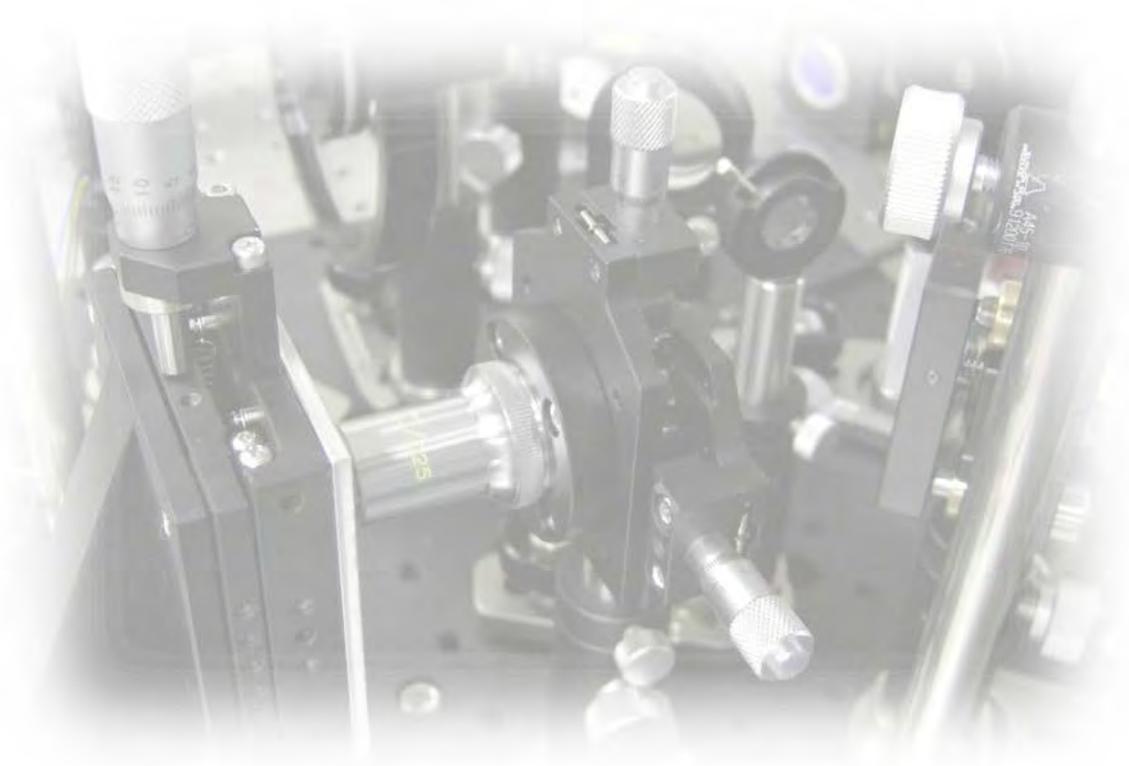


ISSN 1880-0440

装置開発室 *Equipment Development Center*

Annual Report 2009



自然科学研究機構 分子科学研究所
National Institutes of Natural Sciences (NINS)
Institute for Molecular Science

2009年度は大学等の教育研究機関の研究支援組織の設備について改めて考え直させられた年でした。私自身イオンチャンネルバイオセンサーを開発しており、この開発については分子研の装置開発室の皆さんのご支援無くしては成功がありえなかった研究です。4年前に始めた頃は失敗の連続で、うまく行かないたびにその当時装置開発室の班長であられ、現在技術課長の鈴木さんが、素子に改良を加えてくださいました。そのおかげをもって、現在では、ほとんど失敗無く素子が動作するようになりました。この素子は神経細胞ネットワークの機能解析ができる世界で初めての素子です。このような前例のない、しかも製作が難しい素子の製作は装置開発室の人と一緒に考えることが極めて重要です。

さて、本文の主題はこの後のことです。単一チャンネルの素子の動作に成功したことから、この素子の特徴をいかして、さらに多チャンネルの素子開発に挑戦することにしました。この場合、詳細説明は省きますが、Si基板ではなく大面積化が容易なプラスチック基板を使用できると非常に有利です。製作方法を調べた結果、現在の技術水準で製作可能ですが、そのためにはサブミクロンの精度で切削加工のできる機械が必要なくなりました。そして残念ながら、分子科学研究所の機械では数ミクロンの精度しか出せないこともわかりました。トップレベルは最新鋭のジェット戦闘機で飛行しているのに、全国の大学の研究支援をしている分子研装置開発室はいまだにプロペラ飛行機で戦っている現実を知り、頭に雷を直撃されたようなショックを受けました。私は、日本がナノテクを象徴するSi集積回路で、アメリカですら見下していた時代を経験しているため、悔しくて悔しくてたまりません。

なんとしても素子を製作する必要から、理化学研究所の大森博士の機械をお借りして作ることになりました。製作に立ち会って感じたことは、ナノメーターの精度で数センチ角の金属の加工ができることで機械の動作原理が旧来の旋盤やボール盤とは大きく異なると同時に、しかし実際に作るとなると、これまでの機械加工の知識も重要なことを知りました。すなわち、技術職員の方々には、この機械を本当に使いこなすには、従来にまして機械の知識、材料の知識、それに熟練という大変な努力が要求されるということです。お金があれば出来るという簡単なことではないということのようです。

私はなんとかして大学の研究者がこのような最新鋭の機械を利用できる環境を実現すべく努力しようと思いますが、技術職員の方々もそれを使いこなす勉強を一生懸命していただく必要があると感じています。

室長

宇理須恒雄

目次

構成スタッフ	1
イベント in 2009	2
施設利用	7
施設利用報告	8
研究会発表	9
技術報告	16
2009年 工作依頼リスト	35
2009年 製作品	38
トピックス	42
出張報告	48
設備関連	56



(後列左から) 宮下治美、内山功一、近藤聖彦、豊田朋範、吉田久史
 矢野隆行、浦野宏子、高松宣輝、青山正樹
 (前列左から) 高田紀子、宇理須恒雄、水谷伸雄、永田正明

 装置開発室長（併任）

	宇理須恒雄	URISU, Tsuneo	生体分子情報部門 教授
--	-------	---------------	-------------

 技術職員

 機械グループ

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

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

矢野隆行	YANO, Takayuki	
------	----------------	--

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

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

 電子回路グループ

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

内山功一	UCHIYAMA, Kouichi	
------	-------------------	--

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

 ガラス加工グループ

永田正明	NAGATA, Masaaki	係長
------	-----------------	----

 技術支援員

宮下治美	MIYASHITA, Harumi	
------	-------------------	--

高松宣輝	TAKAMATSU, Yoshiteru	
------	----------------------	--

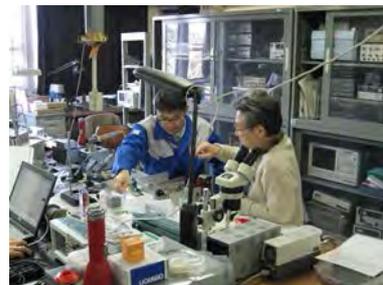
 事務支援員

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

1月

13日
～14日

増沢式微細穴加工専用放電加工機「タートル1号」組立
増沢マイクロ加工技術コンサルティング
増沢隆久氏と加工機を組立
(記事 56 ページ参照)



15日

コミュニティサテライトオフィス5周年記念特別講演会(場所:松坂屋岡崎店6階)
「分子を活用する近未来技術」
～分子科学研究所が関与するエネルギー問題や環境問題への取り組み～
地元企業との連携や共同開発に関する成果を紹介(近藤)

22日

東芝機械株式会社 出張(青山、水谷、近藤)
年度末導入予定のエア軸受スピンドルに関する打ち合わせ

2月

1日

高田紀子氏 技術課 機器開発技術班に配属

15日

クリスタル光学株式会社 技術打ち合わせ(水谷、矢野、近藤、高田)
施設利用(産業総合技術研究所)の課題の一つである金属ミラーの技術打ち合わせ



25日

技術課セミナー「超精密加工技術」(場所:岡崎コンファレンスセンター小会議室)
(記事 44 ページ参照)

3月

9日
～10日

平成20年度京都大学総合技術研究会
口頭発表1件
「USB接続NMR用高速高分解能データロガーの開発」豊田朋範他
(記事 10 ページ参照)

13日

装置開発室運営委員会(場所:研究棟201号室)

15日

～19日

北海道大学でのNMR実験実習(豊田)
(記事 54 ページ参照)

24日
～26日

バイオメディカル研究交流 中国出張(豊田)
(記事 51 ページ参照)

4月

22日 産業技術総合研究所 出張（水谷、青山、近藤、高田）



30日 兵庫県高度産業科学技術研究所（ニューズバル）出張



5月

28日
～29日 電子回路工作に関する講習会
2日に分けて講習



6月

4日
～5日 機械工作に関する安全講習会
2日に分けて講習



6月

9日 中学生職場体験
岡崎市立甲山中学校の2年生男子3名女子1名
回路工作の業務を体験

15日 浜松工業技術センターフェムト秒レーザー加工に関する技術打ち合わせ（青山・矢野）

22日 共同開発プロジェクト



7月

6日
～10日 技術職員受入研修（名古屋大学：立花）（記事46ページ参照）

8月

4日
～5日 キラ・コーポレーション技術打ち合わせ

18日
～21日 真空夏季大学（近藤、高田）（記事49ページ参照）

18日
～21日 東海北陸地区技術職員合同研修 装置開発コース（豊橋技術科学大学：近藤・高田）



9月

2日
～4日

東海北陸地区技術職員共同研修 電気・電子コース (福井大学：内山)

9日
～11日

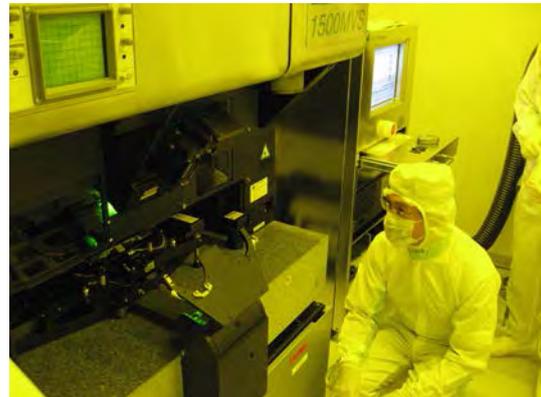
天文学に関する技術シンポジウム (水沢：高田)

(記事 12 ページ参照)



15日
～16日

産業技術総合研究所・ナノインプリント講習会 (矢野・青山)



(記事 48 ページ参照)

24日
～25日

VDEC 環境におけるトランジスタレベル設計講習会 (吉田・内山・豊田)



(記事 50 ページ参照)

10月

- 6日 特許セミナー
- 7日 装置開発室 HP(外部向け) の立ち上げ



- 17日 分子科学研究所 一般公開 (記事 45 ページ参照)
- 27日 装置開発室運営委員会

11月

- 9日 技術職員受入研修 (北海道大学：藤田) (記事 47 ページ参照)
- 26日 ~ 27日 放電加工技術勉強会



12月

- 10日 ~ 12日 北海道大学技術研究会 (青山・近藤)



内容を大きく変更してから5年の節目を迎えた「施設利用」であるが、このところの傾向として比較的長期的で開発的要素の多い内容が増加している。そのため、申請された課題の何件かは、一連の研究内容に関する項目で、継続的にかかわっていく事が多い。継続的に行われていると、反省し改善すべき点も出てきており、その一つとして、研究環境と開発環境の距離が離れているため、お互いの意志の疎通が図りにくい事が挙げられ、これは今後検討していくべき課題である。

ここで申請課題の一部を紹介すると、大阪大学の笠井教授から申請のあった「アライメント酸素分子ビーム発生用速度選択ディスク高精度ホルダの開発」は、平成17年度に施設利用課題として取り扱った「衝突アライメント配向分子ビーム発生用超小型メカニカル速度選別ディスクの開発」で製作したディスクをモーターと接続する部品で、3,000~12,000rpmの高速回転での使用ということで、製作後バランスの測定を行い完成に至った。

また、東京大学先端科学技術研究センターの橋本教授から申請のあった「酸化チタン光励起超親水化反応の機構の解明そのための装置作製」は真空環境内に水を入れて実験するため、排気系に気を配り、水の導入方法や機構を何度も実験しながら開発し、残留する水がどの程度到達真空度に影響を与えるのかを確認し装置の製作を行った。

以下に申請課題の一覧を表にまとめた。

施設利用申請課題一覧

申込者名	所 属	研究課題（備考）
馬場正昭	京都大学大学院 理学研究科	高輝度反射楕円回転体鏡の製作
橋本和仁	東京大学 先端科学技術研究センター	酸化チタン光誘起超親水化反応の機構の解明 そのための装置作製
鈴木和司	名古屋大学全学技術センター	衛星搭載または気球搭載用 Ge:Ga 圧縮型赤外線検出器の開発
笠井俊夫	大阪大学大学院理学研究科	アライメント酸素分子ビーム発生用速度選択ディスク高精度ホルダの開発
銘苅春隆	産業技術総合研究所	スパッタ成膜およびドライエッチング用自動回転機能付きサンプルホルダの開発
山口浩樹	名古屋大学大学院工学研究科	黒鉛製高温分子線源ノズル孔の孔開け
山崎優一	東北大学多元物質科学研究所	電子線コンプトン散乱の時間分解反応顕微鏡の開発による物質内電子移動の可視化
笠井俊夫	大阪大学大学院理学研究科	アライメント酸素分子ビーム発生用速度選択ディスク高精度ホルダの開発 II

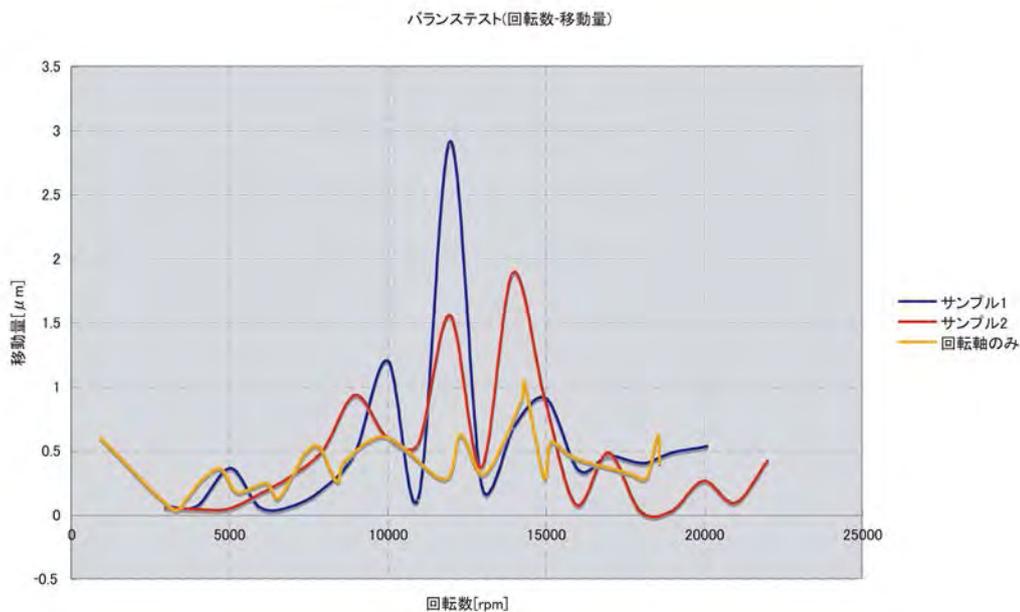
施設利用報告

所属・氏名 大阪大学大学院理学研究科・笠井 俊夫
研究題目 アライメント酸素分子ビーム発生用速度選択ディスク高精度ホルダの開発 (1)
施設利用月/日 平成 21 年 9 月 28 日 ~ 9 月 30 日
利用機器名 シグマ電子工業株式会社製フィールドバランス SB-7703R-PIM

今回、分子科学研究所装置開発室に作製依頼させていただいた「アライメント酸素分子ビーム発生用の速度選択ディスク高精度ホルダ」は、真空中で回転ベクトルの向きの揃った酸素分子ビームを発生することが可能な高分解能速度選別器のための特別仕様のホルダである。従って、その機械特性は通常のものより高分解能な速度選別性を必要とすること、また超高真空チャンバー内で正常に回転むらなく安定作動しなければならないことから、ディスク高速度回転に対して長時間のバランス保持が要求されるものである。そのため今回製作いただいたホルダを用いて、高速回転に対するバランステストを装置開発室で行った。

使用した測定装置は、高速スピンドルの振れを測定するために装置開発室に設置されている、シグマ電子工業株式会社製「フィールドバランス SB-7703R-PIM 型」で、測定可能最大回転数 $120,000\text{min}^{-1}$ である。フィールドバランスとは、振動センサと回転センサを使って回転軸の振れを測定する装置で、今回は真空モータの代わりにナカニシ製の高速スピンドル（モータ使用、最高回転数： $60,000\text{min}^{-1},\text{rpm}$ ）をマシニングセンタの回転軸に固定し、ホルダのない状態でスピンドルの回転特性を測定した。その後、マザック製の CNC 旋盤で製作されたホルダをネジ止めして取り付け、振れの測定を行った。回転軸の直径は 3mm 、ストレートピン直径公差は -5mm 、ホーロービスによるネジ止めで締結した。

バランステストの（回転数-移動量）の測定結果を下記のグラフで示す。回転数が $12,500\text{rpm}$ 付近に移動量が $1.5 \sim 3 \mu\text{m}$ と突出している部分があるが、高速スピンドルの特性（黄色の曲線）がほぼ傾向として出ているので、CNC 旋盤の機械公差から考えても非常に振れの少ない高精度ホルダであると考えられる。今後、真空モータを用いての実地テストが望まれる。



研究会発表

研究会、会議名	タイトル	発表者
平成 20 年度 京都大学総合技術研究会 2009 年 3 月 9 日～ 10 日	USB 接続 NMR 用 高速高分解能データロガーの開発 (口頭発表)	○豊田朋範 河本充司
第 29 回 天文学に関する 技術シンポジウム 2009 年 9 月 9 日～ 11 日	ホットエンボス加工を用いた バイオセンサー用アクリル基板の製作 (口頭発表)	○高田紀子

USB 接続 NMR 用高速高分解能データロガーの開発

○豊田朋範¹, 河本充司²分子科学研究所装置開発室¹, 北海道大学大学院理学研究院量子理学専攻²

1. はじめに

NMR(Nuclear Magnetic Resonance : 核磁気共鳴)の原理は、(1)強磁場中に置いた測定対象に RF(Radio Frequency)波パルスを照射する(2)測定対象の原子核スピンの振動(歳差運動)を始める(3)正の電荷を持つ原子核スピンの振動は振動磁場を発生させながら時間と共に減衰する(4)受信コイルで振動磁場により誘導されて生じる FID(Free Induction Decay : 自由誘導減衰)信号を検出する—というものである(図 1)^[1]。

FID 信号は短時間の微弱な信号であるため高速高分解能の A/D 変換が必要だが、このような A/D 変換器は形状が外部据え置き型か PC 内蔵型かを問わず高価である。また、PC との接続は近年 USB(Universal Serial Bus)普及と連動するそれ以外のインターフェースの衰退により、かつてのように回路基板を自作して接続することが困難である。

そこで、A/D 変換器評価ボードと市販キットを中心に、USB 接続により高速高分解能で PC にデータを取り込むためのデータロガーを開発した。

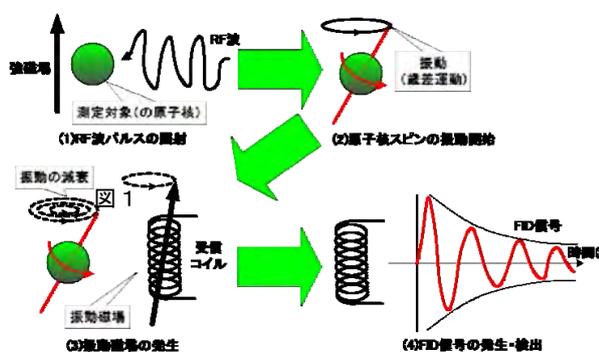


図 1 NMR の原理

2. 装置の構成や動作

本装置のブロック図を図 2 に示す。

A/D 変換器は 14bit, 2 チャンネル, 40MSPS の AD9248BCPZ-40^[2]の評価ボードを用いた(図 3)。A/D 変換器は、A/D Clock を入力することで 14bit×2 チャンネルのデータをパラレルで出力する。

IC の小型化は、最小ロット数や表面実装主体のパッケージの面で研究装置に使用する試作・少量の回路製作に困難をもたらすことがある。製造元が供給する評価ボードを使用することで回路基板試作に要する時間や労力を削減できるし、A/D 変換器の性能向上に評価ボードの交換という形で即応できる。

蓄積・転送部は A/D 変換器の出力データを蓄積し、後述する USB インターフェースと連携して PC にデータを転送する。

これには 144 マクロセル, 3200 ゲートの CPLD(Complex Programmable Logic Device)XC95144XL-10TQ144^[3]と USB コントローラ AN2131C(Cypress)を搭載したカメレオン USB^[4](図 4)と、128k×36bit パイプライン SRAM CY7C1347B-133AC(Cypress)を搭載したロジアナキット(図 5)を採用した。ロジアナキットは最大 133MHz でデータ書き込みが可能^[5]であるので、最大データ長

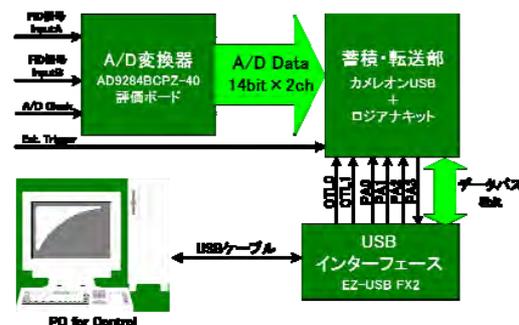
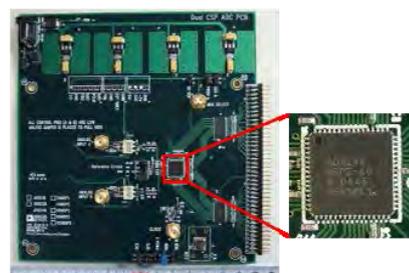


図 2 本装置のブロック図

図 3 A/D 変換器 AD9248BCPZ-40 と
その評価ボード

平成 20 年度 京都大学総合技術研究会
2009 年 3 月 9 日～ 10 日

32bit,133MSPS の A/D 変換器まで対応できる。

カメレオン USB の基板にあるコネクタにロジアナキットを接続し、SRAM の読み書きは CPLD で制御する。CPLD は、FID 信号の取り込み開始を指示する外部トリガ信号 Ext.Trigger が有効になると、0 番地から PC で指定した容量までアドレスをインク



図 4 カメレオン USB



図 5 ロジアナキット

リメントしながら SRAM に A/D 変換器が出力するデータを書き込む。また、PC からの読み出し指示を受けて 0 番地から指定した容量まで SRAM から 32bit のデータを読み出し、データを 8bit ずつ 4 回に分割して USB に出力する。

USB インターフェースは USB2.0 ハイスピード対応の 8051 コアを有するマイコン CY7C68013A-56^[6]を採用したキットである EZ-USB



図 6 EZ-USB FX2 (CY7C68013A-56)

FX2^[7](以下 FX2)を用いた(図 6)。カメレオン USB にも USB インターフェースが搭載されているが、USB コントローラである AN2131C は USB1.1(最大 12Mbps)規格であり、高速大容量転送には適さない。AN2131C は WebPack で生成する CPLD の回路構成ファイルである JEDEC ファイルの書き込み以外では未使用とした。



図 7 EZ-USB FX2 と
カメレオン USB の接続

今回は FX2 から本装置を制御できるように FX2 の制御出力とデータ入出力、更に電源と GND をカメレオン USB にはんだ付けした(図 7)。

3. 観測結果

本装置では蓄積・転送部の $128k \times 32bit \div 4Mbit$ のデータを転送するのに約 13.08msec を要する。これは bps 換算で $4Mbit \times (1/13.08msec) \div 305.8Mbps$ である。NMR における FID 信号は微弱なため高速高分解能の A/D 変換器と大容量のメモリが必要なこと、また、FID 信号の強度によるが、NMR で必要なスペクトルを得るために数十回から十万回以上の積算を要することから、高速データ転送は非常に有効である。

4. まとめと課題

メーカーが供給する A/D 変換器評価ボードと市販のキットを組み合わせ、VHDL や GPIF デザイナーなどソフトウェア的な設計ツールを使用することで、ハードウェアの大幅な改変なしに高速高分解能のデータロガーを製作できた。

A/D 変換器からのデータ出力の配線を長くしたことで、PC に取り込んだデータが不規則にビットシフトする現象に見舞われた。高速データの配線には十分な注意が必要であると感じた。

5. 参考文献

- [1] 「MRI の基本パワーテキスト 第 2 版」 Ray H.Hashemi, William G.Bradley, Jr., Christopher J.Lisanti 著
荒木力 監訳 メディカル・サイエンス・インターナショナル p17～47
- [2] AD9248 データシート Analog Devices(<http://www.analog.com/jp/index.html>)
- [3] XC95144XL-10TQ144 データシート Xilinx(<http://japan.xilinx.com/>)
- [4] オプティマイズ カメレオン USB(<http://optimize.ath.cx/cusb/index.html>)
- [5] CY7C1347B データシート Cypress(<http://www.cypress.com/>)
- [6] CY7C68013A-56 データシート Cypress(<http://www.cypress.com/>)
- [7] オプティマイズ EZ-USB FX2(http://optimize.ath.cx/FX2_USB/index.html)

第 29 回天文学に関する技術シンポジウム 集録用原稿

ホットエンボス加工を用いたバイオセンサー用アクリル基板の製作

分子科学研究所 技術課 機器開発技術班 (装置開発室)

高田 紀子

1 背景・目的

分子科学研究所 宇理須教授のグループから依頼を受け、装置開発室では以前からイオンチャンネルバイオセンサーの開発を行っている。イオンチャンネルバイオセンサーは、神経細胞のシグナル伝達やイオンチャンネル等膜貫通タンパク質の研究において、細胞のイオン電流を計測するために使用される装置で、すでに確立されている手法もあるが、装置が大掛かりな上に 1 実験あたり 1 データしか取得できない点が問題とされている¹⁾²⁾。これらの問題点を解決するため、これまでに図 1 a) のような 1 点型の装置を開発し、現在これを用いて実験を行っている。さらに 16 点同時に計測できる多点型のイオンチャンネルバイオセンサーの開発を目標としている (図 1 b)。

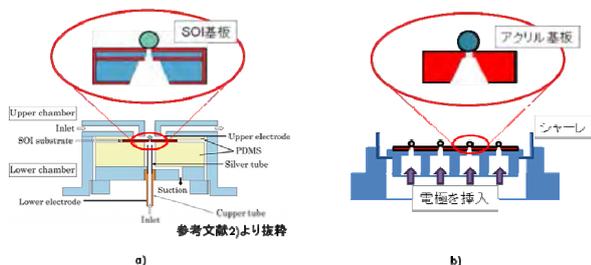


図 1 イオンチャンネルバイオセンサーの構造
a) 現在イオン電流の計測に使用している 1 点型のバイオセンサー
b) 現在開発中の多点型のバイオセンサー (一部)

イオンチャンネルバイオセンサー用基板の製作方法を図 2 に示す。16 点型のイオンチャンネルバイオセンサーを製作するにあたって、コストの低減や量産という点を考慮し、加工材料や加工方法を見直しながら行っている。例えば加工材料は、SOI (Silicon On Insulator) 基板を用いていたところを、価格が安く、LIGA プロセスによる穴あけ加工が可能である点から、アクリル樹脂で検討している。また、加工方法については、これまで研磨加工とウェットエッチングで行っていた部分

をホットエンボスに、FIB による穴あけ加工は LIGA プロセスを利用して行うことを検討している。これらの加工方法の利点には、高精度である点と 1 回の処理で複数個同時に加工できる点が挙げられる。その中で今回は、ホットエンボス加工について報告する。

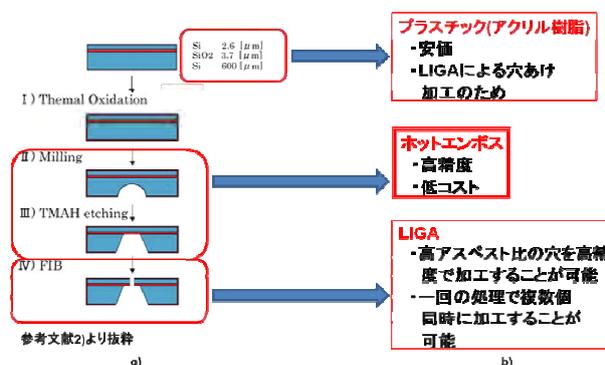


図 2 イオンチャンネルバイオセンサー用基板の製作方法
a) 現在使用している 1 点型バイオセンサー用基板の製作方法
b) 現在開発中の多点型バイオセンサー用基板の製作方法 (計画)

2 ホットエンボス加工

今回ホットエンボス加工で製作したい基板の構造を図 3 a) に示す。大きさが約 50mm×50mm、厚さが 0.2~1mm のアクリル基板に対して、10μm 以下の薄膜部分を残すことを現在のところ目標としている。

また、ホットエンボス加工のイメージ図を図 3 b) に示す。製作したいアクリル基板の構造に対して凸型の構造をもつ金属製のモールドと、アクリル基板とをそれぞれ真空チャックに固定し、モールドを加熱しながらアクリル基板に対して押しつける手法である。そうすることで、ガラス転移温度以上になったアクリル基板がモールドの型に沿って変形する。形状を支配するパラメーターとしては、加熱温度、押し付け量 (Z 軸座標、荷重)、押し付け時間、アクリル基板の厚さ、モールドの

突起の形状等が考えられる。

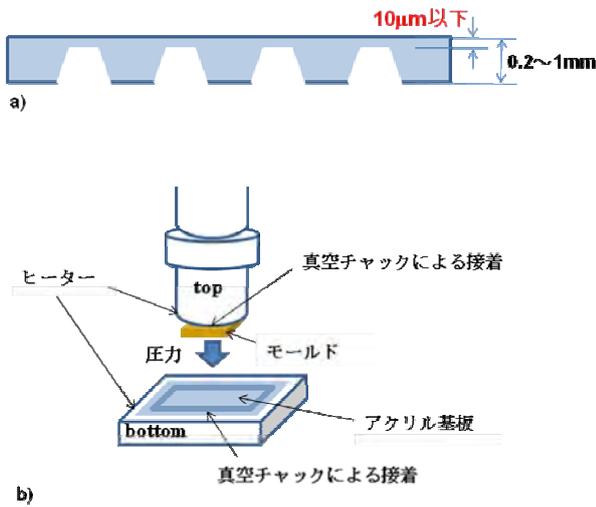


図 3 ホットエンボス加工
a)ホットエンボス加工を用いて製作したいアクリル基板の構造
b)ホットエンボス加工のイメージ図

アクリル基板の仕様を表 1 に、モールドの形状を図 4 に示す。本来は 16 点型のバイオセンサーの開発を目指しているが、今回は試作ということで、荷重の低減のため、4 点での検討を行った。

表 1 アクリル基板の仕様

品名	クラレックス精密板 Sタイプ	
サイズ	・70mm×70mm×厚さ0.5mm ^{*1} ・70mm×70mm×厚さ0.2mm ^{*1}	
熱的性質	熱変形温度	110℃
	熱膨張係数	7×10 ⁻⁵ cm/cm/℃
	加熱成形温度	140~180℃

^{*1} 厚さ 0.5mm と 0.2mm の 2 種類を使用した。

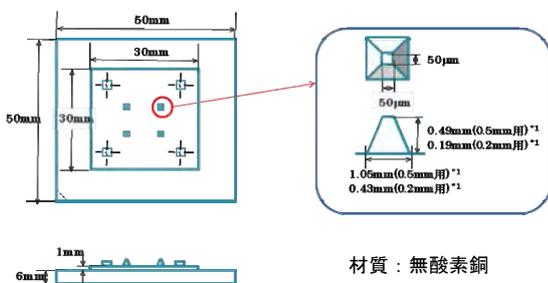


図 4 モールドの形状
^{*1} 0.5mm と 0.2mm の 2 種類の厚さのアクリル基板に対して、それぞれ異なる形状の突起をもつモールドを使用した。

3 実験結果

3-1 ホットエンボスの結果（アクリル基板の厚さ 0.5mm とモールド 0.5mm 用を使用した場合）

厚さ 0.5mm のアクリル基板と 0.5mm 用のモールドを使用した時の結果を表 2 にまとめた。温度は 180℃、押し付け速度は 10μm/s に固定し、目標残膜の厚さを 50μm と 10μm、押し付け時間を 1 分と 2 分とで条件を変えて行った。その結果、ホットエンボス後の残膜の厚さは、Z 軸座標で調整した目標残膜の厚さとは異なる値を示した。また、アクリル基板の厚さが薄くなるほど残膜の厚さが薄く、また、荷重が小さくなる傾向が得られた（図 5）。

表 2 ホットエンボスの条件と結果
(アクリル基板の厚さ 0.5mm とモールド 0.5mm 用を使用した場合)

A No.	B アクリル基板の厚さ	C ホットエンボスの条件				D 荷重	E ホットエンボス後の残膜の厚さ
		C-1 目標残膜の厚さ ^{*2}	C-2 温度	C-3 押し付け時間	C-4 押し付け速度		
1	548μm	50μm	180℃	1分	10μm/s	5300N	80.1μm
2	496μm	50μm	180℃	1分	10μm/s	3500N	46.6μm
3	532μm	50μm	180℃	1分	10μm/s	5400N	71.6μm
4	487μm	10μm	180℃	1分	10μm/s	4000N	40.2μm
5	495μm	10μm	180℃	2分	10μm/s	4700N	46.2μm

^{*1} アクリル基板の 4 隅をマイクロメーターで計測した値の平均値
^{*2} Z 軸の座標で調整
^{*3} アクリル基板にモールドを押し付けている時の最高荷重の測定値
^{*4} 光学顕微鏡の焦点距離の差により計測した値（各穴について n=1。示している値は、4 穴/1 基板の平均値）

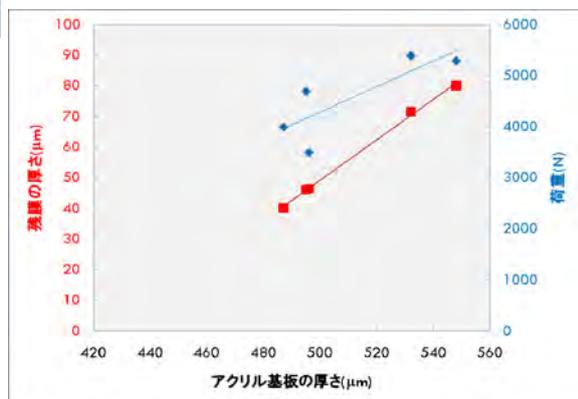


図 5 残膜の厚さと荷重に対する、アクリル基板の厚さの影響
アクリル基板の厚さ 0.5mm とモールド 0.5mm 用を使用した場合

3-2 ホットエンボスの結果（アクリル基板の厚さ 0.2mm とモールド 0.2mm 用を使用した場合）

厚さ 0.2mm のアクリル基板と 0.2mm 用のモールドを使用した時の結果を表 3 にまとめた。温度、

押し付け時間、押し付け速度を固定し、目標残膜の厚さを 50 μm と 10 μm とで検討を行った。それに加えて、使用したホットエンボス加工装置の最大荷重である 5000N で行うことで、最大でどこまで薄くすることができるか試みた。その結果、荷重が 5000N の時残膜の厚さは 16.5 μm であったことから、この実験系では、残膜の厚さが 16.5 μm が限界であると考えられる。また、3-1 と同様、残膜の厚さに関して目標値と計測値とが一致しておらず、ここでは、荷重が大きくなるほど残膜の厚さが薄くなる傾向が見られた。

表 3 ホットエンボスの条件と結果
(アクリル基板の厚さ 0.2mm とモールド 0.2mm 用を使用した場合)

A No.	B アクリル基板の厚さ *1	C ホットエンボスの条件				D 荷重 *3	E ホットエンボス後の残膜の厚さ *4
		C-1 目標残膜の厚さ *2	C-2 温度	C-3 押し付け時間	C-4 押し付け速度		
1	210 μm	50 μm	180 $^{\circ}\text{C}$	1分	10 $\mu\text{m/s}$	600N	57.7 μm
2	209 μm	10 μm	180 $^{\circ}\text{C}$	1分	10 $\mu\text{m/s}$	1100N	41.3 μm
3	208 μm	荷重制御	180 $^{\circ}\text{C}$	1分	10 $\mu\text{m/s}$	5000N	16.5 μm

↑
使用したホットエンボス加工装置の最大の荷重

- *1 アクリル基板の 4 隅をマイクロメーターで計測した値の平均値
- *2 Z 軸の座標で調整
- *3 アクリル基板にモールドを押し付けている時の最高荷重の測定値
- *4 光学顕微鏡の焦点距離の差により計測した値 (各穴について n=1。示している値は、4 穴/1 基板の平均値)

3-3 アクリル基板の SEM 観察

ホットエンボス後のアクリル基板の突起部分、アライメントマーク部分、30mm 角の段差部分の SEM 画像を図 6 に示す。これらの SEM 画像より、30mm 角の段差部分にのみアクリル樹脂の盛り上がり確認された。この部分がホットエンボスの際に必要な以上に荷重がかかる原因となり、残膜の厚さの限界につながっている可能性が考えられる。

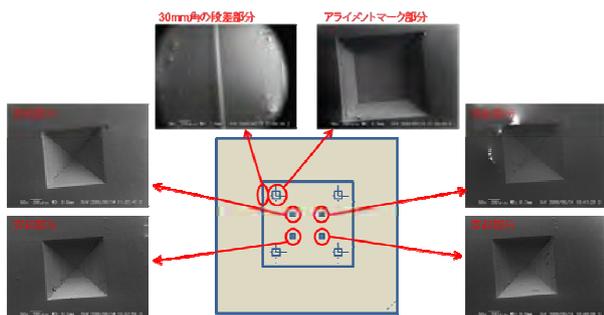


図 6 ホットエンボス後のアクリル基板の SEM 画像

3-4 ホットエンボスの結果 (アクリル基板の厚さ 0.2mm とモールド 0.5mm 用を使用した場合)

最後に、厚さ 0.2mm のアクリル基板と 0.5mm 用のモールドの組み合わせを試みたので、その結果も示す (表 3)。温度、押し付け時間、押し付け速度はこれまでと同じ条件で、目標残膜の厚さは 10 μm で行った。その結果、モールドの突起がアクリル基板を貫通し、先端が潰れていることが、光学顕微鏡観察より確認された (図 7)。このことから、この実験系では、残膜の厚さを制御することはできなかつたが、10 μm まで薄くするために必要な力は足りていると考えられる。

表 4 ホットエンボスの条件と結果
(アクリル基板の厚さ 0.2mm とモールド 0.5mm 用を使用した場合)

A No.	B アクリル基板の厚さ *1	C ホットエンボスの条件				D 荷重 *3	E ホットエンボス後の残膜の厚さ *4
		C-1 目標残膜の厚さ *2	C-2 温度	C-3 押し付け時間	C-4 押し付け速度		
1	198 μm	10 μm	180 $^{\circ}\text{C}$	1分	10 $\mu\text{m/s}$	1500N	貫通

- *1 アクリル基板の 4 隅をマイクロメーターで計測した値の平均値
- *2 Z 軸の座標で調整
- *3 アクリル基板にモールドを押し付けている時の最高荷重の測定値
- *4 光学顕微鏡の焦点距離の差により計測した値 (各穴について n=1。示している値は、4 穴/1 基板の平均値)

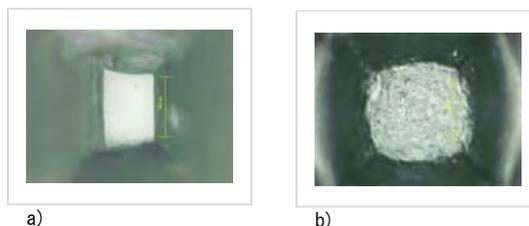


図 7 ホットエンボス後アクリル基板における突起転写部分の光学顕微鏡写真
a) 貫通する前のモールドを使用した場合
b) 貫通した後のモールドを使用した場合

4 まとめ

今回行ったホットエンボス加工では、設定した目標残膜の厚さに対して実際の計測値は異なる値を示しており、目標としていた 10 μm 以下の薄膜部分を製作することができなかった。残膜の厚さに影響する因子には、アクリル基板の厚さとモールドの突起形状とのバランスや、それに対する荷重の大きさ等が考えられる。今回は荷重の低減のため、30mm \times 30mm の大きさのモールドで、突起の数も 4 個で行っているが、最終的な目標は、大

第 29 回 天文学に関する技術シンポジウム
2009 年 9 月 9 日～ 11 日

きさが 50mm×50mm、突起の数は 16 個であるので、このことを踏まえながら、基板の厚さと突起の形状の適当なバランスと荷重について、今後も条件を検討していきたい。

5 謝辞

ホットエンボス加工を行うにあたって、(独)産業技術総合研究所 先進製造プロセス研究部門 インプリント製造技術研究グループの銘苅春隆博士にご協力を頂きました。ありがとうございました。

参考文献

- 1) Tsuneo Urisu etc. : Anal Bioanal Chem 391, pp. 2703-2709, 2008
- 2) 浅野豪文ら : 表面科学 Vol.28, No.7, pp. 385-390, 2007

2009 年 技術報告

高田 紀子

1. はじめに

2009年2月より、分子科学研究所 技術課 機器開発技術班に採用、装置開発室の機械グループに配属された。これまでに、CADによる製図や、旋盤・フライス盤・ワイヤー放電・溶接などの加工について、同じ装置開発室の水谷氏や矢野氏から指導を受けたり、平成21年度東海・北陸地区国立大学法人技術職員合同研修（機械コース）を受講したりした。また現在は、分子科学研究所 生体分子情報部門の宇理須教授からの依頼業務で、多点型イオンチャンネルバイオセンサーの製作に携わっているので、これらについて報告する。

2. 製図・加工の実習

装置開発室での旋盤・フライス盤などによる加工の練習材料として、メモホルダー（図1）とだるま落とし（図2）の製作を行った。

メモホルダーの製作は、まず完成品を見ながら図面を書き、それをもとに加工を行った。シャーリングによる材料の切断や、ハイトゲージによるけがき作業、ボール盤による穴あけ作業、タップの立て方、フライス盤について教わった。

だるま落としの製作では、旋盤を多く使用した。円柱材料の外面と端面の加工や、ドリルによる穴あけ加工、リーマによる仕上げ加工、突っ切りバイトによる切断などについて指導を受けた。また、だるま落としの胴体部分は、数種類の材料を用いて加工したため（図2下から順に、ガラスエポキシ、テフロン、アクリル、真鍮、銅、アルミ、ステンレス）、それぞれの材料によってくせがあり、回転数などの加工条件が異なることを学んだ。

平成21年度 東海・北陸地区国立大学法人等技術職員合同研修（機械コース）では旋盤実習を受講し、グラインダーを用いたハイスバイトやハイスドリルの研ぎ方や軸と穴のはめあいについて学んだ（図3）。



図1 メモホルダー

図2
だるま落とし

図3 東海・北陸地区国立大学法人等技術職員合同研修（機械コース）において、グラインダーの実習を受けている様子

3. 多点型イオンチャンネルバイオセンサーの製作

イオンチャンネルバイオセンサーは、神経細胞のシグナル伝達やイオンチャンネル等膜貫通タンパク質の研究において、細胞のイオン電流を計測するために使用される装置である。この種の装置として、ピペットを用いたパッチクランプ法はすでに確立されている手法として電気生理学の分野で広く用いられているが、(1) 装置が大掛かりであり、ハイスループットスクリーニング応用に必要な多点測定ができない、(2) 細胞の寿命が短いため、長時間の経過観察ができない、(3) 熟練操作が必要、などの応用上の問題が指摘されている¹⁾²⁾。これらの問題点を解決するため、宇理須教授のグループと装置開発室とでは、これまでに1点型のプレーナー型イオンチャンネルバイオセンサーを開発し、これを用いて実験を行っている。さらに現在は、16点同時に計測できる多点型のイオンチャンネルバイオセンサーの開発を目標としている。

16点型のイオンチャンネルバイオセンサーを製作するにあたって、図4のようなバイオセンサー用台・電極挿入部品・シャーレの図面を作成し、それをもとに製作を行った。バイオセンサー用台は所内の工作室で加工し、電極挿入部品は外注した。これらはまだバイオセンサー用の部品の一部で、それ以外に、超精密な微細構造をもつ金型とアクリル基板の製作が必要である(図5)。そのために、理化学研究所での超精密ナノ加工機「ROBONANO(FANUC)」を用いた金型の製作や、産業技術総合研究所でのホットエンボスによる10 μm 以下の薄膜部分の製作、兵庫県立大学 ニュースバルでの放射光エッチングによる直径数 μm の穴あけ加工について、それぞれの機関の方々のご協力のもと、現在試作中である。

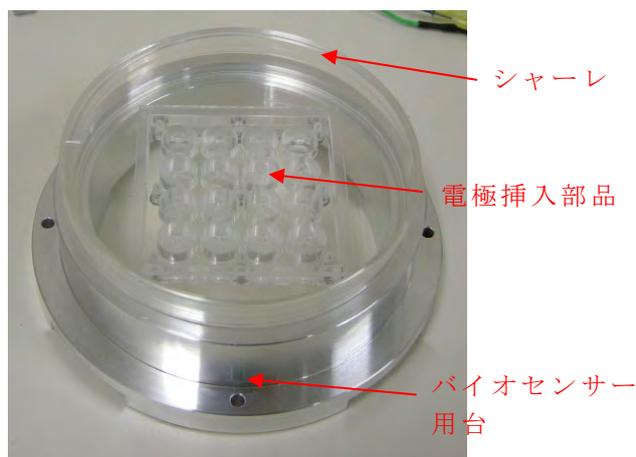


図4
16(4×4)点型のイオンチャンネルバイオセンサー (一部)

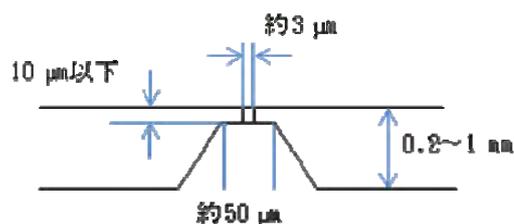


図5 アクリル基板の微細構造

参考文献

- 1) Tsuneo Urisu etc. : Anal Bioanal Chem 391, pp.2703-2709, 2008
- 2) 浅野豪文ら : 表面科学 Vol.28, No.7, pp.385-390, 2007

酸化チタン光誘起超親水化反応の機構解明に用いる装置の開発

近藤聖彦

1. はじめに

酸化チタンを利用した例は、中部国際空港のガラス窓、自動車のドアミラー、道路のカーブミラーなどが上げられる。これらは、酸化チタンをコーティングしたガラス表面に太陽光をあてるとその表面が水と非常になじみやすい状態になり、雨水や散水によって油が浮きあがって取れる作用を利用してガラス表面を清浄な状態に保つ製品として使用されている。この現象は超親水化と呼ばれており、この機構には2つの学説がある。学説の1つは、酸化チタンの薄膜表面に付着した有機物が酸化チタンの酸化分解反応により除去され、表面が清浄化するという説。他方は酸化分解もするが、表面の構造変化が起きているという説である。これらの現象を実証する実験を行うための装置開発について東京大学から施設利用依頼があった。

2. 装置開発

2.1 装置構成

製作した装置は、図1に示すように試料を清浄化するクリーニングチャンバ、接触角を測定し親水性の評価をおこなうためのメジャーメントチャンバ、既存のXPSチャンバで構成されている。トランスファーロッドは試料を搬送するのに使用する。

2.2 装置の使用法

試料の主な取り扱い手順は、①プレチャンバに試料を設置し、XPSチャンバを通してトランスファーロッドを使用しクリーニングチャンバに試料を搬送、②クリーニングチャンバ内でイオン源を用いて試料の清浄化とヒータを用いて酸素雰囲気中で試料の加熱処理を行い欠陥部分に酸素の補充、③清浄化した試料表面の不純物などをXPSチャンバで確認、④メジャーメントチャンバに試料を搬送、⑤合成空気の導入、⑥紫外線照射後、接触角の経時変化の観察、⑦XPSチャンバで表面の酸素とチタンのピーク変化を確認、となっている。

2.3 メジャーメントチャンバの構成

筆者は主にメジャーメントチャンバの設計製作を担当したので、メジャーメントチャンバについて記述する。図2に示すようにメジャーメントチャンバは、接触角を測るために水を導入する機構、接触角測定時にチャンバ内を清浄な雰囲気にするための合成空気を導入するポート、試料を搬送するトランスファーロッド、試料ホルダーの位

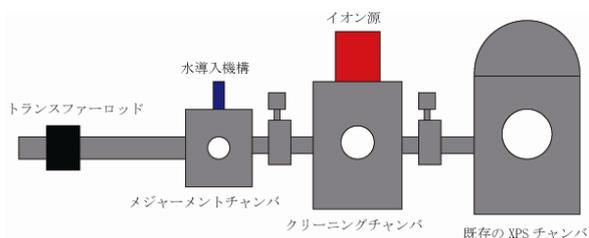


図1 装置構成

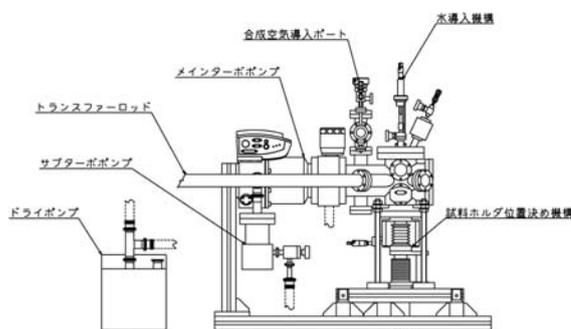


図2 メジャーメントチャンバの構成



図3 初期の実験装置

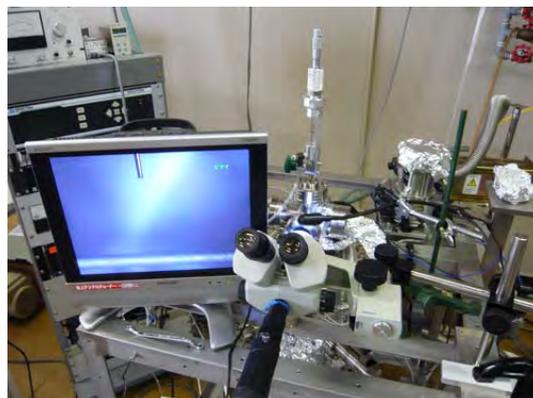


図4 超高真空装置を使用した実験の様子

置決めを行う機構で主に構成される。また、このチャンバは 10^{-7} Pa以下の超高真空が必要とされるため、2台のターボ分子ポンプ、水を導入することから荒引きポンプにはルーツ多段ドライポンプを使用した。

2.4 水導入機構の開発

一般に真空チャンバ内に水を導入することは行わないため、これまでに水導入機構の設計経験がなかった。そのため、この機構開発を行う上で、(1)水導入機構内の残留水が真空度の向上を妨げるため、その排出方法の検討、(2)定量水を導入する方法の検討、(3)水導入後の真空度の確認、などが必要であった。そこで、図3に示すような装置を使用して実験を行った。この結果、(1)については水導入後に水導入機構内の残留水を補助ポンプで排出すれば、その水が極少になることがわかった。(2)についてはチャンバ内の圧力を制御すれば定量の水を導入することができるとわかった。(3)については、図3の実験装置では超高真空雰囲気を作り出すことができないため図4に示す超高真空装置を使用して実験を行った。その結果、水導入後 10^{-7} Paの超高真空雰囲気になることがわかった。このように実験と試作を数回繰り返し、水導入機構を開発した。

この結果、(1)については水導入後に水導入機構内の残留水を補助ポンプで排出すれば、その水が極少になることがわかった。(2)についてはチャンバ内の圧力を制御すれば定量の水を導入することができるとわかった。(3)については、図3の実験装置では超高真空雰囲気を作り出すことができないため図4に示す超高真空装置を使用して実験を行った。その結果、水導入後 10^{-7} Paの超高真空雰囲気になることがわかった。このように実験と試作を数回繰り返し、水導入機構を開発した。

3. 製作装置

図5に製作した装置の外観を示す。図の右側に位置するのが既存のXPSチャンバ、中央付近に位置するのがクリーニングチャンバ、左側に位置するのがメジャーメントチャンバである。これら2台の装置は分子科学研究所内でそれぞれを組立て、動作確認、ベーキング作業、リークチェックを終えてから現地に搬送した。その後、既存のXPSチャンバに接続、再度のベーキング作業とリークチェックを行い到達真空度が 4×10^{-7} Pa以下になることを確認した。

4. おわりに

接触角を測定するための水導入機構を有する真空装置を開発した。この装置を用いることで、清浄な雰囲気中における酸化チタンの光誘起超親水化反応の機構解明が可能となる。

なお、ここで紹介した内容は平成19年度発足のNEDO「循環社会構築型光触媒産業創成プロジェクト」の助成を依頼者が受け、分子科学研究所装置開発室が本装置開発を行ったものである。

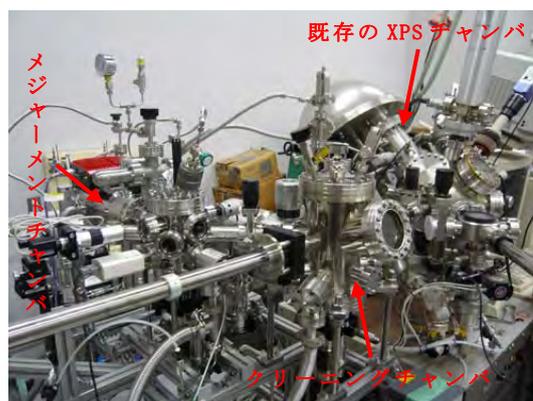


図5 製作装置の外観

回転楕円体面鏡の製作

近藤聖彦

分子の構造や変化を知る方法として、レーザを用いた分光法がある。これを使用した研究で問題になっているのが、分子から発する光の検出感度である。そこで、この向上に図1に示すような光を高効率に捕集する回転楕円体面鏡が考案され、この製作について京都大学から施設利用依頼があった。

このような鏡を一体型で加工することは困難であるため、図1に示す縦の中心線で分割した分割回転楕円体面鏡を2個製作し、それらを組み合わせることとした。この鏡は、CNC旋盤（ヤマザキマザック株式会社製 100MY）を使用し、図2に示すように数個の直径が異なる円（図の破線）を順次切削することにより、楕円に近似した曲線部を残す荒切削と分割楕円形状の切削をおこなう仕上げ切削の2工程で加工した。

この旋盤は、図3に示すように加工の種類ごとにユニットと呼ばれる加工データが用意してあり、ユニットを指定すれば、加工形状の直径、長さなどの数値を入力するだけでプログラムを作成できる対話式プログラムを有する。ただし、これは楕円形状加工のプログラムを作成することができないため、図4に示すようなNCプログラムを作成する必要がある。本製作においては、プログラミング時間を短縮するため、荒切削加工に対話式プログラム、仕上げ切削加工にNCプログラムを使用した。図5に仕上げ切削した分割回転楕円体面鏡を示す。このように切削をおこなっただけの面は、表面粗さが大きいため鏡面を得ることが難しい。そこで、この切削面を研磨することにより表面粗さを小さくした。図6に研磨をおこなった分割回転楕円体面鏡を示す。

この製作した鏡の形状誤差と曲率面の表面粗さ測定については、このような形状を測定できる装置を所有していないため、企業に依頼する予定である。

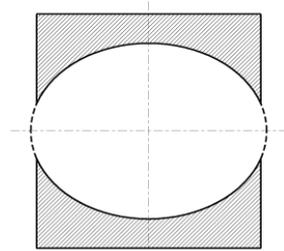


図1 回転楕円体面鏡の概略図

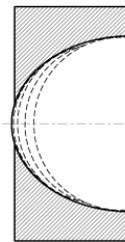


図2 楕円近似曲線の軌跡



図3 対話式プログラム



図4 NCプログラム画面



図5 仕上げ切削後の分割回転楕円体面鏡



図6 製作した分割回転楕円体面鏡

ペルチェ素子による 4CH 温度制御回路の製作

吉田久史

1. はじめに

レーザーセンターからの工作依頼により、半導体レーザー冷却用のペルチェ素子による温度制御回路を製作した。図 1 に示すように、ペルチェ素子は P 型と N 型の熱電半導体を銅電極にはんだ付けした構造で、直流電流を P 型から N 型の向きに流したとき下側の接合面から熱を吸収し上側の接合面へ熱を運ぶものである。実用的には、複数個の P 型と N 型の熱電半導体を絶縁性と熱伝導性をもつ 2 枚のセラミック基板で挟んだペルチェ・モジュールが製品化され、用途に応じて適当な吸熱量のものを使用する。今回は、最大電流 6A、最大端子電圧 17.5V、最大温度差 72℃、最大吸熱量 57W の仕様のペルチェ・モジュールを使用し、これを 4 個同時に駆動するための温度制御回路を製作した。製作した回路は温度制御として一般的な PID 制御方式を採用し、OP アンプを用いたアナログ回路で構成した。本装置で使用したサーミスタ温度センサとペルチェ・モジュールを図 2 に示す。

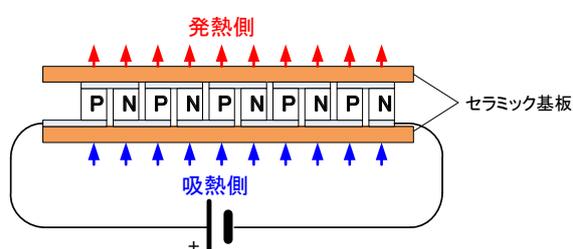


図 1. ペルチェ素子の構造



図 2. サーミスタとペルチェ素子

2. 温度制御回路の概要

1 チャンネルの温度制御回路のブロック図を図 3 に示す。冷却部の温度測定は NTC サーミスタを用いた温度計測回路で行い、0~60℃の温度範囲を 0~6.0V のアナログ電圧に変換する。NTC サーミスタの非直線性を補正するために、温度計測回路にはリニアライズ回路を設けた。目標温度の設定は、温度の計測値に合わせ 0~30℃の温度範囲に対し 0~3.0V のアナログ電圧で与える。これら二つの出力信号は PID 制御回路の入力信号になると同時に、デジタル・パネル・メータを用いた温度表示回路やウィンドウ・コンパレータで構成するアラーム表示回路で使用される。アラーム表示は計測温度が目標値±0.5℃の範囲を超えたとき、LED を点灯して知らせるものである。

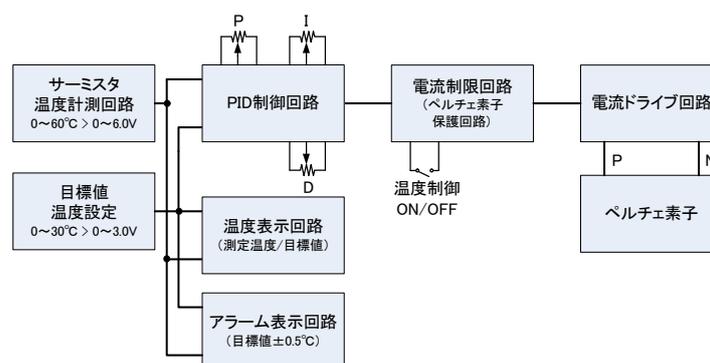


図 3. PID 温度制御回路のブロック図

PID 制御回路では、まず始めに OP

アンプを用いた演算回路で測定値と目標値の偏差に比例ゲイン P を乗算して比例制御の操作量を求める。次に、積分回路と微分回路を通すことで積分ゲイン I と微分ゲイン D を加えた操作量を演算する。それぞれのゲイン P, I, D は実際に制御対象を用いて制御動作を行い、その時の回路の応答特性から最適な値を設定する。

PID 制御回路の後段には、過電流でペルチェ素子を破壊するのを防ぐための電流制限回路を設けた。一般的に、ペルチェ素子は素子の寿命を考慮して、最大定格の 60%~70% で使用することが推奨される。ここでは、OP アンプとダイオードによるクランプ回路でペルチェ素子に

加わる電圧を制限することで、電流制限を行った。電流ドライブ回路は、ペルチェ素子を駆動するための電流増幅器である。ペルチェ素子を正負両方向の電流で駆動するために、コンプリメンタリのパワー・トランジスタを2組使用したフル・ブリッジ出力回路で構成した。表1に製作した温度制御回路の仕様を示す。

制御CH数	4CH
制御方法	アナログPID制御
温度設定範囲	0~30℃
温度センサー	サーミスタ(10KΩ@25℃)
制御精度	±0.1℃
最大定格電圧	12V
最大定格電流	6.6A/CH
アラーム表示	設定温度±約0.5℃
電源	AC100V / 7A

表 1. 温度制御回路の仕様

3. ハードウェアの製作

図4はプリント基板加工機で製作した温度制御回路の回路基板である。約145×127mmのプリント基板上には、最終段のパワー・トランジスタ以外の2チャンネル分の温度制御回路が搭載されている。実装密度を高めるために、集積回路は全て表面実装パッケージのものを使用した。また、できるだけ小さな筐体に収めたいという要望から、基板2枚は垂直に並べて設置することにした。そのために、調整が必要なスイッチや可変抵抗を基板の端に配置し、筐体の上方から設定変更ができるように設計した。装置全体の外観を図5に示す。筐体内部の約2/3のスペースに、制御回路用の電源とペルチェ素子駆動用の2台のスイッチング電源を配置した。残りのスペースには、16個のパワー・トランジスタを取り付けたヒートシンクと温度制御回路基板2枚を実装した。

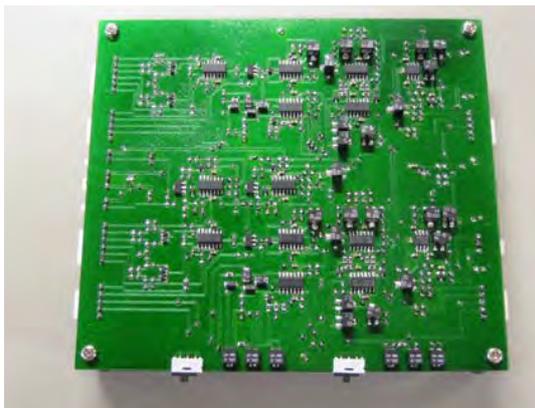


図 4. 温度制御回路基板



図 5. PID 温度制御回路の外観

4. おわりに

ダミーの制御対象を用いて本装置の動作試験を行った時の温度制御の様子を図6に示す。図は室温約24℃の環境下で目標値を20℃に設定し、温度制御スイッチをオン・オフした時の温度変化をプロットしたものである。PID制御をオンした時、設定温度に向かって急速に冷却を開始する。そして、一度設定温度を超えたあと数回の振動を経て、やがて設定温度に収束する様子が分かる。この時P, I, Dのゲイン調整が適当な値でなければ、振動が収束するまでに時間を要する、あるいは振動が収束しないことになる。動作試験では、PID制御が働いている間、数時間に亘り温度が安定していることも確認した。

ペルチェ・モジュールの吸熱量は、放熱面と吸熱面の温度差(ΔT)に依存し、 $\Delta T=0$ の時に最大の吸熱量が得られる。さらに、ペルチ

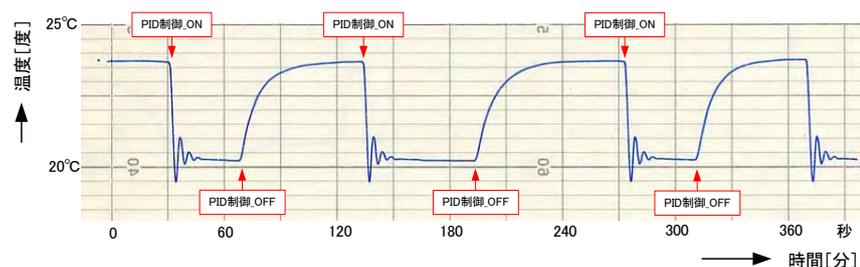


図 6. 動作試験での温度制御の様子

エ・モジュールの消費電力は ΔT に比例し、消費電力を少なくするには ΔT を小さくする必要がある。このことから、ペルチェ・モジュールを有効に使用するには、ヒートシンクや素子の取り付け方など放熱設計が重要であることが分かる。

エンボス加工用微細形状金型の製作

青山正樹

分子科学研究所、宇理須教授グループで開発している多点計測型バイオセンサーに用いられる PMMA 基板では、基板の一部に $10\mu\text{m}$ 以下の薄肉部を持つ構造が必要でありホットエンボス加工による製作を検討している(図 1)。現在試作を行っている PMMA 基板は板厚 0.2mm 、大きさ $30\text{mm}\times 30\text{mm}$ で中央に 11mm 間隔の位置 4 箇所 $10\mu\text{m}$ の薄肉部を配置する構成となっている。このホットエンボス加工に用いられる金型の製作には、

- (1) 薄肉部分の厚さに、ばらつきが生じないように 4 箇所の突起部高さのばらつきが $1\mu\text{m}$ 以下であること、また金型の平面度が $2\mu\text{m}$ 以下であること。
- (2) ホットエンボス加工された PMMA 基板の透明性を損なわないように金型表面粗さを $\text{Ra}20\text{nm}$ 以下にすること。
- (3) 離型時に薄肉部の破損が生じないように突起部形状加工部にバリがないこと。

以上の点について注意して製作を行う必要がある。図 2 に金型形状図を示した。

まずエンボス予備実験用の金型を、当室で所有する一般的な NC フライス盤により製作を行った。その際、平面加工がどれくらいの精度で可能かどうかを確認するためテスト加工を行った。当室所有の機械では加工テーブルの移動方向が変わると Z 軸方向に $3\mu\text{m}$ 程度の変位誤差が生じることが確認された。そのため切削時のテーブル移動方向は一方向でのみ加工を行うことにより平面度 $3.3\mu\text{m}$ の金型の製作が可能であった。この金型を用いたホットエンボス予備実験では $15\mu\text{m}$ の薄肉部が得られている。

さらに金型精度を高め、より高品質なバイオセンサー用 PMMA 基板の製作を行うために、理化学研究所 大森整主任研究員、八須洋輔技術員の協力を得て FANAC(株)超精密ナノ切削加工機により金型製作を行った。材質は黄銅、工具には単結晶ダイヤモンドバイトを用いてミーリング加工を行い、面粗さ $\text{Ra}2.5\text{nm}$ 、突起高さのばらつき $\pm 0.6\mu\text{m}$ の金型精度が得られている。図 3 に製作した金型の外観写真および突起部の SEM 観察写真を示した。

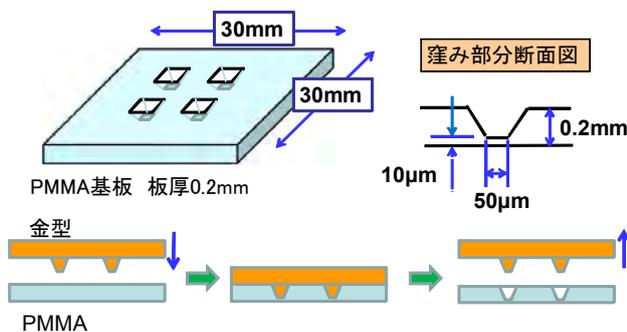


図 1 バイオセンサー用 PMMA 基板と製作方法

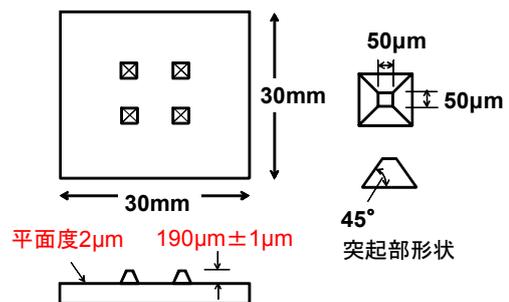


図 2 ホットエンボス用金型形状

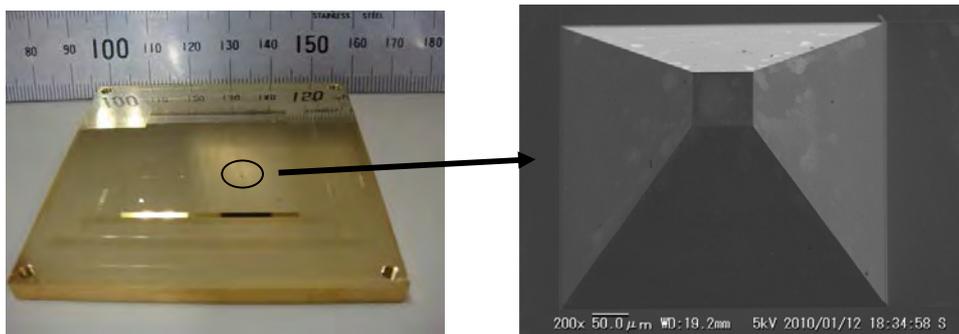


図 3 金型外観写真および突起部の SEM 観察写真

CPLD を用いたパルスバルブドライバーの製作

豊田朋範

はじめに

自動車エンジンの気化ガソリン噴霧に用いられるインジェクションバルブを気体試料の導入に転用するパルスバルブドライバーは、装置開発室で何度か製作実績がある。今回は入出力と動作を使用者が設定できるプログラマブル IC の 1 つである CPLD と、ハードウェア記述言語の 1 つである VHDL を用いて機能を集積した。本稿では VHDL と CPLD によるデジタル回路の集積に焦点を絞って報告する。

これは特別な機能を有するデジタル IC の実現にとどまらない。スイッチのチャタリング対策回路や、所定の時間幅のパルスを出力するワンショット回路などのデジタル回路の定番を集積して組み込みやすくする試みでもある。

1.回路の構成

パルスバルブドライバーの回路ブロック図を図 1 に示す。

インジェクションバルブのトリガ入力には内部発振器、外部 TTL レベル信号、スイッチによるマニュアルトリガの 3 種類があり、トリガ選択スイッチで選択する。また、外部 TTL レベル信号とマニュアルトリガは論理和で取り扱う。

内部発振器はタイマー用 IC の定番である NE555 を用いている。最高周波数は約 260Hz で、周波数レンジ選択スイッチで 10~100Hz、1~10Hz、0.1~1Hz からレンジを選択し、周波数はポテンシオメータで調整する。

外部 TTL レベル信号かマニュアルトリガの場合は、ポテンシオメータで調整した所定時間だけ遅らせてバルブ駆動用パルスを生ずる。バルブ駆動用パルスのパルス幅はポテンシオメータで調整する。トリガ入力の種類にかかわらず、START/STOP スイッチはバルブ駆動用パルスの出力の開始と停止を実行する。

内部発振器とポテンシオメータを用いた調整部分とバルブ駆動用パルスを生ずるトランジスタ以外のロジック機能は、Xilinx 社の CPLD である XC95144XL-TQ144-10C を搭載したオプティマイズのカメレオン USB(写真 1)に集約した。これは USB 接続 NMR 用高速高分解能データロガーでも使用した(技術研究会報告参照)。

入出力や動作の設定は Xilinx の IDE(統合開発環境)である ISE Webpack で VHDL を使用してプログラミングし、コンパイルした回路構成ファイル(JEDEC ファイル)を CPLD に転送することで行われる。カメレオン USB は、このときのデータ転送を USB ポートで行えるようにしたもので、専用の書き込み機を必要としない。

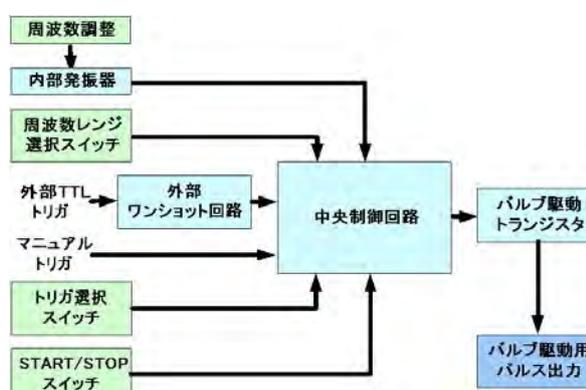


図 1: 回路ブロック図



写真 1: カメレオン USB

2.VHDL による定番デジタル回路の構築

2-1.スイッチ入力処理回路

スイッチの形状は様々であるが内部構造の多くは機械式であり、ON/OFF のたびに接点が短時間(数十 msec 程度)振動する現象が生じる。チャタリングと称されるこの現象は電子

回路によっては誤動作を引き起こす場合がある。対策として、抵抗とコンデンサによる時定数回路や論理素子の組み合わせによるラッチ回路でチャタリングを除去する回路が定番として使用される。今回は CPLD に機能を集約するにあたり、チャタリング除去回路の集約も試みた。

CPLD は論理ゲートと D 型フリップフロップの集合体であるため、抵抗やコンデンサなど外部回路素子を集積することはできない。そのため、論理素子の組み合わせの方式を選んだ。

SPDT 型のトグルスイッチでは、図 2 に示すように NAND 回路を構成すれば良い。一方、接点を 1 つしか持たない SPST 型のスイッチでは、チャタリングの時間だけ待機して接点状態が安定してからその状態を読み取る方式が考えられる。この方式では一定期間の時間計測すなわちカウンタが必要である。カメレオン USB では CPLD のクロックとして

24MHz が利用できるので、これを msec オーダーの計測がしやすいように CPLD 内部で分周し、カウンタのクロックを作成した。

構築した VHDL ソースをリスト 1 に示す。クロックを示す Clk_int1 は 24MHz を 1/240000 分周した 100Hz のクロックである。100Hz で 16 を数える時間、すなわち 10msec × 16=160msec 後にスイッチの状態を読み取っている。

分周でもカウンタが必要である。分周値が 1/2、1/4、1/8…と分母が大きくなるほどカウンタが大規模になり、また、分周値が 2^n でないと回路が複雑になる。VHDL では、大規模なカウンタでもプログラミングだけで構成できる。今回は 100Hz 生成用 1/240000 分周と内部発振器の最大 1/150000 分周のカウンタを組み込んだが、それでもマクロセルの使用率には十分余裕があった。また、CPLD を使用すれば、発振器を変更して出力周波数が変わっても回路素子や配線の追加なしで分周値を増減できる利点がある。

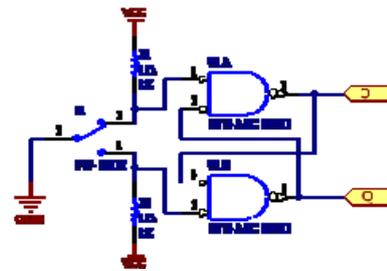


図 2：SPDT トグルスイッチとチャタリング除去回路

```
--_Deleting_swiching_noises_and_Transforming_toggle_to_alternate_
process(Clk_int1,Reset_Man)begin
  if(Reset_Man='0')then
    Count_inshape<='0000';
  elsif(Clk_int1'event.and.Clk_int1='1')then
    if(Count_inshape='1111')then
      Flag_IntExt<=Sel_SigSrc;
      Count_inshape<='0000';
    else
      Count_inshape<=Count_inshape+'1';
    end_if;
    Flag_Prevlt<=Flag_IntExt;
    if(Flag_IntExt='0'and.Flag_Prevlt='1')then
      IntExt<=not IntExt;
      IntExtBar<=IntExt;
    end_if;
  end_if;
end_process;
```

リスト 1：VHDL による SPDT スwitch のチャタリング除去回路

2-2.ワンショット回路

トリガ入力の立ち上がりもしくは立ち下りを基準に所定幅のパルスを出力するワンショット回路(図 3)は、デジタル回路の定番の 1 つである。しかし、抵抗とコンデンサの時定数によりパルス幅を決定するこの回路は、CPLD や FPGA による集積化に適さない。また数百 μ sec 以上のパルス幅では主にコンデンサの容量を大きくするために、コンデンサのサイズが容量に応じて大型化してしまう。

調整可能なパルス幅のワンショット回路を完全にデジタル回路で置換することは、今回は諸事情で見送った。しかしマニュアルトリガで生成するパルス幅は一定で良いことから、その部分について VHDL で構成することを試みた。

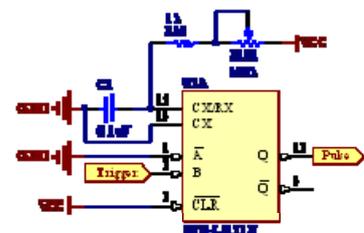


図 3：ワンショット回路

今回 VHDL で構成したワンショット回路をリスト 2 に示す。リスト 1 と同様にクロック

Clk_int1 に同期したカウンタで 160msec ごとにスイッチの状態をサンプリングし、変数 Flag_Mantrg に代入する(104~111 行)。

変数 Flag_Prev2 には Clk_int1 とは独立に Flag_Mantrg の論理を代入する(112 行)。これにより、Flag_Mantrg には Flag_Prev2 から Clk_int1 の 1 周期分だけ遅れたスイッチの状態が代入される。

Flag_Mantrg と Flag_Prev2 の論理を比較して Flag_Mantrg が 0 で Flag_Prev2 が 1 であればスイッチが押されたと判断できるので、出力に接続する変数 Sync_inmantrg の論理を 1 にする(113~115 行)。160msec ごとに必ず Sync_inmantrg を 0 にすることで(108 行)、160msec のみ出力が 1 になるワンショット回路を構成できる。

VHDL ワンショット回路でパルス幅を変更するにはカウンタのカウンタ値を変更すれば良い。また Clk_int1 は水晶振動子の出力を分周したものであるから、パルス幅の変動は抵抗とコンデンサによる時定数を用いた図 3 よりはるかに小さい。

リスト 2 で構成したワンショット回路を含むパルスバルブドライバーの入出力波形を図 4 に示す。動作試験のために Clk_int1 を 1/24000 分周=1kHz として観測したが、このようなことも VHDL では容易に行える。

まとめ

デジタル回路製作がハードウェア記述言語によるプログラマブル IC へ移行する中、スイッチ処理やワンショットなどで標準ロジック IC を使用すると集積化の意義が薄まる。使用頻度が高いこれらの回路を VHDL で構成できたことは集積化を促進するだけでなく、保守が容易に出来る。

今後は、ポテンショメータを使用する時間幅可変のワンショット回路をロータリーエンコーダと VHDL で置換するなど、標準ロジック IC 回路の置換・集積化を進めたい。

```

100 process(Clk_int1,Reset_Man)begin
101 > if(Reset_Man='0')then
102 >   Sync_inmantrg<='0';
103 >   Count_inmantrg<="0000";
104 > elsif(Clk_int1'eventand Clk_int1='1')then
105 >   if(Count_inmantrg="1111")then
106 >     Flag_mantrg<=Trigger_Man;
107 >     Count_inmantrg<="0000";
108 >     Sync_inmantrg<='0';
109 >   else
110 >     Count_inmantrg<=Count_inmantrg+'1';
111 >   end if;
112 >   Flag_Prev2<=Flag_mantrg;
113 >   if(Flag_mantrg='0'and Flag_Prev2='1')then
114 >     Sync_inmantrg<='1';
115 >   end if;
116 > end if;
117 end process;

```

リスト 2 : VHDL によるワンショット回路



図 4 : 入出力波形

(黄色 : 内部発振器 赤色 : 外部 TTL 入力 2Hz
水色 : ワンショット出力 緑色 : バルブ駆動出力)

動作試験のために Clk_int1 を 1/24000 分周=1kHz として観測したが、このようなことも VHDL では容易に行える。

ニュースバル放射光による PMMA エッチング用マスクの製作

水谷伸雄

はじめに

生体分子情報学理須グループでは、以前よりイオンチャンネルバイオセンサーの開発が進められている。装置開発室としてはこれらの開発を技術面でサポートする中でシリコン (Si) 基板を用いた単一神経細胞培養素子の開発も行ってきた。しかし、脆性材料である Si 基板の研削加工や微細孔加工は困難を極め、多くの時間とコストを要するうえ、実験中に Si 基板が破損することも少なくなかった。そこで、Si 基板に変わる材料としてアクリル樹脂 (PMMA) にホットエンボス加工をし、それにより得られた薄膜部分に LIGA プロセスで実績のある放射光エッチングの技術を利用して数 μm オーダーの微細孔加工を試みることを提案された。また、複数の細胞を同時に測定できるように多チャンネル型バイオセンサーの開発も急がれている。これらの経緯の中、筆者は放射光エッチング用マスクの設計製作を担当したので報告する。

LIGA プロセスについて

LIGA プロセスは、レジストと呼ばれる感光性有機材料に放射光でエッチング処理をし、エッチングされた基板に金属メッキや電鍍処理を施すことで微細部品を製作したり、さらには電鍍により得られた形状を金型とすることで射出成型により微細部品を量産しようとするプロセスのことである。この技術は、マイクロ流路、バイオをはじめ IT 産業等でも注目され長年研究が進められて来た。エッチング光源として放射光を利用するのは、直進性の良い高エネルギーの軟 X 線が、高アスペクト比の微細孔エッチングに有効なことから兵庫県にある放射光施設ニュースバルにて、アクリル樹脂 (PMMA) の微細孔エッチングを試みた。

マスクの製作

今回製作したマスクには、厚さ $2.5\mu\text{m}$ と $10\mu\text{m}$ の金薄膜を使用した。厚さ $2.5\mu\text{m}$ の金薄膜には、直径 $2\mu\text{m}$ と $3\mu\text{m}$ の孔二ヶ所ずつ、厚さ $10\mu\text{m}$ の金薄膜には、 $2\mu\text{m}$ 二ヶ所、 $3\mu\text{m}$ 四ヶ所、 $3.5\mu\text{m}$ と $4\mu\text{m}$ 各一ヶ所の孔が集束イオンビーム (FIB) にて加工された。金薄膜はそのままでは形状保持が困難なため、表側を厚さ 0.5mm のステンレス板、裏側 (PMMA 側) を厚さ 0.05mm のステンレス薄板で挟む事で保護し、さらに PMMA 位置決め用の厚さ 1.0mm のステンレス枠板と共に 12 本のネジ (M1.7 \times 2) で固定した。ステンレス板の外寸は、すべて $70\text{mm}\times 70\text{mm}$ である。金薄膜への FIB 加工は、この状態で行われた。(図 1、図 2)

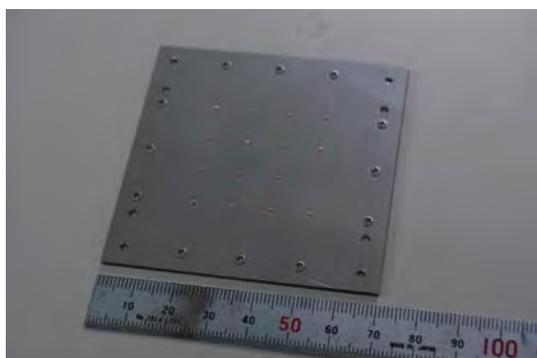


図 1: マスク表側

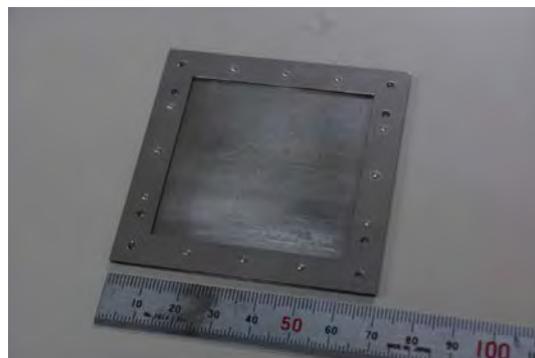


図 2: マスク裏側 (PMMA 位置決め用枠板)

FIB 加工したマスクと PMMA の固定にはさらに基盤が必要となり、 $30\text{mm}\times 30\text{mm}\times 0.2\text{mm}$ 厚の PMMA 用には $T12\text{mm}\times 90\text{mm}\times 90\text{mm}$ のアルミ合金製基盤を、 $50\text{mm}\times 50\text{mm}\times 0.5\text{mm}$ 厚の PMMA 用には $T3\text{mm}\times 90\text{mm}\times 90\text{mm}$ のステンレス製基盤を製作した。マスクと基盤は 4 本の M1.7 ネジで固定した。(図 3、図 4)

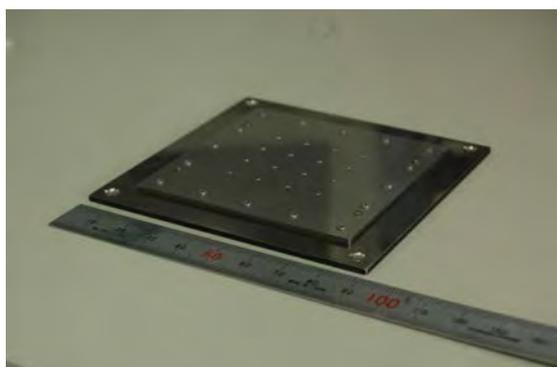


図 3 : 50 mm × 50 mm × 0.5 mm 厚 PMMA 用マスク

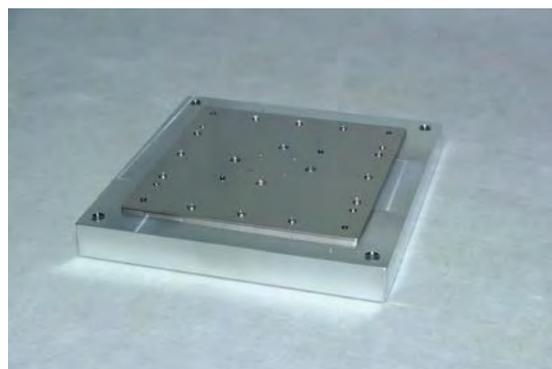


図 4 : 30 mm × 30 mm × 0.2 mm 厚 PMMA 用マスク

ニュースバル BL2 への組付け

PMMA が位置決めされたマスクは 400 mm × 300 mm × 4 mm のアルミ板に固定し、ニュースバル BL2 の露光装置へ組付ける。この露光装置には、5 軸制御ステージが設けられビーム幅 210 mm の放射光により A4 サイズの面積に均一な露光が可能になっている。(図 5、図 6)

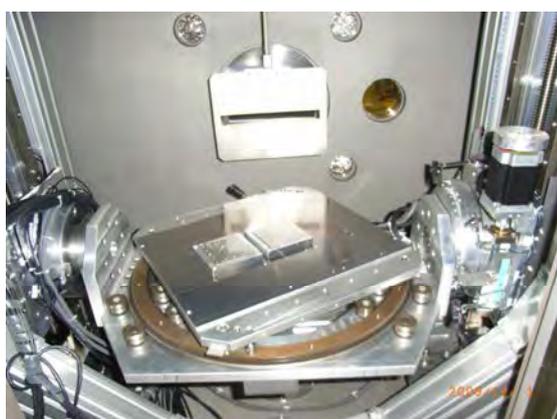


図 5 : 露光装置内の 5 軸制御ステージとマスク



図 6 : ニュースバル BL2 実験風景

おわりに

今回製作したマスクで、放射光エッチングと FIB 加工のテストデータを得ることが出来た。今後実験を重ね、多チャンネルバイオセンサー実現のために改良を加えて行きたい。そのためには、機械グループが分担して製作を進めているホットエンボス加工や、位置決めステージとの調製も急がれている。最後に、LIGA プロセスの基本から放射光エッチングの技術指導に至るまで兵庫県立大学高度産業科学技術研究所ナノマイクロシステム分野、内海裕一准教授、浮田芳昭氏には、大変お世話になりました。紙面をお借りしてお礼申し上げます。

汎用小型 DC モーターの真空内動作実験について

矢野隆行

1. はじめに

通常、真空内で使用するモーターは、ガス放出量が少ない材料を主体として作られており、駆動部分はボールベアリングなどを使用して潤滑油剤を真空対応のものに交換して使用されていたり、電流の接点方式も様々な方法で工夫されていたり、コイルの巻き方なども過酷な環境に影響されないように工夫されている。このように、真空対応にする工夫をしても、メーカーが保証する真空度は 1×10^{-5} Pa 程度であり、非常に高価である。

今回、施設利用の課題の中に真空チャンバ内で電源を内蔵した回転機構を製作する必要があり、真空内で使用できるモーターを調達する必要が生じた。実際に、真空対応でないモーターが使用できないのか、あるいは使用できるのであればどのような条件の時なのかを確認するため、玩具用 DC モーターを用いて実際に真空環境内の動作テストを行ったので報告する。

2. 使用したモーターの概要

今回使用したのは、玩具用に販売されている STANDARD MOTOR 社製 FP030-KN である。モーターの概観を図 1 に示す。図を見てわかるように外側が鉄製の金属カバーで覆われており、軸の終端は標準的なプラスチックで固定されている金属ブラシ型の DC モーターである。モーターの性能を表 1 に示す。

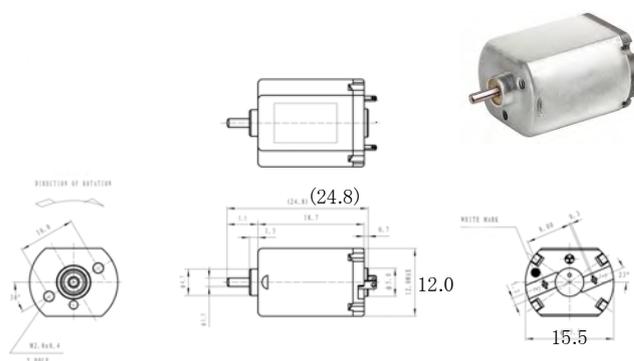


図1 モーター概観

表1 モーターの性能

	電流[A]	回転数[rpm]	トルク[g cm]
無負荷時	0.093	12,800	0
最大効率時	0.28	9,800	3.8
最大出力時	0.5	6,400	8

電圧 3.0[V]時

3. 実験方法

今回実験するのは、次に挙げる 2 項目である。（ここでバッテリーと表記しているものには、市販されているアルカリ単 4 電池を使用した。）

(1) モーター、バッテリーを動かさない状態で、真空引きを行い、モーター及びバッテリーに異常が発生しないかを確認し、到達真空度を測定する。

(2) モーターにプロペラを取り付け、バッテリーのスイッチを入れた状態で、真空引きを行い、モーター本体の温度と実験室の温度をモニターしながらモーター及びバッテリーに異常が発生しないかを確認し、到達真空度を測定する。温度の測定にはアルメルクロメル線 (K 種) を使用した。

なお、実験に使用した排気系は、排気速度 3451/s (N_2) のターボ分子ポンプ (ライボルト社製) と最大排気速度 13m³/h のロータリーポンプ (アルカテル社製) を使用した。実験の様子を図 2 に示す。

今回使用する真空試験装置は、何も物を入れない状態での到達真空度が 4.3×10^{-5} Pa になるものである。

4. 実験結果

4-1. 実験(1)

実験(1)の結果、真空引きをしている時にモーターやバッテリーに目立った異常は発見できなかった。到達真空度は、配線やバッテリーボックスに大気中で通常使用するプラスチック製のものを利用しているため残留ガスの影響を受け $1.4 \times 10^{-4} \text{Pa}$ であった。

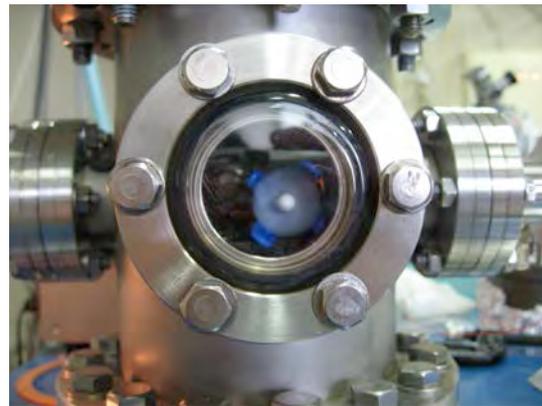


図2 真空対応試験

4-2. 実験(2)

実験(2)の結果、真空引きをしている時にモーターやバッテリーに目立った異常は発見できなかった。時間-到達真空度、各種温度測定結果を図3に示す。

今回の実験では、到達真空度が $1.9 \times 10^{-4} \text{Pa}$ になると確認できた。到達真空度が $1.9 \times 10^{-4} \text{Pa}$ になっても、モーター本体の温度は 35°C 程度であり、別に行った大気中での実験と比較してもその差は 10°C ほど高い程度であった。元々今回の実験を行うことになったきっかけは、 10^{-4}Pa 台でサンプルを回転させるという要望に応えるものであったため、玩具用のモーターを用いても充分実用的であることが確認できた。しかし、今後この構成にギアヘッドや可変抵抗などを付加するような事態が発生した場合、発熱量が増加し、モーターやバッテリーへの負担が増加することが予想されるため、その都度実験する必要がある。

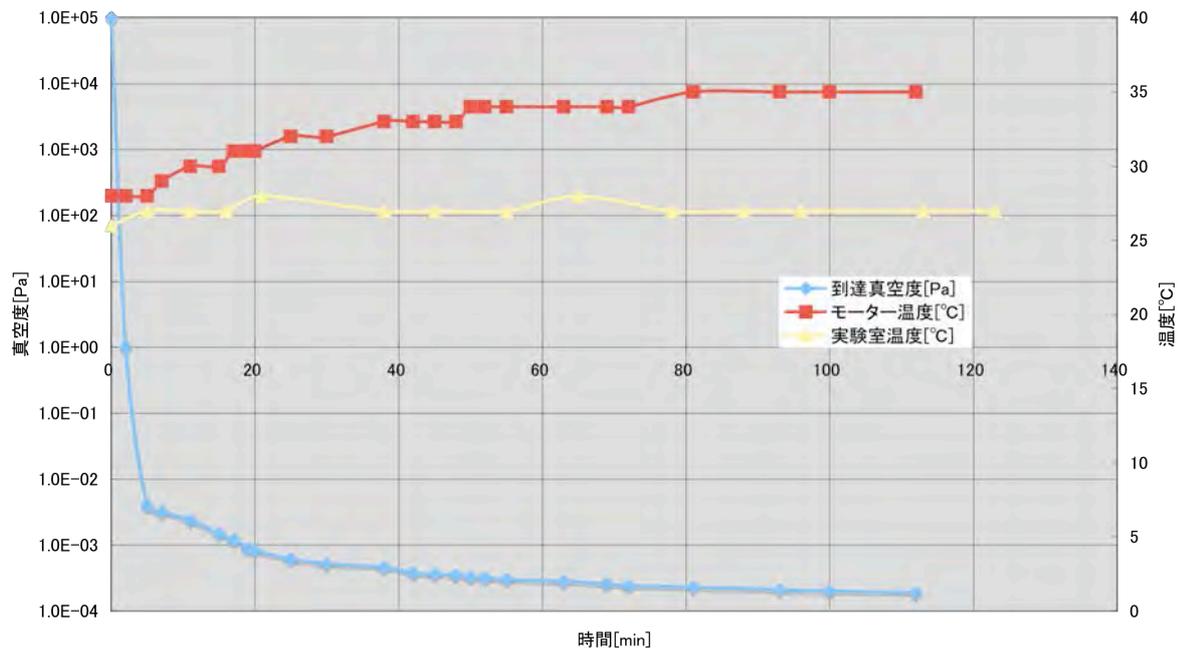


図3 到達真空度と各種温度の関係

5. まとめ

今回の実験で、使用する真空環境が 10^{-4}Pa 程度の真空度でモーターに必要な性能が汎用小型 DC モーターで十分の場合、真空仕様の高価なモーターを使用しなくても汎用小型 DC モーターを使用できることが確認できた。

入射タイミング・モニター分配器の製作

内山 功一

はじめに

入射タイミング・モニター分配器を UVSOR からの依頼により製作した。今年度より UVSOR にてトップアップ運転が試験的に開始された。トップアップ運転とは、SOR リングを走る電子ビームの損失分を継ぎ足し入射することで、蓄積電流を一定に維持する運転方法である。しかし、この継ぎ足し入射する時にビームが揺れ、測定が正しく行えない問題が考えられる。そこで、継ぎ足し入射のタイミング信号を SOR リングに複数設置されている観測系（ビームライン）へ伝送し、その間のデータが不安定であることを知らせる必要がある。本装置は、このタイミング信号を分配し伝送するための装置である。

装置仕様

本装置で分配する入射タイミング信号を図1に示す。図の上から予告付き入射中信号、入射中信号 (Long)、入射中信号 (Short) となっている。予告付き入射中信号は、トップアップ入射の約 5 秒前から入射終了までの間 Hi になる信号である。入射中信号 (Long) は、トップアップ入射開始から終了までの間 Hi になる信号である。入射中信号 (Short) は、トップアップ入射タイミング毎に Hi になる信号である。本装置は、この 3 種類の入射タイミング信号を、16 本あるビームラインへそれぞれ分配し伝送することを目的としている。入射タイミング信号は、周長 53.2m の SOR リングに設置された実験用の各ビームラインまで長距離伝送される。また、SOR 施設内は大型機器等の影響によりノイズ環境が良好では無い。よって本装置は、電流ドライバ IC を用いた電流伝送方式を採用し製作を行った。

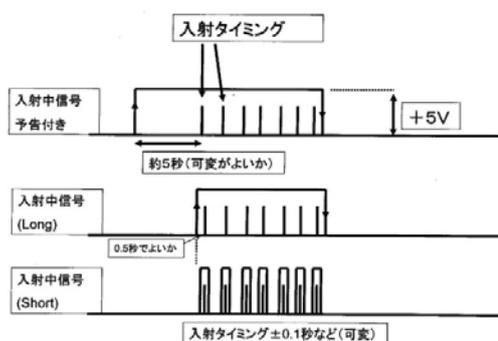


図 1. 入射タイミング信号

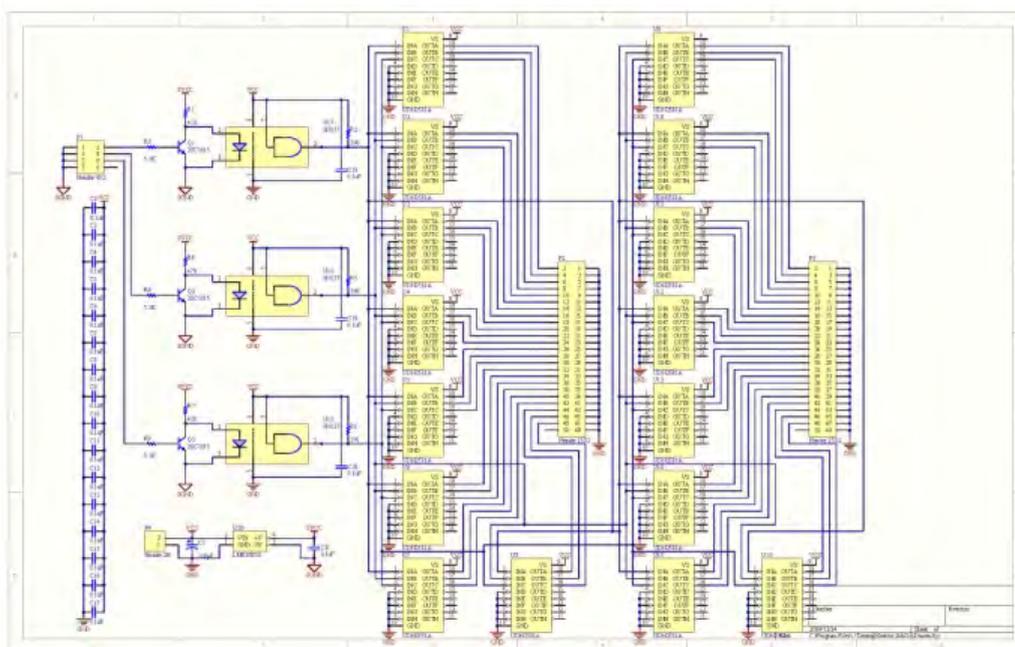


図 2. 入射タイミング・モニター分配器回路図

図 2 に本回路の回路図を示す。最初に入力された 3 本の TTL 信号をフォトカプラ (6N137, Avago Technologies) で受け、入力段と電氣的に絶縁する。次に、絶縁された信号を 16 個の電流ドライバ IC (UDN2981A, Allegro MicroSystems) により電流伝送する。通常、電流ドライバ IC の出力形式はオープンコレクタが主流である。オープンコレクタは図 2 上に示すように、出力段のトランジスタのコレクタを開放出力として使用する。この場合、受信側でプルアップ抵抗を介して信号レベルの電源を接続する。これに対してオープンエミッタは図 3 下に示すように、送信側の電源により信号レベルを確保する。今回は受信側に別途電源を必要としないオープンエミッタ出力の UDN2981A を使用している。さらにこの UDN2981A は、出力電流容量 500mA と 50Ω 終端への伝送としては十分な能力を持っている。

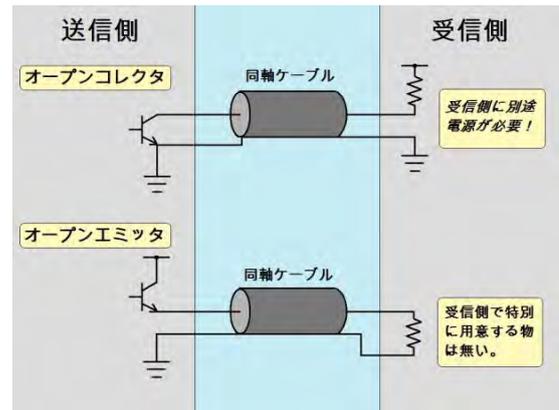


図 3. 出力形式

試験回路によるテスト

今回使用する回路で信号の伝送が正しく行われることを確認するために、テスト回路を製作しタイミング信号の伝送テストを行った。テストは、入力をパルス幅 100nsec、繰り返し 10μsec (100KHz) の TTL 信号とし①基板上で直接 50Ω 抵抗にて終端、②65m の同軸ケーブル (3D-2V) 先端で 50Ω にて終端、③同ケーブル先端で 1KΩ にて終端として行った。

①の結果を図 4、5 に示す。上の波形が入力信号で、下が出力信号である。出力信号は、立ち上がり 20nsec、立ち下り 300nsec、パルス幅 1.5μsec、遅延時間 180nsec である。入力信号と比較すると素子による動作遅延でパルス幅が伸長しているが、入射タイミング信号の間隔 (図1の入射中信号 (Short) から最少で 200msec 程度) に比べて無視できるほど小さいため実用上問題にはならない。以下この波形を基準とする。



図 4. ①出力波形 (全体)

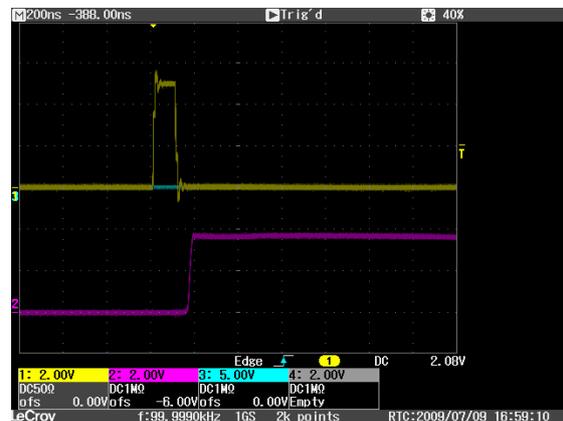


図 5. ①出力波形 (立ち上がり)

②の結果を図 6、7 に示す。出力信号に同軸ケーブル長による遅延約 200nsec が加わり、全体として 380nsec の遅延となっている。出力波形は先程の基準波形と比べ立ち上がりが若干なまってはいるが良好な形状である。この波形のなまりは、同軸ケーブルの寄生容量が負荷として加わることで引き起こされる。よって受信側で正しく 50Ω に終端すれば、タイミング信号はほぼデバイスの出力応答どおりに伝送される。

③の結果を図 8、9 に示す。波形にはケーブル長による遅延時間の倍にあたる 400nsec 間隔で反転した階段状に減衰する波形が観測された。これは伝送路のインピーダンス整合がとれていないため、伝送路端で反射が繰り返し起こっていると考えられる。

以上の結果より、本回路にて受信側で 50Ω 終端すれば想定される伝送路長において正しくタイミング信号を伝えられることがわかった。

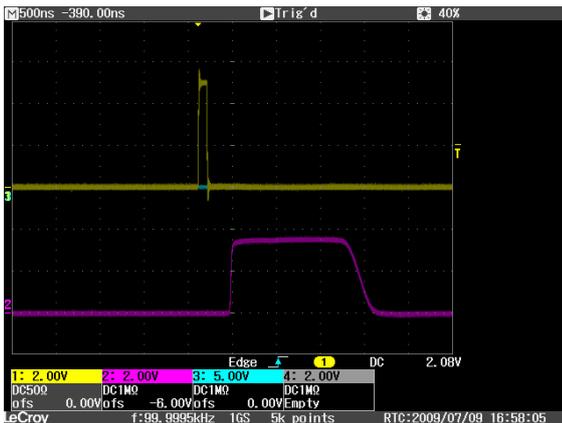


図 6. ②出力波形 (全体)

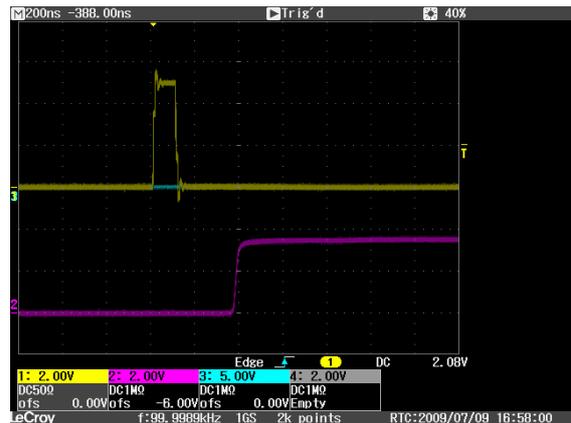


図 7. ②出力波形 (立ち上がり)

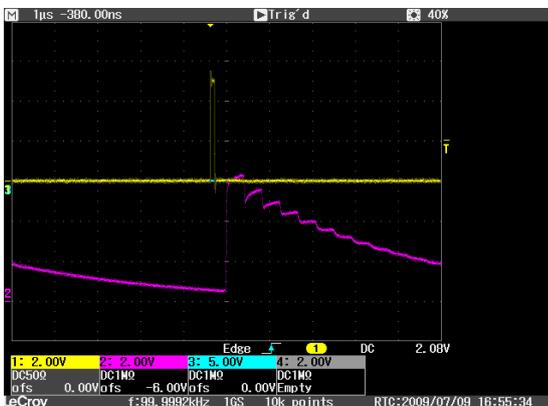


図 8. ③出力波形 (全体)

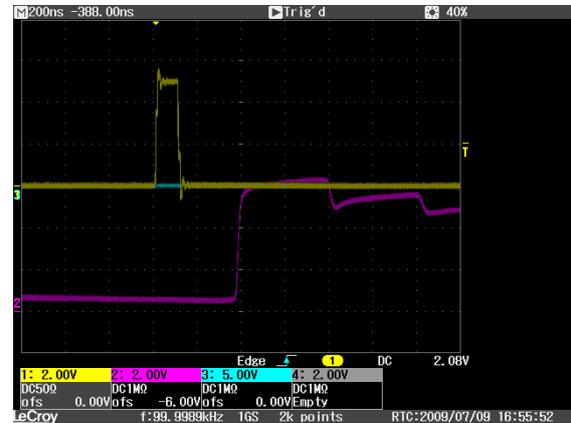


図 9. ③出力波形 (立ち上がり)

さいごに

今回製作した入射タイミング・モニター分配器を写真 1、2 に示す。今回の装置は高さ 200mm の 19 インチラックにて製作した。内部回路は写真 2 に示すように、基板 1 枚、電源 1 台、基板から出力コネクタまで多数接続されている配線で構成されている。内部回路に比べて巨大な筐体になったのは、写真 1 に示すように 3x16=48 個の BNC コネクタを取り付ける必要からである。本装置は、主回路の設計を吉田班長が行っている。そこに見られるユーザーに負担をかけない(今回は別途電源を用意する必要が無い)設計思想は見習うべきところである。また、今回の製作で行った伝送テストを通してインピーダンス整合の仕組みや重要性を再確認することができた。



写真 1. 装置全体

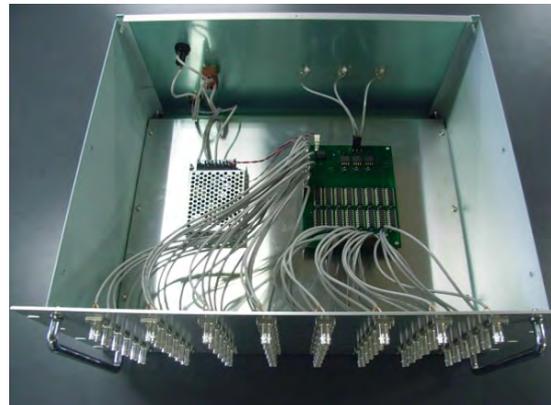


写真 2. 装置内部

装置開発室の業務に所内からの依頼による装置製作がある。機械、電子回路、ガラスの各グループが2009年1月から12月までに受けた工作依頼のリストを以下に掲載する。リストは工作依頼書に記入された品名と管理のための伝票番号のみの記載とした。

このリストにあるすべての依頼製作品には記録写真があり保管されている。本レポートにすべての物を掲載できないが、抜粋し【写真】と付記された依頼品名について後のページに掲載した。また、17年度より開始した「施設利用」による依頼工作には伝票番号に*印を付けている。

機械グループ (249件)

伝票番号	品名
09A01	レーザ集光部品
09A02	IR 用台座
09A03	ディスク成型器
09A04	XAFS セル留め具
09A05	サンプルホルダー及び ICF70 改
09A06	カメラアダプタ
09A07	CCD 基板
09A08	ヒーターホルダ他
09A09	土台サス
09A10	レーザーアライナ
09A11	調整機構付カメラ固定具
09A12	XAFS 試料セル
09A13	センサー取付け用アダプタ
09A14	Poling Base
09A15	板バネ
09A16	アルミシールドボックス
09A17	筒付き銅ガasket
09A18	CCD 基板
09A19	イオンポンプ保持台
09A20	温度ステージ支持ポスト
09A21	レンズホルダー
09A22	試料支持台 (1.7? φ)
09A23	顕微鏡用かさ上げ部品
09B01	培養チャンバー (上)
09B02	アダプタ
09B03	シリコンフォトダイオードの加工
09B04	ECDL ジグ、a
09B05	クリスタルホルダー
09B06	Q スイッチレーザーモジュール結晶マウント
09B07	単一神経細胞培養用キャンペロットチャンバー
09B08	エッチングマスクホルダー角 4 型
09B09	アダプター ab
09B10	プリズムマウント
09B11	電動位置決めステージ
09B12	テフロン製反応容器上蓋
09C01	引き出し電極加工
09C02 *	コケーンミラー
09C03	テフロンリング
09C04	セル入射位置断熱用パイプ
09C05	光電子増倍管用ホルダー
09C06	AL 電極
09C07	支柱加工
09C08	CCD 基盤部品
09C09	AL 支柱
09C10	AL ホルダー
09C11	ヘッド固定用ステージ

09C12	XMCD モニター
09C13	凍結乾燥用 AFM 試料台修理
09C14	セル入射位置断熱用パイプ Ver.2
09C15	絶縁ブッシュ
09C16	マイクロチップレーザーモジュール
09C17	冷却部ダミー追加工
09C18	結晶ホルダー
09C19	パルスバルブホルダ
09C20	ファイバーガイド
09C21	ミラーホルダー
09C22	AL 板、ターボポンプ台
09C23	トランスファーチューブ受口
09C24	赤外線放射温度計用フランジ一式
09C25	シリコンバックグラインディング(20mm角)
09C26	ミラー固定治具
09D01	低温プローバー
09D02	反応容器一式
09D03	ICF152 フランジ支持台
09D04	ホースアダプター
09D05	大 DAC 用クライオ窓枠
09D06	ARPES 校正用ジグ
09D07	ビームストップ
09D08	NMR プローブ改造
09D09	流路型試作
09D10	仮組立て用ジグ
09D11	レーザー二重共鳴分光チャンバー固定部品
09D12	ミラーホルダー
09D13	イオン用電極
09D14	イオンチャンネルバイオセンサー本体
09D15	PDMS マイクロ流路
09D16	ステージ台
09D17	テフロン製電解セル
09D18	分光器テーブル、クライオスタットテーブル
09D19	凍結乾燥試料ホルダー
09D20	FTIR 用試料室のフタ
09D21	光電子増倍管用ホルダー部品
09D22	オートコリレータ用ステージマウント
09D23	AFM 用サンプル支持板
09E01	タンタルホルダー
09E02	XAFS セル 【写真】
09E03	LIGA マスク 【写真】
09E04	多点計測イオンチャンネルバイオセンサー
09E05 *	スリット取付板加工
09E06	アダプタ
09E07	絶縁管切断
09E08 *	酸化チタン光誘起超親水化反応 機構解明実験用装置 【写真】

2009年 工作依頼リスト

09E09	PMMA 基板ホットエンボス金型製作
09E10	SESAM 用水冷ユニット
09E11 *	光音響セル
09E12	ビューポート他
09E13	アルミシールドゲージ扉改造
09E14	C マウントテレスコープ&アダプタ
09E15	蛍光顕微鏡用 LED ホルダー
09E16	トランスファーチューブ延長管
09F01	光電子分光装置用観察カメラアダプタ
09F02	分光器固定プレート
09F03	クライオスタット ST-400 の修理
09F04	真空引き用フランジ
09F05	ミラーホルダ他
09F06	テフロンリング
09F07	BL7U 試料ホルダー
09F08	試料ホルダー
09F09	プレート他
09F10	赤外テラヘルツ用試料ホルダー
09F11	ステンレスパイプのカット
09F12	オープン周辺改修部品一式
09F13	XAFS 測定セル
09F14	ニコン顕微鏡対物レンズかさ上げアダプター
09F15	金板穴あけ
09F16	ビーム入射中信号分配盤
09F17	AL ディスク
09F18	位置合わせ顕微鏡試料ホルダー
09F19	セルホルダー
09F20	テフロン製天板
09F21	メッシュ電極試作 [写真]
09F22	AL パイプ
09F23	Poling Base 10
09F24	高圧 DAC 用パーツ
09F25	ピエゾマウントミラー用ポスト
09F26	アルミプレート
09F27	3 mm 厚 PDMS 型
09F28	光学台用支柱
09F29	トランスファーロッドの傷除去
09F30	銅製台座
09F31	XMCD ホルダー
09G01	真空干渉計チャンバーの加工
09G02	チャンバーの追加加工
09G03	温度変調素子
09G04	全反射倒立顕微鏡用温調ステージ
09G05	温調ステージ台座
09G06	ミラーホルダー改造
09G07	スリット ICF70
09G08	アクリル板の加工 (安全表示板)
09G09	ICF70-1/8
09G10	対物レンズ用循環水ジャケット [写真]
09G11	光軸調整用治具
09G12	放射光エッチングマスク部品
09G13	耐熱対振動小型 Q スイッチ レーザーモジュールの試作 [写真]
09G14	バイオセンサー素子台座
09G15	高圧セル用ジグ修理
09G16	BL5U 用磁石ホルダー

09G17	テーパアンプ - ジグ -a
09G18	温調ステージ台座、追加加工
09G19	還流チェンバー
09G20	フォトマルボックス
09G21 *	自動回転機能付きサンプルホルダ [写真]
09G22	ミラーホルダーの試作
09H01	ミューメタル加工調整
09H02	アルミブッシュ及びミューメタル追加加工
09H03	架台天板
09H04	金属箱の穴あけ加工
09H05	溶液用 EXAFS セル [写真]
09H06	シリンダコネクタ
09H07	フォトダイオード加工
09H08	テーパアンプジグ
09H09	排液コネクタ
09H10	ホルダー
09H11	セル修理
09H12	バイオセンサー顕微鏡観察用ホルダー
09H13	SC 用絶縁
09H14	角度分解テストピース
09H15	試料固定用ジグ
09H16	CCD カメラ用作業台
09H17	Poling Base 10 add
09H18	ガード板
09H19	拡散反射 IR 加熱用受皿
09I01	1/4 インチ管用ホルダー
09I02	レーザー冷却器の改造
09I03	検出器ホルダー
09I04	サンプル支持板追加加工
09I05	W.MO、シート
09I06	試液導入パイプの製作
09I07	クライオセンター部品
09I08	MHV 付フランジ加工及びメッシュの製作
09I09	波長板ホルダー
09I10	手動弁取付金具
09I11	イオンチャンネルバイオセンサー部品一式
09I12	Kerr 効果測定用ジグ
09I13	ポール受けブラケット
09I14	電動ステージ用アダプタ
09I15	低温用サンプルマウント+おさえ
09I16	透過型 EXAFS セル+ホルダー
09I17	培養チャンバー改良
09I18	オイルバスタンク改造
09I19	角型分光チャンバー直線導入機用追加部品
09I20	支えネジ (ARPES マニピュレーター用)
09I21	顕微鏡ステージの改良
09J01	BL5U 用試料アダプタ
09J02	サンプルホルダー A 型
09J03	レーザー光源用光軸変更架台
09J04	ステージ板加工
09J05	クリスタルホルダー
09J06	試料バンクロッド
09J07	オミクロンフォルダー用バンク
09J08	電極固定ロッド
09J09	LIGA プロセス放射光マスク #30 型 [写真]
09J10	恒温槽チェンバ

09J11	溶液用 XAFS セル、ホルダー
09J12	CCD 基盤上板
09J13	テフロン製反応容器底部
09J14	オミクロンフォルダーアタッチメント
09J15	膜厚計センサーホルダー
09J16	グレーティングホルダー一式
09J17	サンプル管の溶接修理
09J18	CW ノズル
09J19	ミラー用スペーサー
09J20	試料加熱ホルダー
09J21	ベアリングケースベスベルカラー
09J22	単細胞培養チャンバーモールド
09K01	クライオスタット固定用 L 型金具
09K02	蒸着ルツボ
09K03	テフロン製反応容器用吸引過ユニット
09K04	Adapter Plate
09K05	遮光板 B 部品改修
09K06	スリット台
09K07	試料支持台
09K08	ロータリーポンプ排気部品
09K09	トランスファーロッド修理
09K10	3/8 インチパイプ付 ICF70 加工
09K11	イオンチャンネル電流計測シャーシー追加工
09K12	高周波電極
09L01	太陽電池セルホルダー
09L02	レンズホルダー
09L03	フォトダイオード
09L04	レーザーモジュールカバー加工
09L05	液体ヘリウム容器トップフランジ
09L06	メッシュ電極追加工
09L07	MCD サンプルフォルダー
09L08	CW ノズル 0.2
09L09	ピンホールホルダー追加工
09L10	プラグ型モジュール Ver3 結晶ホルダー改良
09L11	対物レンズ用アタッチメント
09L12	EXAFS セル試料つま棒さじ
09L13	クライオヘッド
09L14	ICF34 メクラフランジの追加工
09L15	フランジ
09L16	PDMS 用アクリル製モールド
09L17	パルス磁場用試料ホルダー
09L18	無酸素銅リング
09L19	アルミ片
09L20	CLM70 取付ガスノズル
09L21	注射針加工
09L22	LIGA プロセス位置合わせ技術開発

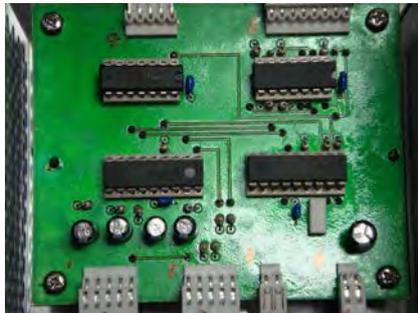
電子回路グループ (21 件)

伝票番号	品名
09A01	4 分割フォトダイオード用アンプ回路
09B01	パルス電源修理
09C01	ローパスフィルター回路
09C02	大電流 LD 駆動用ケーブル
09C03	バルブ・インターロック
09D01	パルス電源用 Low Pass Filter
09D02	アナログ-タイムコンバータ [写真]
09E01	多チャンネルローパスフィルタ回路 [写真]
09E02	ステップモーター制御回路
09E03	入射タイミング・モニター分配器
09F01	インピーダンス調整器
09F02	負電圧バイアス付高圧パルス電源
09F03	流量計のコネクタ配線
09F04	流量表示メータの改造
09G01	改良型インピーダンス調整器 [写真]
09H01	He 純度計
09I01	パルスモーター制御ユニット改良 (拡張)
09J01	溶媒改修蒸留コントローラの修理
09J02	高周波プリアンプ用クランプ回路
09K01	高電圧パルサー改造
09K02 *	電子線コンプトン散乱の 時間分解反応顕微鏡の開発

ガラス加工グループ (19 件)

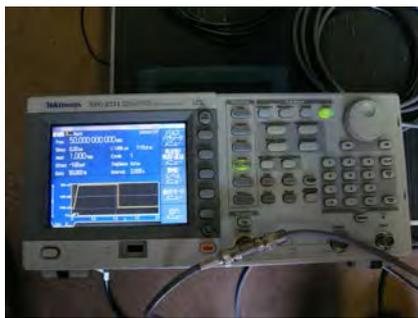
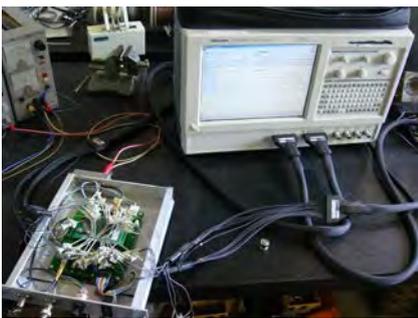
伝票番号	品名
09A01	石英セル修理
09B01	封じ切り反応管
09B02	サンプルホルダー
09B03	ガイシ加工
09C01	封入用試験管
09C02	修理
09D01	石英研磨
09D02	解体
09D03	N MR 用サンプルホルダー
09E01	真空ライン水銀処理
09E02	サンプルセル
09E03	真空ライン修理
09F01	ガラス板
09F02	真空ライン解体
09G01	真空ライン
09G02	E S R 継ぎ直し
09H01	サンプルホルダー
09H02	指持台
09J01	コバール継

超精密フライス盤Zステージ用コントローラ



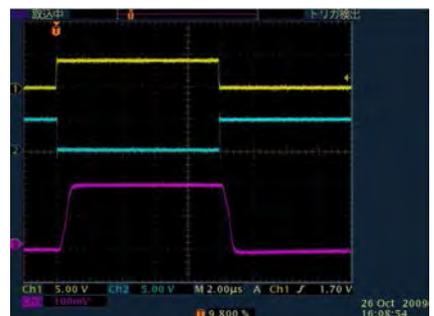
データメモリ型ステップモータ・コントローラとPICマイコンを組み合わせたステージの駆動制御

Analog to Time Converter



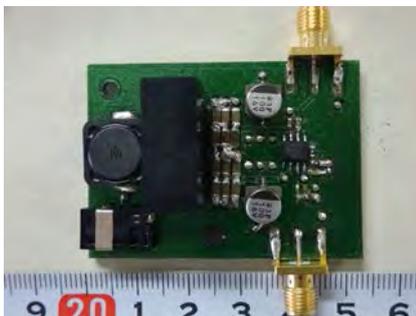
40Msps 12bitAD変換器を用いたパルス波高値計測回路
XC94144XL (カメレオンUSB) によるロジック機能の製作

-500V オフセット 1KV 可変高圧パルサー



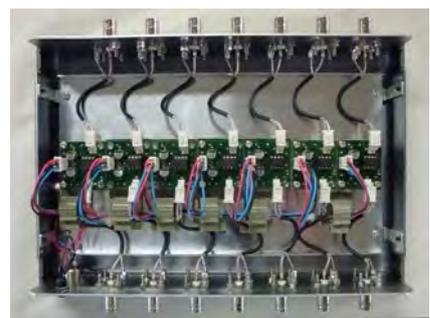
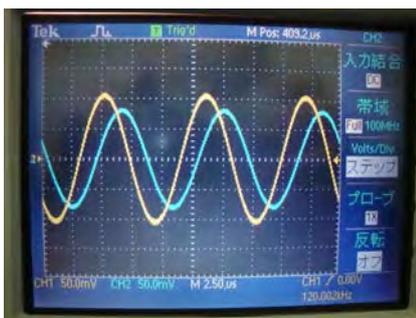
Power MOSFET を用いた 0 ~ 1KV 可変高圧パルサー
オフセット電圧：0 ~ -500V、スルーレート：420V/ μ S
パルス幅：トリガーパルス幅、繰り返し：750Hz

改良型インピーダンス調整器



入力インピーダンス 300K Ω、出力インピーダンス 50Ω
 最高入力周波数 300MHz
 オシロスコープ入力端子に直接接続可能

多チャンネルローパスフィルタ



カットオフ周波数 1KHz、25KHz、80KHz、120KHz、350KHz、500KHz
 のローパスフィルタを集約
 回路定数の変更でカットオフ周波数を変更可能

パルスバルブドライバー



操作系と信号制御の大部分を CPLD に集約
 LED 付スイッチと連携した明朗な操作系を構築
 表面実装部品の積極的採用による基板の小型化
 (詳細記事 25 ページ掲載)

2009年 製作品

水晶振動子ホルダー



水晶を的確に保持するため厚さの異なるステンレス製のバネを試作

圧力セル回転機構



クライオスタット底部に取付・非磁性材料で製作

ビューポート用 CCD カメラ台



ビューポートに直接取付けることで外部からの光を遮りコントラストと操作性が向上

溶液用 EXAFS セル



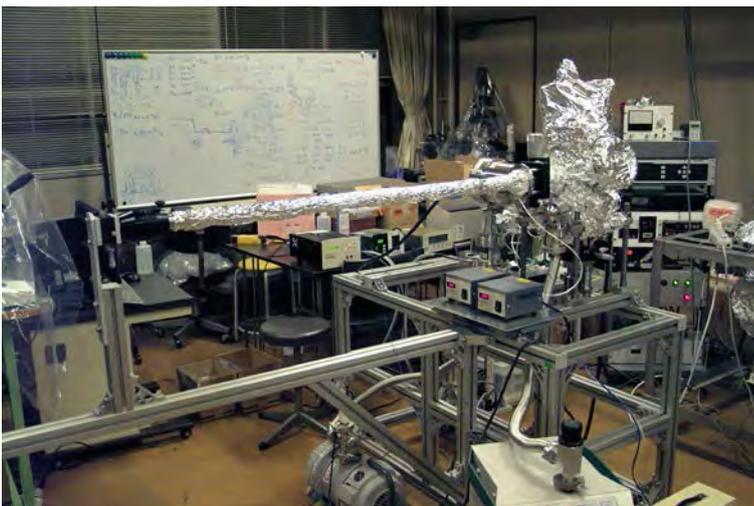
パイレックスガラス、コバール金属、ステンレス金属を接合したセル

技術職員 研修の課題



(詳細記事 47 ページ掲載)

施設利用課題 (東京大学)



試料を清浄にするクリーニングチャンバをベーキングしている様子

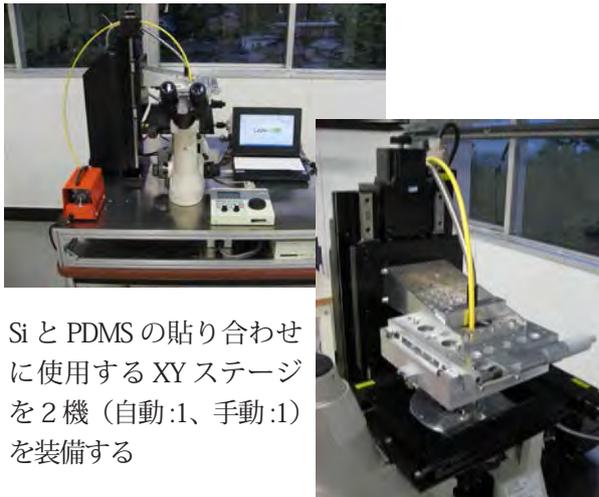
(詳細記事 18 ページ掲載)

大 DAC クライオ窓部



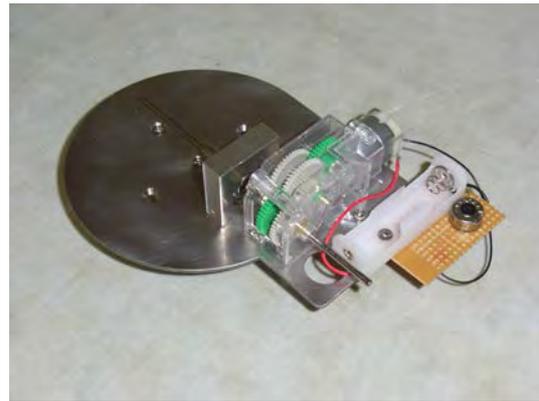
強度と耐久性向上のためアルミ合金製だったものをオールステンレスで製作

顕微鏡用電動ステージユニット



Si と PDMS の貼り合わせに使用する XY ステージを 2 機 (自動:1、手動:1) を装備する

施設利用 (産業技術総合研究所)



ナノイオンビーム加工装置用回転治具

メッシュ電極



透過率 95% の銅メッシュを 1mm と 0.5mm のチタンプレートではさみこみスポット溶接

小型レーザーモジュールミラー調整機構



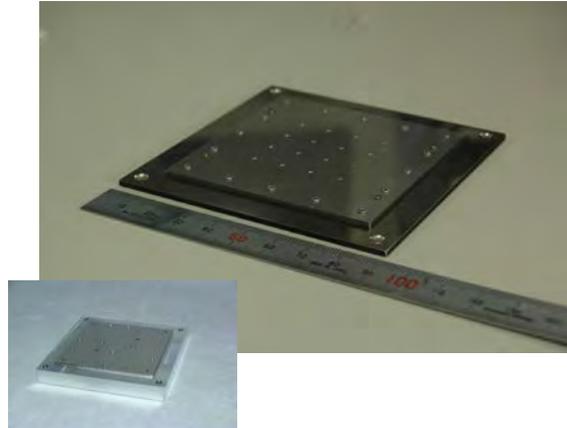
Q スイッチレーザーのミラーを調整固定する専用治具

対物レンズ用循環水ジャケット



レンズを一定温度に保つ水冷ジャケット

LIGA プロセス放射光マスク



PMMA0.5mm 厚 - 16 チャンネル用と
0.2mm 厚 - 4 チャンネル用
(詳細記事 28 ページ掲載)

平成 21 年度 文部科学省科学研究費補助金 奨励研究の進捗報告

豊田朋範

はじめに

筆者は昨年度に引き続き、文部科学省科学研究費補助金奨励研究(以下「奨励研究」)に申請した研究課題が採択された。本稿では研究課題の紹介や進捗状況などを報告する。

1. 研究課題と目的

平成 21 年度奨励研究に採択された研究課題名と研究目的を順に示す。なお、奨励研究そのものは単年度単位であるが、本研究は昨年度採択課題の継続という位置づけである。

研究課題名 「金属錯体結晶生成用定電流定電圧電源の開発」

研究目的

金属錯体は組成や条件によって磁性体にも超伝導体にもなり、触媒や発光素子など広範な応用が可能な物質である。しかし研究で使用される金属錯体の結晶(以下「結晶」)生成は、電解質の溶液に μA オーダーの一定値の電流 I_{cr} を流す定電流方式か、溶液に挿入した電極間に数 V 程度の一定値の電圧 V_{cr} をかける定電圧方式のいずれかによる電気分解であることに変わりはない。

どちらの方式も研究者のノウハウに依存する部分が非常に大きく、結晶生成の条件にフィードバックがなされにくい。また、結晶生成中に I_{cr} や V_{cr} を制御したいという要求もある。特に結晶生成の初期段階において大きく変動する V_{cr} や I_{cr} に応じて出力を制御することで、これまで生成し得なかった構造や特性を有する結晶創成の可能性をもたらす。

これらのことを踏まえ、 I_{cr} や V_{cr} をモニタしてその変化に応じた出力の制御が出来る、結晶生成中の電氣的条件の記録が行えるプログラマブルな金属錯体結晶生成用定電流定電圧電源(以下「CCCV 電源」)を開発することが本研究の目的である。

2. 開発の進捗

2-1. 構想

意見交換や打ち合わせを踏まえて再構成した CCCV 電源のブロック図を図 1 に示す。

I_{cr} や V_{cr} をデジタル方式のデータで扱うために D/A コンバータと A/D コンバータを用いることは昨年度の構想と同じである。

これまでの研究者との意見交換や打ち合わせで、とりわけ大規模な大学や歴史の長い建造物に所在する研究室では合成を含む研究機器の電動化・自動化が著しい一方で建物の電気容量が追いつかず、コンセント不足やブレーカー遮断に見舞われる事例が増加していることが分かっている。また、落雷などによる瞬時停電の影響もある。

結晶生成には半月以上の時間を要し、その間に電源が遮断されると結晶生成が停止するばかりか、電氣的衝撃で結晶が破損する恐れもある。そこで、AC フリーな結晶生成を可能とするため、電池から駆動用電源を生成するバッテリー電源回路の開発を決めた。

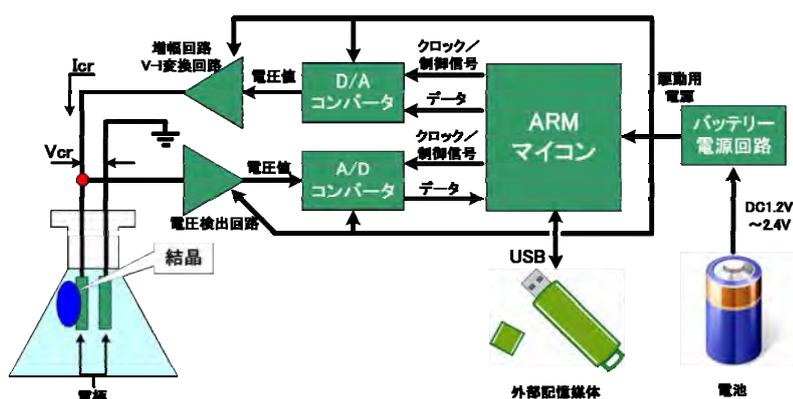


図 1: 再構成した CCCV 電源のブロック図

また、D/A コンバータと A/D コンバータの制御は、AC 電源と比較してごく限られた電流容量の電池で駆動することから、市販の携帯電子機器で多数の採用実績があり、消費電流あたりの処理能力が高い ARM マイコンで行うことにした。CCCV 電源の制御シーケンスや結晶生成中の電気的条件の解析は別途居室等の PC で行い、可搬性と入手性が高い USB フラッシュメモリなど外部記憶媒体でデータのやり取りをすることにした。

2-2.電源回路の設計・試作

電池は様々な形状と特性のものが存在するが、今回はデジタルカメラや携帯ゲーム機によく用いられるリチウムイオン電池ではなく、ニッケル水素電池(写真 1)を選択した。電圧や体積エネルギー密度はリチウムイオン電池が有利であるが(3.7V、520Wh/L)、ニッケル水素電池(1.2V、195Wh/L)は入手が容易で安価である。

昨年度で消費電流を削減した定電流回路を試作したが、回路シミュレーションソフト LTspice(図 2)による解析の結果、負電源も必要であることが判明した。そこで、ニッケル水素電池 2 個(2.4V) から±12V を生成するバッテリー電源回路を試作した(写真 2)。この回路の最小駆動電圧は 1.2V で、消費電流は約 1.5mA である。



写真 1: 市販のニッケル水素電池の例

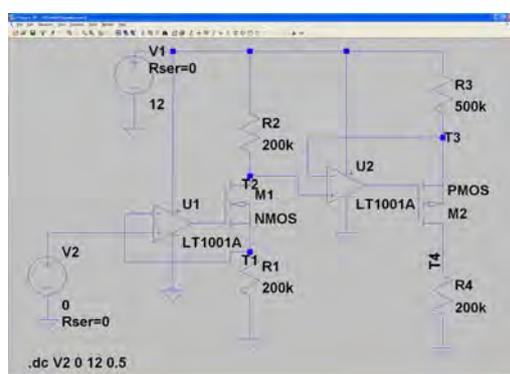


図 2: 回路シミュレータ LTspice

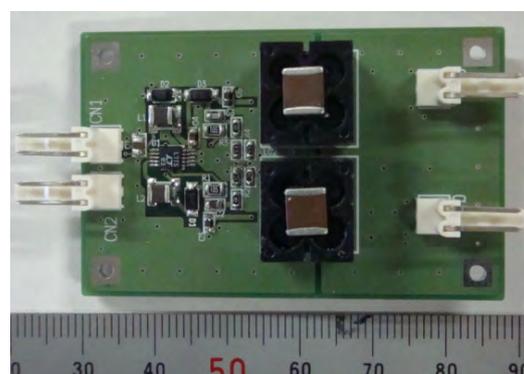


写真 2: 試作したバッテリー電源回路

3.まとめと今後の構想

近年の電子機器における低消費電力志向を踏まえ、市販のニッケル水素電池を用いたバッテリー電源回路を試作した。今後は消費電流とノイズの低減を進めたい。

一方、バッテリー電源回路の設計と試作に注力したこともあり、ARM マイコンなど他の回路は評価キットの導入や設計にとどまっている。今後はこれらの開発も進めたい。

謝辞

本研究は平成 21 年度文部科学省科学研究費補助金奨励研究(課題番号 21920016)の助成を受けたものである。

本研究を推進するにあたり、京都大学大学院理学研究科の北川宏教授と東京大学大学院工学研究科の鹿野田一司教授と宮川和也助教にご指導いただき、重要な指針をいただきました。この場を借りて厚く御礼申し上げます。

技術課セミナー「超精密加工技術」

青山正樹

装置開発室では先進的な研究の支援に必要な加工技術として、微細な切削ツールを使用したマイクロ加工技術に取り組み、これまでにガラス製マイクロ流体チップ、バイオセンサー用シリコン基板へのディンプル加工、バイオセンサー用流体回路部品などの製作を通じて加工技術の高度化を行ってきました。最近では、さらなる加工技術の高度化を目指し新たに超精密加工技術に取り組んでいます。超精密加工は nm 分解能の加工ステージや静圧軸受けを装備した工作機械により、単結晶ダイヤモンドバイト工具を用いて行う加工方法です。現在、天文台先端秘術センターや名古屋大学全学技術センターと共同で近赤外分光用の回折格子の製作を行い技術の蓄積を行っています。分子研装置開発室において今後さらに取り組んでいく重要な技術であるとの認識から、3名の超精密加工技術に精通した講師をお招きしてセミナーを開催いたしました。

今回のセミナーでは、超精密加工を学術的な面から研究されている名古屋大学工学研究科の鈴木教和先生、超精密研磨および超精密切削加工を中心に光学機器部品の製造を行っている株式会社クリスタル光学技術開発部長 桐野宙治先生、国内最大 3.8m 望遠鏡の主鏡製作に、超精密研削加工技術や光干渉計による機上測定技術など新たな技術を導入し望遠鏡開発を行っている株式会社ナノオプトニクス研究所 研究開発センター 研究員 所仁志先生と3者それぞれ違った立場から超精密加工技術関したご講演をいただきました。当日は、大学・研究機関から30名、またこの地域の企業からも30名ものご参加を頂くとともに、次回開催を待ち望む多くの意見も頂き盛大に開催されました。

プログラム (平成21年2月25日)	
13:30-13:45	挨拶および趣旨説明
13:45-14:45	「楕円振動切削による難削材の超精密微細加工」 名古屋大学工学研究科 超精密工学研究グループ 助教 鈴木教和氏
14:50-15:50	「クリスタル光学における超精密加工への取り組み —超精密切削加工及び、紫外光を用いた超精密研磨—」 クリスタル光学 技術開発部 部長 桐野宙治氏
16:00-17:00	「超精密加工と赤外線天文学 —岡山 3.8 m 新技術望遠鏡計画とセグメント鏡の製作—」 株式会社ナノオプトニクス研究所 研究開発センター 研究員 所仁志氏
17:00-17:15	「分子研装置開発室における超精密加工への取り組み」 分子科学研究所 装置開発室 青山正樹
17:30-19:00	交流会



大学共同利用機関法人
 自然科学研究機構 分子科学研究所
技術課セミナー
「超精密加工技術」
 開催日 平成21年2月25日(水) 午後1時30分より
 会場 同棟コンファレンスセンター 2階小会議室
 (愛知県豊田県豊田市大字東山1-1)
 定員 60名(先着順で定員になり次第締め切ります)
 参加費 無料
 申込費 2000円(希望者のみ)

13:30-13:45 挨拶および趣旨説明
 13:45-14:45 「楕円振動切削による難削材の超精密微細加工」
 名古屋大学工学研究科 超精密工学研究グループ 助教 鈴木教和氏
 14:50-15:50 「クリスタル光学における超精密加工への取り組み
—超精密切削加工及び、紫外光を用いた超精密研磨—」
 桐野宙治氏(クリスタル光学 技術開発部 部長 桐野宙治氏)
 16:00-17:00 「超精密加工と赤外線天文学
—岡山 3.8 m 新技術望遠鏡計画とセグメント鏡の製作—」
 株式会社ナノオプトニクス研究所 研究開発センター 研究員 所仁志氏
 17:00-17:15 「分子研装置開発室における超精密加工への取り組み」
 分子科学研究所 装置開発室 青山正樹
 17:30-19:00 交流会

18時00分 分子科学研究所 豊田キャンパス 自然科学研究機構 分子科学研究所
 〒441-8601 豊田県豊田市大字東山1-1

分子科学研究所 一般公開

近藤聖彦

平成 21 年 10 月 17 日(土曜日)、分子科学研究所一般公開「分子の森を探検しよう！」が開催された。今回は、明大寺地区実験棟の耐震工事期間と重なったため、明大寺地区のグループ展示は岡崎コンファレンスセンターで行われた。装置開発室のテーマは「穴加工を体験しよう」であり、手動式の放電加工機タートル 1 号を使用して $t0.1\text{ mm}$ の板に $\phi 0.1\text{ mm}$ の穴あけ加工を体験してもらい、加工品をキーホルダーとしてプレゼントした。ただ、穴あけ加工をおこなうだけでは、興味を引かないと思ったのでタイムトライアル形式にしたら子供の競争心に火をつけたようで考えていた以上に人気があった。また、来場して頂いた方には抽選で装置開発室特製グッズをプレゼントした。人気のグッズは立方格子の中にサイコロが入っているキーホルダーであった。その他にも多種のプレゼントを用意したが、幸せを運んでくれると思われる四つ葉のクローバーを透明ケースに入れたキーホルダーなども人気があった。しかし、予想されるだけの入場者数分を準備することができなかつたため、抽選を採用し、例年の入場者数から当たる率を調整していたが、新型インフルエンザの影響もあり例年よりも来場者数が少なく、プレゼントが余りそうだったため閉会間際は好きなプレゼントを選択してもらうようにした。写真を見て頂くとわかると思うが、今回も我々の企画は大盛況で終えることができた。



抽選の様子



多種のプレゼント



穴あけ加工手順の説明を聞く来場者



放電加工のしくみを説明している様子

機械加工研修を受講して

名古屋大学 全学技術センター（理） 教育・研究技術支援室 立花健二

1、はじめに

私は現在、名古屋大学理学部で技術職員として勤務している。現在の主な業務内容は機械系の技術支援業務である。採用されてから約2年半が経過し、職場の雰囲気到大分慣れてきて、少しずつ仕事を覚え始めた所である。

今回、2009年7月6日から10日までの5日間、“機械加工研修”として、分子科学研究所に所属しておられる民間企業で経験を積まれた技術支援員の方から、機械加工についての研修を受けるという貴重な機会を与えて頂いたので、ここで報告する。

2、研修内容

研修の内容は、汎用工作機械を使用して加工依頼品を製作することであった。研修の期間を通じて、「“能率的に加工する”とはどういうことか？」という点が貫かれていた。私に与えられた加工品は、“光音響フランジ”という真空フランジのついた十字パイプ形状のものであった。

まず、私の加工技術がどの程度か知るために、旋盤に材料を取り付けて削ってみるよう指示された。この結果、私は機械の操作に慣れておらず、一人での作業は危険であると判断されたため、マンツーマン形式の研修を実施する事になった。

旋盤（端面、中ぐり）、フライス盤（平面切削、穴あけ）、T i g 溶接（真空フランジの溶接）が主な内容であったが、随所で“能率的に作業する”ために、多くの事を教えて頂いた。

指導の内容は、加工技術的なものが多く、私がメモしただけでも60個以上あるが、能率的な加工の心構えとして、「機械を恐れているは、加工が早くならない。」「悩む暇があったら、動かしてみる。」「片方の手が遊んでいる。」「デキる人は作業服を汚さないものだ。」など、実践的（基本的？）な指導も多かった。私の記憶力が良くないせいか、指導されたとおりに直ぐに手が動かないのが辛かったが、なんとか課題を完成することができた。

能率的な作業を重視した研修であったので、加工の速さだけを重視するような印象を受けるが、安全を最も重視していたのが印象的であった。

3、最後に

研修が終了してから、約半年が経過した。業務依頼には機械加工を含むものが多いので、とても参考になった。今回のような機械加工研修は初めての試みだったと聞いている。これから入職してくる技術職員にも是非ともこのような実践的な研修を実施していただけると良いと思う。

私の指導に貴重な時間を使ってくださった分子科学研究所 装置開発室の高松宣輝氏、宮下治美氏、研修を立案してくださった同研究所の装置開発室のスタッフの方々、名古屋大学の関係者の方々にこの場を借りて、改めてお礼を申し上げます。

分子科学研究所での技術研修

北海道大学低温科学研究所 藤田和之

平成21年11月9日～27日に自然科学研究機構分子科学研究所（以下、分子研と書く）技術課にて行われた技術研修について報告します。

研修目的は、民間企業の第一線で「ものづくり職人」として働いてこられた研究支援推進員の方々から機械工作においてコストを意識し早く正確にもものを作る技術を習得することと、CNC旋盤や放電加工機、三次元測定器など分子研の充実した装置を操作、体験することでした。以下のことを重点的に習いました：

- 技能検定3級旋盤、フライス盤の課題を通して、早く正確なものを作るためには、段取りや加工手順、計測回数や計測時間の短縮が重要だと指導していただきました。また、ねじ切り、はめ合わせ加工、薄い板の加工など普段私が職場で製作しているものをより効率良く製作する方法を教えてくださいました。研究支援推進員のお二人は仕事をこなすのが早く正確であり、見ているだけでもとても勉強になりました。
- コクーンミラーの製作を通して、CNC旋盤での楕円加工、ワイヤー放電加工機での切断、非接触三次元測定器での楕円面のチェックを行いました。見たことも使用したこともない機械を使用したので、勉強になったと同時にとても新鮮さを感じました。
- 11月26日、27日は第7回放電加工技術セミナーに参加しました。研修後、12月に低温科学研究所（以下、低温研と書く）にワイヤー放電加工機が導入されたので、セミナーで学んだことを参考にしていろいろなことに挑戦したいです。セミナーに参加し、低温研については知り合うことのできなかつた方たちと話すことによって、更に視野が広がりました。

今回の研修で分子研の高い技術を見て刺激を受けました。研修で得た経験を有意義なものにするため、今後の業務に取り組んでいきます。

この研修を企画し、受け入れ研修という形で旅費を捻出していただいた分子研の鈴木課長、青山班長、技術的な指導をしていただいた高松研究支援推進員、宮下研究支援推進員をはじめ技術課の方々には大変お世話になりました。この場を借りてお礼申し上げます。



左から宮下氏、筆者、高松氏



研修で製作したものの一例

ナノインプリント講習会に参加して

矢野隆行

ここでは産業技術総合研究所先進製造プロセス研究部門で平成 21 年 9 月 15 日～16 日の日程で行われたナノインプリント講習会について報告する。

本講習会は、MEMS 技術に参入を考えている企業技術者等を対象に、基礎知識、設計手法、プロセス実習・講習（マスク作製方法の説明とエッチング技術、計測・評価技術の体得）を通して、技術の普及に努めることを目的としている。プログラムに関しては下記に示す。

現在装置開発室としては、産業技術総合研究所と施設利用により実験装置の共同開発を行っており、開発する装置がどこでどのように使われているのか、あるいはどのようなプロセスで使用されるのかなどを知る上では貴重な情報源となった。今回の講習会で得た情報を念頭に置き、より有効な装置の開発に邁進する予定である。

講習会プログラム

9 月 15 日

- 9 : 30 オリエンテーション、プロセス概要説明
- 10 : 00 プロセス実習
- 13 : 00 ICP ドライエッチングによるシリコンマスター製作
- 15 : 00 シリコンマスターの形状測定

9 月 16 日

- 9 : 30 1 日目に製作したシリコンウェハの計測評価
- 13 : 00 熱ナノインプリントによる樹脂成形とガラスへの転写成形実習



写真 1 産業技術総合研究所前にて



写真 2 実習風景

第 49 回 真空夏季大学

高田 紀子

2009年8月18日から21日までの4日間、日本真空協会の主催で、第49回真空夏季大学が静岡県熱海市の伊豆網代温泉松風苑で開催された。昨年の青山氏と矢野氏の受講に続き、今年は近藤氏と共に受講した。講師は約20名、受講者は95名が参加し、真空機器メーカーをはじめ、真空装置の設計や製造、利用をしている民間企業からの参加者が多く見られた。

真空技術は、薄膜技術や加速器、物質の表面分析、プラズマ技術など様々な分野で重要とされている。装置開発室でも、所内からの依頼や所外からの施設利用を通して、真空装置関連の製作依頼も多い。

真空夏季大学では、真空の基礎を理解し、装置を正しく運用し、さらには新たな技術の展開に対応できる能力を育むことを目的としている。講義の内容は表1の通りで、1講義あたり2、3時間とかなり充実していた。また、講義を受講するだけでなく、1日の最後に演習問題を解く点も特徴で、最終日にはグループで解答し発表する機会も与えられた。その他に、本講習を修了することにより、1級真空技術者の資格試験を受験することもできる。

真空夏季大学を通して、真空とは何かから始まり、真空の作り方、真空ポンプの種類、真空計の種類など、基礎的な部分から実践的な部分まで学ぶことができた。装置開発室での今後の業務に生かしていきたい。

表 1 講義の内容

1	気体分子運動論入門
2	真空と表面
3	希薄気体の流れ
4	画像でみる真空工学
5	真空計測
6	真空ポンプと排気系
7	真空用材料とガス放出
8	真空部品と可動機構
9	真空システム（超高真空とプロセス真空）
10	プラズマの基礎
11	演習 I、II、III



図 1 テキスト（左）と修了証書（右）

VDEC 環境におけるトランジスタレベル設計講習会

吉田久史

平成 21 年 9 月 24 日～25 日に VDEC（東京大学大規模集積システム設計教育研究センター）において表題の講習会が開催され、豊田、内山、吉田の 3 名が受講した。講習会は VDEC のある東大本郷キャンパスの武田先端知ビルで行われ、参加者は約 30 名であった。参加者の大半が 20 代の学生風の若者で、我々のような社会人は若干名であった。図 1、図 2 に講習会の様子を示す。

講習会は CMOS で構成するインバーター回路を用いたリングオシレータを題材として、回路設計からチップ・レイアウト設計までの IC チップ製作の一連のフローを流せるようになることを目的に行われた。そこで講習会は、Artist/Composer による回路図入力、Hspice によるシミュレーション、Virtuoso による レイアウト作成、Calibre による LVS/DRC 検証、HerculesLVS/Star-RCXT による配線寄生容量抽出といった VDEC 環境での設計ツールを全て使って行われた。僅か二日間の講習でこれだけのツールをマスターすることは難しく、我々は講習会のテキストと首っ引きで、テキストの通りに作業を進めることで精一杯だった。Unix OS に親しんだのは遠い昔のことで、今ではファイル指定のための長いパスをコマンド・ラインに打ち込むことに苦勞し閉口するという状況ではある。しかしながら、講習会では講師の先生に初歩的な質問であっても迅速丁寧に対応して頂き、何とか実用的なチップ・レイアウトを完成させることができた。初めて集積回路を設計する我々にとっては、より具体的な作業手順を知ること、今後習得しなければならない技術課題が見えた良い機会となった。今年度、エレクトロニクス・セクションでは、Linux OS のワークステーションを導入し VDEC を利用するための環境整備を始めた。現状では、ソフトウェアのライセンス認証を行って Hspice や Virtuoso といった開発ツールが動作することを確認している。今後は、設計ツールの操作をいち早くマスターすると同時に試作チップの設計・製作に着手したいと考えている。



図 1 VDEC の講習会風景—その 1

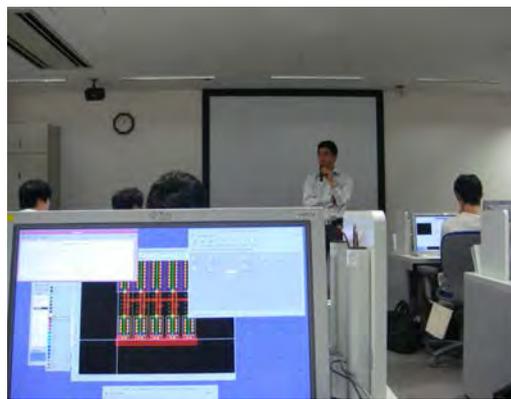


図 2 VDEC の講習会風景—その 2

中国でのバイオメディカル研究交流

豊田朋範

いきさつ

平成 20 年度技術研究会での口頭発表準備に余念がなかった 2 月中旬、宇理須室長から中国でのバイオメディカル研究交流に同行しないかとお話をいただいた。筆者はこれまで公私共に国外に出たことがなく、パスポートの取得から準備を始める必要に迫られた。

本稿では、先方の都合で渡航日程が北海道大学での NMR 実験実習(当該記事参照)の直後となった、3 月 24 日～3 月 26 日の 3 日間にわたる中国でのバイオメディカル研究交流について報告する。

出発～南京到着・滞在

3 月 24 日は早朝から新幹線と JR 線を乗り継いで関西国際空港に到着した(写真 1)。筆者は関西国際空港の使用も初めてであった。

約 2 時間の航路と出迎えに来られた南京大学教授の研究室スタッフの運転による陸路で、第一の目的地である南京に到着した。漢字の看板を掲げた古めかしい商店やアパートと建設中の高層ビルがひしめきあい、自動車が頻繁にクラクションを鳴らして道路を疾走する光景は、ここが日本ではないと感じさせるものだった(写真 2)。

移動日であるこの日は宿泊先にチェックインした後、宇理須室長と南京市街に夕食に繰り出した。南京市には『論語』で有名な孔子(夫子)の廟があり(写真 3)、周辺は観光地・商店街として華やかなイルミネーションが施されて賑わっていた(写真 4)。

飲食店はあらかじめ購入したチケットと様々な料理を交換して受け取るセルフサービス形式だった。そこでは当然ながら中国語しか通じず、チケット購入が必要と分かるまで少し時間がかかった。



写真 1：関西国際空港入り口



写真 2：南京市街



写真 3：夫子(孔子)廟入り口



写真 4：夜の夫子(孔子)廟周辺

南京大学と東南大学での交流～上海への移動

3月25日は東南大学に赴き、最初に大学内を案内していただいた。バイオメディカル研究交流ということで紹介を受けたのは医学研究が主体で、少量の血液や便などのサンプルから病気を識別する手法やタンパク質の増殖についての説明を受けた。

続いて南京大学に移動して、南京大学医学院長と面会した後、宇理須室長のバイオセンサー研究に関する講演を聴講した(写真5)。学生を含めて30名ほどが集まった講演では、現在エレクトロニクスセクションで取り組んでいるバイオセンサーに関して、細胞が出す微小電気信号の増幅回路が紹介された。

この後南京大学医学院長ら(写真6)と昼食を摂りながら研究や風習・文化について歓談した。日本の風習の中でサインより実印の社会的信用が高いこと、夫が自分の収入の全額を妻に渡すことに驚いていた。筆者は、大学内に中国共産党や人民解放軍の支部や関連組織が存在するところに驚いた(写真7)。



写真5：宇理須室長の講演の様子



写真6：南京大学正門前で(右端が筆者)



写真7：南京大学内組織の看板

夕刻に南京駅から中国版新幹線(写真8)で第2の目的地上海に移動し、送迎のタクシーで上海交通大学内宿泊施設に入った。上海交通大学は江沢民・前中国国家主席の出身大学であるためか、豪華な内装の宿泊施設ロビーには江沢民前主席の銅像が鎮座していた(写真9)。

チェックインの後、上海交通大学教授と面会して教授の研究室博士課程の学生諸氏を加えて宿泊施設内食堂で夕食を摂りつつ歓談した。中国では博士課程修了者のほとんどが中国を出て研究を続けるとのことである。



写真8：中国の新幹線

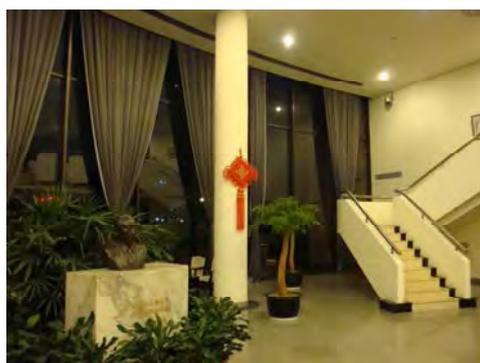


写真9：上海交通大学の宿泊施設ロビー

上海交通大学での交流～帰国

3月26日は宿泊施設での朝食後、教授と博士課程の学生に研究室を案内していただいた。教授はレーザーを用いた研究を主体にされていて、紹介いただいた装置の多くはレーザー関係のものであった(写真10)。レーザーが発振中にもかかわらず保護メガネの着用がないなど、安全衛生面ではアバウトな面が目立った。

同行の博士課程学生から、中国での博士号取得には国際専門誌に最低3報か4報の論文を掲載されることが必要と聞き、前夜に続いて厳しい学生生活を垣間見た。

続いて前日同様、宇理須室長によるバイオセンサーに関する講演と質疑応答が行われた。その後、教授の案内で大学構内を一巡した。あちこちで桜をはじめとする花々が咲き(写真11)、研究実験棟に交じって大規模な食堂(写真12)や学生寮が点在する構内は美しく整備されていて(写真13)、中国の学術研究への積極的な投資がうかがえた。

昼食をはさんでの交流の後、教授の見送りを受けて上海交通大学を後にした。万国博覧会開催を控えて活気に満ちる上海から航路で帰国したのは、26日の夜9時半過ぎであった。



写真10：レーザー実験設備



写真11：上海交通大学構内の桜



写真12：構内の川に面した食堂



写真13：橋からのキャンパス遠景

おわりに

筆者にとって初の海外渡航でもあった今回の研究交流では、コミュニケーションのほとんどは英語であったが、予想外に通じた。訪問した大学はいずれも広大であると同時に食堂や学生寮も完備されており、高学費と老朽化にあえぐ日本の大学との違いを感じた。

中国は貧富の差が激しく、かつての日本のように急速な経済成長に伴う乱開発や公害など様々な問題を抱えている。しかし、10億を超える人口と広大な国土を活用して大きく飛躍しようとする強いエネルギーに満ちていた。マンパワーで中国に凌駕される日本が今後学術面でも国際競争に生き残るためには、個人の資質や技量を高めることが肝要であると感じた。

最後に、今回の渡航と交流の機会を与えていただいた宇理須室長に感謝申し上げます。

北海道大学での NMR 実験実習

豊田朋範

いきさつ

昨年度の技術研究会や Annual Report における USB 接続 NMR 用高速高分解能データロガーに関する原稿(技術研究会報告も参照)を執筆する際、依頼者であり共同製作者でもある北海道大学大学院理学研究院量子理学専攻の河本充司准教授に、測定試料の種類とデータロガーで観測する FID(Free Induction Decay: 自由誘導減衰)の関係など NMR 実験に関する事項を何度か問い合わせた。それが NMR への興味と捉えられたのか(現にあったのも事実)、河本准教授から物理学会の年次大会前に実際に北海道大学で NMR 実験を体験実習してみないかとのお話をいただいた。

日ごろ研究実験に使用される電子機器を設計製作しているが研究実験の現場に接する機会はほとんどなく、河本准教授と幾度か装置を共同製作することで間接的に携わった NMR 実験を体験する良い機会と思い、京都大学総合技術研究会が終わって間もない 2009 年 3 月 15 日から 3 月 19 日まで、北海道大学での 3 泊 4 日(3 月 15 日は移動日)の NMR 実験実習に赴いた。本稿では実験実習の様子や習得した知識を報告する。

実験の準備～開始

NMR 実験で用いる試料は様々であるが、河本准教授の研究室では筆者が生成用電源を開発している(トピックス参照)金属錯体の結晶を使用していた。

まず、電磁石に挿入するプローブに試料を装填する(写真 1)。固体試料では角度によって異方性が生じるので装填角度を変えて NMR を行う必要がある。液体試料では物質が常時回転や移動をしているため試料全体では異方性がない。装填した試料が破損していないことを確認したのち、NMR 実験を行う超伝導マグネットのある実験室へプローブを搬送して超伝導マグネットに挿入する(写真 2)。

続いて液体 He を注入するトランスファーチューブ(写真 3)を挿入する(写真 4)。トランスファーチューブは 1 本約 200 万円と高価で先端が細く破損しやすいため、プローブ同様慎重に挿入しなければならない。また、トランスファーチューブ内に水や空気があると液体 He を流しこんだときに凍結してトランスファーチューブが破損するので、先に気体 He を 10 分ほど通して洗浄乾燥させる。

NMR で液体 He を多く使用するのは、FID の強度は温度に反比例するため低温にする方が測定回数を減らせるためである。低温にすれば万事安泰ではなく、原子が平衡状態に戻る時間である緩和時間が長くなる。しかし、FID の強度と測定回数を総合すると低温の方が有利である。

低温にする際に液体 He が無駄にならないようマグネット内を真空にして実験中維持する(10^{-4} Pa 程度)。液体 He は 400 円/リットルと高価で輸入に頼る戦略物資でもあるため、回収と再液化は重要である。



写真 1: プローブへの試料装填



写真 2: プローブのマグネットへの挿入

実験

準備が終わったら室温から 10K 程度の間隔でマグネット内の温度を下げて実験する。温度を低くしていくには液体 He の流量を増やすが、自動運転ではトラブル時に対応できないし、出来るだけ少ない液体 He で低温を実現するには手動調整が良い。特に 10K 以下では液体 He の流量調整が難しく、実験時間より温度調整時間の比重が高まる。

ある温度で数十～数万回の測定を行い、積算することでノイズを相殺する。毎回の実験結果からスペクトルを確認して、温度調整の間隔や測定回数を調整してスクリプトを修正する(写真 5)。室温から極低温(4.2K)までこの繰り返しであり、1 回の実験は調整を含めて 1 時間以上かかるが、測定はスクリプトに従って自動で行われるため実験室に常時居る必要はない。

ただし、実験の進捗次第で調整を行う時刻は昼夜を問わないため、早朝や深夜に宿を出て確認と調整を行ってから宿に戻ることもあった(写真 6)。



写真 3: トランスファーチューブ



写真 4: トランスファーチューブの挿入

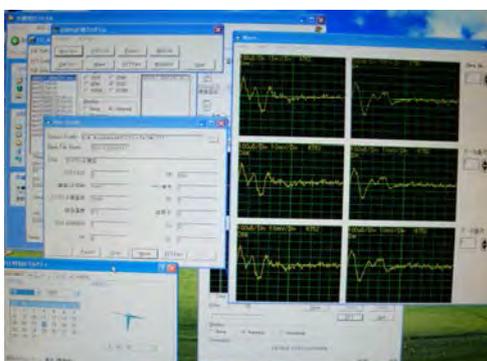


写真 5: NMR 測定画面



写真 6: 実験に臨む筆者

おわりに

理学系の実験は時間がかかる傾向が強いと知ってはいたが、早朝深夜を問わずに実験室に出向くのは大変だった。PC を中心とした測定の自動化が進んでいるとはいえ、液体 He の流量調整のように効率化のためにあえて手動で行う部分も存在していることは、ともすれば陥りやすい自動化万能への戒めになった。

実験データの整理を誤るなど失敗や苦労はあったが、筆者が装置の製作で長年かかわれてきた NMR の実験現場に試料装填から極低温での測定完了まで立ち会い携わることができたことは、装置のニーズを知る上で非常に貴重な経験であった。

最後に、今回の実験実習の機会を用意していただき、NMR 全般に関して詳細な説明や解説をしていただいた河本准教授と、実習に多大なご協力をいただいた研究室所属の学生諸氏にこの場を借りて厚く御礼申し上げます。

増沢式マイクロ加工専用放電加工機 タートル1号

近藤聖彦

平成20年11月27日-28日、キャンパスイノベーションセンター東京にて開催された電気加工学会全国大会(2008)の発表題目「マイクロ加工用手动放電加工機の開発」を聴講した。この発表で、低価格、軽量、簡単操作の放電加工機を使用し、 $t0.1\text{ mm}$ のSUS304に $\phi 50\ \mu\text{m}$ の貫通穴を8分で加工した例、 $t0.5\text{ mm}$ のカッターブレードに $\phi 100\ \mu\text{m}$ の貫通穴を10分で加工した例などの紹介があった。このような微小穴あけ加工の要求は所内でもあり、簡単に試作加工実験をおこなうことができると考え、この放電加工機を導入したので紹介する。

この加工機は増沢式マイクロ加工専用放電加工機タートル1号と呼ばれている。タートル1号は、(1)筐体に顕微鏡を流用しているため加工した穴を機上で観察できる。(2)手動送りのため操作が簡単である。(3)電極とワークの接触感知を音と光で判断できる。(4)低消費電力である。(5)小型・軽量であるため持ち運びが容易である。という特徴がある。このため、机上での加工も可能であり、希望があれば貸し出すことも可能である。この加工機は、購入者が開発者の指導のもと製作するスタンスをとっているため、完成品を購入することは不可能である。もちろん、我々も製作指導を受け、この放電加工機の製作を行った。この製作期間は2日で、初日に電源回路の製作、2日目に本体の加工製作をおこなった。このように部品から放電加工機を組み立てることで、放電加工機の仕組みを理解でき勉強になった。図1に製作したタートル1号、表1に主な仕様を示す。



図1 製作したタートル1号

表1 タートル1号の主な仕様

機械本体寸法(幅×奥行×高さ)	220×180×300
総重量(パルス電源+本体)	約3kg
消費電力	約3W
電極径	$\phi 0.05 \sim \phi 0.3$

装置開発室 Annual Report 2009

平成 22 年 2 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