

装置開発室 *Equipment Development Center*

Annual Report 2006



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

“装置開発室の使命は装置開発室独自にあるいは各研究部門との協力によって、分子科学に必要な実験装置を設計 / 製作し、また新しい装置を研究 / 開発することにある。これは分子研創設以来の基本方針です。ただ、これまでは、分子研のみのニーズに答えることとしてきたのですが、平成 17 年度以来、大学共同利用機関の一施設として、所外のニーズにも答えてまいりました。平成 18 年度は、所外から 6 件の加工または製作依頼があり、いずれも分子科学の面白い問題に関係するもので、装置開発の技術職員の技術力向上にはプラスであったと考えます。

平成 18 年度はマイクロ流体回路のニーズに応える製作技術の開拓や、脆性材料加工技術の高度化に向けて、技術力を高める努力を行ってまいりました。特に脆性材料の加工では国立天文台と名古屋大学で行われている赤外用光学素子（ZnS、ZnSe、Si など）の加工に関する共同技術開発に参画し、新たな加工技術の獲得ができつつあります。また、これに関連して鈴井、青山が NASA ゴダード・スペース・フライトセンター及びスタンフォード大学に出張し、脆性材料加工技術とマイクロ流体回路の製作技術の研修を行いました。

分子研は我が国の分子科学の基礎学術研究推進に責任を持つ唯一の、即ち当該分野における日本最高の公的研究機関です。サイエンスにおける大きなブレークスルーは、すでに誰か他人が開発した市販の実験装置ではできないことは明白で、装置開発室の存在意義がここにあります。“高度な装置開発技術”に加え、“開発技術者と研究者との真理探究への好奇心を共有した密接な対話”の二拍子そろっていることこそ、高度に独創的研究が必要とする実験環境ではないでしょうか。

平成 19 年度からは分子研の組織も大きく変わり、従来の、理論、光、物質を中心とする研究に生命関連の研究部門が加わります。このような時代の変革に十分に答えるべく我々装置開発室のスタッフ全員が、既存技術の高度化と革新技術の取得に日夜努力する必要があります。

室長

宇理須恒雄

構成スタッフ	1
イベント in 2006	2
施設利用	6
技術開発セミナー	7
低温技術	8
投稿・特許・発表	9
技術報告	10
技術レポート	22
2006 年 工作依頼リスト	46
2006 年 製作品	49
設備紹介	54
トピックス	55
出張報告	57



(後列左から) 青山正樹、浦野宏子、水谷伸雄
 (中列左から) 鈴井光一、宮下治美、高松宣輝、内山功一、永田正明、
 (前列左から) 吉田久史、矢野隆行、豊田朋範、近藤聖彦
 (右最前) 室長 宇理須恒雄

装置開発室長（併任）

	宇理須恒雄	URISU, Tsuneo	反応動力学部門 教授
--	-------	---------------	------------

技術職員

機械グループ	鈴井光一	SUZUI, Mitsukazu	技術班長
	水谷伸雄	MIZUTANI, Nobuo	係長
	青山正樹	AOYAMA, Masaki	係長
	矢野隆行	YANO, Takayuki	
	近藤聖彦	KONDO, Takuhiko	
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	
--	------	---------------	--

2月

9日 装置開発室運営委員会

3月

2日
～3日 第17回分子科学研究所技術研究会

口頭発表3件

「マイクロ流体チップの機械加工による製作」 青山正樹他

「超精密研磨加工によるスリット刃の製作」 近藤聖彦他

「FPGA と USB を用いた NMR 用パルスジェネレーター」 豊田朋範他

(3件の報告書掲載 10ページから)

9日 シャーリングマシン搬入



15日 若狭高校見学（回路工作室）



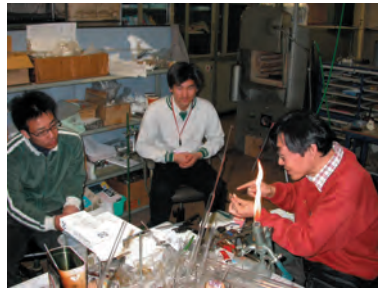
28日 非接触三次元測定機（NH3-SP）搬入



(記事 54 ページ)

4月

3日 技術課新人施設研修（ガラス工作）



14日

技術課新人施設研修（回路工作）

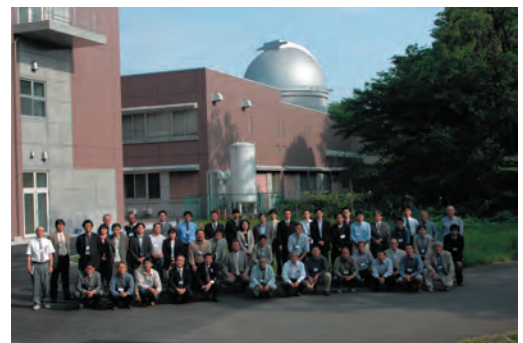


5月

22日
～ 23日

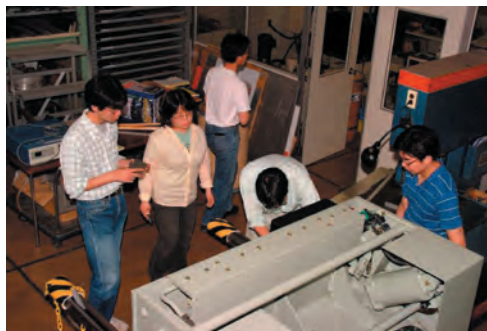
自然科学研究機構技術研究会

自然科学研究機構 5 研究所の技術職員が
多様な科学技術業務を交流と連携を通じ、
機構の技術職員ネットワークを構築すると
いう趣旨で、第 1 回を天文台で開催された。
装置開発室は「マイクロ加工技術」の取
り組みについて報告した。



30日

機械工作安全講習会



6月

22日

日本自動車総合研究所試作部 見学

23日

ガラス工作安全講習会



7月

6日 産総研「i-Gonio」見学 (記事 8 ページ参照)

10日
～21日 受け入れ研修
国立天文台先端技術センター 福島技術職員

8月

6日 都留高校 SSH 見学



平成 16 年度に岡崎高校の SSH 事業で製作した手動式冷凍機を紹介し、冷凍機動作の体験を行った。

10日
～21日 受け入れ研修
国立天文台先端技術センター 福島技術職員

9月

11日
～13日 東北大学多元物質科学研究所
高橋助教授らと電子運動量分光装置の設計会議

荷電粒子軌道シミュレーションソフト SIMION
を用いて TOF の最適電場設計やパルス電場の
電源についても検討が行われた
(記事 6 ページ参照)



10月

17日 装置開発室オープンセミナー
「微細加工技術と生命科学・医科学応用」



21 日 分子科学研究所一般公開



(記事 56 ページ参照)

11 月

1 日 日本自動車総合研究所およびデンソー関連技術者来所 見学と懇談会

(株) 日本自動車総合研究所を主体に (株) デンソー関連の技術者約 35 名の研究所見学会と研究開発に携わる技術者の意見交換会を行った。



7 日 岐阜高専回路工作室見学



24 日
～ 25 日 放電加工技術セミナー (記事 55 ページ参照)

分子研の共同利用研究における施設利用について、装置開発室では施設の機器の個別的利用から機器の製作依頼まで内容を拡大して実施し2年目となった。申請件数、事前の問い合わせなど、新規事業としての動きは前年と同様で大きな変化は特になかった。申請課題一覧は以下の表にまとめた。

東北大多元研の高橋助教授より、多元研の技術者と共同で開発および製作を進める電子運動量分光装置は、平成18年度前期、後期ともに申請があり、当初、製作までを平成18年中に終える計画であったため、業務としてかなりの期間を費やすことになると予測された。分子研側の分担は、製作経験のあるパルス分子ビームノズル周辺および解離イオンのTOF質量検出部であり、本年は高橋助教授が現在実験に使用している分光装置の次期バージョン構想から始まり、かなり具体的なTOF検出部の設計まで進めた。しかし予算的な事情から、次期を若干遅らせる事となり業務としての負担は翌年へ繰り越しとなった。

名古屋大学エコトピア科学研究所の田原教授から申請された研磨に関する開発課題は、装置開発室における研磨技術の習得と研磨装置の製作などに発展した課題であった。

その他の申請課題については通常の工作依頼に組み込んで業務を分担した。

施設利用課題一覧

申込者名	所 属	研究課題（備考）
高橋正彦	東北大学多元物質科学研究所	レーザー電場により配向した極低温孤立分子の電子運動量分光装置の開発
高橋正彦	東北大学多元物質科学研究所	レーザー電場により配向した極低温孤立分子の電子運動量分光装置の開発
細越裕子	大阪府立大学大学院理学系研究科	非磁性高圧力セルの開発 (本誌 29 ページ記事)
大河原 浩	生理学研究所 技術課	位相差電子顕微鏡の位相板開発における微細工作法の検討
日野照純	愛媛大学大学院理工学研究科	超高真空中で試料交換可能な極低温用保持機構の開発
田原 譲	名古屋大学エコトピア科学研究所	X線反射鏡用レプリカマンドレルの研磨加工 (研磨装置製作に関して 44 ページ記事)

平成 17 年度には名古屋大学全学技術センターと様々な技術的な問題点について議論する場として、毎回 2～3 件の技術報告を行うセミナーを岡崎と名古屋で相互に開催してきた。平成 18 年度は共同開発として脆性材料に関する超精密切削が共通の課題となり、セミナー内容は 8 月頃から「脆性材料の超精密切削」、「超音波楕円振動切削」の勉強会、加工実験の経過報告、および検討会の場とした。これは、国立天文台先端技術センターの共同開発研究公募に名古屋大学全学技術センターから申請された課題名「超精密加工機を用いた脆弱光学部材の切削および研削加工技術の開発」が採択され、その実験計画の段階から装置開発室も参画してきた事による。

国立天文台先端技術センターと名古屋大学の共同開発課題の内容は、加工対象の脆弱光学部材として ZnS、ZnSe、Si など、切削が困難な材料の加工に対する要素技術の開発である。従って、加工実験に参加することは装置開発室においても同様に Si およびパイレックスガラスなどの加工として分子研の技術支援に大きく利用できると考えている。この課題研究の中に超音波楕円振動切削法による加工実験も盛り込まれており、ダイヤモンド工具では困難とされている鉄系材料（SUS304 など）の超精密切削実験も実施された。その加工実験は装置開発室が分担して行った。

開催日	場所	内容
4 月 27 日	名古屋大学	インコネル 600 の研削 / 切削加工 5 軸制御機構付きクライオスタットについて 17 年度奨励研究課題実験について
6 月 29 日	分子研	チタン銅の時効処理 近赤外宇宙背景放射のロケット観測（CIBER）装置の開発
8 月 29-30 日	分子研	ZnS-MS 超精密加工実験 7 月分結果報告と次回の計画 LLNL：P.J.Kuzumenko 氏の論文読み合わせ
9 月 28-29 日	テレビ会議 分子研-天文台	ZnS-MS 超精密加工実験 9 月分結果報告と次回の計画 脆性材料の切削に関する国内論文読み合わせ ダイヤモンド工具の検討 振動切削加工法に関する論文による勉強会
11 月 2 日	テレビ会議 分子研-天文台	単結晶 Si の超精密切削に関する論文による勉強会 振動切削加工法に関する論文による勉強会
12 月 8 日	テレビ会議 分子研-天文台	ZnS-R 超精密加工実験 11 月までの結果報告 ダイヤモンドバイトに関する検討



セミナーには、名古屋大学全学技術センター、分子研メンバーに加え国立天文台からも参加することになった。そこでセミナー及び打ち合わせを効率よく進め、かつ旅費等の経済的な負担を軽減するためテレビ会議システムを利用した。

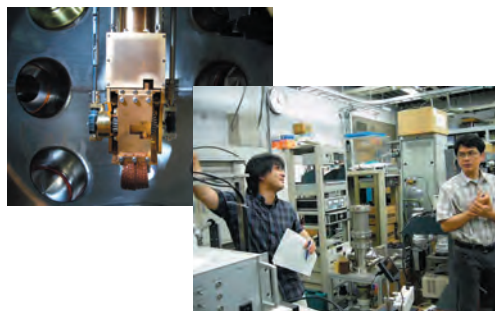
平成 18 年 1 月に UVSOR 木村研究グループより角度分解光電子分光（ARPES）測定用の低温ゴニオメーターヘッドおよびクライオスタットの開発依頼について打診があった。ARPES 用低温ゴニオメーターヘッドを搭載した装置は、すでに（株）AVC が産総研との共同開発で試料温度 20 K まで冷却できる 6 軸型の商品（i-Gonio）を開発しており、その 1 月末には 5 K まで冷却できる 5 軸型ゴニオメーターヘッドを開発したと新聞発表されていた。木村グループからは 6 軸型で 10 K 以下まで冷却できるゴニオメーターヘッドを、18 年末完成を目標でとの相談であった。先のメーカーでは、やはり 6 軸型で 10 K 以下の冷却可能な仕様で製品開発が進んでおり、装置開発室としては、開発期間、人員配置の点から新規開発を断念し、研究グループには AVC 社製品を購入して頂くことになった。このような経緯から、低温器機の設計力を高め今後の依頼に迅速に対応していく準備として低温技術セミナーを行った。

ゴニオメーターヘッドのように駆動部が多く、低温装置として熱接触が取りにくい機器は、熱収支をふまえた構造設計が不可欠である。装置開発室では低温機器の製作経験は多くあるが、このような駆動機構を 10 K 以下におさえる設計技術の経験が少なかった。そこで古くから低温機器の設計経験の多い名古屋大学全学技術センター増田氏を交え 6 月まで月 2 回程度のペースでセミナーを行った。内容は以下の表に示す。

木村グループでは現在ビームライン BL5U で稼働している光電子分光サンプルホルダーに回転軸を追加する改造要望がある。ここで習得した低温技術はこの機構設計に活用し次年度対応して行く。

セミナー内容

時期	内 容
2 月	ARPES 測定装置に関連した論文読み合わせ
3 月	AVC 社製品 i-Gonio のクライオスタット図面を基に熱収支計算を検証 6 軸中 2 軸の駆動機構検証 駆動機構試作検討
4 月	フロー型クライオスタット熱収支計算の結果検討 回転位置決め精度に関する検討 低温器機材料の検討 駆動機構試作モデル 1 号機、2 号機製作
5 月	液体窒素を使った熱収支モデルによる計算 冷媒保持時間から入熱量を測定する実験 駆動機構試作モデル 3 号機製作
6 月	熱収支計算と実測値の検証 産総研で i-Gonio 見学（7/6） BL5U 光電子分光装置のサンプルホルダ改造打ち合わせ



産総研へ訪問し AVC 社製 i-Gonio 実機の見学と訪問の際にお世話になった UVSOR 伊藤助手および産総研の相浦主任研究員



駆動機構試作 1 号機（左）と小型化モデルとしての駆動機構試作 3 号機（右）

論文投稿

題 名	著 者	掲載誌
市販のFPGA ボードを使った USB 接続 NMR パルスジェネレータ	豊田朋範 (分子科学研究所 装置開発室) 河本充司 (北海道大学大学院理学院量子理学専攻)	「固体物理」 Vol.41 No.12 (2006 年 12 月発行)

特許

出願番号、公開番号	発明の名称	出願人・発明者
特願 2004-133877 05736647.8 (英、独、仏) 11/578,081 (米国)	バイオチップの製造方法、バイオチップ バイオチップ解析装置、バイオチップ解析方法	宇理須恒雄 鈴井光一

学会発表 等

学会、会議名	タイトル	発表者
MEDSI2006 (International Workshop on Mechanical Engineering Design of Synchrotron Radiation Equipment and Instrumentation 2006) 2006 年 5 月 24 日～ 26 日	Development of High-Precision Slit Blades for Soft x-ray Transmission-Grating Spectrometer (ポスター発表)	○近藤聖彦 鈴井光一 増田忠志 [1] 鳥居龍晴 [1] 堀米利夫 [2] 初井宇記 [3]

[1] 名古屋大学全学技術センター [2] 分子研 UVSOR [3] 分子研基礎光化学研究部門
ポスターを以下に掲載



Development of High-Precision Slit Blades for Soft x-ray Transmission-Grating Spectrometer

Takuhiko Kondo¹⁾, Mitsukazu Suzuki¹⁾, Tatsuharu Torii²⁾, Tadashi Masuda²⁾, Toshio Horigome¹⁾, and Takaki Hatsuji¹⁾
¹⁾ Institute for Molecular Science, Myodaiji, Okazaki, 444-8685 Japan
²⁾ Technical Center of Nagoya University, Chikusa-ku, Nagoya, 464-8602 Japan



1. Introduction

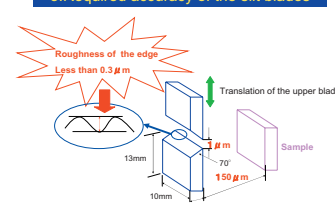
We have developed a newly developed transmission-grating spectrometer for high resolution soft X-ray emission studies. This spectrometer is designed to realize a resolution $\Delta E/E$ up to 5000 in the energy region of 50-400 eV with high throughput. The spectrometer has a Wolter type I pre-mirror, a free-standing transmission grating, and a back-illuminated CCD. The Wolter mirror with a high collection angle of 1.5×10^{-3} sr enables higher throughput than the conventional spectrometer. In order to obtain high energy resolution, an entrance slit with the minimum slit opening of 1 μm has been developed. In order to maintain the spectrometer efficiency, the distance between the sample and the slit is designed to be less than 150 μm . Because of the limited space between the sample and the Wolter mirror, the entrance-slit system is required to be movable and within the thickness of 13 mm. These requirements demand a development of slit blades smaller than $13 \times 10 \times 2.5 \text{ mm}^3$ with a roughness of less than 0.3 μm . The blades were fabricated by using a high-precision polishing process. The sides A and B were polished in the first place. The resulting roughness was less than Ra 7 nm. The edge surfaces were polished by using a clamp. The four blades were pressed by the two plates via two screws so as to minimize the gap between the blades. The pressure was optimized so that the pile up did not occur during the polishing process. The edge roughness was estimated by secondary electron microscope and was about 0.2 μm .

2. Transmission-grating spectrometer

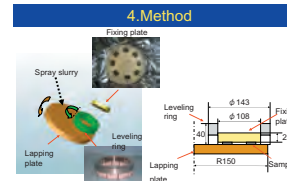
- High-efficiency
- High-resolution



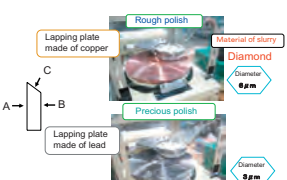
3. Required accuracy of the slit blades



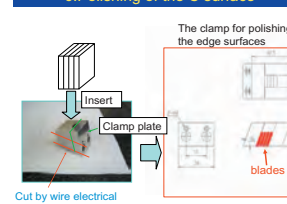
4. Method



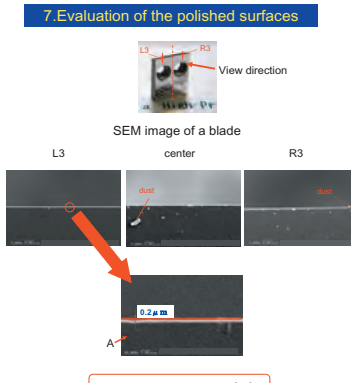
5. Polishing of the A and B surfaces



6. Polishing of the C surface



7. Evaluation of the polished surfaces



SEM image of a blade
center
L3
R3
View direction
dust
0.2 μm
Edge roughness : 0.2 μm (Ry)

8. Conclusion

1. We have manufactured high-precision slit blades by using a clamp.
2. The edge roughness was 0.2 μm Ry.
3. The edge roughness was sufficiently small for the entrance slit of the transmission-grating spectrometer.

マイクロ流体チップの機械加工による製作

○青山正樹、鈴木光一

自然科学研究機構 分子科学研究所 装置開発室

概要

近年マイクロチップを用いたマイクロ化学システムが注目を集めている。当研究所においても、固相触媒の創製に関する研究などにマイクロガラスチップが使用されている。このようなマイクロガラスチップは現在市販されているが、流路形状などを決定するための予備実験的に使用するガラスチップは市販規格にはない数種類の流路パターンが必要となる。そのためオーダーメイドでチップを製作してもらうことになり、費用がかさむ上、納期には数週間必要であることから、分子科学研究所装置開発室においてマイクロガラスチップの製作ができないかと相談を受け、試作検討を行ってきた。通常これらマイクロ流路の製作は、 $100\mu\text{m}$ 程度の微細な溝を加工する技術が必要とされ、電子ビーム露光やエッチングなど半導体の微細加工技術により製作され非常に大掛かりな設備が必要である。

当然そのような設備は当室にはないため、既存の設備を用いて機械加工によりマイクロチップの製作が可能であるかどうかテスト加工を行い、いくつかのマイクロチップを試作した。今回製作依頼を受け製作した 3 件のマイクロガラスチップおよびシリコン製マイクロチップ製作用鋳型の製作状況について報告する。

1 マイクロガラスチップの製作

1.1 マイクロガラスチップの概要

今回製作を行ったマイクロガラスチップの概略図を図 1 に示す。2 枚のパイレックスガラス板（板厚 0.7mm ）の一方に流路となる溝加工をおこない、もう一方のガラス板には流路に液を導入するための貫通穴加工を行う、これら 2 枚のガラス板を貼り合わせてガラス内部に流路を作る。流路の幅は $100\mu\text{m}$ 、深さは $40\mu\text{m}$ である。また、液導入穴直径は $500\mu\text{m}$ となっている。

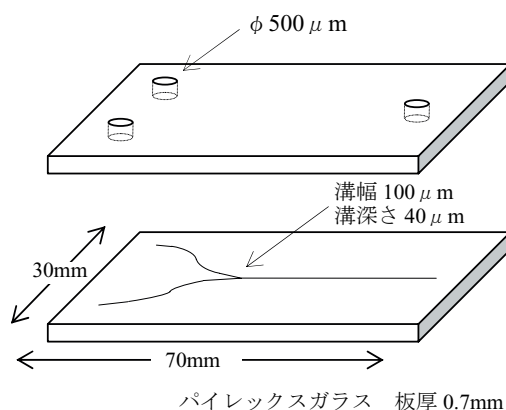


図 1 マイクロガラスチップ概略図

1.2 溝加工について

溝加工は NC フライス盤の主軸に電着ダイヤモンド砥石を装着し研削加工により行った。使用した工具は $\phi 0.1\text{mm}$ 、粒度 #1000 のものを使用した。またガラス板はワックスで固定し、水槽の中に研削液を満たし研削液中で加工を行った。加工を行うにあたり簡単なテスト加工をおこなった。図 2 に回転数 $40,000\text{rpm}$ 切り込み量 $5\mu\text{m}$ で、送り速度を 0.1mm/min ～ 6.4mm/min と変化させ加工を行った後の SEM 写真を示した。加工面の粗さおよび溝エッジ部分の欠損は送り速度を小さくするほど良好な加工が行えることが確認された。また切り込み量を変化させ同様のテスト加工も行ったが、切り込み量の違いによる加工面の粗さに顕著な変化はなかった。実際のガラスチップ製作時の加工では流路長が長く、あまり送り速度を小さくすると切削距離が長くなり、工具磨耗も大きくなると予想されるため、送り速度は 0.8mm/min とした。切り込み量は $5\mu\text{m}$ づつ切り込み、トータル $40\mu\text{m}$ の深さまで加工を行うこととした。当初、加工途中で工具の折損が頻発した。

平成 17 年度 分子科学研究所技術研究会
2006 年 3 月 1 ～ 2 日

これは、図 3 (a)に示すようにダイヤモンド砥粒の付着が均一でない為、工具先端部分は回転対称となっていない。そのため加工時に振れ回りを起こし折損したものと考えられる。そこで最初の切り込み量を、 $20\mu\text{m}$ として、加工した溝により工具の振れ回りが拘束されるようにして工具折損を解決した。また加工液を溜めた水槽の中で加工を行っていたため、ごみがたまり易く、図 3 (b)に示すようにゴミが工具に絡みつき折損を起こした。そのため研削液を循環させ、また途中にフィルターを付帯することにより解決した。図 4 に溝加工後の SEM 観察写真を示した。現在、長さ 60mm 程度 Y 字流路の溝加工には 12 時間程度を要するため、さらに加工条件を詳細に検討し、加工時間が短縮できるよう改善する必要がある。

1.3 穴加工およびガラスの貼りあわせについて

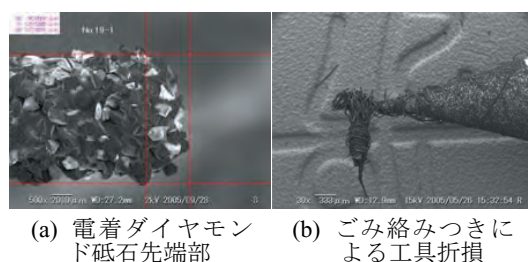


図 3 工具先端部と折損工具

穴加工も溝加工同様の装置で加工を行った。加工工具には $\phi 0.5\text{mm}$ の電着ダイヤモンド砥石を用いて、送り速度 $0.8\text{mm}/\text{min}$ 、回転数 $30,000\text{rpm}$ で、送り量 $5\mu\text{m}$ ごとに加工開始位置まで戻すステップ送りとし、ガラス板はワックスにより固定して加工を行った。図 5 (a) に穴加工後の裏面の外観写真を示した。このように工具が貫通する際ガラスに引っ張り応力が生じるため穴周囲には欠けが発生する。そのため、工具の先端形状を変えることや、ガラス板を上部から強く抑えガラス板下部に置いてあるガラス板に密着させることにより、欠けの発生を抑えることができると考えられる。電着ダイヤモンド工具の先端形状を変えるのは困難なため、ガラス板を上部から抑える方法で固定を行い、加工を試みた。図 5 (b) 押さえ固定による加工後のガラス裏側の写真を示した。ワックス固定と比べ、エッジ部の欠け深さは浅くなったようであるが、欠けの範囲が広がった。さらに固定圧力を高くすれば、欠けがなくなることも予想されるものの高い押さえ圧力によりガラス板が破損することも予想される。そこであらかじめ $\phi 0.4$

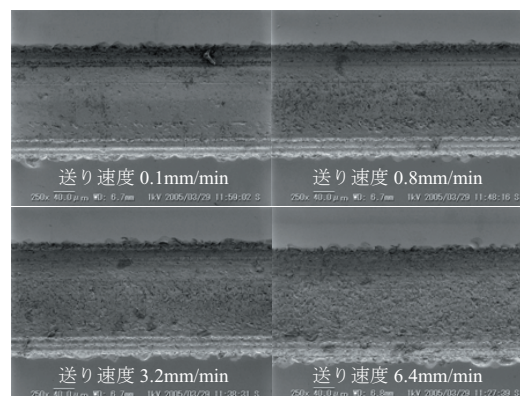
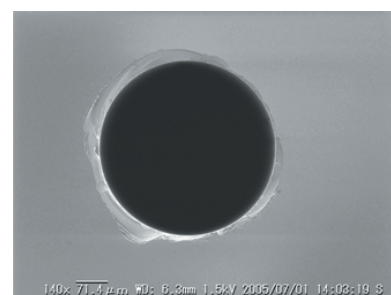


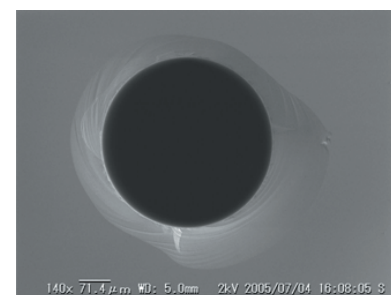
図 2 送り速度と加工品質



図 4 マイクロガラスチップ溝部 SEM 写真



(a) ワックス固定による穴加工後



(b) 押さえ固定による穴加工後

図 5 加工裏面の穴周囲の欠け

mm と少し小さめの穴加工を行い、図 6 に示す方法により穴径が 0.5mm になるように仕上げ加工を行い、穴周囲の欠け部分を少なくした。

溝加工および穴加工を行った 2 枚のガラス板の貼りあわせには、一般には、真空中で加熱融着する方法がとられているが、真空炉の設備がないため、今回は、光硬化型接着剤を用いて張り合わせた。張り合わせ手順は、きれいに洗浄されたガラス板を重ね合わせ、境界部分に接着剤を接触させると毛細管現象によりガラス全面にいきわたる。この時接着剤の量が多すぎると溝内部まで浸透してしまうので、なるべく少量で時間をかけてゆっくり浸透させる必要がある。ガラス全面に接着剤が行き渡った後、専用の光源を照射させて硬化させる。しかし、流路となる溝部周辺の空気に接触している接着剤は、重合反応が阻害され接着剤が硬化しないため、通液を行うと硬化していない接着剤が流されることとなる。そのため溝部周囲 100 μ m 程度の範囲では接着剤の厚さ分だけ空隙が生じているが、研究者からは予備実験などに使用するには、特に問題なく使用できるとの報告を受け、何枚か研究室に供給してきた。

2 マイクロ流体チップ反転鋳型の製作

マイクロチップの微細な溝の加工法には上述したガラスチップの製作のように基板に直接溝を加工する方法と、微細な流路となる突起形状を持った反転鋳型にシリコン樹脂などを流しこみ、型取りを行う転写加工による方法がある。図 8 は切削加工で製作したシリコン製のマイクロチップを製作するための反転鋳型の流路部となる突起部分である。この鋳型で形状転写したシリコン樹脂をタンパクチップ用の Si 基板に載せ密着することにより内部に流路を持ったマイクロチップとなる。鋳型の材質は切削性の良いアルミ合金 5052 材を用いた。流路となる突起部分は幅 0.1mm、高さ 0.4mm となっている。また流路合流部の内側コーナー R はできる限り小さくする必要があり 0.05mm とした。このように切削加工で反転鋳型を製作する方法では、直接溝を加工する方法に比べ、比較的容易にアスペクト比の高い流路構造をもったマイクロ流体チップを製作することが可能である。ただし、流路合流部には必ずコーナー R が生じることとなる、またコーナー R をできるだけ小さくする必要が生じた場合は、製作が困難となる。

今回は突起幅 0.1mm であったが、さらに微細な突起の製作およびアスペクト比の高い突起形状の加工についてさらに検討を行っていく予定である。

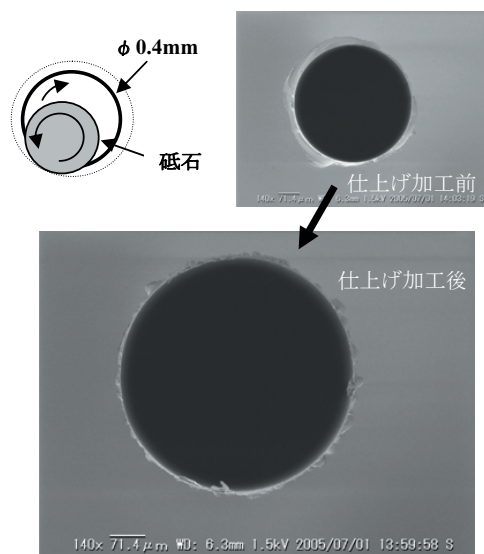


図 6 穴仕上げ加工



図 7 マイクロガラスチップ試作品

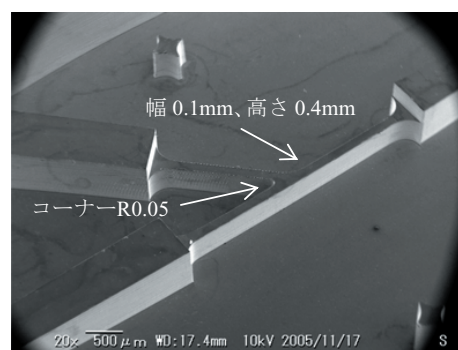


図 8 マイクロ流体チップ金型

平成 17 年度 分子科学研究所技術研究会
2006 年 3 月 1 ～ 2 日

3 アクリル転写剤による反転鋳型の試作

反転鋳型を切削加工で製作する場合、製作不可能な突起形状を必要とする場合もある。図 9 に製作依頼を受けたシリコン樹脂製マイクロチャンネル部品の概略図を示す。0.5mm 幅で深さ 3mm の両側の溝を結ぶ形で幅 90 μ m、深さ 60 μ m の溝が必要となっている。この形状の反転型を切削加工で製作するためには幅 0.5mm で高さ 3mm の突起形状を削りだす必要があり困難な加工が予想される。また 90 μ m 幅の突起形状の加工時にも 0.5mm 幅の両側の突起形状と工具が干渉するために加工は不可

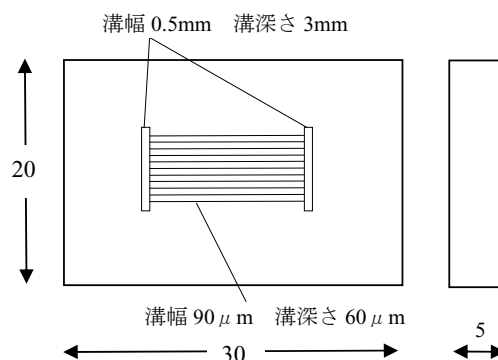
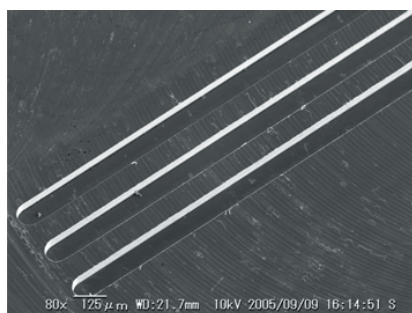


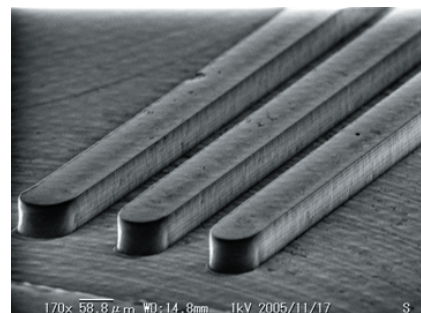
図 9 90 μ m 幅マイクロチャンネル部品概略図

能である。そのためこのような部品の製作を可能とするためにはマスター型を製作し、その反転形状の鋳型を電鋳により製作する方法がある。しかし電鋳は専門の業者に依頼する必要がある、費用も非常に高価であること、またシリコン樹脂製部品の成型用であるためそれほど鋳型の強度は必要ないことから、金属表面転写用アクリル樹脂系転写剤を用いてマスター型から反転形状の鋳型を製作することを試みた。

図 10 にテスト加工を行った 90 μ m 溝加工部およびアクリル樹脂による転写加工後の SEM 観察写真を示した。特に問題なく 90 μ m の溝形状の転写が可能であった。アクリル樹脂の収縮率も 5 % 程度であり、それを考慮してマスター型の溝加工を行えば、特に寸法精度面においても問題となることはないと思われる。ただし、0.5mm 幅で 3mm の深さの形状の転写は、アクリル樹脂の離型時に途中で破断してしまい、現在検討中である。



(a) 90 μ m 溝部マスター型試作



(b) 90 μ m 溝部反転型試作転写

図 10 マイクロ流体チップマスター型とアクリル樹脂による転写による反転型

4 まとめ

機械加工によりマイクロガラスチップおよびシリコン樹脂製マイクロチップ製作用鋳型を試作し以下の成果を得た。

- (1) 既存 NC フライス盤を用い、電着ダイヤモンド砥石による研削加工でパイレックスガラス製のマイクロガラスチップを製作し、実験に使用可能なガラスチップを完成した。
- (2) 微細な突起形状を持つマイクロチップ製作用反転鋳型を機械加工により製作した。

今回各種のマイクロチップの試作を行ったが、いくつかの検討課題も残っている。アクリル転写剤を使った反転鋳型の試作では、アスペクト比の高い形状部分の離型がまだ完成しておらず、離型方法について今後検討する必要がある。マイクロガラスチップの製作では、現在は接着剤によりガラスを貼りあわせているが、熱融着によるガラスの接合についても行っていく予定である。

超精密研磨加工によるスリット刃の製作

○近藤聖彦^{A)} 鈴木光一^{A)} 堀米利夫^{A)} 鳥居龍晴^{B)} 増田忠志^{B)}^{A)}分子科学研究所^{B)}名古屋大学

1. はじめに

分子科学研究所の極端紫外光実験施設 (UVSOR: Ultra Violet Synchrotron Orbital Radiation) は、シンクロトロン放射光を発生させる電子加速器と、放射光を利用して物質の電子構造などを解明するための測定器群を有する大型実験施設である。UVSOR には 8 箇所のシンクロトロン放射光の取出し口があり、実験目的に応じた測定装置などが各所に設置してある。この取出し口に付属した装置全体をビームラインと呼んでいる。

このビームラインを利用している 1 つの研究グループは、次世代軟 X 線発光分光器の開発をおこなっている。この開発によって電子がもっている性質をより詳細に解明することができるようになる。この分光器は、単色軟 X 線を試料に照射したときに放出される微弱な軟 X 線を高効率かつ高エネルギー分解能で測定することを目的としている。現在、分光器本体は稼働し研究が進められている。しかし、図 1 に示す光学素子 (Wolter 鏡、透過型回折格子、CCD) の性能を十分に活用し、さらなる高性能をねらうには発光分光器に入射スリット機構を設置する必要がある。そこで、このスリット機構に利用されるスリット刃を超精密研磨加工により製作をおこなったので報告する。

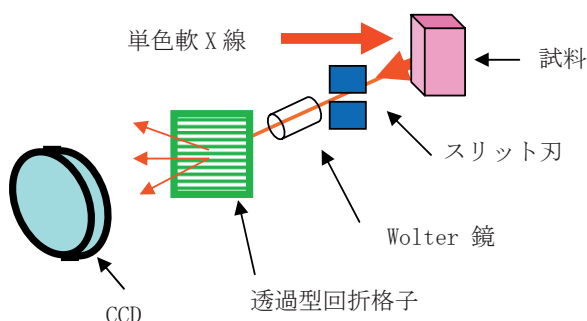


図1 軟 X 線分光器のレイアウト

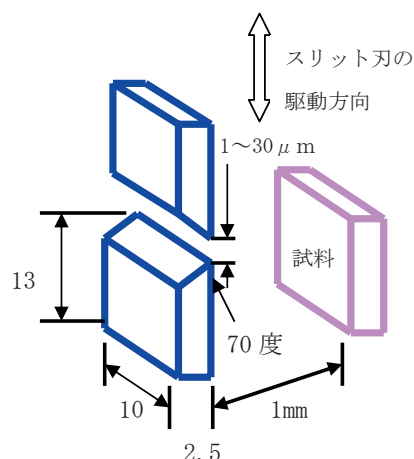


図2 スリットの最小開口幅と試料までの距離

2. スリット機構とスリット刃の概要

軟 X 線発光分光器のスリットと試料の配置を図 2 に示す。スリットは弾性ヒンジ機構により、開口幅 1 ~ 30 μm に可変できる。この最小開口幅 1 μm を実現するために、スリット刃先の形状精度及び粗さは少なくとも 1 桁小さい精度を目標とした。また、効率低下をさせないために、試料から 1mm 以内の位置にスリット刃を取りつける必要がある。このため空間的制約が厳しく、これに伴いスリット刃も小型となる。スリット刃の形状は 13×10×2.5mm の大きさである。また、スリット刃のエッジ角度は 70 度である。

3. スリット刃の製作方法

スリット刃の材質にはマルテンサイト系ステンレス鋼 (STAVAX) を使用した。通常、研磨加工において高い面精度を得るには高硬度材質が適しているが、高硬度のシリコン、ガラスなどは軟 X 線を透過するため、スリット刃として使用できない。また、ゲルマニウムを使用した試作において、エッジ部分が欠損しやすいという報告^[1]がされている。そこで、腐食に強いステンレス鋼中、熱処理をおこなうことにより硬度が高くなること、さらに、軟 X 線を透過しない等の理由により、上記の材質を選択した。スリット刃の製作手順を以下に示す。

平成 17 年度 分子科学研究所技術研究会
2006 年 3 月 1 ～ 2 日

(1) ワイヤ放電加工機による形状加工

スリット刃の材質に使用した STAVAX（熱処理済）の硬度は HRC54 と硬く、切削加工が難しいため、材料の切り出しにワイヤ放電加工機を使用し、図 3 に示す 13.2×10×2.5mm の形状のスリット素材を 8 枚製作する。

(2) 平面研磨加工

スリット刃の A, B 面は、形状精度と表面粗さを必要とするため、ワイヤ放電加工後に研磨加工をおこなう。なお、詳細については 4.1 に記述する。

(3) 斜面研磨治具の固定と斜面のカット

A, B 面を平面研磨したスリット素材を 4 枚重ねて押さえ板で固定する。その後、スリット刃先となる傾斜部を加工するため、図 4 に示す 2 箇所の直線部をワイヤ放電加工機でカットする。カット後の形状を図 5 に示す。この治具に設置した 4 枚のスリット刃の両端はエッジ部に「だれ」が生じやすいため、中央部に設置した 2 枚を製品とする。また、治具にスリット素材を設置した際に、スリット刃のエッジ部に隙間が開かないようにするため、2 本の M4 ネジを使用し、押さえ板がわずかに傾斜することによりスリット刃のエッジ部に圧縮力が加わるようにする。

(4) 斜面研磨

上記の斜面研磨治具を 3 個製作し、斜面研磨をおこなうことによりスリット刃のエッジを高精度に研磨する。なお、詳細については 4.2 に記述する。

4. スリット刃の研磨加工方法

上記にスリット刃の製作手順を示したが、その中の研磨加工方法について詳述する。ワイヤ放電加工機により製作したスリット刃の A, B 面及び斜面の研磨に使用した平面研磨機は、図 6 に示す平面研磨盤（ラップマスター型：マルトー社製

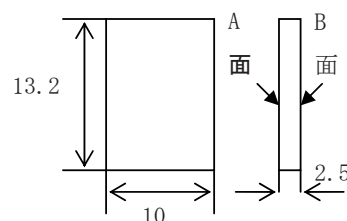


図 3 ワイヤ放電加工機でカットしたスリット素材の形状

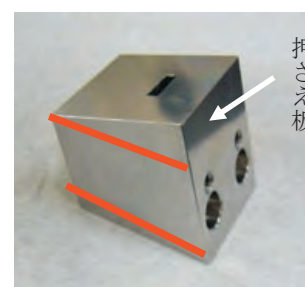


図 4 斜面研磨治具のカット位置

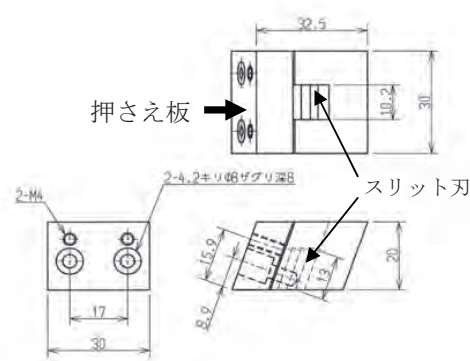


図 5 斜面研磨治具

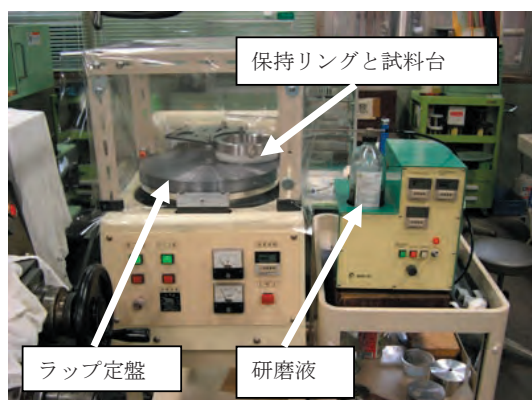


図 6 平面研磨機

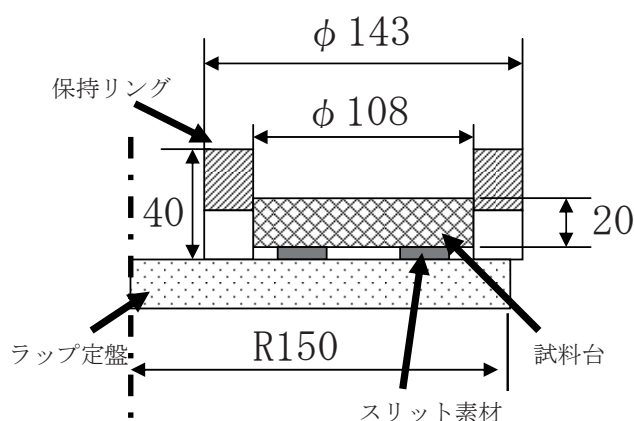


図 7 研磨方法の詳細図

MG-300) に直径 300mm のラップ定盤が設置できるように改造したものである。平面研磨機は保持リング、試料台、ラップ定盤、研磨液で構成されている。研磨方法は図 7 に示すように、ラップ定盤上に保持リングを置き、その内部にスリット素材をワックス（日化精工社製：リードワックス M）で接着した試料台を設置する。その後、ラップ定盤を回転させ、ラップ定盤上に一定時間毎に研磨液を供給する。ラップ定盤上の保持リングと試料台は周速度差により自転するため、スリット素材を均一に研磨することができる。保持リングはラップ定盤上に供給した研磨液を均一になじませるためのものであり、2 個のプーリーで支持している。

4.1 側面の研磨加工方法と加工条件

ワックスを用いて 8 枚のスリット素材（図 3）を試料台に接着し、側面（A, B 面）の平面研磨をおこなった。また、それぞれの面において、荒研磨と仕上げ研磨の 2 工程の研磨をおこなった。

表 1 に研磨加工条件と表面粗さ結果を示す。ラップ定盤は荒研磨に銅製、仕上げ研磨に鉛製のものを使用した。また、荒研磨の研磨液には、ハイレスダイアモンドスラリー（ 6μ -STD-PC S1313: エンギス社製、ダイヤモンド粒径 6μ m）を使用し、仕上げ研磨には、粒径が 3μ m のものを使用した。この研磨液を、50 秒毎に 1 秒間噴出しながら、それぞれの研磨をおこなった。荒研磨での表面粗さが $217\sim 343\text{nmRy}$ 、仕上げ研磨での表面粗さが $46\sim 64\text{nmRy}$ であった。

4.2 斜面の研磨加工方法と加工条件

側面研磨した 8 枚のスリット素材を斜面研磨治具（図 5）に固定し、ワイヤー放電加工機でカット後、図 8 に示すように 3 個の研磨治具を試料台にワックスで固定した。この固定した治具 1 と 2 には、側面研磨した 8 枚のスリット素材を使用した。治具 3 は研磨面がラップ定盤面に均一に接触するために用いたダミーである。

表 2 に斜面研磨加工条件と表面粗さ結果を示す。なお、斜面研磨においては、荒研磨、中仕上げ研磨、仕上げ研磨の 3 工程でおこなった。中仕上げ研磨をおこなった理由は、仕上げ研磨の時間を短縮するためである。また、使用した研磨液は側面研磨と同じである。荒研磨での表面粗さが 292nmRy 、仕上げ研磨での表面粗さが $59\sim 76\text{nmRy}$ であった。

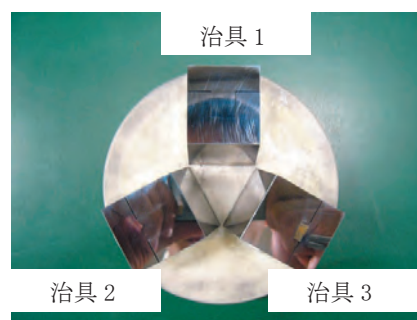


図 8 研磨治具の配置

表 1 側面研磨加工条件と表面粗さ結果

研磨工程	荒研磨	仕上げ研磨
スリット刃材質	STAVAX	
ラップ定盤回転数	80rpm	
ラップ定盤材質	Cu	Pb
研磨砥粒	6μ 、ダイヤ	3μ ダイヤ
研磨液供給量	1-50 s	
加工圧力	$128\text{g}/\text{cm}^2$	
Ra (nm)	A 面	25~27
	B 面	6~7
Ry (nm)	A 面	217~343
	B 面	46~64
		51~58

表 2 斜面研磨加工条件と表面粗さ結果

研磨工程	荒研磨	中仕上げ研磨	仕上げ研磨
スリット刃材質	STAVAX		
ラップ定盤回転数	80rpm		
ラップ定盤材質	Cu	Sn	Pb
研磨砥粒	6μ 、ダイヤ		3μ ダイヤ
研磨液供給量	1-50 s		
加工圧力	$73\text{g}/\text{cm}^2$		
Ra (nm)	35	14~15	7
Ry (nm)	292	117~141	59~76

5. 研磨加工後のスリット刃のエッジ評価

研磨したスリット刃のエッジを評価するため、治具 1 と 2 に設置した 8 枚すべてについて走査電子顕微鏡（SEM）を使用してエッジ部分を観察した。観察した場所は、軟 X 線発光分光実験に使用する刃の中心から左右に 1mm 間隔で左右に 3mm の範囲とした。観察したスリット刃の中では治具 1, 2 とともに、図 9 に示す no. 2, 3 のエッジが良好であった。観察方向は、図 10 に示すように A 面に対して垂直方向から観察している。治具 2 の no. 3 を観察した SEM 画像を図 11 に示す。この図はスリット刃の中心から左に 3mm の位置を観察した像である。図 12 にエッジ部分（図 11 の○印）を拡大した SEM 像を示す。この図より、エッジの凹凸（以後、エッジ粗さと表現する。）は最大 200nm 程度である。このように、治具 1, 2 の no. 2, 3（計 4 枚）についても、最大エッジ粗さは全て同程度であった。ここで、最大エッジ粗さは、当初の目標とした精度よりも 2 倍程度大きい。実験で使用する軟 X 線のスポット径は $2\mu\text{m}$ であるため、エッジ粗さが 100nm 以下の部分に光を照射すれば、これらの刃は製品として十分にたえられる。

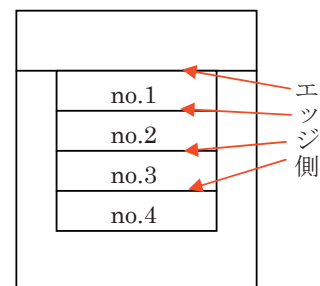


図 9 研磨したスリット刃の配置番号

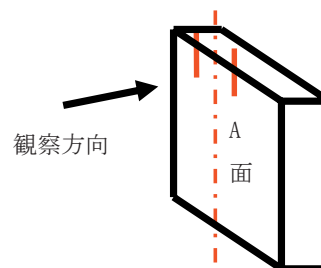


図 10 スリット刃の観察方向

6. まとめ

スリット刃のエッジを鋭利にするため、研磨加工でスリット刃の製作をおこなった。研磨した面はスリット刃の側面（A, B 面）と斜面であり、側面においては 2 工程の研磨方法、斜面においては 3 工程の研磨方法を用いた。また、斜面研磨の際には、考案した斜面研磨治具を使用した。この方法によりエッジ粗さが最大 200nm 程度のスリット刃を製作することができた。さらに、エッジ粗さを小さくするには、以下のことが考えられる。

1. 仕上げ研磨に、さらに小さい粒径の研磨砥粒を使用し仕上げ研磨をおこなう。
2. 本製作に使用した斜面研磨治具は、治具とスリット刃の空間に前工程の砥粒が残留しやすかったため、治具の空間を埋めた状態で研磨をおこなう。
3. よりクリーンな環境で研磨作業をおこなう。

本製作は、平成 15 年から名古屋大学と共同でおこなっている超精密研磨加工の一環としておこなった。

7. 参考文献

- [1] 松下幸司, 鈴木光一: ELID 研削によるスリットブレードの製作, 平成 15 年度技術研究会報告集



図 11 治具 2-no. 3 のスリット刃を中心から左に 3mm の位置を観察したエッジ像

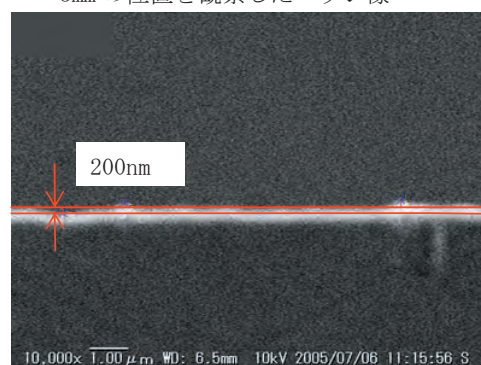


図 12 エッジ部分を拡大した像

FPGA と USB を用いた NMR 用パルスジェネレータ

○豊田朋範^{A)}、河本充司^{B)}^{A)} 自然科学研究機構 分子科学研究所 装置開発室^{B)} 北海道大学大学院理学院量子理学専攻

1 はじめに

NMR(Nuclear Magnetic Resonance:核磁気共鳴)は従来から物質の構造解析方法の 1 つとして用いられてきたが、近年の急速なナノテクノロジーの発展に伴い、タンパク質に代表される複雑な分子のより精密な構造解析などに広く用いられるようになってきている。一方、NMR を無極性の溶液だけでなく磁性体や超伝導の試料などにも適用するには、試料に照射するラジオ波パルスの幅やパルスの間隔を広範囲に設定できることが求められている。そこで、プログラマブル IC の一つである FPGA(Field Programmable Gate Array)を使用して、小型・高速且つパルスの設定範囲の広い NMR パルスジェネレータを製作した。

また、DOS/V 互換機 PC においては OS が Win95 系から WinNT 系に遷移したため従来のように I/O ポートを直接操作することが出来なくなり、WindowsXP に代表される現在の OS に対応した制御プログラムが必要となった。そこで今回は、近年の PC の標準インターフェースとなっている USB(Universal Serial Bus)を採用した。

2 回路構成

これまで NMR 用パルスジェネレータを何度か製作してきたが、そこでは高速の TTL(Transistor Transistor Logic)や CPLD(Complex Programmable Logic Device)を使用して回路を構成してきた。今回はより集積度の高い FPGA を採用することにした。使用した FPGA は Xilinx 社の SPARTAN II (図 1)で、動作周波数は最大 200MHz、ロジックセルは 2700 個でゲート数は 10 万個^[1]と、数年前にはパルスジェネレータの機能を搭載した CPLD と制御用 PC とのインターフェースで構成した回路^[2]を全てこれ 1 つに集約し、更に高機能化できる性能である。

パルスの幅やパルスの間隔の最小値と最大値を決定するのはカウンタの動作周波数とカウンタのビット数である。例えば動作周波数 10MHz で 4bit カウンタを製作すれば、パルスの幅の最小値は 100nsec であり、最大値は $100\text{nsec} \times (2^4 - 1) = 1.6 \mu\text{sec}$ である。従来はカウンタを CPLD で構成していたが、当時入手できた CPLD が小規模だったために大きなカウンタを構成できず、動作周波数も CPLD の仕様により 20MHz が限度であった。今回は SPARTAN II を採用することで 40MHz の 40bit カウンタを構成している。これでパルス幅の最小値は 25nsec、最大値は約 7.6hour となり、大幅な機能向上が実現できる。これは NMR 用途において、従来の溶液試料のみならず固体試料にも適用できる時間スケールである。動作周波数 40MHz は SPARTAN II の仕様である最大 200MHz より低いが、NMR におけるパルスの幅やパルスの間隔の分解能は主に μsec オ



図 1 SPARTAN II (XC2S100)

平成 17 年度 分子科学研究所技術研究会
2006 年 3 月 1 ～ 2 日

ーダーであり、NMR の試料対象拡大のためには、パルス幅の最小値を小さくするより設定できる時間スケールを
広範囲にすることが重要であるため、今回の仕様で十分
である。

また、入出力用コネクタやバイパス用コンデンサなど
を含めた FPGA 基板(キットとして購入できる^[3])も図 2
のように非常に小さい。従来は図 3 に示すとおり複数の
回路や IC で構成しており、これらを同期させるタイミ
ング設計が難しかった。また、回路全体が大規模且つ複雑
になると同時に配線の伸張による時間遅延の問題も生じ
た。動作周波数を上げられなかったのはこの配線の伸張
も原因の一つであるが、FPGA で 1 チップ化すること
によりこれら一連の問題が解決でき、パルスジェネレータ
の機能設計に集中することが出来るようになった。

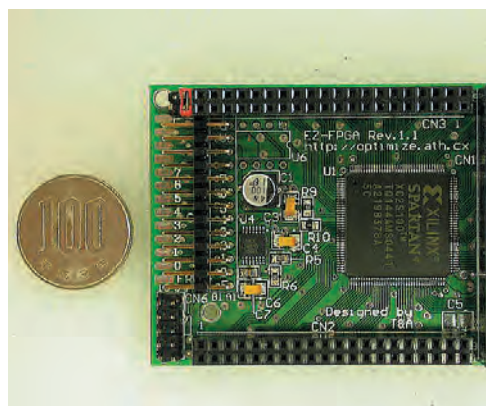


図 2 FPGA 基板

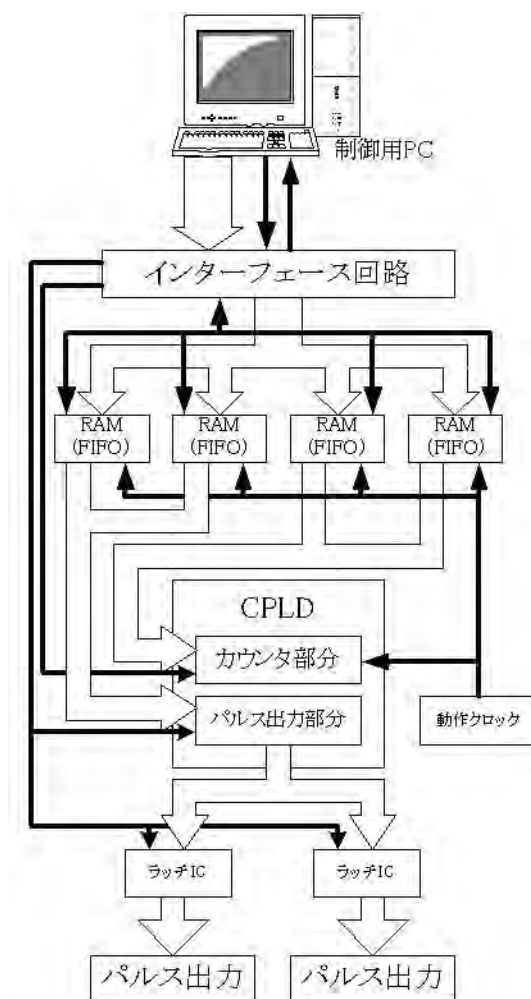


図 3 従来のパルスジェネレータのブロック図

パルスジェネレータの機能は Xilinx 社から無償で提供されている開発ツール WebPack により、ハードウェア記述言語の 1 つである Verilog-HDL で記述することで実現している(図 4)。Xilinx 社の FPGA であれば今回使用している SPARTAN II 以外にも適用できる。ハードウェア記述言語により回路動作を決定することには、コンパイルの結果ロジックセルやゲート数を超過しなければ、あたかもプログラムを変更・修正するかのように必要に応じて回路動作を変更できるという大きな利点がある。また、SPARTAN II の上位 IC を使用すれば、より高機能のパルスジェネレータを製作できるし、将来 SPARTAN II が製造中止になっても適用する IC を PC 上で変更すれば良い。これは、仕様変更が多い研究目的の機器の要請には勿論のこと、新製品のリリースと旧製品の

```
141 //
142
143 always @(negedge b_v_clk) begin
144     r_cmd2 <= r_cmd;
145     if(r_cmd2 == 3)begin
146         mem_idx <= 0;
147         count_resister <= 0;
148         latch_data_out <= 0;
149         r_state <= 1;
150     end
151     else begin
152
153         case (r_state)
154             1:begin
155                 if (r_cmd2 == 1 & mem_idx+1 < size_data )begin
156                     r_state <= 2;
157                 end
158                 if (r_cmd2 == 2)begin
159                     r_state <= 0;
160                 end
161                 if (r_cmd2 == 4) begin
162                     r_state <= 4;
163                 end
164             end
165             2: if(count_resister == 0) begin
166                 count_resister <= ((count_data)<< div_c) +((1 << div_c)-1);
167                 latch_data_out <= latch_datain;
168                 if(mem_idx >= size_data-1) r_state <= 3;
169                 else mem_idx <= mem_idx+1;
170             end
171             else count_resister <= count_resister-1;
172         default: latch_data_out <= 0;
173     endcase
174 end
175 end
176 end
177 end
178 end
179 end
```

図 4 Verilog-HDL によるパルスジェネレータの動作記述(一部)

の製造中止のサイクル短縮化という近年の IC 市場の動向にも柔軟且つ迅速に対応できるという大きな特長である。

PC とのインターフェースは従来 RS-232C やパラレルポート(プリンタインターフェース)などのいわゆる「レガシーインターフェース」を使用してきたが、前述のとおり直接 I/O ポート进行操作するためには、かえって煩雑な制御プログラムを構築する必要がある。また、ノート型の PC では特に B5 サイズの製品を中心にレガシーインターフェースを最初から装備していない機種も多数市販されている。

今回採用した USB はコネクタが挿入ミスを防げる形状になっている、5V 電源も取り出せるなど利点は多いが、USB インターフェースを独自に構成するのはかなりの専門知識を必要とする。そこで今回は手軽に USB インターフェースを作成できる Cypress 社の AN2131C(通称 EZ-USB: 図 5)のキットを使用することにした(図 6)。これは写真 2 の FPGA 基板との接続を前提にしたもので、基板上のコネクタで接続すれば USB を通じて FPGA の動作を変更することが出来る。この基板を USB ケーブルで PC と接続すれば、Windows が自動的にハードウェアを認識して Cypress 社のデフォルトドライバを組み込み、以後は USB 接続で動作する各種デバイスと同様に扱える。



図 5 AN2131C

平成 17 年度 分子科学研究所技術研究会
2006 年 3 月 1 ～ 2 日

3 ソフトウェア

Windows 用のソフトウェアは従来 Visual Basic や Visual C++ でスタンドアロンとして構成してきたが、今回は制御プログラムの基幹を COM(Component Object Model) で構成した。COM とは簡単に言えば「Windows の機能の一部とするソフトウェア」である。COM にしておけば Visual C++ など個々に DLL(Dynamic Link Library)を用意する必要はなく、どんなソフトウェアからでも必要な機能を共通の方式で使うことができる。

NMR の実験では当初こそパルスの設定を試料に応じて変化させるが、一度パルス列の目星をつければあとは設定の一部のみを変えながら繰り返し動作させることが望ましい。このような場合、パルスの設定を試行錯誤する際には Windows らしい GUI(Graphical User Interface)を使用したプログラムを Visual Basic で記述し(図 7)、設定の一部のみを変更する定型処理は VBScript で記述する、といったことが COM にしたことによって容易に実現できる。勿論、Windows 上でいくつものソフトウェアを並行動作できるように、Visual Basic で記述したプログラムと VBScript で記述した動作を共存させることも出来る。

4 まとめ

IC の高集積化や小型化、OS やインターフェースの変遷など急速な技術の変化に対応することは、電子回路技術者にとって不可欠なことである。今回 Windows が主流の PC で制御する研究用機器を開発した経験からそのことを強く感じた。またソフトウェアに関しても、COM の導入によってプログラムの保守管理も従来より容易になり、Windows 時代の新しいソフトウェア開発手法の一つとして今後重要になっていくものと思われる。

参考文献

- [1] <http://www.xilinx.co.jp/>
- [2] 豊田朋範, “プログラマブル・パルス・ジェネレータの製作”, 平成 7 年度技術研究会報告集, 平成 8 年 7 月, P152 – P155
- [3] <http://optimize.ath.cx/ezfpga/index.html>

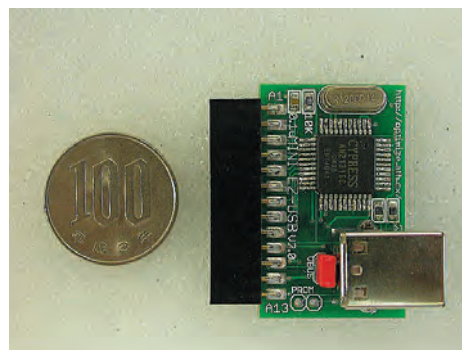


図 6 USB 基板

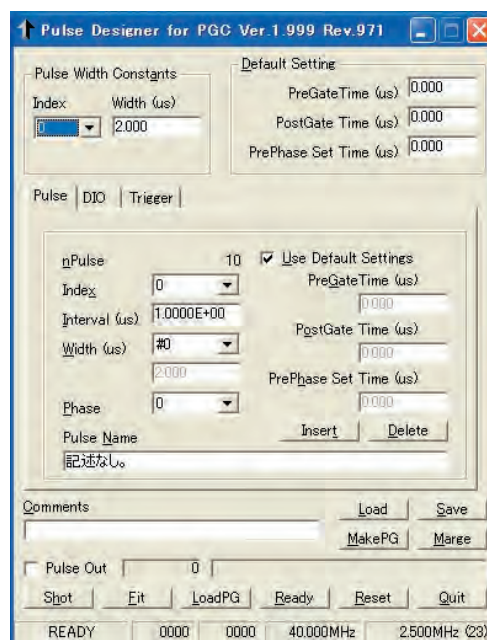


図 7 Visual Basic によるパルス設定ソフトウェア

自動分子定規作製装置

内山功一

はじめに

分子スケールナノサイエンスセンター 分子金属素子・分子エレクトロニクス研究部門小川グループからの依頼により、分子定規をシーケンス制御により作製する2軸制御の装置を製作した。この装置で作製する分子定規とは、後述するように有機分子と金属イオンを交互に積層させて得られた自己組織化多層膜であり、超精密レジストとして利用される。分子定規は、分子が選択的にかつ垂直に成長する性質を利用しているため、膜厚は分子長と層数によって決まる。この分子定規を利用することにより、精密なナノ構造制御が可能となるが、問題点としては作製までに長時間を要することである。本装置により分子定規作製が自動化できるようになることは、実験的にはもちろんのこと、将来的な実用素子開発に際しても非常に有用なことである。

分子定規法について

これまでに、従来のリソグラフィー技術と自己組織化の化学的プロセスを組み合わせることにより、構造物の間に精密にナノメートルスケールでギャップを作製する方法が「分子定規法」として開発されている [1]。この方法は化学的なプロセスにより金属・有機物を必要な膜厚まで交互に配向・積層させて3次元的な分子レジストを利用することにより可能である。この自己組織化した多層膜を分子定規として利用することにより、精密な構造制御を行うことが可能なのである (図 1)。ここに作製例を挙げる [2]。まずポリスチレンの球を通常のリソグラフィーに使うマスクの代わりに使用し、親構造を作製する。このポリスチレン球 (直径 400nm) を1層だけ細密充填で並べ、金をその上から蒸着しこの球を取り去ることにより三角形のナノドットが得られる。この三角形の金ドットを親構造としている。MHDA (16-mercaptohexadecanoic acid) と Cu^{2+} イオンの多層膜は金の上のみ選択的に成長する。浸漬には1層目のMHDAに24時間、2層目以降MHDAに15分、 Cu^{2+} に10分を要する。溶液が変わるたびにエタノールによる十分な洗浄と窒素ガスによる乾燥が必要である。自己組織化単分子多層膜が目的の膜厚にまで成長した時点で次に子構造として白金を蒸着した。その後この単分子多層膜を取り除くことにより非常に均一なギャップが親構造と子構造の間に得られる。写真1にその過程をFE-SEM像により示す。上記の単分子多層膜をレジストとして使用した際に、ナノスケールのギャップがナノ構造物の周りにも得られることがわかる。このギャップの大きさは単

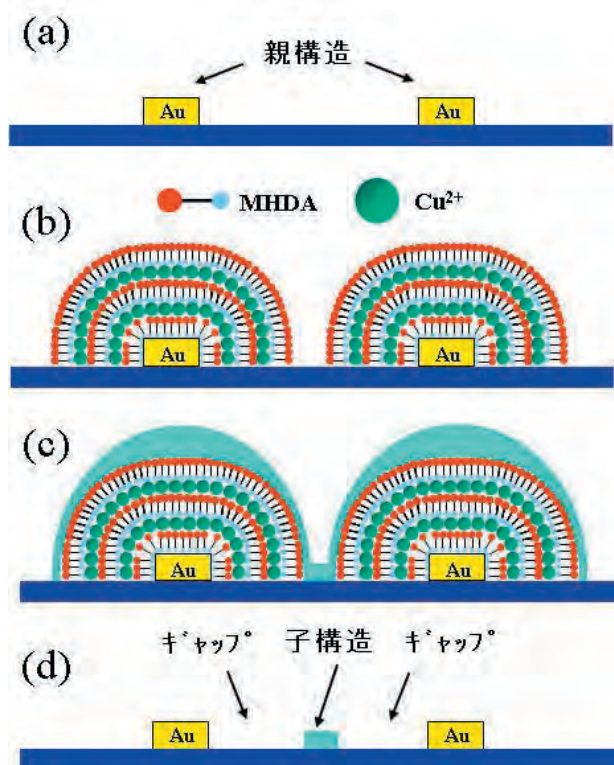


図 1: 分子定規によるナノリソグラフィーの手順

(a) 金の親構造をリソグラフィー法により SiO_2 基板上に作製 (b) 自己組織化単分子多層膜 (α, ω -mercaptoalkanoic acid and Cu^{2+} ions が交互に成長) が親構造を覆う分子レジストとなる (c) 子構造となる金属を蒸着 (d) 分子レジストを化学的に取り除くことにより、非常に精密なギャップが親構造と子構造の間に得られる。

に分子多層膜のレイヤー数を変更するだけで容易に制御可能である。しかも、従来の電子ビームリソグラフィよりも安価で、高い解像度でナノ構造が得られることが最大の特徴である。近い将来この方法が電子デバイスやマイクロマシンの構築する上で頻繁に利用されることが期待されている。

装置について

本体は2軸の駆動機構で、ダイアディックシステムズ社のロッドレスシリンダを使用している。Z軸稼動距離200mm、X軸稼動距離700mm、ケーシングサイズ幅1000mm×奥行500mm×高さ600mm。シリンダは教示ツールにより停止位置と移動速度、加速度を16点(4bit)まで設定可能であり、今回Z軸側で6点、X軸側で10点利用している。シリンダの動作はUSB接続によるデジタルI/Oモジュールを用いて、ノートパソコン上のプログラムからシーケンス制御によって行う。Z軸のステージに長さ200mmのアームを取り付け、その先端部分にサンプルホルダーを取り付けている。サンプルホルダーは40mm長のコの字型で、その両端に5mm間隔で7箇所サンプル固定用のネジ穴を用意している。X軸シリンダの手前中央部分にはブロー用の受け皿と4本のノズルを設置してあり、その両脇には幅300mm×奥行170mm×高さ100mmの容器バスケットを設置している。容器バスケットはネジ固定式の稼動バーがあり、ビーカーやポリ容器等サイズの異なる容器が利用できるようになっている。

コントローラーは前面に電源スイッチ、USB端子、緊急停止スイッチを配置し、背面には各シリンダへの接続コネクタ、電磁バルブへの接続コネクタを配置している。内部は電源、各シリンダのアンプ、デジタルI/Oモジュール、リレーが設置されている。

動作シーケンスについて

シーケンスの流れを図2に示し、各ステップの内容を説明する。

- ①有機分子(溶液A:MHDA)に基板を浸漬。設定範囲1秒~60分/1層目1~24時間繰り返し回数終了の場合、このステップで一時停止する。
- ②エタノール(洗浄液A)に浸漬洗浄。設定範囲1秒~60分繰り返し回数終了の場合、動作継続確認後このステップに移行する。
- ③窒素をブローして基板から液体を除去。設定範囲1秒~60分

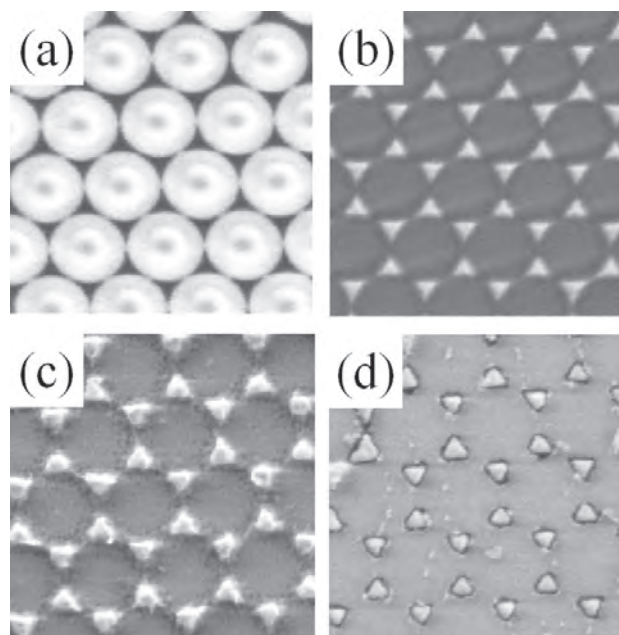


写真1: これらのFE-SEM像は分子定規法がポリスチレン球(PS)マスクを用いて作製されたナノ構造に適用された際の手順を示す[2]。

a) スピンコートにより得られた単層のPS。b) 三角形の金ドット。PSマスク上に金を蒸着後、PSを取り除いた。c) 5層のMHDA/Cu²⁺がナノ構造上に成長。d) 金属を蒸着後に分子レジストを取り除いたもの。約11nmの非常に均一なギャップが金の親構造の周りに得られた。全ての像の大きさは1.5 μm x 1.5 μm である。

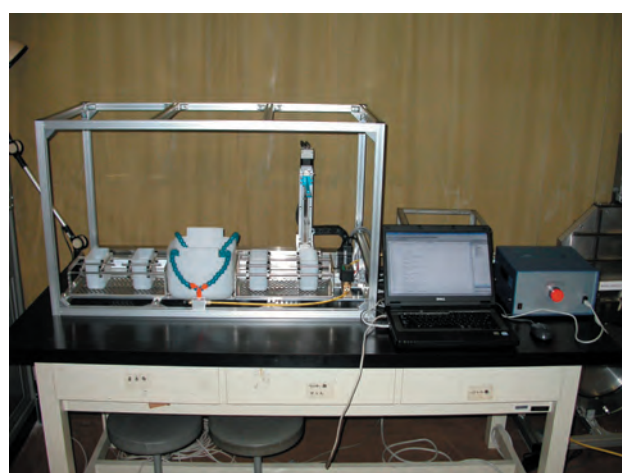


写真2:
自動分子定規作製装置システム全体写真。
左から
本体、制御用ノートパソコン、コントローラー

繰り返し回数終了の場合、開始位置まで移動してシーケンスを終了する

④金属イオン（溶液 B:Cu²⁺）に基板を浸漬。設定範囲 1 秒 ~60 分

⑤エタノール（洗浄液 B）に浸漬洗浄。

設定範囲 1 秒 ~60 分

⑥窒素をブローして基板から液体を除去。

設定範囲 1 秒 ~60 分

⑦ステップ 1 に戻る。

プログラムについて

シーケンス制御プログラムの記述には、Microsoft 社の VisualBASIC2005 を使用した。この制御プログラムでは、各種設定（シーケンス繰り返し回数、初回有機分子溶液浸漬時間、有機分子溶液・金属イオン溶液・各洗浄液浸漬時間、窒素ブロー時間、電子メールアドレス（1 件）、シーケンス終了時のメール送信許可、繰り返し回数半分経過時のメール送信許可）、シーケンススタート、リセット、シーケンスの一時停止（ストップ）を行っている。

おわりに

本装置を使用してテスト用試料の作製を行った。作製した試料の SEM 写真を示す。10 層の MHDA 分子層（厚み約 22nm）から約 20nm のギャップを得た。幅に関して不均一な部分も見られたが、これはブローを窒素ではなく大気で行ったため、大気中の有機物が影響したためと考えられる。この点は、ブローに窒素ガスを使うことにより改善

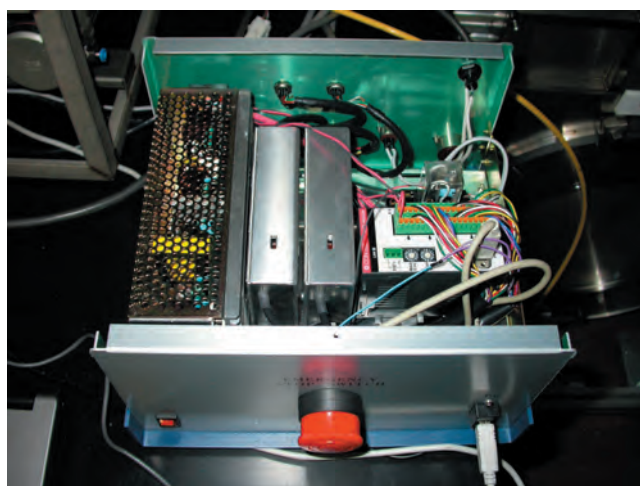


写真 3: コントローラー内部写真

左から 24V 電源、シリンダーアンプ×2、デジタル I/O モジュール（手前）、電磁バルブ開閉用リレー（奥）

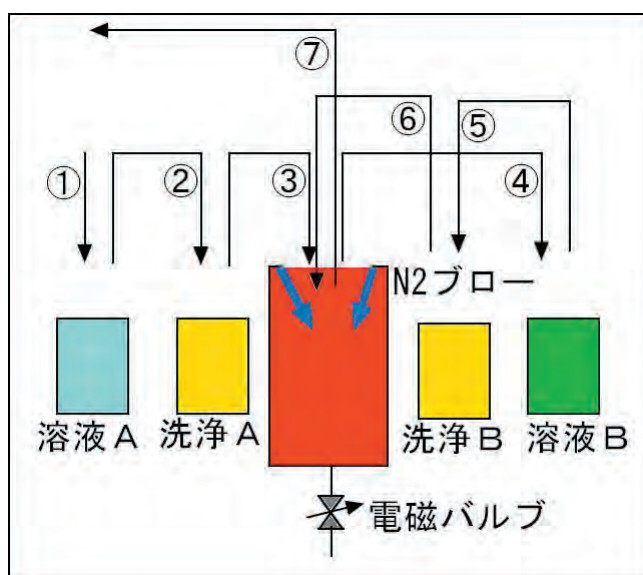


図 2 シーケンス動作類



図 3 制御プログラム操作画面

各設定ボタンを押すことで個別に設定値入力用ダイアログが開くようになっている。

できると思われる。本装置を使用することにより、比較的良好な試料作製が自動的に可能であることを示した。今後は、より利便性・汎用性を高めるよう各シーケンスを外部テーブルから読み込ませ、独立した制御を可能にする事も検討している。

[1] A. Hatzor and P. S. Weiss, Science 291, 1019 (2001) .

[2] 田中ら、表面科学 25、650 (2004) .

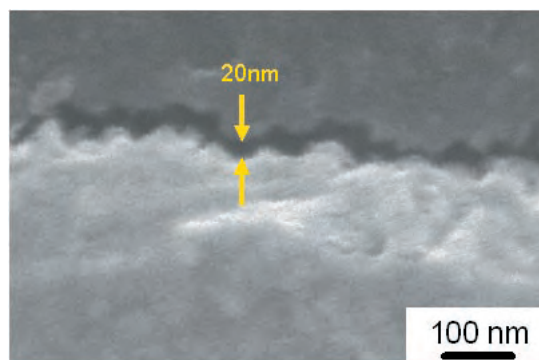


写真 4: 自動機で作製した分子定規により得られたギャップ。

メカニカル速度選択ディスクの製作

矢野隆行

1. はじめに

今回製作したメカニカル速度選択ディスクは、大阪大学の笠井研究室より、施設利用で申請のあった課題である。2枚の溝付きディスクを一定の距離を保って同軸上に固定し、サーボモータで高速回転させることにより、2枚のディスクの溝間を通過できる速度を持った分子線を選別する装置である。ここでは、ディスクの製作に関して報告する。

2. ディスクの仕様と加工方法

製作するディスクは、厚さ 0.1mm のステンレス (SUS304) とし、直径 72mm、その円周には 720 本の溝が、0.2mm 間隔 (0.5 度) 2mm の長さで配置されている。一本の溝幅の目標値は 0.1mm である。(図 1)

この溝加工は、ワイヤ放電加工機を用いて、線径 0.07mm の垂鉛コーティングワイヤを使って加工している。

このディスクは切り落とし加工によって製作することになるが、その円周上に高精度に溝を加工することは困難である。また、ワイヤ放電加工機の加工構造 (図 2) 上、ディスクの中心部を固定して加工を行う時、材料の下側に位置するワイヤの巻き取り部分が邪魔になって一度に円の全周加工を施すのは不可能である。そこで今回は、加工のための方法、それに必要な道具 (治具)、さらには加工順序を検討して製作を行った。なお、製作精度は $\pm 5 \mu\text{m}$ 以内と設定した。

今回使用するディスクの材料は厚さ 0.1mm と非常に薄いので、台になる治具を用意し、ワイヤ放電加工を行う際必要なスタート穴は、歪みなどの影響を材料に与えないようにするため、ドリル加工ではなく、形彫放電加工で行った。

また、全周に施す溝は、90 度ごとに支え部分を残すよう 4 分の 1 ずつ加工し、最後に支え部分を切り取る方式を採用した。(図 4)

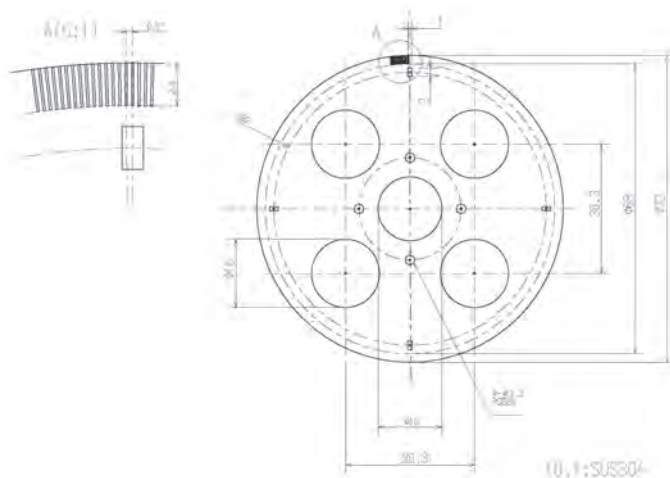


図 1 製作するディスク図面

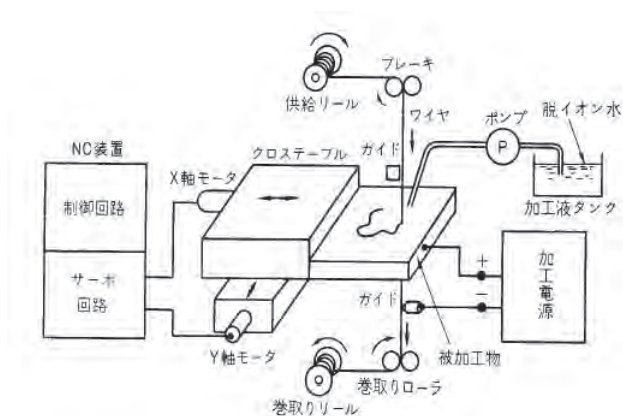


図 2 ワイヤ放電加工機の加工原理

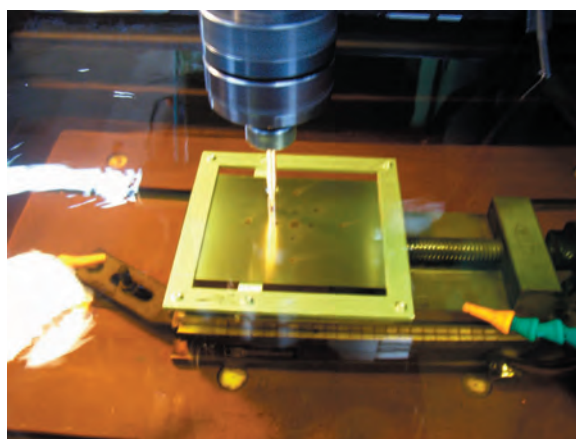


図 3 スタート穴加工

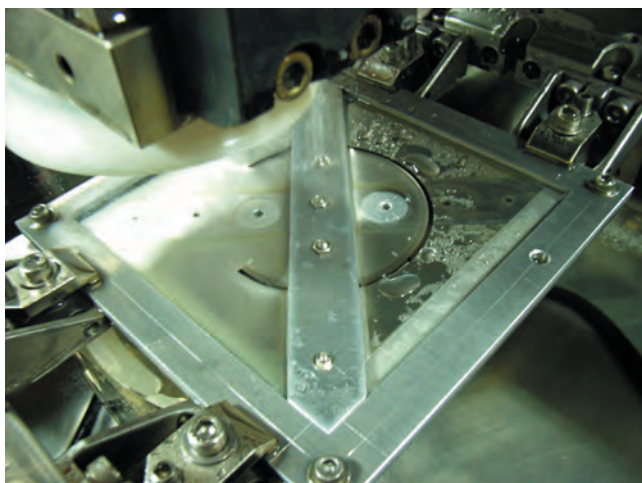


図4 溝加工時のようす

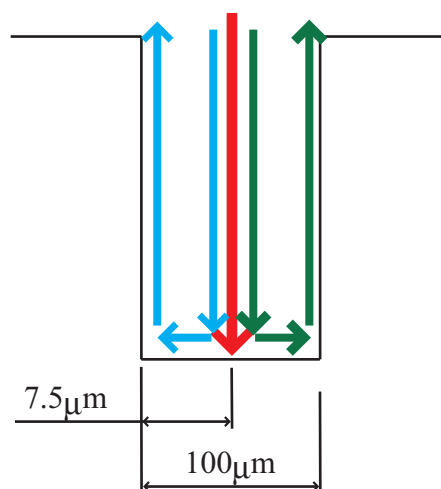


図5 溝加工手順

さらに、溝加工にもかなり工夫をした。今回の場合、線径 0.07mm の垂鉛コーティングワイヤを一度通しただけの場合、溝幅は $85\text{ }\mu\text{m}$ になることが事前の加工実験で判明していたので図5に示すような加工を行った。

まず、赤線で描かれた線上を加工し、その後、 $7.5\text{ }\mu\text{m}$ 左に移動する青色の線上を加工、さらに $7.5\text{ }\mu\text{m}$ 右に移動する緑色の線上を加工した。

3. 加工結果

加工したスリットを図6に示す。今回作成したスリットは720本と多く一本一本確認するのは非常に困難なため、加工後の測定方法は以下のような方法を採用した。

- ディスクへの加工は、720本のうち1/4にあたる180本の加工を一つのプログラムとして90度回転を四回行いながら円全体への加工を行っているため、まずの1回目180本分について加工の前半・中盤・後半に製作したスリットに関して測定を行った。(図7)(図8)

- 二回目以降の加工については、プログラム上の同じ位置関係にあるスリット幅を比較することで同じ細工がされているかどうかを判断した。(図9)

結果を表1に示す。



図6 加工した溝

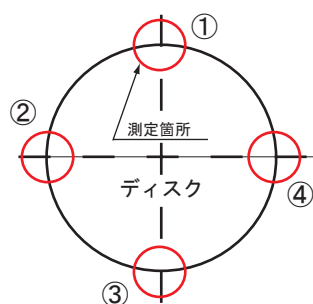


図7 測定位置1

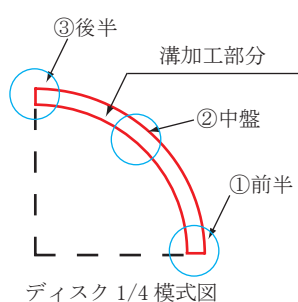


図8 測定位置2

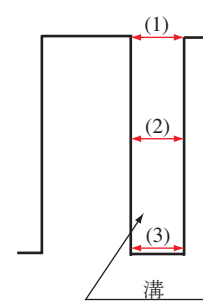


図9 測定位置3

表1 測定結果

単位 [μ m]	①			②	③	④	理論値
	前半	中盤	後半	後半	後半	後半	
(1)	97	100	96	102	98	97	100
(2)	98	99	100	103	100	96	100
(3)	104	105	99	103	97	97	100

今回の製作では、これらの値が製作前に設定した精度範囲内を実現していたので、これを完成品とした。

4. まとめ

これは、最新の技術を追究したとか、専用機を作って製作したものではないが、既存の設備を使って治具や加工手順を工夫することでも困難な加工に対応できるということが証明できた一例であった。

チタン銅製磁化率測定セル

鈴木光一

1, はじめに

高圧下における磁化率測定は物質の磁性、磁気構造の決定にはなくてはならない測定手段で、物性研究の重要な位置付けである。1997 年頃、相関領域研究系の細越助手（現大阪府立大助教授）の依頼で低温、高圧下での磁化測定を行う試料セル（加圧容器）を装置開発室で製作した（図 1）。材料は、非磁性、高強度材料かつ熱伝導率が高いチタン銅（Cu-Ti）合金が用いられた。しかし、当時は材料の特性を引き出せず、発生圧力が 500 ～ 600kPa までが限界であった。その後、所定の圧延加工、熱処理条件を探索し、材料の強度特性を改善させ 1GPa 以上の圧力が可能な試料セルの製作を行った。

2, 材料について

高圧を利用した低温、磁性の物性測定の加圧容器として一般に用いられる材料にベリリウム銅（Cu-Be）合金がある。しかしながらこの合金には強度を高めるため 0.2% 程度のコバルトが添加されている [1][2]。コバルトは極低温下で少量の試料の磁気測定を行う上で大きなバックグラウンドとなり、磁性の実験には条件によっては使えないことが知られている。大阪大学のグループが過去にコバルトフリーの Cu-Be を特注したという情報から、我々もこの材料を入手しようとしたが、現在ではどの材料メーカーも少量では対応できないのが現状である（もちろん数 t からの発注であれば応じてくれる）。

一方、Cu-Ti 合金も圧力材料として注目され、Cu-Ti 合金は他の添加物がなく、Cu-Be 合金に比べ低温での磁気特性も良好である。しかし、Cu-Ti は主にバネ用材料として製造されており、一般に材料として入手できるのは厚さ 2 ～ 3mm 以下のものしかなく、入手困難な材料である。

製作したセルの材料は、当時の細越助手がメーカーの製造ラインの途中段階（圧延工程）の材料を、抜き取り調達したものである。

3, 製作

Cu-Be、Cu-Ti いずれも析出硬化性銅合金と称され、Cu の中にわずかに添加された元素（Be や Ti）を、溶融時には溶け込んでいるが、熱処理（時効硬化）により析出させることによって材料硬度を増加させる合金である。

材料メーカーより溶融時の抜き取りサンプルとして入手した、 $\phi 40 \text{ mm} \times \text{長さ } 60 \text{ mm}$ のインゴットを用いて、熱間鍛造で各サイズに加工し時効処理を行ない、それぞれの硬度を調べた。その後、機械加工ができるサイズに冷間加工（時効処理前の冷間加工は、熱処理後の強度に影響することが知られており、ここでは断面積減少率 44% で冷間鍛造を行っている）を行い、先に調べた最大硬度となる温度を基に時効処理を行った。処理後の材料硬度は約 HV370 となり、この材料を用いて 1GPa 以上の加圧実績のある試料セルを製作した。製作工程の概要を図 2 に、温度と硬度の関係を

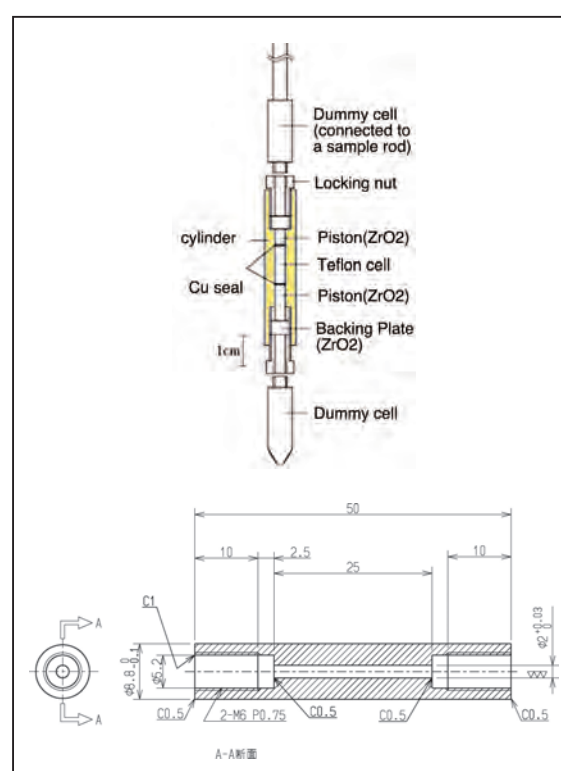


図 1

上：クランプ式圧力セル組立図。

試料は圧力媒体（オイル）とテフロンセルに入れる。油圧ポンプでピストンを押し加圧し、ねじ蓋を締めることにより、圧力をクランプする。

<http://www.p.s.osakafu-u.ac.jp/~yhoso/index.html> より

下：試料セル寸法図（組立図の色の付いた部分）

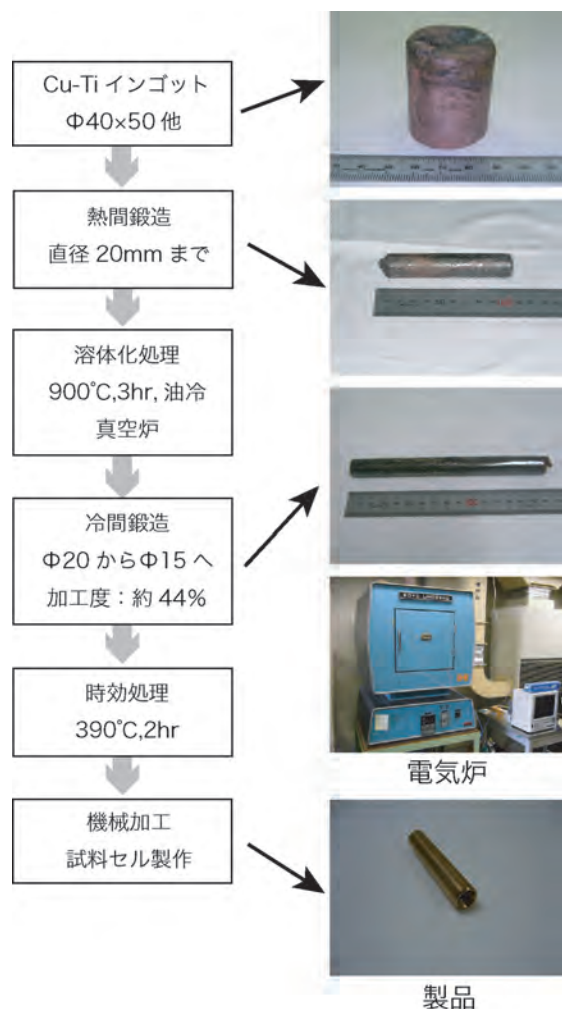
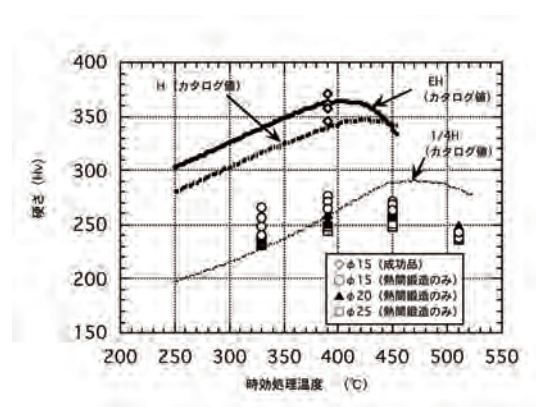


図2 製作工程概要



温度条件および冷間加工度等は YAMAHA で生産されていた Cu-Ti 合金のカタログ値を参照した。

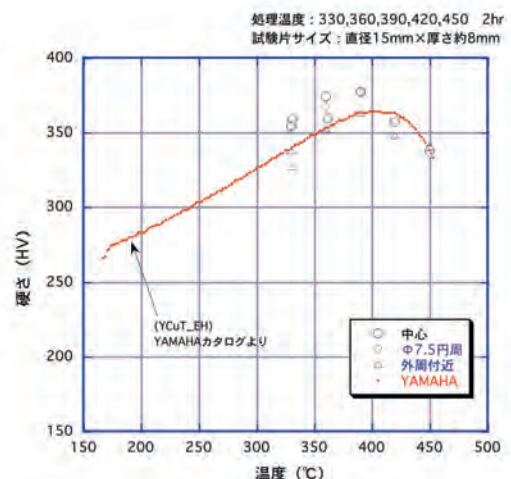


図3に示す。ここまでの作業は松下幸司氏（現名古屋大学全学技術センター）が分子研在職中に行った。

直径 40 mm の溶融時の抜き取りサンプル以降、新たにメーカーの生産工程から抜き取りした大容量のインゴットが入手できたため、冷間鍛造後の時効処理温度、時効処理時間を変化させ温度条件を絞り込む作業を行った。時効処理時間については析出物の状態を左右し時間が長すぎると逆に強度を低下させることになるため [3][5]、確認しておく必要があった。

時効硬化処理温度と硬度の関係および処理時間と硬度の関係をそれぞれ図4、図5に示す。また、大容量インゴットの写真を図6、熱間鍛造後の写真を図7に示す。

この様にして得られた材料製作工程や熱処理条件を用いて、試料セルを製作し現在、大阪府立大学で実験に使用されている。

4. 安全性について

製作した試料セルのように内圧を受ける高圧シリンダーは、内圧上昇で破壊した際に、圧力によって蓄えられた歪みエネルギーが破片の飛散する運動エネルギーとなって解放されるので、危険であるとされている [4]。今回はとくに材料の強度（硬度）を上げる事を行ってきたが、金属材料は硬度を上げると材料強度は増すが逆に脆くなるので、安全性は低くなる。高圧シリンダーの耐圧強度と安全性は相反する機械的性質を要

求することになり、設計・製作にはこの点を十分考慮しなければならない指摘を受けた。

無垢材料から製作された無限長シリンダーの理論計算から求まる最大内圧 P_{max} の値は、Cu-Ti の場合、時効処理後の降伏応力 1.2GPa とすると約 580MPa となる。しかし、圧力発生部をシリンダーの一部とし、圧力媒体を直接シリンダーに接触させず封入型にするなどの方法とすれば、一般にピストンシリンダー型圧力セルでは理論値よりも高い圧力で使える（およそ 2 倍が目安）とされている [5]。

実際に製作したシリンダーの破壊例があったが、壁面が破断して飛散することはなく塑性変形による亀裂程度であった。

以上のことから、実験に使用する際には上限圧力を 1.2GPa までにとどめ、圧力よりも安全を求めて頂くよう喚起していく。

5. おわりに

Cu-Ti 合金の材料特性改善と試料セルの製作は、平成 18 年度の施設利用として受けた依頼製作であるが、取り組みは古くから行われていた。1997 年頃は当時の人事交流で在籍した小林和宏氏（現名古屋大学全学技術センター）、2000 年頃からは同じく人事交流によって在籍した松下幸司氏らによって進められた。また、平成 12 年度の茅所長奨励研究費の支援を受けて実施されていることも併せて報告する。

参考文献

- [1] 日本ガイシ株式会社、ベリリウム銅合金資料
- [2] BRUSH WELLMAN 社ベリリウム銅ガイド
- [3] 池野進, 佐治重興, 堀茂徳: 日本金属学会誌 Vol42, No.3, p.275, (1978)
- [4] 網田富士嗣: 高圧力の化学と技術, Vol.12, No.4, p.288, (2002)
- [5] 松本武彦: 高圧力の化学と技術, Vol.12, No.4, p.280, (2002)

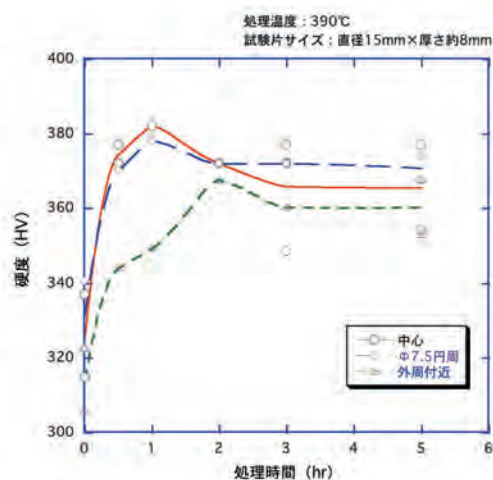


図4 時効硬化処理時間と硬度



図6 インゴット
40 × 40 × 190



図7 熱間鍛造後
φ 20 × 1000

近赤外リニアイメージセンサ用データ処理装置の開発

吉田久史

1. はじめに

G9213-256S(浜松ホトニクス)は、近赤外分光測光用に設計された256チャンネルのInGaAsリニアイメージセンサである。その主な仕様は、感度波長： $0.9 \sim 1.7 \mu\text{m}$ 、画素数：256、画素ピッチ： $50 \mu\text{m}$ 、画素サイズ： $50 \times 500 \mu\text{m}$ 、1段電子冷却である。分子構造研究系岡本グループの井村助手の依頼により、このリニアイメージセンサを用いたデータ処理装置を製作したので報告する。開発したデータ処理装置のハードウェアは、図1に示すように検出器ヘッドC8061-01(浜松ホトニクス)、ビデオ信号読み出し制御回路(自作)、AD変換ボードAD-16-16U(PCI)EV(コンテック)、IBM-AT互換パーソナル・コンピュータで構成されている。また、データ収集のためのソフトウェアは、ANSI C開発言語であるLabWindows/CVI(ナショナル・インストルメンツ)で作成している。

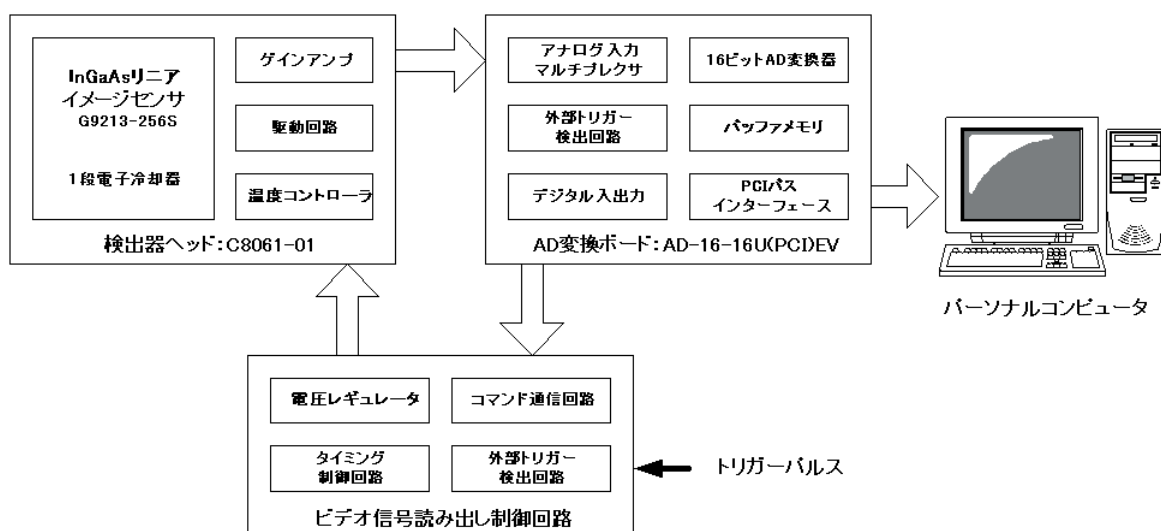


図1 近赤外リニアイメージセンサ・データ処理装置のブロック図

2. 検出器ヘッド(受光部)

写真1にC8061-01検出器ヘッドを示す。検出器ヘッドの中央部に設置してあるメタルパッケージの部品がリニアイメージセンサである。C8061-01検出器ヘッドは、G9213-256S用に設計された高感度の駆動回路である。これを用いることで、ユーザーは簡単な外部信号の入力でG9213-256Sを駆動することが可能となる。外部入力信号は、センサ内のアンプのゲインを切り換えるためのデジタル信号(Cf SEL)、駆動回路のためのマスタクロック(CLK)、ビデオ信号を排出させるためのトリガーとなるスタートパルス(Start)の3種類である。一方、外部への出力信号は、256チャンネルのビデオ信号(Data video)、ビデオ信号をAD変換する際に使用するチャンネル

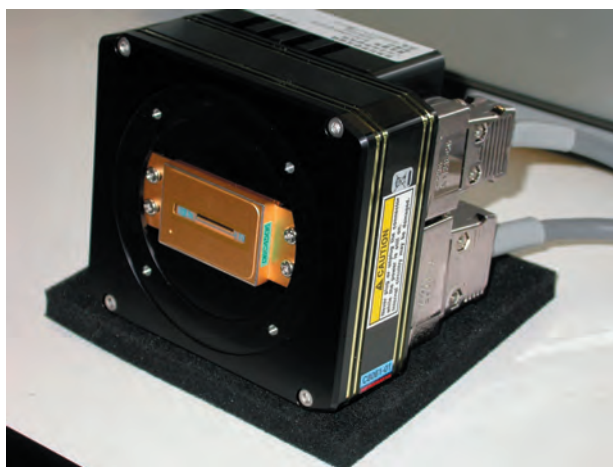


写真1 C8061-01 検出器ヘッド

同期パルス (Trigger)、ビデオ信号の読み出し中を示すステータス信号 (EOS) である。イメージセンサに蓄積された電荷は、ビデオ信号の読み出しを行うことで清掃される。この場合には、Start 信号のパルス間隔がイメージセンサの蓄積時間となる。従って、一定間隔でビデオ信号を読み出す場合には問題無いが、単発的な使用方法のときには注意を要する。なお、CLK 信号として最大周波数：4MHz を与えたとき、ビデオ信号の読み出し時間は $2 \mu\text{S}/\text{Ch}$ 、256 チャンネルの読み出しにかかる総時間は $515.25 \mu\text{S}$ である。

検出器ヘッドは、測定中の素子温度を -10°C に保つための温度コントローラの機能も有する。これに関する外部信号として、冷却器をオン・オフするためのデジタル入力 (Cooling Control) と素子温度のモニタ用のアナログ出力 (Temp monitor) がある。

3. AD 変換ボードとビデオ信号読み出し制御回路

前述のようにビデオ信号の読み出し時間が $2 \mu\text{S}/\text{Ch}$ なので、AD 変換ボードにはそれ以上の変換速度が要求される。そして、検出器ヘッドの Trigger 信号でサンプリングを実行するためには、外部サンプリングの機能も必要となる。これらの点を考慮して、AD 変換ボードは AD-16-16U(PCI)EV を選定した。この AD 変換ボードの持つ豊富な機能により、最終的にビデオ信号の取り込みには、検出器ヘッドの 3 本の信号線 (Data video, Trigger, EOS) を AD 変換ボードの信号線 (Analog Input, External Sampling Clock Input, External Start(Stop) Trigger Input) に接続するだけで良くなった。そして、ソフトウェア上では、AD 変換ボードの初期設定後、AD 変換に関するステータスを監視するだけでデータの取り込みが終了したかどうかを知ることができる。

写真 2 にビデオデータ読み出し制御回路の概観を、図 2 にその機能ブロック図を示す。ビデオデータ読み出し制御回路は、検出器ヘッドの外部入力信号を生成する回路である。そして、その中の Start 信号、Cf SEL 信号、Cooling Control 信号に関しては、パソコンからの指令により制御されている。ビデオデータ読み出し制御回路の処理は、(1) パソコンからの測定開始指令により外部トリガー信号の待機状態になる。(2) トリガー信号の受信により、検出器ヘッドに Start 信号を出力する。ここでのビデオ信号の読み出しは、センサの蓄積電荷の清掃が目的である。(3) ビデオ信号の送出後、直ちにパソコンにより指定した積算時間の計測を始める。(4) 積算の終了後、Start 信号を発生し再びビデオ信号の読み出しを行う。といった手順である。

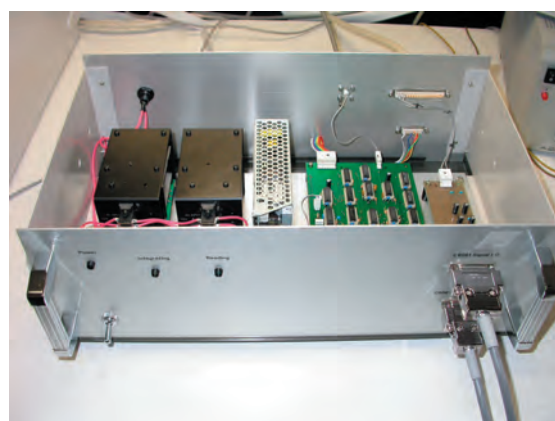


写真 2 ビデオデータ読み出し制御回路

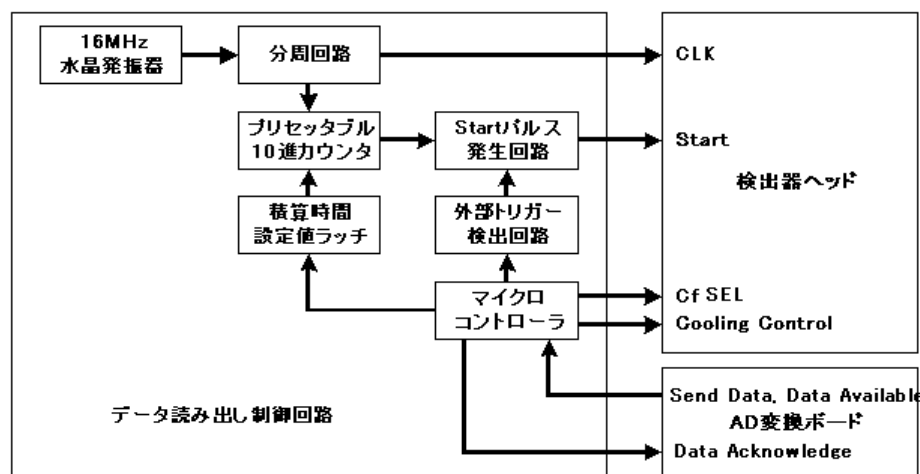


図 2 ビデオデータ読み出し制御回路のブロック図

一方、パソコン側の手順は、(1) ビデオデータ読み出し制御回路に対して開始指令を発生する。(2) AD 変換ボードのステータスを監視し、データの取り込みが終了したことを知る。(3) 2 回目のデータ取り込みが終了した際にその時のデータを測定データとして転送する。という具合である。

パソコンからの指令や積算時間の通信は、AD 変換ボードにあるデジタル I/O を利用して行った。ただし、このデジタル I/O は入出力とも各 4 ビットなので、データ通信はシリアル転送で行うことにした。通信方式は、送信データ・ビット (Send Data)、データが有効であることを示すステータス・ビット (Data Available)、データの取得を示すステータス・ビット (Data Acknowledge) の 3 ビットによるハンドシェイク方式である。一方、ビデオデータ読み出し制御回路側の通信制御は、ワンチップのマイクロコントローラ PIC16F628 (マイクロチップ) を用いて行っている。

積算時間の計測は、時間精度を高めるためにハードウェア上で行っている。具体的には、マスタクロックを分周して得た 100Hz のクロックを 4 桁のプリセッタブル・カウンタでカウントしている。従って、積算時間の設定範囲は 0.01S ～ 99.99S である。

4. ソフトウェア

リニアイメージセンサ・データ処理装置のプログラムは、ナショナル・インストルメンツ社の LabWindows/CVI で開発した。データ処理プログラムの操作画面を図 3 に示す。基本的な処理としては、測定の初期設定をするためのユーザーインターフェースと前項で示したような処理手順に従ってビデオデータの取得、グラフ表示、そしてデータの保存を行うことである。このビデオデータ取得のための一連の処理をイベントとし、指定回数のイベントを繰り返してデータは収集される。さらに、外部トリガー信号のモードに代え、内部トリガー (即時) のデータ取得ができるように機能を付加した。

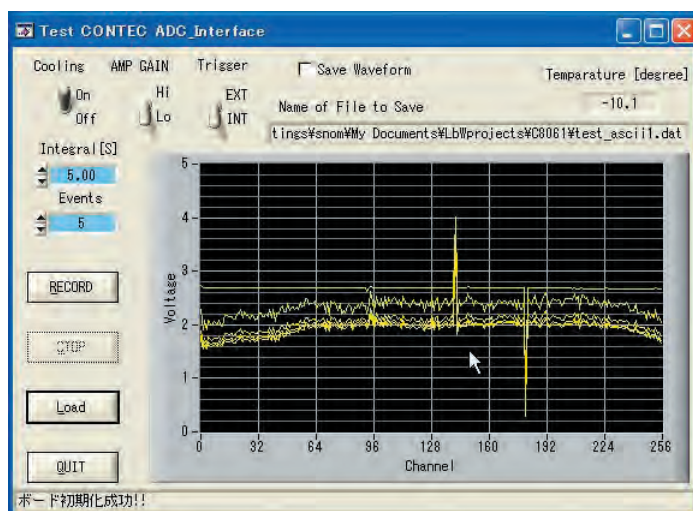


図 3 データ処理プログラムの操作画面

5. まとめ

リニアイメージセンサ用の検出器ヘッドを使用することで、ビデオ信号の取り込みに関する制御回路はかなり簡単なもので良くなった。基本的に、ビデオ信号の読み出しはマスタクロックと Start パルスを検出器ヘッドに供給するだけである。また、データの取り込みに関しては、AD 変換を検出器ヘッドの Trigger 信号に同期させて実行すれば良い。パソコンとの通信に関しては、AD 変換ボードに付加されたデジタル I/O を利用することで、別途インターフェースを用意する必要が無くなった。一方、検出器ヘッドにはアナログ回路用：±15V、デジタル回路用：+5V、冷却制御回路用：+5V、冷却ファン用：+12V という多種類の電源が必要であり、特にノイズの面からアナログ用電源とデジタル用の電源のアースの取り方などに注意を要する。

Windows アプリケーションは、多くの場合 Visual BASIC を用いて開発を行っていて、LabWindows/CVI は今回はじめての使用であった。AD 変換ボードに付属している関数ライブラリは、一般的に Visual BASIC や Visual C++ に対応していることが明記してあるが、LabWindows/CVI でも問題なく使用できた。変数の扱い方の違いや C 言語特有のポインタなど、BASIC と C 言語の違いで多少戸惑うことがあったものの、比較的短時間で一通りのプログラムを作成できるようになった。特に、配列変数をグラフ表示する際には、LabWindows/CVI には便利なコントロールが用意されていて非常に簡潔なプログラムになった。

ノズルの製作（単孔円板）

永田正明

単孔円板とは、丸板の中心に 0.3 ミリ以下の穴を有した物を指します。過去の実績では、直径は 6-10mm、厚みは 0.5-3mm で穴径は 30 μ m-0.3mm の物を製作している。ガラス管の先端及び中間に隔壁として使用する。使用例としては導電隔壁やイオンの解離速度測定セル、真空チャンバーへのガス導入ノズル等である。

製作方法を以下に説明する。

- i) 外径 20mm 内径 16mm のパイレックス管を強熱し、内径 0.5mm 程度迄焼き縮める。
- ii) 炎から外し引き延ばす事により、毛細管を得る。
この時、引き延ばす速度、及び長さの調整により内径を決める。
- iii) つぎに毛細管を必要な厚さで輪切りにして、顕微鏡で穴径を測定し選別を行う。
外径、及び厚さを所定サイズ迄研磨して、単孔円板を得る。
- iv) ガラス管先端又は中間に溶着した後熱加工による穴と板の変形が無い事を、再度顕微鏡で確認し完製品とする。

この方法の利点は加熱の調整により、穴径を自在に選択することができ、最適ノズル穴径を探す場合などの実験に柔軟に対応できる点である。



単孔円板

STM セルの製作

水谷伸雄

ナノサイエンスセンター小川 G、三宅雄介氏の依頼により走査トンネル顕微鏡 (STM) セルを製作した。三宅氏は、このセルを用いた計測により Asia Nano 2006 国際会議で “Outstanding Research Award” を受賞した。その詳細については、分子研 HP (<http://www.ims.ac.jp/as/2006/award.html>) を見ていただきたい。STM 観察は通常、超高真空中で行うことで観察したい分子の表面に空気等の分子が吸着するのを防いでいるが、真空中での実験操作は難しく、一回の測定時間も長くなってしまう。その点、三宅氏が行っている溶液中の STM 観察は、サンプルとの条件が整えば大気下においても超高真空中なみの高分解能観察を可能としている。この利点を活用することで受賞に結びついたようだ。

今回製作した STM セルは、従来型セルの長さを 2 mm 程長くした以外は他の形状を変える事なく溶液だめとサンプル固定用の板バネを設けることで大気下における高分解能観察を可能とした。実際の観察から得られた STM セル（以下、液中セルと略されている。）の特徴について三宅氏から次のように提示された。

STM セル（液中セル）の特徴

1. 接着剤なしに導電性基板をセルに固定できること

通常はグラファイトや金属の基板をカーボンや銀ペーストを用いて固定しますが、私の系では、溶液中での測定なので、不純物が接着剤から溶け出してくると測定に大きな影響を与えてしまいます。液中セルは板バネで基板を固定するので、この心配がありません。

2. 基板の表面で導通を確保できること

金の基板などは、絶縁体であるマイカ上に金を蒸着して作ります。そのため通常は基板とセルの間に絶縁体が挟まるため、金線などでセルと基板表面との導通を確保しなければなりません。表面への金線の固定もカーボンペーストやカーボンテープを用いるため特徴 1 の不純物という点について問題があります。溶液を使わない測定においても接点がフラフラしたり、金線そのものがフラフラしたりするとノイズの原因になります。STM は pA レベルの微小電流を計測しているのでちょっとしたことで影響を受けます。液中セルの場合、板バネが固定とともに、基板表面からの導通も確保するのでこの心配がありません。サンプル作製も非常に楽です。

3. 液だめがある

溶液中での測定を行いますので、ある程度の時間、溶媒が基板表面に存在していなければなりません。工作技術のないグループの場合は、基板表面に溶液をたらして、乾くまでの間に測定を終わらせなければいけません。乾くまでの時間は、溶媒の蒸気圧に依存しますが、低沸点溶媒の使用はまず無理です。高沸点溶媒でも、液だめがないと横に漏れますし、量が少なければ乾きも早いです。濃度依存性のあるサンプルの場合は、信頼性のあるデータを取るのが難しいです。また乾くまでにデータが取れない場合、サンプル作成からやり

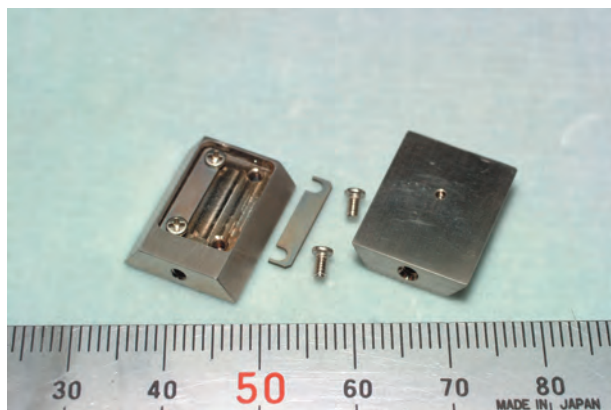


写真 1：STM セル



写真 2：計測中の STM セル

直しです。液中セルの場合、よく使うフェニルオクタンという溶媒に関しては、1日から2日は持ちますので、長時間の測定にも耐えられます。使用できる溶媒のバリエーションも増えました。

製作した STM セルを写真 1 に示す。また、写真 2 の中央に見えるのが計測中の STM セルで、寸法は、長さ 17mm、幅 13.4 mm、厚さ 4mm の表側に、長さ 13mm、幅 9 mm、深さ 1.5 mm の液だめが設けてある。セルは、SUS304 材を切削加工により製作するが、板バネを固定するためのネジ穴 (M1.7) は、溶液が漏れないように止まり穴にする必要がある。しかし、厚さ 2.5 mm の部分に十分な深さを持つ M1.7 のネジを切るのは難しい。そのため、製作工程としては、いったん M1.7 のネジを貫通させておき、その後、裏側より厚さ 0.5 mm のステンレスプラグを溶接してネジ穴を塞いだ。この時、溶接部分の凹凸は、手作業で平滑に仕上げて完成とした。構造としてはシンプルだが、このような難削材の精密加工や微小部品の溶接等も装置開発室の得意とする所である。

今回のように一見単純な部品であっても、それを活用する研究者によって受賞に結びついた事は製作者にとっても喜びである。

高温固体 NMR プローブの製作

水谷伸雄

昨年の本レポートにおいて、固体 NMR プローブの製作について報告した。固体 NMR プローブは、「低次元系機能性材料開拓のための固体 NMR プローブ技術開発」という研究課題で共同研究（施設利用）として九州大学大学院理学研究院 北川宏教授より依頼を受け、山内助手や物質材料研究機構、強磁場研究センターの池田龍一筑波大名誉教授らと共に設計製作を行った。

1 号機とも言うべく固体 NMR プローブは、9.37T の超伝導マグネット内にて He ガスフロー形式のクライオスタットを用いて 1.5 ～ 500K の広い温度範囲かつ 10 ～ 400MHz とった広い測定周波数領域を対象として製作した。（実験目的及び、仕様の詳細については前回の報告を参照していただきたい。）

実際に 1 号機を使用した結果、200MHz 以下の領域では感度も良く作動した。しかし、400MHz の対応範囲ぎりぎりの高い周波数領域では、使用できないことが判明した。これはコンデンサー部分とコイル部分の間で、大きな交流パルス電流のロスが起こることが原因であった。そこで、400MHz での測定を可能とするために、コンデンサーを固定しているシェイパル製台座を設計変更し、コンデンサーの位置をコイルに接近させることにより、感度の良い測定を行うことが可能となった。さらに、内径や巻数の異なるコイルを何種類か製作し、各種サンプル測定に用いている。

2 号機となる高温固体 NMR プローブは一号機の経験を生かし、AgI の効果的な測定を主目的に設計製作した。AgI の最高温相は 420 ～ 823 K に観られ、非常に高いイオン伝導性を示すことから超イオン伝導体と呼ばれる。この高温相における Ag⁺ イオンの拡散挙動を詳細に調べることが目的である。

1 号機と異なる点は、高温測定専用に設計した事、多量の試料を測定可能にするために、コイル内径と全長を拡大し設置部分を大きくした事等である。これは、¹⁰⁷Ag および ¹⁰⁹Ag 核は測定感度が低く測定には試料量を多量に用いる必要があるためである。写真 1 に製作した高温固体 NMR プローブの全景を示す。コイル設置部分は、5 枚のセラミックヒーター（100W × 5）を備え、金メッキを施した銅製のハウジング内で加熱される。（写真 2）セラミックヒーター周りにはホトバール製の断熱材を設け（写真 3）、さらに NMR プローブの先端約 1/3 は、水冷ジャケットで覆いセラミックヒーターの熱が超伝導マグネットへ伝わるのを防いでいる。水冷ジャケットを外した状態を写真 4 に示す。

1 号機は、He ガスフロー形クライオスタットを併用しているため超伝導マグネットの上部から吊り下げのような形で取り付けられているが、2 号機はクライオスタットを使用しないため、マグネットの下部から取り付ける形にした。超伝導マグネットはその構造上、磁場中心は装置全長から見て下方に位置している。従って NMR プローブを下から取り付けることでプローブ全長を短くでき、剛性も高まった。その反面、



写真 1：高温固体 NMR プローブ全景

マグネット下の作業スペースには限りがあり、頻繁に着脱する NMR プロブの取扱を容易にするため、フランジの固定には簡易バヨネット方式を採用した。(写真5) 材質はアルミ合金を使用し、リン青銅製のボルトとヘリサートネジにより固定される。銅製の水冷ジャケットは、銀ロー付けで製作し、支柱・バリコン調整軸・ネジ類は真鍮製、絶縁部品はホットベール、コイル・コイル周辺絶縁部品はシェイパル M ソフトで製作した。

今後も、1号機・2号機それぞれの特徴を生かした測定結果に期待し、更なる改良、開発に携わって行きたい。

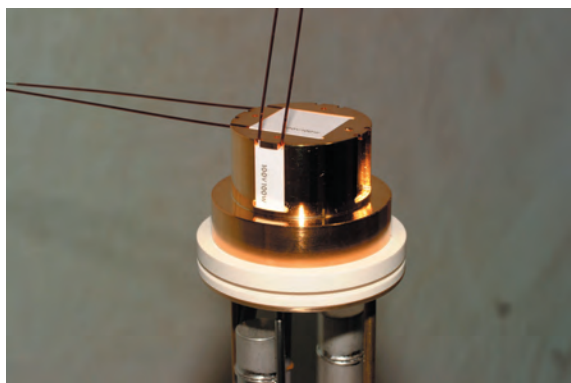


写真2：ヒーターハウジング

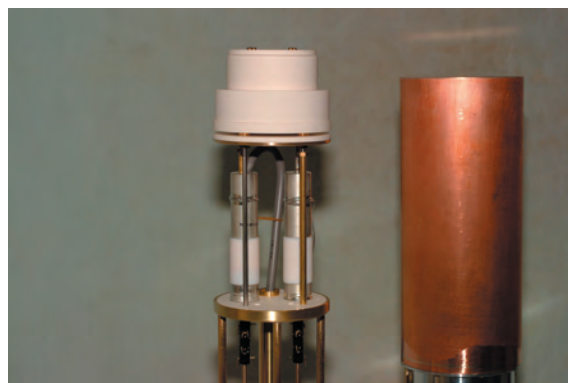


写真3：断熱筒



写真4：水冷ジャケットを外した状態



写真5：フランジ固定部

超精密研磨加工によるスリット刃の製作

近藤聖彦

1. はじめに

2005 年に製作した軟 X 線発光分光器のスリット刃は、名古屋大学理学部の平面研磨機を使用しスリット刃を製作した。しかし、研磨工程ごとに名古屋大学と分子研を往復する時間のロスや、加工品の運搬の際に刃先にキズをつける可能性があり、スリット刃の製作環境は良いとは言えなかった。また、製作したスリット刃のエッジ精度に関しても、およそ 200nm であり、最小スリット幅 $1\ \mu\text{m}$ を実現するスリット刃としては今ひとつと言った状態であった。そこで、装置開発室においても平面研磨機を製作し、超精密平面研磨加工技術を確認すると共に、より精度の高いスリット刃を製作することを試みた。図 1 に製作した平面研磨機を示す（製作の詳細は本誌 44 ページに報告）。その結果、2005 年製のスリット刃より鋭利なエッジを有するスリット刃を製作することができたので報告する。



図 1 平面研磨加工機

2. 加工方法の変更

2005 年の Annual Report で報告した加工方法を見直し、改良できる部分について一部変更した。この変更した主な 3 点について記述する。

(1) スリット素材形状の変更

2005 年製のスリット刃は、エッジの仕上げ後に放電加工機を使用し固定用ザグリ穴をスリット刃側面にあけた。その後、スリット刃のエッジを観察すると放電加工前にはなかった損傷が発見された。この原因は、放電加工時にできる放電くずがエッジ部にあたり、エッジを損傷させたのではないかと考えた。そこで、今回は図 2 に示すように、最初に固定用ザグリ穴をあけたスリット素材を使用し研磨をおこなった。ただし、この方法は仕上げ研磨時、このザグリ穴部分に荒研磨の砥粒が残留するという問題がある。これについては、砥粒径ごとに専用の洗浄容器を準備し十分に超音波洗浄をおこなった。

(2) 仕上げ研磨砥粒径の変更

図 3 に示す A 面と B 面は C 面を研磨するときに重ね合わせる面になる。この重ね合わせた面に隙間が生じるとスリットのエッジを鋭利にすることが難しくなる。そこで、この隙間を極小にするため、仕上げ研磨の研磨砥粒径を $3\ \mu\text{m}$ から $1\ \mu\text{m}$ に変更し、スリット側面の表面粗さを向上させた。これより、表面粗さは $6\ \mu\text{m Ra}$ 程度から $1\ \mu\text{m Ra}$ 程度まで向上した。

(3) C 面の研磨工程の変更

C 面は仕上げ研磨をおこなった後、さらに傷を少なくするためメカノケミカルポリッシング（砥粒径：



図 2 スリット素材

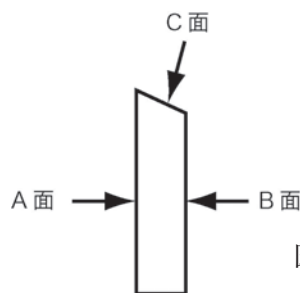


図 3 スリット刃の研磨面

40nm、砥粒材質：シリカ）をおこなった。しかし、この方法はラップ定盤に不織布を使用するため、スリット素材に角ダレが生じ、平面度は悪化する。このため、A、B面のメカノケミカルポリッシングはおこなわなかった。

3. 製作したスリット刃のエッジ粗さ

SEM（JEOL 製 JSM-6700F）を使用し、製作したスリット刃のエッジを観察した。観察方向は図4に示すようにA面に対して垂直方向から観察している。図5にエッジのSEM画像を示す。この図はスリット刃の中心を観察した像である。図6は図5の中心付近を25倍に拡大した像である。この図より、エッジ粗さは50nm程度である。2005年製のエッジ粗さは200nm程度であったことより4倍程度エッジ粗さが向上した。



図4
スリット刃の観察方向
(矢印)

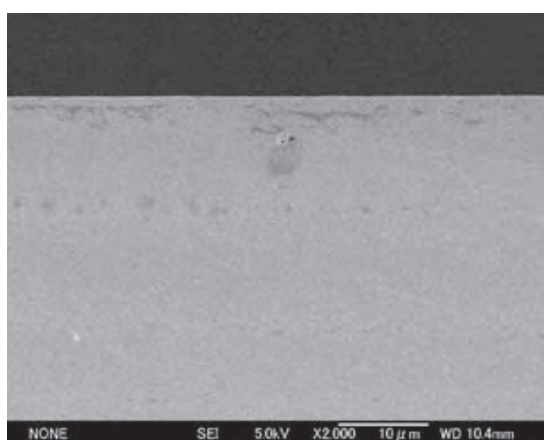


図5 スリット刃の中心を観察したエッジ像

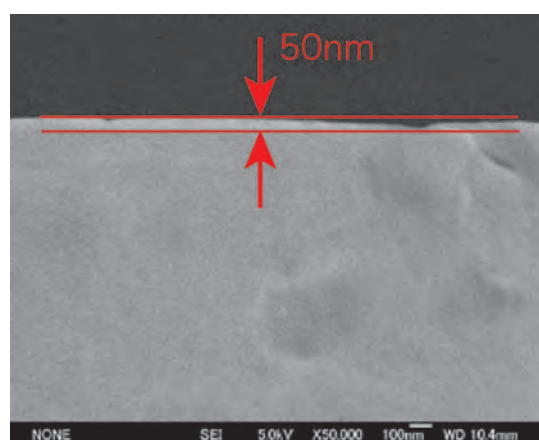


図6 エッジ部分を拡大した像

4. まとめ

装置開発室で製作した研磨加工機を使用し、スリット刃の製作をおこなった。2005年度におこなった加工方法を見直し、主な3点を変更した。これより、2005年製のエッジ粗さ200nm程度が50nm程度と向上した。

5. 謝辞

スリット刃の製作にあたり、これまで助言並びにご協力を賜りました名古屋大学全学技術センターの鳥居龍晴氏、増田忠志氏、松下幸司氏、SEMの観察をしていただきました分子スケールナノサイエンスセンターの中尾聡氏にお礼申し上げます。

高出力マイクロチップレーザー発振器の設計・製作

近藤聖彦

1. はじめに

特殊波長レーザー開発研究部門の平等グループは、高出力、高ビーム品質を有するエッジ励起マイクロチップレーザーの開発に成功し、これを組み込んだレーザー発振器の試作を終えている。この発振器は、現行市販の形状と比べ小型になっているが、さらに小型化した発振器の開発依頼があった。この依頼された発振器は、300W の高出力を有するため、金属部品の溶接などに用途がある。また、某企業においてこの発振器を試行する予定になっている。そこで、有用性が確認できれば、産業分野への普及が可能となる。装置開発室は、このレーザー発振器の設計と製作をおこなっている。

2. 発振器の概要

図 1 に高出力マイクロチップレーザー発振器の模式図を示す。これは、レーザー用励起モジュール、レンズホルダー、ファイバーコネクタ、水路部品で構成されている。

レーザー用励起モジュールから照射されたレーザーは、レンズホルダーで集光され、ファイバーコネクタに取り付けた光ファイバーから取り出すことができる。筐体の外形は 250（奥行き）× 345（幅）× 210（高さ）である。

3. 設計の特徴

設計に関しては試作のモデルを基本としているが、本開発にあたり改良した点の特徴について記述する。

1) レーザー用励起モジュールの小型化

発振器を小型にするため、レーザー用励起モジュールの外形状をプロトタイプの 190 × 190 × H86.5 から 160 × 160 × H 90 まで小さくした。

2) レンズホルダーの改良

レーザー用励起モジュール内部に組み込まれているレンズホルダーはレーザーの照射とともに熱くなる。このため、これを冷却する必要がある。ただし、試作のレンズホルダーは冷却構造になっていない。そこで、このホルダー内部に水路を設け、冷却できる構造とした。

3) 水路用継手の設計

市販の水圧用エルボ継手を使用した場合、管用テーパネジを回転させ止めるため、設計した位置で止めることが困難になる。そこで、図 1 に示す自在に位置決め可能な水圧用自在継手の設計をおこなった。

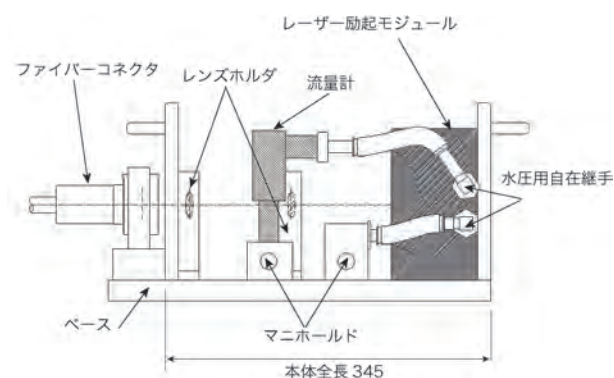


図 1
高出力マイクロチップレーザー発振器の模式図

4. 電子ビーム溶接機を使用した水圧用自在継手の製作

水圧用自在継手は、図 2 に示す市販のフレキシブルチューブとマイクロフィットを使用し設計をおこなった。この継手の構造を図 3 に示す。このように、位置決めした状態で袋ナットを回転すれば、押さえ板が O リングを圧縮し、漏水を止める構造になっている。

この自在継手の製作には電子ビーム溶接をおこなった。この溶接は、(1) アーク溶接と比べパワー密度が高いため溶接幅が狭く深い溶込みが得られる (2) 単位溶込み深さあたりの入熱量が小さいため熱影響部が狭く熱変形の少ない高精度な溶接が可能である (3) 真空中で溶接可能であり、仕上がりが美しいなどの特徴がある。これより、アーク溶接よりも美しく変形の少ない溶接が可能となる。この溶接に使用した電子ビーム溶接機を図 4 に示す。この溶接機の内部を図 5 に示す。ここで、図 5 に示す回転チャックは円周部の溶接をお

こなうときに使用する。このため、マイクロフィットのような筐体形状が四角の部品をチャックに挟むと回転中心がでない。そこで、このような形状部品は治具を必要とする。図6に押さえ板とマイクロフィットを溶接するときを使用した治具を示す。この治具は3本のM4ネジを押し引きすることより、回転中心を調整できる構造となっている。これを回転チャックに固定した時の様子を図7に示す。溶接は、この図に示す方向から射出する電子ビームの焦点を溶接部と同じ高さに設置したダミーで調節した後、回転している溶接部にこのビームを照射しておこなう。

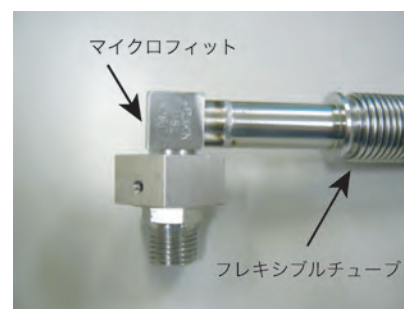


図2 水圧用自在継手の外観写真

5. おわりに

高出力マイクロチップレーザ発振器の設計と製作をおこなった。水路部品の継手に関しては、小型かつ組立てを容易にするため、水圧用自在継手を設計し、電子ビーム溶接機を使用し製作した。

現在、筐体の機械部品の組立ては完成し電気配線をおこなっているところである。

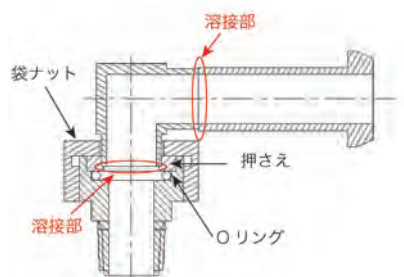


図3 水圧用自在継手の断面図



図4 電子ビーム溶接機

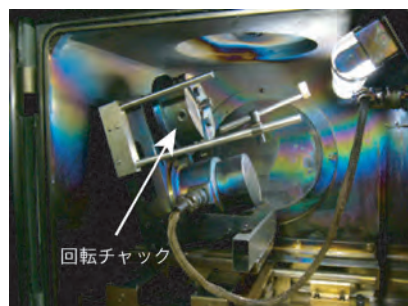
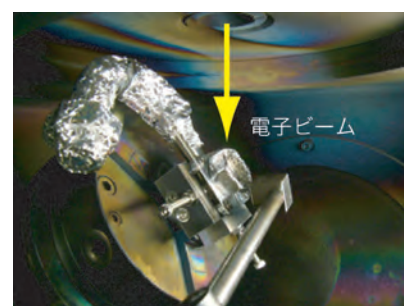


図5 電子ビーム溶接機内部



図6 治具に取り付けた継手

図7
回転チャックに取り付けた治具

平面研磨装置の製作

近藤聖彦

1. はじめに

新しい化学技術として注目を集めているマイクロリアクターは、2枚のガラス基板（マイクロ流路を加工した板と平板）を接合することによって製作される。このため、ガラス基板の表面粗さや平面度が重要になる。また、UVSOR 放射光施設で使用される発光分光器を構成する要素の一つに可変スリットがある。これは、高分解能を得るためスリット幅を1～10 μm にする。この幅は2枚の鋭利な刃を対向させる。そのため、この刃のエッジ粗さと直線性が重要になる。これらの表面粗さや形状精度は研磨加工によって実現される。さらに、レーザ開発研究においても光学結晶の研磨は重要な位置づけである。このように、分子研内での研磨加工技術に対する要求は高まっている。しかし、装置開発室に精密平面研磨加工をする機器が設備されていない。ここで、現行市販の研磨機の導入を検討したが、平面研磨機はモーターで平面プレートを回転させるだけの簡単な構造であるにもかかわらず、価格が数百万と非常に高価である。そこで、名古屋大学において岩石の薄片試料作成に使用されていた研磨機を改造し平面研磨加工機を製作した。また、この研磨機を使用して研磨した試料面の表面粗さを測定したので報告する。

2. 平面研磨装置の構成と研磨方法

図1に示すように、製作した平面研磨装置は駆動モーター（本体：岩石薄片研磨機改造）、ラップ定盤、研磨液自動噴霧器、ヘパフィルター付クリーンブースで構成されている。研磨方法は図2に示すように、ワックス（日化精工社製：リードワックス M）で試料を接着した試料固定台をラップ定盤（ $\phi 300$ ）上の修正リング内部に置き、この定盤上に一定時間毎に研磨液を供給する。この修正リングは供給した研磨液を均一になじませるためのものである。このリングと試料固定台は、ラップ定盤の周速度差により自転するため均一に試料を研磨することができる。

3. 研磨加工条件と表面粗さ結果

試料研磨面の表面粗さを評価するため、図3に示すようにワックスを用いて SUS304 の試料（ $10 \times 13 \times t 2.5$ ）8枚を試料固定台に接着し平面研磨をおこなった。また、荒、中、仕上げ研磨の3工程の研磨をおこなった。表1に研磨加工条件と表面粗さ結果を示す。ラップ定盤は荒研磨に銅製、中研磨に錫・鉛製のものを使用した。また、荒研磨の研磨液には、ハイレスダイヤモンドスラリー（6 μm -STD-PC S1313：エンギス社製、ダイヤモンド粒径6 μm ）を使用し、中研磨には同社の粒径が1 μm のものをを使用した。

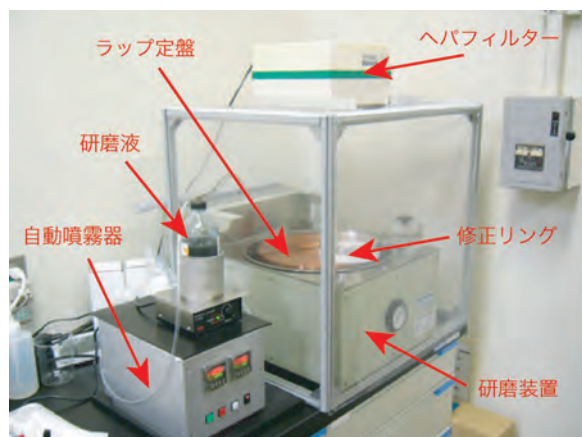


図1 平面研磨装置

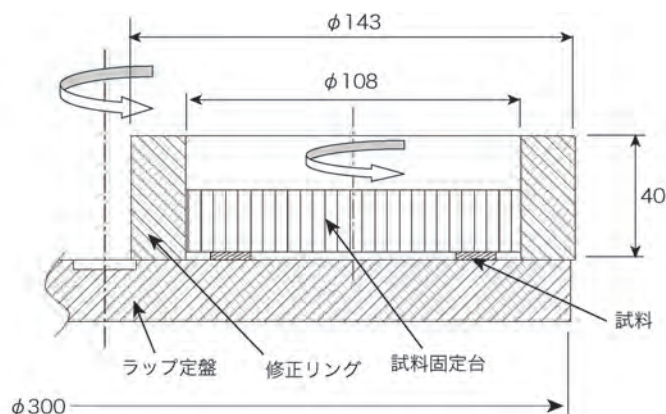


図2 研磨方法の詳細図

この研磨液を 50 秒毎に 1 秒間噴出しながら、それぞれの研磨をおこなった。仕上げ研磨にはメカノケミカルポリッシングをおこなった。これは、化学的なエッチング作用により小さなスクラッチを取り除く効果的な研磨方法である。この研磨には、アルカリ性の研磨液（XL-2：エンギス社製、シリカ粒径 40nm）とクロス製ラップ定盤（クロス 545：エンギス社製）を使用した。この結果、荒研磨の表面粗さが、38 ～ 48nm Ra、中研磨の表面粗さが 7 ～ 9nm Ra、仕上げ研磨の表面粗さが 1 ～ 1.6nm Ra であった。この仕上げ研磨の表面粗さは、某メーカーが同工程でおこなった同材質の表面粗さ 3.3nm Ra より小さい表面粗さであった。なお、表面粗さ測定には SURFTEST SV-400（ミットヨ社製）と New View 5000(Zygo 社製) を使用した。

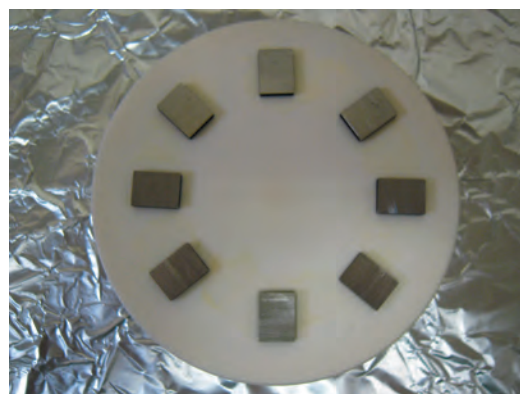


図 3 試料固定台に貼り付けた 8 枚の試料

表 1 研磨加工条件と表面粗さ結果表面粗さ

研磨工程	荒研磨	中研磨	仕上げ研磨
試料材質	SUS304		
ラップ定盤回転数	50 ～ 80rpm		
ラップ定盤材質	Cu	Sn・Pb	クロス
研磨砥粒	6 μ , ダイヤ	1 μ , ダイヤ	40nm, シリカ
研磨液供給量	1 – 50s		点滴
加工圧力	128g/cm ²		
Ra(nm)	38 ～ 48	7 ～ 9	1 ～ 1.6
Ry(nm)	300 ～ 450	60 ～ 80	—

4. まとめ

装置開発室において平面研磨装置を製作した。また、これを使用した研磨試料面の表面粗さを測定した。これより、試料材質に SUS304 を使用した仕上げ研磨の表面粗さは 1.6nm Ra であった。これは、某メーカーの表面粗さ 3.3nm Ra より小さい表面粗さであった。

5. 謝辞

平面研磨装置の製作にあたり、中村所長奨励研究費の助成の下でおこなったこと、表面粗さ測定に関し、平等グループの厚意により New View 5000 の使用を快諾していただいたこと、並びにその使用に関しては石月秀貴助手のご協力があったことを記し、深甚な謝意を表します。

2006 年 工作依頼リスト

装置開発室の主たる業務の中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セクションが2006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
06A01	バイオセンサーチャンバー改造
06A02	赤外分光チャンバー改造
06A03	放熱板
06A04	X線結晶マウント用チップ
06A05	プラチナ電極
06A06	アダプターハウジング-SP3200 ほか
06A07	支柱
06A08	ねじ加工 (M4 追加)
06A09	窓フランジ
06A10	ガラスチップ
06A11	統合バイオシンボジウム集合写真
06A12	回転セル光軸調整部品
06A13	ダイナミックシール
06A14	回折格子ホルダー加工他 2 点
06A15	顕微鏡用光源付台
06A16	径違いロッド
06A17	サンプルホルダ修理
06A18	X線温度センサー固定用チップ
06A19	ICF152 フランジ加工 .DLD ホルダー
06B01	レンズホルダーシム板の製作
06B02	回転セルアダプター
06B03	ICF203 用光学ステージ
06B04	位置合わせ器
06B05	リトロリフレクターアダプター
06B06	Pt1000 止め具
06B07	ミラーホルダー支持台
06B08	ステージアダプタ、アイリスホルダ
06B09	蒸着マスク
06B10	ナノロッド百万倍模型
06B11	顕微鏡台改造
06B12	Upper チャンバー
06B13	しきい電子電極シールド
06B14	AL 角チャンバー穴明け加工
06B15	NW25 メクラフランジ追加工
06B16	ガストラップキャップ
06B17	スピンコーター用小型基盤ホルダー
06B18	ヘリウムベッセルフランジ
06C01	ガスノズル
06C02	光軸合わせ板・スぺーサ
06C03	Chamber/Stage
06C04	CCD カバー
06C05	ポンプ
06C06	穴あけ加工
06C07	クライオスタット支持台
06C08	CCD カメラ取付ねじの調整
06C09	北川教授最終講義写真撮影
06C10	排気装置ベース台
06C11	反射光学系チャンバー 【写真】
06C12	可動ベース板
06C13	取付ジグ
06C14	SEM 観察
06C15	アパーチャー

06C16	オープン
06C17	レーザーパワーサプライコネクタ調整
06C18	ベースクランプ
06C19	シリンジポンプ
06C20	ヘリウムトランスファー用継ぎ手
06C21	UVSOR BL4B Io モニター
06C22	ステージブロック
06D01	グレーティングアダプタ
06D02	マイクロチャンネルリアクターのステンレス枠
06D03	放物面鏡ホルダー他
06D04	STM 基盤
06D05	L3V CCD 用カバー
06D06	X線回折サンプルホルダー
06D07	テフロンチャンバ上ぶた
06D08	フランジ延長ステージ
06D09	イオンチャンネル測定用セル
06D10	透過試料支持板
06D11	光学系調整治具
06D12	クライオステージ本体 1
06D13	セルホルダー
06D14	スぺーサー
06D15	ガラスチップ
06D16	8mm Φ用ダイナミックシール
06D17	ヒンジ固定ジグ
06D18	単一イオンチャンネル用チェンバー 【写真】
06E01	トランスファーチューブ延長管の切断
06E02	コーティングブレード
06E03	サンプルホルダー
06E04	フランジアダプタ
06E05	冷凍庫部品修理
06E06	偏光子支持台
06E07	回転セル 【写真】
06E08	バッククランプ用チャンバ上下
06E09	マイクロチャンネル用鋳型改造
06E10	テフロンリング
06E11	低温反射率測定用試料支持台
06E12	ベースプレートの加工
06E13	DAC 用フォルダー
06E14	固定金具
06E15	反射率光学系偏光子支持台
06E16	O-ring ケース
06E17	高次高調波ビームライン 【写真】
06E18	クライオスタット窓板支持リング
06E19	クライオスタット外窓用リング
06E20	低温 IR ユニット台座
06E21	ダイヤ窓付低温フランジ
06E22	自動 X ステージ固定台
06E23	サンプルホルダー
06F01	オープン
06F02	微動ステージ
06F03	chamber stage
06F04	ESR クライオ用治具 【写真】
06F05	結晶ホルダー

06F06	オートコリレータ用 L 字
06F07	セルホルダー
06F08	延長管
06F09	型どり板 (電気泳動用)
06F10	実験用小型レーザーモジュール
06F11	自動分子定規作製装置
06F12	回転セル部品
06F13	ゴム足固定部品
06F14	Stage
06F15	プレーナ型イオンチャンネルバイオセンサー基板加工
06F16	イオンチャンネルチャンバー部品
06F17	UV マスク用 CAD データー
06F18	NW25-VF20 変換アダプタ
06F19	リストアクションシユーカー調整
06F20	結晶ホルダ
06F21	低温反射率測定用試料支持台 2
06F22	ノズル微細穴加工 Φ 0.1
06F23	STM セル
06F24	プローブスパーサー他
06G01	接続板
06G02	マグネットアダプタ
06G03	プローブヘッドアタッチメント
06G04	単結晶マウントブロック
06G05	ミラーマウント
06G06	半球レンズ 【写真】
06G07	赤外分光器試料ホルダー改造
06G08	酸化チタン塗布歯
06G09	1/4 パイプ溶接
06G10	クーリングヘッド
06G11	FTIR フランジ
06G12	ミラーホルダー
06G13	レーザー光導入窓
06G14	クライオスタット接続板
06G15	バリコンノブ
06G16	XeF2 チャンバー窓フランジ
06G17	ターボポンプ支え改造
06G18	Ti:Sa 結晶ホルダ
06G19	LEED マニピュレーター先端
06H01	バルブ自動開閉装置
06H02	飛散防止蓋
06H03	磁化測定用サンプルセル 【写真】
06H04	ラマン分光用回転セルホルダー
06H05	サンプルセル and 窓板押さえ
06H06	ガイド
06H07	NMR プローブ 【写真】
06H08	テフロンチャンバー修理
06H09	角板
06H10	クライオスタット台
06H11	窓フランジ
06H12	ピン製作
06H13	平板加工
06H14	Attachment
06H15	ユニソク装置台座
06H16	アパーチャー
06H17	固定治具
06H18	接続治具
06H19	単結晶 X 線構造解析用部品
06H20	磁化測定用サンプルセル 【写真】
06H21	LIF 集光装置
06H22	Attachment
06H23	A チャンバー用ステージ他
06H24	イオンチャンネルバイオセンサーチャンバー
06H25	BL6B 用試料ホルダー
06I01	N2 ガス排気アダプタ

06I02	電極支持棒
06I03	ロータリーポンプ除震装置
06I04	電極コネクタ
06I05	ビエゾステージアタッチメント他 2 点
06I06	真空チャンバー内部部品一式
06I07	サンプルベース
06I08	保管ケース
06I09	ハンドル
06I10	棚用金具
06I11	ICF152-ICF70 変換フランジ、特殊長さ
06I12	フランジ取り付けテーブル
06I13	プレート
06J01	セラミックアパーチャー
06J02	ホットマル冷却器接続アダプター
06J03	イオンチャンネル測定用チャンバー
06J04	光導入フランジ
06J05	レンズ電極
06J06	サンプルホルダー
06J07	半球レンズ
06J08	電極微調スパーサ
06J09	分光器アタッチメント他
06J10	アライメント治具台座
06J11	レーザー用アタッチメント
06J12	SEM 用アタッチメント
06J13	試料導入部
06J14	Ag 板チャンバー
06J15	台座
06J16	偏光子ホルダー (A)
06J17	MCT デテクターステージ
06J18	SS-4H バルブ
06J19	レンズホルダーアダプタ
06J20	Al ステージ
06J21	ベースプレート
06J22	エタロンチューブ 【写真】
06J23	赤外セルスパーサー
06J24	コイル .ICF70. イオンポンプマウント
06J25	アタッチメントリング
06K01	BL5U 用コールドフィンガー、試料押さえ
06K02	Attachment
06K03	ICF114 エッジ修理
06K04	蒸着装置部品
06K05	蒸着装置用シャッター
06K06	STM セル 【写真】
06K07	Attachment
06K08	簡易型ステージ (LongTOF 用)
06K09	ESR 用ゴニオメーター
06K10	取付金具
06K11	XY(薄型) ステージ
06K12	UVSOR.BL5U 用コールドフィンガー
06K13	フォトダイオード導入ロッド延長
06K14	赤外セルブランクフランジ
06K15	電池セル一式
06K16	接続治具
06K17	プリズム台
06K18	PDMS スタンプ型
06K19	入射ポートオリフィス (改造型)
06K20	Short TOF 用ステージ
06K21	フォトダイオード導入ロッド延長 (改造型)
06K22	HF エッチングチャンバー
06K23	ステージ
06K24	サンプルホルダー
06K25	XeF2 チャンバー窓フランジ 2
06L01	ガスセル
06L02	ICF70 ニップルエッジ修理

2006 年 工作依頼リスト

06L03	VAT ゲートバルブ窓封じ板
06L04	サンプル台
06L05	真鍮フランジ
06L06	サンプルホルダー
06L07	しきい電子分析器 (2 型)
06L08	画像観測装置
06L09	チャンバーフタ
06L10	エポキシ基板銅電極
06L11	グレーティングホルダー
06L12	チョッパーブレード 【写真】
06L13	アルミ箱
06L14	プローブガイド
06L15	ヘリウム回収配管継ぎ手
06L16	丸形サンプルステージ
06L17	ヒートシンクの穴明け加工
06L18	支柱

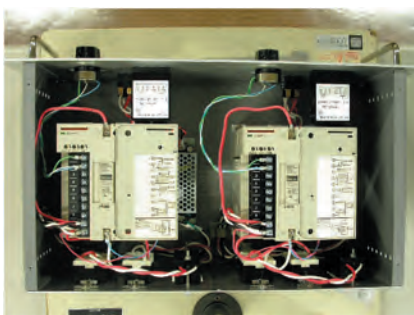
電子回路グループ (16 件)

伝票番号	品名
06A01	電気配線
06A02	パルス電源
06A04	パルス電源 (500V1 μ sec)
06B01	広帯域ゲート付き Mixer 回路
06B02	電子スライダック 【写真】
06B03	位相変調機能付周波数コンバーター
06C01	8CH 極性切替型定電流電源 【写真】
06C02	8CH 極性切替型定電圧電源 【写真】
06D01	InGaAs リニアイメージセンサ出力システム 【写真】
06F01	自動分子定規作成装置制御系
06F02	パルスコントローラー
06G01	PLL 回路基板設計
06H01	トロイダルアナライザ電源の改良
06J01	バルブ自動開閉装置
06J02	PLL 回路基板と D/A 基板の実装と動作評価 【写真】
06J03	ダイオード温度センサー用定電流源 【写真】

ガラス加工グループ (31 件)

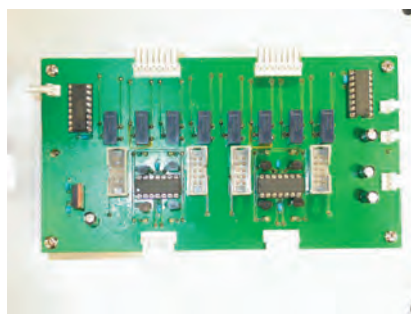
伝票番号	品名
06A01	エバポレーター修理
06A02	esr 用チューブ
06A03	esr 支持台
06A04	反応容器
06B01	蒸着保護菅
06B02	蒸着保護台
06B03	E S R 管
06B04	ガスボンベ加工
06C01	サンプルホルダー
06D01	X 線用支持台
06D02	x 線用石英台
06D03	真空ライン改造
06E01	サンプルホルダー
06E02	カラム修理
06G01	変形 N M R 管
06G02	真空部品
06G03	石英ボート
06H01	太鼓セル
06H02	導電ガラス基板加工
06H03	修理
06I01	反応容器
06I02	真空ライン修理
06I03	シュレンク修理
06I04	反応容器
06J01	真空ライン改造
06J02	真空ライン修理
06J03	真空ライン改造
06J04	ESR 用継手
06K01	修理
06K02	サンプルホルダー
06K03	真空ライン改造

電子スライダック



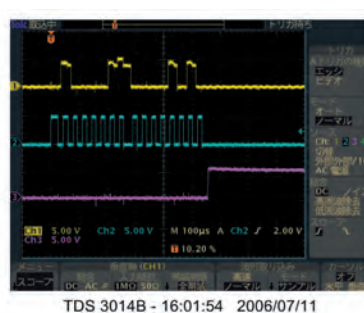
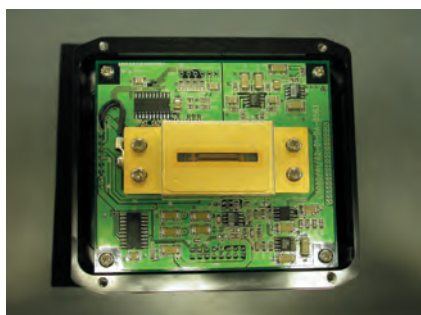
従来のスライダックを電子制御に置換
2チャンネル独立制御
AC100V/200V に対応

8CH 極性切換型微小定電流電源



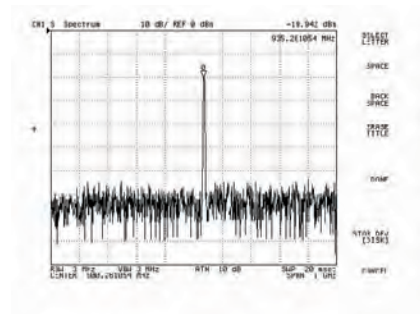
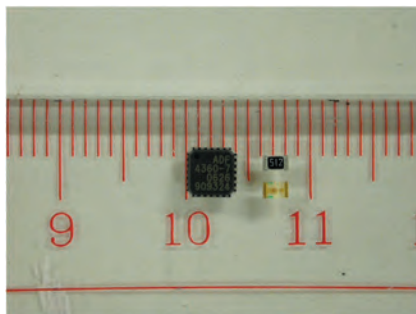
出力電流: $0 \sim 20 \mu\text{A}$
極性反転周期: $0.1 \sim 100$ 秒
デューティ: $5 \sim 50\%$
チャンネル数: 8

InGaAs リニアイメージセンサ入出力センサ



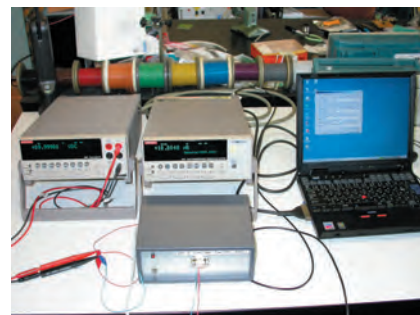
G9213-256S リニアイメージセンサ
C8061-01 検出器ヘッド
16ビットAD変換ボード
ビデオ信号読み出し制御回路
プログラム: LabWindows/CVI
(詳細記事 32 ページ掲載)

PLL 回路基板



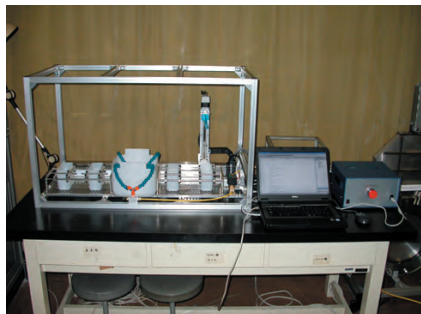
高周波信号出力 : 65MHz~2.7GHz
 : 2 チャンネル
 動作電圧 : 3.3V

ダイオード温度センサー用定電流電源



出力電流 : $10 \mu A \pm 1nA$
 温度ドリフト : $0.1nA/^{\circ}C$

自動分子定規作成装置



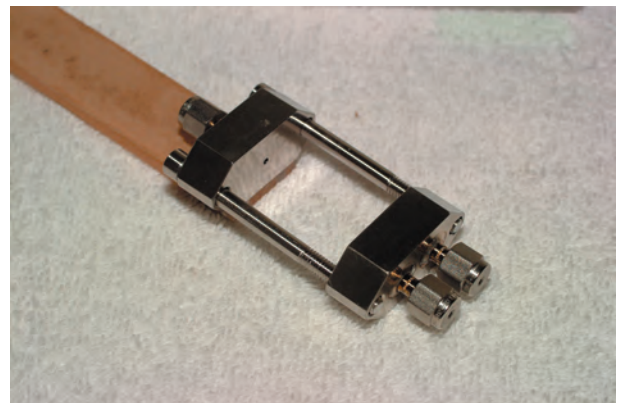
X ステージ・ストローク : 700mm
 Z ステージ・ストローク : 200mm
 インターフェース : USB
 制御プログラム : Visual Basic 2005
 (詳細記事 22 ページ掲載)

スリットヒンジ



分光器スリットに使用。
弾性ヒンジを用いた両開き機構
材質：ベリリウム銅

低温ラマンフローセル

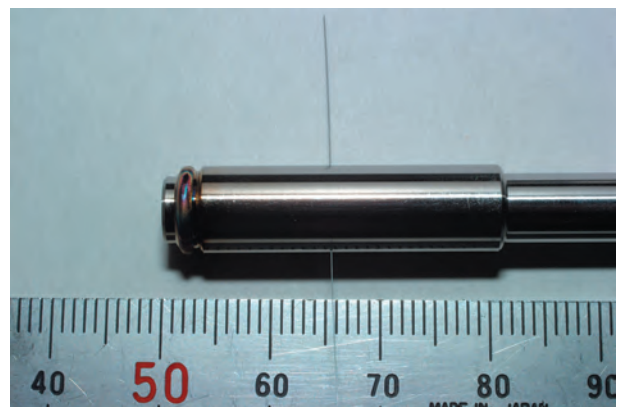


メカニカル速度選別ディスク



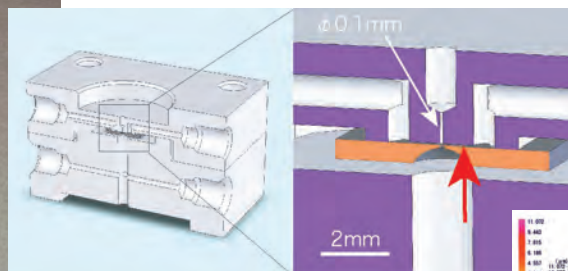
厚さ 0.1mm ステンレス製
外周部に $100\ \mu\text{m} \times 2\text{mm}$ の溝を 720 本加工
(詳細記事?? ページ掲載)

高次高調波セル

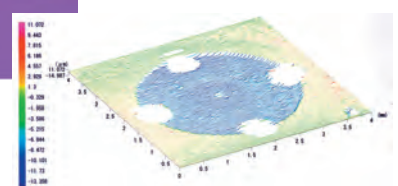


ステンレス製円筒側面へのマイクロ穴加工
穴径 $200\ \mu\text{m}$

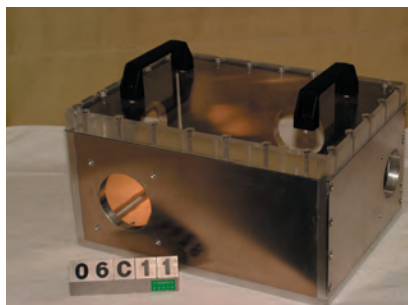
単一イオンチャンネルチャンバー



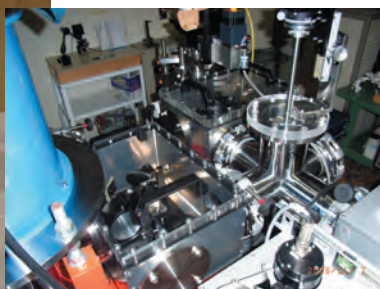
テフロン部品へのマイクロ加工
直径 3mm 深さ $10\ \mu\text{m}$ のザグリ



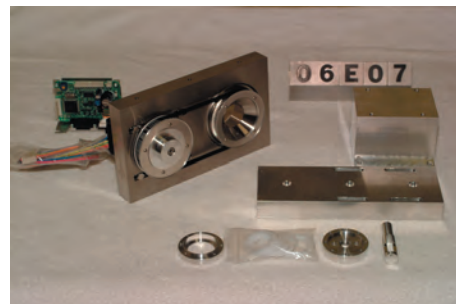
反射光学系チャンバー



アルミ製角型チャンバー



回転セル



ESR クライオスタット治具



STM セル



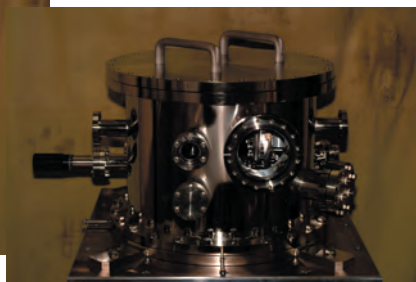
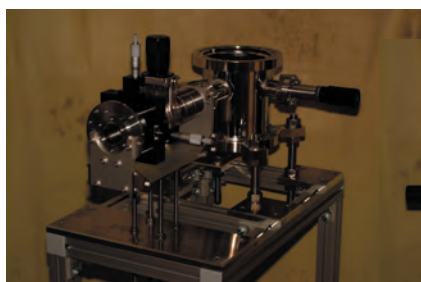
詳細記事 36 ページ掲載

半球レンズ

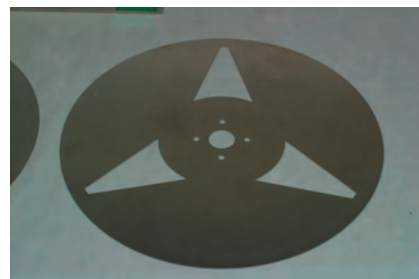


中学生向けのレーザー器機教材
光の屈折を見せるためのレンズ

高次高調波ビームラインチャンバー



チョッパーブレード



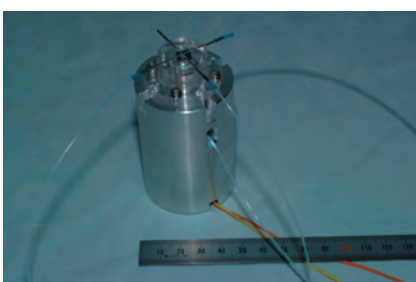
直径 203mm、厚さ 0.5mm
アルミ製

高温用 NMR プローブ



詳細記事 38 ページ掲載

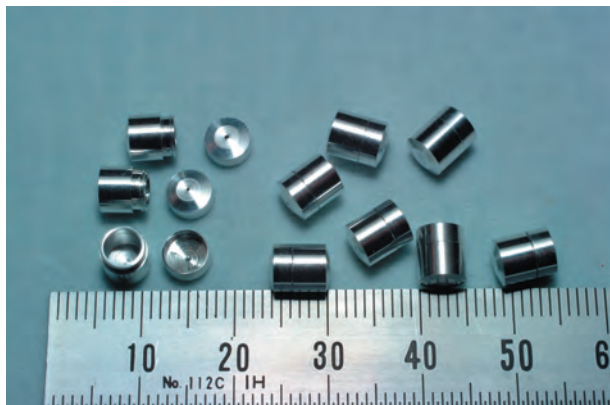
イオンチャンネルバイオセンサー



エタロンチューブ



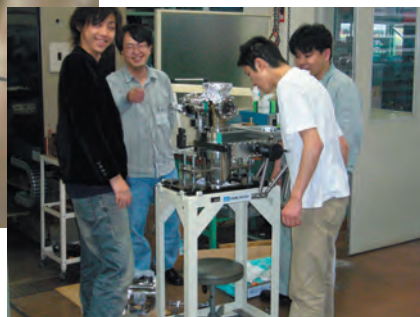
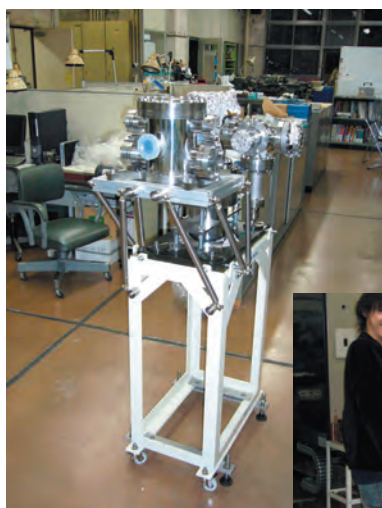
磁化測定用サンプルセル



ピエゾステージアタッチメント



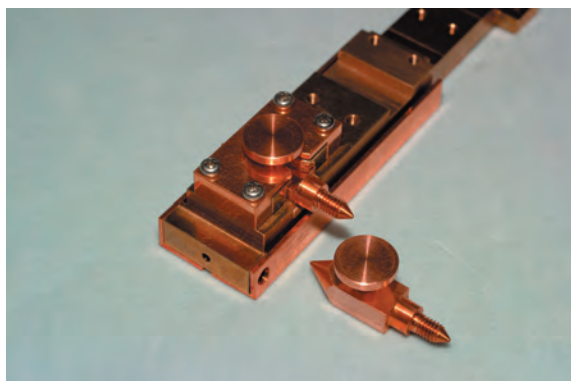
放射光エッチングチャンバー



バイオチップ解析装置サンプル台

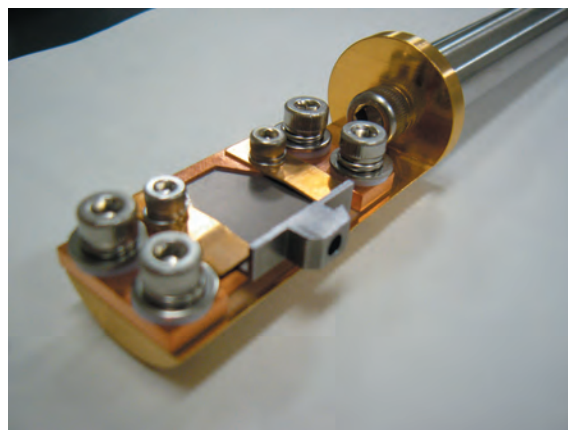


極低温試料ホルダー



光電子分光用 (愛媛大学)

極低温試料ホルダー



超精密非接触三次元測定装置 NH3-SP

装置開発室では近年要求が高まってきた微細な加工について「マイクロ加工技術」として取り組んでいる。その中で加工した微細部品の観察を行うため昨年度に導入した簡易型 SEM に続き、平成 18 年 3 月に中村所長に多大なご配慮を頂き、形状評価用として超精密非接触三次元測定装置 NH3-SP（三鷹光器）が導入された。

この測定機は、完全非接触にてナノレベル分解能で全自動測定を行うことができる。特に、断面・三次元形状、表面粗さ、溝寸法などの測定に適している。その他の測定応用例として、マイクロレンズの曲率、ピッチ測定、液晶導光板の形状、ピッチ、ウェハパターンの寸法測定、表面の傷、欠陥検査などがあり、MEMS 関連にも多く利用されている。図 1 に装置外観、表 1 に主な装置仕様を示す。

形状測定は、非測定物にレーザ光を照射し、自動の XY ステージを移動させながらスキャンニングを行い、フォーカスした各点の XYZ 値をコンピュータに取り込んで計測を行っている。装置の特徴であるオートフォーカスの原理図を図 2 に示す。この図において顕微鏡鏡筒部に送り込まれたレーザ光は対物レンズの端を通り、光軸中心の焦点面に向かって進み、ワーク表面に反射して再び対物レンズを通して AF センサ上に結像する。ディフォーカス時レーザスポットはセンサ上で位置が変化するのでこの位置変化をセンサが捕らえ、AF 駆動機構を用い対物レンズをフォーカスポイントへ位置決めする。その位置決め時に移動した量から Z の座標を検出する。

ここで、三次元形状測定の例を紹介する。図 3 に示す 3 個のガラス（直径 20mm、t12mm）は、装置開発室においてその表面を研磨加工したものである。この表面の形状を三次元測定したデータを図 4 に示す。操作は比較的簡単で、ナノレベルの高低差を一目で判断できる。

(近藤聖彦)

表 1 主な装置仕様

対物レンズ		10 倍	50 倍	100 倍
CCD カメラ		38 万画素カラー CCD		
可動範囲	X	150mm		
	Y	150mm		
	Z	120mm		
	AF	10mm		
分解能	X	0.01 μm		
	Y	0.01 μm		
	Z1(AF)	0.001 μm		

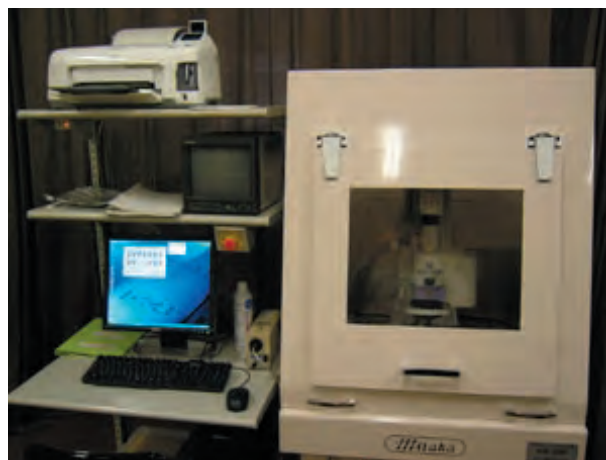


図 1 NH3-SP の外観

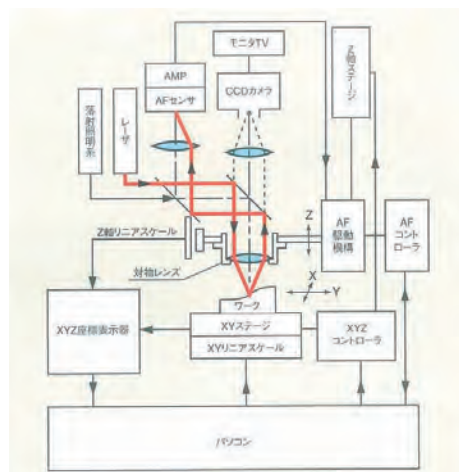


図 2 オートフォーカス原理図

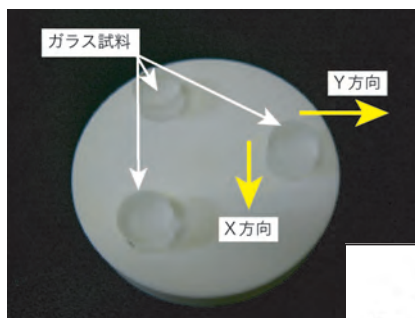


図 3 研磨加工したガラス試料

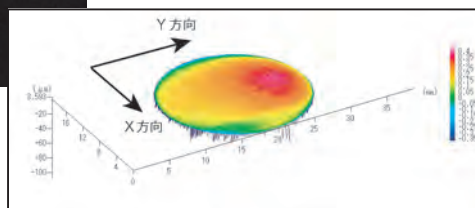


図 4 ガラス表面の三次元測定データ

第4回放電加工技術セミナー

今年で4回目を迎える放電加工技術の勉強会を平成18年度は名称を変え、「放電加工技術セミナー」として、11月24日、25日の日程で駒場キャンパスにある東京大学生産技術研究所で行われた。今回は、体験参加という形で日産自動車総合研究所の技術者2名と、ものづくり大学の教務職員1名を迎えて2日間にわたって熱のこもった討議が行われた。

いつも恒例となっている特別講演は、東京大学生産技術研究所の堀洋一教授による「電気自動車の制御とキャパシタの可能性」というテーマで行われた。キャパシタとはコンデンサのことであるが、自動車に应用した場合、バッテリーに比べると走行距離は少ないものの充電時間が劇的に速くなるという利点があるそうだ。

講演の後、実車で試走させていただくことができた。充電する電源の性能により差が出るが、実際に見せていただいた電源の場合、総走行距離10キロ程度のとき40秒ほどで充電が完了していた。

何年か前に某自動車メーカーが、「いつかは〇〇〇〇」というキャッチフレーズで高級乗用車を宣伝していたが、数年後に「いつかはキャパシタ」という見出しが新聞紙上に躍る日が来るかもしれない、と思わせる講演であった。

今回の研究会では、まもなく定年退職を迎える東北大学多元物質科学研究所の加賀谷氏によるこれまでの放電加工に関する足跡を振り返る話を中心に、イオンビームを利用した微細放電加工に関する報告やマルエージング鋼の放電加工に関する報告が行われた。装置開発室からは、大阪大学から依頼を受けた速度選択ディスクの製作に関する報告と最近の装置開発室の取り組みについて紹介が行われた。

(矢野隆行)

第4回放電加工技術セミナー	
日時：11月24日(金)～25日(土)	
場所：東京大学生産技術研究所、両国リバーホテル	
11月24日(金)	
13:30～	施設見学会（創成加工機の仕様と特徴）
14:00～	特別講演 電気自動車の制御とキャパシタの可能性 東京大学生産技術研究所 堀 洋一教授
15:15～	記念講演 まもなく放電100% 昨日までを振り返る 東北大学多元物質科学研究所 加賀谷孝三郎
16:30～	メカニカル速度選択ディスクの製作 自然科学研究機構 分子科学研究所 矢野隆行
11月25日(土)	
9:30～	マルエージング鋼の放電加工 東京大学生産技術研究所 谷田貝悦男
10:00～	イオンビームを利用した微細加工について 東京都立産業技術研究所 森 紀年
10:45～	装置開発室の近況紹介 自然科学研究機構 分子科学研究所 鈴木光一



キャパシタビークル

分子科学研究所一般公開

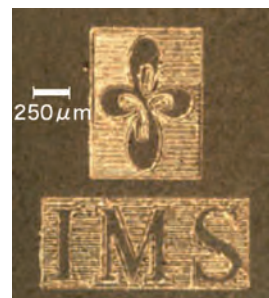
平成 18 年 10 月 21 日土曜日、第 11 回目を迎える分子科学研究所の一般公開が行われた。今回は、大学利用法人となってから初めての開催で「モノのはじまり～ナノの世界へようこそ～」をテーマに、明大寺地区と山手地区の施設を公開し、研究成果や研究設備などを紹介した。

装置開発室では、「9. なるほどの扉 ～実験装置づくりの入り口～」と称した展示と、「10. メタルクラフト」と銘打ったおもしろ体験イベントを実施した。ここでは展示内容について簡単に紹介する。

○「なるほどの扉 ～実験装置づくりの入り口～」

ここ数年、装置開発室が推進している「マイクロ加工」に関する現在までの成果を展示した。会場では、その技術の一部を一般公開展示用にしたサンプル（研究所のロゴマーク：写真参照）が展示され、実体顕微鏡などでその大きさを体感できるコーナーが設けられた。

さらに、事前に撮影されたサンプルの加工状況を会場に放映し、加工を体感できる空間を作り上げた。



○「メタルクラフト」

研究装置や実験装置の製作に用いられる工作機械で作った真鍮製、厚さ 0.2mm の板でつくられた「チョウ」と「トンボ」の切り抜きを、実際にペンチやピンセットを使って、折ったり、曲げたりして、実際のチョウやトンボの形にしてもらうという体験コーナーを開設した。周囲のカットには装置開発室が所有するワイヤ放電加工機を使用しており、当日までに、「チョウ」と「トンボ」各 1000 枚、計 2000 枚を用意した。おかげさまで、終了時間までには全て配布し終わる盛況振りであった。

天候にも恵まれ、当方のイベントにもメタルクラフトの配布状況から考えると一千名近くの方に参加いただき、好評のうち終了することができた。

最後になるが、今回の一般公開にはたくさんの方の協力を頂いた。特に、FM ラジオ RADIO-i 「Lana Hana Festa」を担当する真溪ハナさんには、一般公開の宣伝を当日の番組放送中に行っていただいた。この場を借りて、謹んで御礼申し上げる。

(矢野隆行)



メタルクラフト体験イベント風景



活躍したチョウとトンボ

NASA ゴダード宇宙飛行センター (NASA Goddard Space Flight Center) と スタンフォード大学 (Stanford Microfluidics Lab) 訪問記

鈴木光一、青山正樹 (分子研)
増田忠志、鳥居龍晴 (名古屋大)

我々は2006年10月22～30日に、NASA ゴダード宇宙飛行センター (NASA Goddard Space Flight Center) とスタンフォード大学 (Stanford Microfluidics Lab) に訪問し、衛星用観測機器開発とバイオおよび化学研究に利用されるマイクロ流体機器の先端技術を習得する機会を得た。ゴダードではX線望遠鏡の開発現場をはじめ科学衛星の開発設備を、スタンフォード大学ではマイクロ流体の研究現場や設備について見学したので報告する。

1. NASA ゴダード宇宙飛行センター

ゴダード宇宙飛行センター (GSFC) はX線天文衛星 Astro-D (あすか)、Astro-E2 (すざく) の衛星搭載用X線望遠鏡、気球実験 InFOCuS 用硬X線望遠鏡を名古屋大学と宇宙開発研究機構の共同で開発しており、名古屋組 (増田、鳥居) はその開発に古くから携わっているため、開発現場は大変興味深く研修することができた。分子研組 (鈴木、青山) も名古屋大とは交流が深く、最近では名古屋大学のX線望遠鏡用のミラー基礎開発から超精密研磨技術を習得しつつあり、この点でも GSFC の訪問は有意義であった。GSFC での案内は、名古屋大学理学部物理 Ux 研を卒業後、GSFC のX線天文物理学研究室 (X-ray Astrophysics Laboratory) で研究されている岡島崇氏にお世話になった。

GSFC はワシントン DC から 15km ほど北東に位置した所にある。所在地はメリーランド州だがワシントン DC の閑静な郊外とも言える所である。しかし実際には、あまり治安の良いところではないようだ。NASA はセキュリティーが厳しく、訪問にはパスポートの写しと申請書を事前に提出し、当日は受付で写真を撮り、その写真付の入構証を胸に付けて歩くことになっている。テロ対策からなのか、爆弾持ち込みの抜き打ち検査に遭遇し、屈強な体格の警備員と爆薬探知犬に全員車から降ろされ厳しい検査を受けた。警備員たちは実際には微笑んでいるのだが、慣れないせいでにらみ付けられているように見えてしまった。

2005 年 7 月に鹿児島内之浦からX線天文衛星 Astro-E2 が打上げられた。その打上げ前までは研究室もX線望遠鏡製作で大わらわの状態であったそうだが、現在はそんな様子はなく研究室をじっくり案内していただいた。特に研究室スタッフの Yang Soong 氏にX線望遠鏡用ミラーの製作と形状測定方法について実際の装置を前に説明を受け、さらにミラーの製作工程で繊細な注意が必要なレプリカマンドレルからミラーを剥離する作業を実演して見せて頂いた。(詳しいミラーの製作方法は文末の URL 等を参照してほしい) この望遠鏡は曲率の違うフォイルミラーを 1000 枚以上組み合わせるのだが、その大量のフォイルミラーを研究室で製作するときは大勢のスタッフを外部から依頼



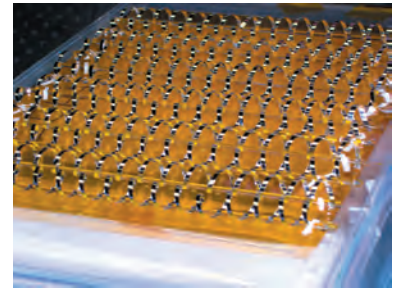
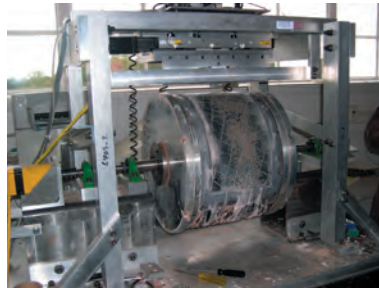
NASA ゴダード宇宙飛行センター



研究室前で左から岡島氏、鳥居、青山、ピーター教授、鈴木、増田



レプリカマンドレルからミラーを剥離する作業を実際に Yang Soong 氏に再現して頂いた。



2018 年に打上げ予定のコンストレーション X 計画での望遠鏡は、ガラス製のミラーを使用する予定である。そのための薄板ガラスの研磨の開発やそのミラー形状を変形させないで保持させる方法の開発を行っていた。バラックで組み立てた研磨機(写真左)、マットレスと称したミラー支持機構(写真右)、思いついたアイデアをすぐに実行するといったスピード感がある。



衛星用の環境試験を行うための超大型真空チャンバー(写真左)、この横には数日前までスペースシャトルのペイロードが置かれて作業していたそうだ。その他、遠心力で機器に荷重を加える試験設備(写真中)。マシンショップも大型のマシニングセンタが設置されていた(写真右)。いずれも壮大な規模であった。

(派遣)するそうである。一方、名古屋大学では学生がミラー製作しているので予算規模の違いが感じられる。

GSFC は NASA の科学衛星を主に担当している研究所であり、有名なハッブル宇宙望遠鏡やその他多くのミッションがこの研究所で進んでいる。2006 年のノーベル物理学賞は「宇宙マイクロ波背景放射のゆらぎ発見」として 2 人の天体物理学者に贈られた。その 1 人が GSFC の上級研究員ジョン・マザー博士であり、我々が GSFC に訪問した 2 週間前の 10 月 4 日に発表があった。さぞ祝賀ムードが残っているかと思ったが、全く気配もなく岡島氏に聞いてみたら、あちこちで祝賀パーティーは開催されたようだが 1 週間も続いていなかったそうである。たしかに何事も無かったように日常の研究が淡々と進められている感じであった。

その他、衛星や観測装置の環境試験設備を見学し、マシンショップを訪問した。午後 4 時を少しすぎた時間で工作機械はすべて止まって職員は帰宅していたが、1 人だけ残っていたシニアテクニシャンの Matt Showalter 氏からステンレス鋼 (SUS303) に幅 0.1mm 深さ 3mm の溝加工サンプルと高速微細加工機の説明をして頂いた。ちなみに工具は日本製だった。他に大型のマシニングセンタなど機械工場はかなりの規模であった。

2. スタンフォード大学

ワシントン DC から空路で西海岸カリフォルニアまで渡ってスタンフォード大学へ向かった。飛行機で 5 時間、時差も 3 時間と大陸横断はやはり大変である。おまけに気候まで違ってゴダードではずいぶん寒かったが一転してサンフランシスコは日差しが熱く感じられた。

スタンフォード大学の Microfluidics Lab へは、バイオ関連やマイクロ化学の分野で使われるマイクロ流路の関連技術を習得するため訪問した。マイクロ流路は分子研組(鈴井、青山)が装置製作の新しい技術として取り入れ始め、ガラス製流路や PDMS 製流路の試作を行っている。また、その先端的な技術については名古屋組(増田、鳥居)も興味ある内容である。大学内は東大医科学研究所からスタンフォード大学医学部へポスドク留学し再生医療の研究をされている清田純氏に案内していただいた。

最初に訪れた Juan G. Santiago 教授の研究グループではマイクロ流路内の流れ解析を中心に研究され、マイクロ空間ではまだ理解が不十分な現象が多くあるため、その研究は様々な分野への応用技術に提供されている。実験に使用するマイクロ流路はいくつかの研究グループの共用の施設でフォトリソグラフィとエッチングによって製作されていた。

もう一カ所 microfluidics 関連でバイオエンジニアリングの Stephen Quake 教授の研究室に立ち寄り、フランスからの共同研究者 Anne Leyrat 氏(美しい方でした)にマイクロ流路チップを使った実験装置を見せて頂いた。この研究室が所有(経営)している Microfluidics Foundry(製造工場)があるのだが、残念ながらそこは見学することはできなかった。

学内を案内して頂いた清田氏は再生医療の研究を始める前身は心臓血管外科医であったそうで、昼食を食べながら外科医の業界話をお聞きしていたのだが、そのうち大学のアメリカ的思考方や文化について話題が進み、研究者も技術者も含めた大学組織の日本とアメリカの善し悪しについて話が盛り上がってしまった。そんな会話が、あとになって将来改善すべき所など自分に置き換えて考える良いきっかけとなった。これもスタンフォード大学訪問の大きな成果の一つであったと思う。

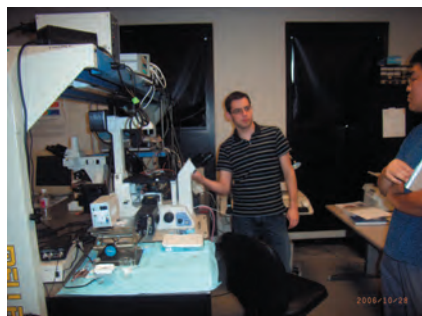
ゴダードでもノーベル賞受賞者が選ばれていたが、スタンフォード大学からも 2006 年は医学生理学賞、化学賞と 2 人も受賞者が選ばれていた。ゴダードと同様に祝賀ムードは皆無だった。しかし偶然にも受賞者がいる研究所、大学と、まるでノーベル賞ツアーとなってしまった。



スタンフォード大学
学内の中心 Main Quad 前から Palm Drive
をながめる。



学内の案内でお世話になった清田氏と共に
記念撮影。
スタンフォードは 10 月末でも夏? 清田氏
も半袖。



Microfluidics Lab の Tom Zangle 氏。
たいへん熱心に説明してくれた。手に
持っているのはマイクロ流路が作り込
まれた石英ガラス製ウェハ(写真右)。
フォトリソ設備を使って自作している。



ショッピングモールのような、スタンフォード大学クラークセンター。

様々な分野を融合してバイオテクノロジーの研究プログラムを推進するためにジム・クラーク氏と慈善団体 Atlantic Philanthropies の寄付によって建てられた。

Stephen Quake 教授の研究室をはじめ 40 を超える研究グループが入っている。また、清田氏もここで共同研究を行っていた。

今回、NASA ゴダード宇宙飛行センターとスタンフォード大学を訪問したことは、それぞれの研究、技術レベルの高さはもちろんであるが、最先端の装置を開発している研究現場を自分の目で確認できた貴重な体験であった。この体験は今後の仕事に生かして行きたいと 4 人は考えている。

最後に、今回の外国出張に際して訪問先への調整などでお世話になった名古屋大学の國枝秀世教授、分子研の宇理須恒雄教授、ならびに滞在中に我々のために多忙な研究の時間を割いて、研究所、大学内を案内していただいた、GSFC の岡島崇氏、スタンフォード大学の清田純氏のお二人には通訳以外にも大変お世話になり、この紙面をお借りして御礼申し上げる。

[X線望遠鏡についての資料]

名古屋大学理学部 Ux 研

<http://www.u.phys.nagoya-u.ac.jp/uxgj.html>

X線望遠鏡製作についてなど (Ux 研)

http://www.u.phys.nagoya-u.ac.jp/study_developj.html

装置開発室 Annual Report 2006

平成 19 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