザーバッフル付ICF70チルト窓ホルダー
18B19	ブリュースター角窓設置台 [写真]
18C01	減圧弁台座
18C02	PSVノズル
18C03	サンプルホルダー
18C04	フロー型電場セルの再接着
18C05	軸ステー
18C06	コネクタターミナル
18C07	角度治具・アイソレータ台

18C08	DFCレーザーVer.2
18C09	レンズアダプタ
18C10	導波管-平面回路変換器用フォトマスク
18C11	膜厚指定アルミミラー [写真]
18C12	補強台
18C13	Fan hole drilling
18C14	NW25フランジと1/2スエジロックの溶接
18D01	バインディングポストの製作(3D)
18D02	MOPA用ブレットボード
18D03	PDMS穴あけ位置決めガラス
18D04	HCF保護カバー
18D05	バックプレート追加工
18D06	パネル
18D07	PBS台
18D08	ソレノイドバルブ付溶液交換流路ベース [写真]
18D09	シュラウドカット
18D10	回転磁場発生装置
18D11	アダプター2種類
18D12	レンズアダプタVer2
18D13	レンズアダプタ小型
18D14	Qマス取付
18D15	SMAコネクタ取外し治具
18D16	回折格子ホルダ
18D17	スエジロック溶接
18D18	$\Phi 2\text{mm}$ 穴加工
18D19	積層ホルダー用プレート
18D20	レーザー遮光ボックス
18D21	BL1Uステアリング電磁石ヨークの加工
18D22	ガラス接合
18D23	冷却ユニット
18E01	サンプルホルダー
18E02	SQUID用特殊ロッド
18E03	スパッタ用試料ホルダ他
18E04	蒸着ホルダー改良
18E05	NMR資料管用治具など
18E06	小型レンズアダプタver2
18E07	ワク
18E08	排気口加熱器の試作
18E09	加熱器ターミナル
18E10	変換アダプタ
18E11	DFCホルダー修正追加加工
18E12	ハイパワーYAGファイバーホルダ
18E13	フィルター用アダプタ
18E14	レーザーモジュール3種用ロボットアームアタッチメント
18E15	結晶ホルダー $\square 8 \times 4\text{t}$ 型
18E16	DCFレーザー用ミラーホルダーM06F10型改
18E17	一体型小型レーザー部品修正加工
18E18	ウォブルスティック衝突防止機構
18E19	ヒートシンク
18E20	放物面鏡マウント他
18E21	レーザフォーミング用サンプルホルダおよびロボットステージ

2018年 工作依頼リスト

18F01	積層結晶ホルダー
18F02	プレートボード固定用ベースプレート
18F03	ファイバーベンチ用アダプタ
18F04	枠連結駒
18F05	光化学反応セル部品
18F06	光化学反応セル容器 [写真]
18F07	Φ0.8穴あけ加工
18F08	加熱器追加工
18F09	レーザー遮光ボックス
18F10	YCOBホルダー(結晶)
18F11	プレートボード追加工
18F12	ICF70追加工(M3タップ)
18F13	コイルボビン
18F14	積層治具他
18F15	結晶ホルダ
18G01	細胞融合用PDMS製マイクロチャンバー
18G02	LIBS試験片加工
18G03	ガラスチューブオープン
18G04	誘電緩和測定用固体試料ホルダー
18G05	モーターブラケット
18G06	ARTパーツ固定部
18G07	結晶ピックツール
18G08	冷却ブロック
18G09	回転ステージの改良
18G10	DCFレーザーVer.2結晶ホルダ13L
18G11	レーザー固定治具、UR3用
18G12	グレーティング作製
18G13	結晶ピックツールⅡ
18G14	同電位板
18G15	Φ4ガイドシャフト
18H01	冷却機構
18H02	DFCレーザーVer.2結晶ガイド1.5-8
18H03	フロー型電場セルの再製作
18H04	NW40ポート型水路
18H05	プレート各種
18H06	XRDホルダー(Al)
18H07	XRDホルダープレート見積依頼・納期
18H08	ブレードボード
18H09	X線ホルダー
18H10	サンプル押え
18H11	イオン源支持プレート他
18H12	Qマス改造
18H13	SAB装置Ver3改良
18H14	TT先端修理
18H15	DFCレーザー Ver.3 A型
18H16	電子検出器の部品
18H17	ヒーター昇降台
18H18	チューブアダプタ
18H19	ICF70外部容器
18I01	AOM水冷ヒートシンク
18I02	AOMアンプ用水冷ヒートシンク

18I03	YCOBホルダー追加工
18I04	Annularity adaptor
18I05	ART用固定パーツ溝切加工
18I06	白金線はんだ付け
18I07	DCFレーザーVer.2、DFC結晶ガイド
18I08	フィルタホルダ
18I09	インピーダンス測定用部品加工
18I10	フィルターチェンジャー
18I11	FTIR用アクリルケース(遮光型)
18I12	銅円柱(追加工)
18I13	AJFSS5-20追加工
18I14	ナット
18I15	ファイバーレーザー用アダプタ
18I16	除湿機用ドレン配管接続プレート
18I17	結晶ピックツールⅢ
18I18	LIBS用一体型小型レーザーHead
18I19	SHG一体型小型レーザー
18J01	ウォブルスティック衝突防止機構調整
18J02	DFCレーザーMOPAホルダ
18J03	X線光軸調整治具
18J04	光学部品台
18J05	真空ポンプシステム
18J06	XYZθステージの自動制御
18J07	ラディエーションシールド
18J08	ニードル付ICF34フランジ
18J09	光学レール取付プレート
18J10	ヘルムホルツコイルボビン [写真]
18J11	Rotatorスペーサー
18J12	ビームダンパー
18J13	Φ5アダプタ
18J14	積層結晶ホルダー
18J15	ステージ用アダプタ
18J16	ドリル研磨
18J17	角度デバイススクリーン [写真]
18K01	光化学反応セル2種類
18K02	コイル台座
18K03	顕微鏡アダプタ
18K04	分光用マイクロ流路基板
18K05	tilt機構
18K06	BL1U上下流二重窓ユニット
18K07	レーザーホルダロボットアーム固定治具
18K08	磁場解析/磁気ベクトルポテンシャルの出力
18K09	蒸着ホルダー
18K10	測定光学系真空容器
18K11	ミラー台座
18K12	ICF203両面エッジフランジICF34ポート再溶接
18K13	低温高圧サンプルホルダ
18K14	突切りバイト研削
18K15	銅キャップ
18L01	パイプ切断
18L02	PEEKセル追加工

18L03	部品加工
18L04	歯車部品加工
18L05	MCT固定部品
18L06	SUS板カット
18L07	一体型小型レーザーヘッド用ロボットアームアダプタ
18L08	プロボスタット用アウター電極
18L09	PC電極カバー
18L10	VTアダプター
18L11	ステージ接続プレート一式
18L12	プローブアダプター
18L13	蒸着用ボール修理
18L14	光学パーツ加工(Thorlabs CP02T/M
18L15	アンビルのネジ加工

2018 年 工作依頼リスト

電子回路グループ (68 件)

伝票番号	品名	
18A01	Paul型四重極イオントラップ用RF信号合成器: 回路シミュレーション [写真]	18H04 面内電流印加帯磁率測定用基板
18A02	オフセット対応フォトダイオード用アンプ	18I01 真空計データ取得用ケーブル
18A03	SDD用微分回路	18I02 インターロック機構
18A04	任氏波形発生器	18I03 SQUID 測定用基板 (2 種類)
18A05	ACインバータの修理	18I04 無線対応型警報システム
18A06	分周器	18I05 電流雑音測定回路
18B01	ピエゾセンサーケーブル修理	18I06 マニピュレーターコントローラボックス修理
18B02	ACインバータ電源(バイモルポンプ電源)	18I07 AC モータ速度コントローラ (改造)
18B03	プロボスタットアウター電極	18I08 フィルターチェンジャー用制御装置
18B04	温度制御システム	18J01 VCM 方向指示器
18B05	培養型プレーナーパッチクランプのベースライン ノイズシミュレーション	18J02 BNC ケーブル
18B06	反転アンプ	18K01 サーボコントローラ用コマンド入力信号インター フェース
18B07	ACファン交換	18K02 PD 用 SMA ケーブル
18B08	AOMドライバ	18K03 Photo Detector Amplifier Board
18C01	シグマモータ用ケーブル(KEK仕様)	18K04 回転磁場発生装置用 8ch 温度表示器
18C02	モーター動作不安定	18K05 電圧分割器
18C03	BL7Uクライオ凍結防止ヒータ用電源	18K06 レーザ電源用信号降圧モジュール
18C04	高精度計測のための小型環境センサーの開発	18L01 再生増幅器用インターロック回路
18D01	ソレノイドバルブ制御装置	18L02 パルス磁場機構
18D02	microUSB基板	18L03 SQUID 測定用基板
18D03	Paul型イオントラップを利用した質量選別装置 [写真]	18L04 超高感度 3 軸磁場測定器
18D04	プログラマブルタイミング制御器出力レベル変換 回路 [写真]	
18E01	Paul型イオントラップを用いた質量選別装置 高電圧アンプ用電源	
18E02	ACモータ速度コントローラ	
18E03	100Hz(TTL) Trigger Driver	
18E04	レーザトリガー信号分配器	
18E05	レーザトリガーディレイ回路	
18E06	BL5Uセーフティケーブル修理	
18E07	クライオ凍結防止用ヒータ電源	
18E08	BL7U衝突防止回路修正	
18F01	定電流電源	
18F02	ビームシャッターコントローラVer.4 [写真]	
18F03	ACインバータの修理	
18F04	AOMドライバ(ラックモジュールタイプ)	
18F05	PMT用電源・アンプ	
18F06	電池ボックス	
18G01	SAB用SHVケーブル	
18G02	SABロードセル 電流導入端子配線	
18G03	BL7Uクライオ凍結防止温度コントローラ [写真]	
18G04	インターロック用ケーブル	
18G05	ケーブルBOXの作成	
18G06	HAR-1R150修理	
18G07	SQUID測定用基板	
18G08	A1 用インターロックケーブルの加工	
18H01	フォトディテクター	
18H02	1ch ディレイパルサー [写真]	
18H03	ボイスコイルモータ用方向指示回路 [写真]	

装置開発室 Annual Report 2018

平成 31 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

