

分析機器解説シリーズ(96)

◆近接場光技術を用いた顕微分光分析システム P1
日本分光株式会社 成田 貴人

トピックス

◆微小径ロータリエンコーダの開発と
マイクロ回転機械要素精度計測への応用 P5
九州大学大学院工学研究院 黒河 周平

お知らせ P7

分析機器解説シリーズ(96)

近接場光技術を用いた顕微分光分析システム

日本分光株式会社 成田 貴人

1 はじめに

未知試料を分析するにあたって、「見る」ことはもっとも基本的な手段である。よって、光学顕微観察や分光分析のような光分析は、古くから重要な分析手法の1つであった。光分析が現在においてもなお多用されているのは、1) 非破壊である、2) 波長(またはエネルギー)の帯域が広く、様々な情報を引き出せる、3) 大気中だけでなく真空、水中など環境を選ばない、などの理由による。特に1960年代にレーザが発明されて以降、光の位相やパルス幅をさらに精密に制御できるようになり、その応用範囲は広がる一方である。しかしながら、微小部分分析の1つの手法として考えた場合、電子顕微鏡などに比べて空間分解能が数桁以上悪いという欠点がある。これは回折現象によって波長以下の大きさには集光できないという、光の波

としての性質に起因する。このような空間分解能の限界は、波長限界または回折限界と呼ばれ、古くから知られていた。

このような光分析の欠点は、近接場光技術を用いることで乗り越えることができる¹⁾。光分析自体が広範な応用分野を持つため、近接場光技術を適用することで実現できる応用の広がりには、はかりしれない。ここでは原理とシステムの概略とともに、近接場赤外分光による生体試料の測定例を紹介する。

2 原理とシステム

物質に光が照射されたとき、物質と光は様々な相互作用を起こす。一般に良く知られているのは、吸収、反射、散乱、回折などである。これらの相互作用は、透過光、反射光、散乱光などの伝搬光を介して容易に

検出することができる。一方で物質表面に着目すると、物質表面に局在するのみで決して伝搬することのない、近接場光（または近接場）と呼ばれる光成分が存在する²⁾。この近接場光は、いくつかの特長的な性質を有する。1) その存在範囲は表面の構造の大きさによりのみ依存し、波長によらない、2) 絶対強度は小さいが、光密度が非常に大きい、3) 伝搬光の視点から見たときの光禁制帯に直接作用できる。特に1)の性質から、波長以下の構造を用意することで波長限界を超えた光スポットを扱うことができるようになる。

このような構造の1つの例として、近接場光を発生する素子である近接場プローブが挙げられる³⁾。近接場プローブには、開口型プローブと散乱型プローブが知られている（図1）。開口型プローブは、先鋭化された光ファイバの周囲に遮光用の金属膜がコートされ、その最先端に微小開口（図1 aの矢印部分）が形成されている。この微小開口は波長以下のサイズをもち、開口径程度の大きさの近接場光を開口周囲に発生する。一方の散乱型プローブは、先鋭化した金属針などの先端に、その曲率半径程度の近接場光が発生する。

顕微鏡や分光装置の光源としてこのような近接場光を利用することにより、波長限界を超えた空間分解能での光計測や分光分析を行うことができる¹⁾。従来の

顕微鏡や分光装置と異なる点は、試料を近接場光の領域まで近づける必要があることである（図2）。例えば、開口100nmの開口型プローブであれば、開口近傍の100nm程度にしか近接場光は存在しない。よって、試料を100nm以内まで近づける必要がある。しかしながら、試料がプローブに接触すると、プローブが破壊される。したがって、プローブと試料の間隔を、非接触制御する必要が生じる。実際の制御では、プローブを横方向に振動させておき、プローブと試料の間隔が狭くなると試料とプローブの間の物理的な相互作用によって振幅が抑制される現象を利用する⁴⁾。この振幅が一定になるように、試料ステージのZ軸にフィードバックする。この制御を常時行うことにより、試料を横方向にスキャンしても試料とプローブは衝突することがなく、またZ軸ステージの駆動量を記録することで原子間力顕微鏡で得られるような試料の表面形状を測定することができる。

顕微鏡像や分光スペクトルは、必要な光源や検出器をこの近接場プローブに接続することで得られる。光源や検出器の配置については、様々なパターンが提案されている。もっとも基本的な配置は、開口型プローブや散乱型プローブ先端で発生した近接場光を試料に照射し、試料により散乱された伝搬光をレンズなどで集光して検出する配置である（図2）。近接場光の発生や検出は波長非依存の現象であるので、光源や検出器は分析目的によって柔軟に選択することができる。すでに報告のあるものだけでも、THz、赤外⁵⁾、可視⁶⁾、紫外⁷⁾までの波長範囲、フェムト秒までの時間分解⁸⁾や偏光などの測定、水中、真空中、極低温、強磁場⁹⁾などの環境雰囲気での測定がある（図3）。

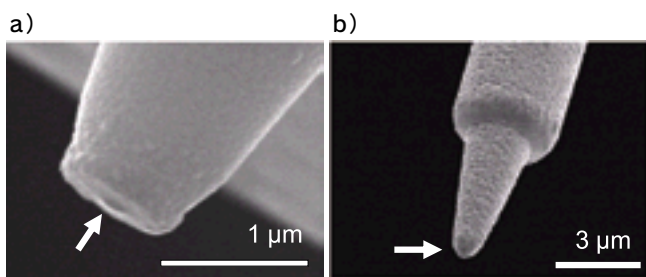


図1 近接場プローブの例。a) 開口型プローブ、b) 散乱型プローブ。矢印部分の開口または先端で近接場光が発生する。

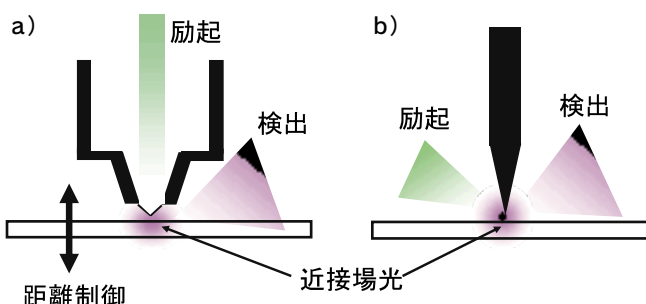


図2 測定配置の例。a) 開口型、b) 散乱型。

3 試料準備の実際

原子間力顕微鏡類似的な制御を行うことから分かるとおり、試料準備もほぼ原子間力顕微鏡と同じであると考えてよい。市販装置では、試料サイズは10mm×10mm程度が一般的である。また、プローブが試料表面をスキャンする必要があるため、表面の凹凸が激しい試料ではプローブが試料に衝突するなど測定に支

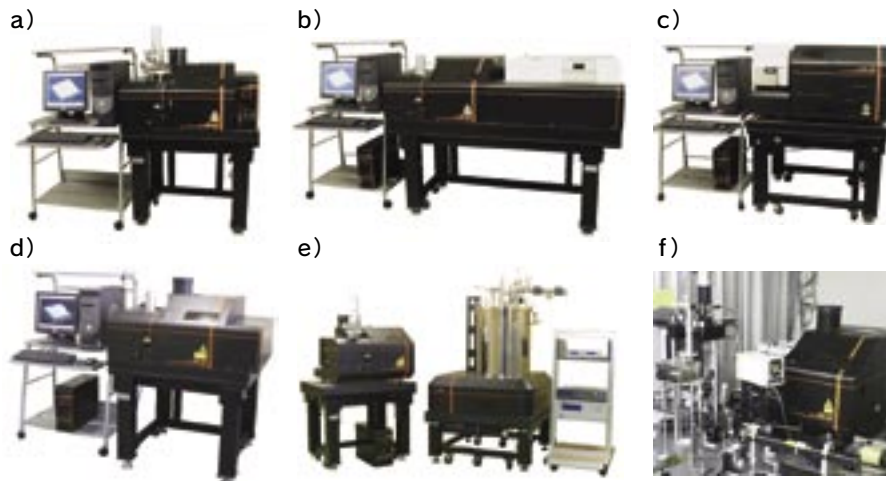


図3 近接場分光システムの例。 a) 紫外可視/蛍光・フォトルミ/室温・極低温、
b) 近赤外、c) 赤外、d) サブナノ秒時間分解、e) 強磁場極低温、f) 偏光/旋光度。

障が出る場合が多い。特に試料表面に角を持つ突起がある場合、その角で近接場光が増強され、明瞭な虚像（アーティファクト）を示すことが知られている。このような理由により、できるだけ平滑な試料が望ましく、またやむを得ず試料に凹凸がある場合は測定結果の解釈に際して十分に検討する必要がある。5マイクロメートル以内の凹凸であれば通常は測定可能である。半導体のへき開表面などは、理想的な表面である。またミラーやスライドガラスなどの十分平滑な基板の上の薄い皮膜も測定に適する。有機物などの断面を測定する場合は、マイクロトームなどで平滑表面を製作する必要があるが、境界面などで物理的な段差や溝などができやすく、測定や解釈に支障をきたすので十分な注意が必要である。

プローブと試料の間隔制御の都合上、プローブのバネ定数よりも柔らかい試料や十分固定されていない試料では、測定中に試料が変形したり移動したりする場合もある。特に両面テープなどでの固定は、長時間測定の際にドリフトの原因となるので、できるだけ避けた方がよい。

4 応用例

前述の通り、近接場顕微鏡および近接場分光分析システムの応用範囲は広く、従来の顕微鏡と分光分析のほぼすべてをカバーする（図3）。ここでは、近接

場光技術を赤外分光分析に応用した例を紹介する¹⁰⁾。赤外分光法は、振動分光法の1つであり、有機物の定性分析および定量分析には欠かせない分析法である。しかしながら、赤外分光で扱う波長は $3\mu\text{m} \sim 10\mu\text{m}$ と非常に長いので、波長限界により制限される空間分解能も $10\mu\text{m}$ 程度と非常に悪いことが問題であった。

試料は動脈硬化を起こしたウサギの動脈血管の断面である。血管の内壁部分にコレステロールが沈着しているのが光学顕微鏡により観察されたので、その境界部分を近接場赤外分光システム（図3 c）で分析した結果を示す。図4にはコレステロール部分と血管壁部分の近接場赤外分光スペクトルを示す。近接場赤外分光スペクトル自体は、従来法である赤外分光スペクトルとまったく同じ解釈を適用することができ、コレステロール部分では特徴的なカルボニル基のピークが現

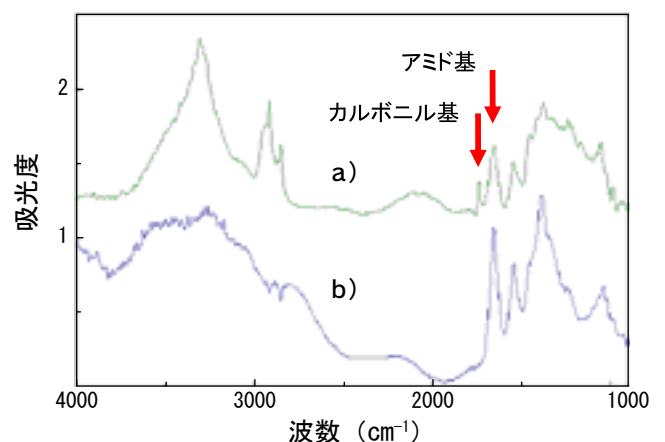


図4 ウサギの血管の近接場赤外スペクトル。a) コレステロール部分、b) 血管壁部分。測定点は、それぞれ図5のAとB。

われている。図5 a)にはコレステロールの分布としてカルボニル基 (1737cm^{-1}) の強度で画像化した結果、図5 b)には血管壁のタンパク質の分布としてアミド基 (1650cm^{-1}) の強度で画像化した結果を示す。これらより、赤外光の波長限界である $10\mu\text{m}$ (測定範囲の半分) より十分小さいスケールで、コレステロールやタンパク質の分布が解像できていることが分かる。また、図5 b)では血管壁内部でタンパク質の分布にムラができていますが、このムラはタンパク質の2次構造に起因した赤外スペクトルの変動に対応していると解釈できる。これらの画像から、波長限界より高い空間分解能で、分光スペクトルが得られていることが分かる。

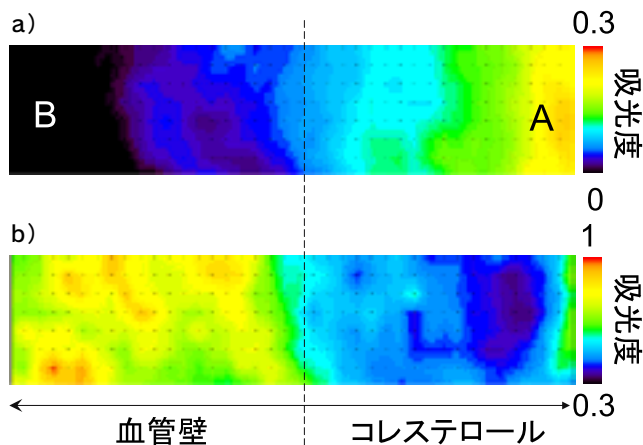


図5 ウサギの血管の近接場赤外マッピング。a) コレステロールの分布 (1737cm^{-1})、b) タンパク質の分布 (1650cm^{-1})。測定範囲は、 $20\mu\text{m}\times 4\mu\text{m}$ 。AとBの近接場赤外スペクトルは、それぞれ図4aと図4bに示す。

5 おわりに

近接場光を利用した顕微分析や分光分析により、従来の光技術の原理限界であった波長限界を超えた空間分解能を実現することができる。可視光による半導体分析などでは、数十nm程度の空間分解能までの分析にも成功している。紙面の都合で割愛したが、近接場光の持つ可能性は、波長限界を超えることだけではない。近年の研究の進展によって、近接場光特有の光-物質相互作用が発見され、応用されつつある¹¹⁾。近接場光顕微鏡や近接場分光分析システムで得られたデータも、空間分解能だけにとらわれず、そのような新

しい視点で見直すことにより、従来にない情報が得られるものと期待されている。

参考文献

- 1) 齋木敏治と成田貴人, “近接場光学顕微鏡による空間分解分光法の進展”, 応用物理, vol.70, no.6, pp.653-659 (2001)
- 2) 大津元一と小林潔, “ナノフォトニクス基礎”, 269p., オーム社 (2006)
- 3) T. Inoue, F. Sato, Y. Narita, “Near-field fiber probe for polarization spectroscopy”, Vibrational Spectroscopy, vol.35, pp.33-37 (2004)
- 4) R.D. Grober, T.D. Harris, J.K. Trautman, E. Betzig, W. Wegscheider, L. Pfeiffer, and K. West, “Optical spectroscopy of a GaAs/AlGaAs quantum wire structure using near-field scanning optical microscopy”, Applied Physics Letters, vol.64, pp.1421-1423 (1994)
- 5) Y. Narita and S. Kimura, “Fourier Transform Near-Field Infrared Spectroscopy”, Analytical Sciences, vol. 17, supplement, pp.i685-i687 (2001)
- 6) Y. Narita and H. Murotani, “Submicrometer optical characterization of the grain boundary of optically active Cr^{3+} doped polycrystalline Al_2O_3 by near-field spectroscopy”, American Mineralogist, vol.87, pp. 1144-1147 (2002)
- 7) A. Kaneta, D. Yamada, G. Marutsuki, Y. Narukawa, T. Mukai, and Y. Kawakami, “Near-field photoluminescence study in violet light emitting InGaN single quantum well structures”, Phys. Stat. Sol. (c) vol.2, no.7, pp.2728-2731 (2005)
- 8) A. Kaneta, T. Mutoh, Y. Kawakami, S. Fujita, G. Marutsuki, Y. Narukawa, and T. Mukai, “Discrimination of local radiative and nonradiative recombination processes in an InGaN/GaN single-quantum-well structure by a time-resolved multimode scanning near-field optical microscopy”, Applied Physics Letters, vol.83, No.17, pp.3462-3464 (2003)
- 9) K. Tanaka, K. Tsukagoshi, Y. Aoyagi, S. Kuroda, and K. Takita, “Two-Dimensional Near-Field Optical Spectroscopy in Magnetic Fields up to 4 T”, Optical Review, vol.13, no.4, pp.276-278 (2006)
- 10) 寺前紀夫と西岡利勝 編, “実用分光法シリーズ 顕微赤外分光法”, pp.293-309, 株式会社アイピーシー (2003)
- 11) T. Kawazoe, K. Kobayashi, J. Lim, Y. Narita, and M. Ohtsu, “Direct Observation of Optically Forbidden Energy Transfer between CuCl Quantum Cubes via Near-field Optical Spectroscopy”, Physical Review Letters, vol.88, no.6, pp.067404-1 - 067404-4 (2002)

トピックス

微小径ロータリエンコーダの開発と マイクロ回転機械要素精度計測への応用

九州大学大学院工学研究院 黒河 周平

1. はじめに

今日、OA機器や医療・福祉機器に代表されるように省スペースにともなう機械の小型化に対する要求から、マイクロ機械要素の需要が増えている。それに伴い通常の大きさの機械要素と同様、マイクロ機械要素の精度計測・評価が重要となってくる。実際に所望の形状通りに製作されているかどうかをチェックすることは、いかに製品サイズが小さくならうとも、ものづくりの現場では必要不可欠なことである。

通常サイズの機械要素では、全体の形状、各部寸法、幾何公差、表面トポグラフィなどの精度計測をおこなうことで^{1,2)}、製品の良否を判断する。それらの測定には、通常の汎用測定器が用いられる。一方、マイクロ機械要素の精度測定では、マイクロスコープや走査型電子顕微鏡などを用い、目視により長さや二次元的な形状を確認するのが現状であり、幾何公差、三次元形状、表面トポグラフィの正確な測定はほとんどなされていない。その大きな理由の一つは、測定対象が小さすぎるため、特に凹部を有する部位には精度測定用プローブが到達できないことにある。この問題は、接触式、非接触式いずれの場合も同様であり、測定対象を非破壊で検査するための解決しなければならない大きな課題となっている。

2. 回転運動を伴う機械要素の精度計測

機械には回転運動を伴う機械要素も多く含まれ、それらは必ずペアとして利用される。そのため、個々の機械要素の精度計測だけでなく、ペアとしての回転伝達性能を直接測定する方法がとられる³⁾。この回転伝達測定は、うまく行えばシステムとしての性能評価が行えるばかりでなく、個々の機械要素の誤差要因も特定できるメリットがあり、マイクロ機械要素のように個々の精度計測が困難な製品にとってはきわめて有用な検査方法である。

回転伝達性能の計測には、回転角度を直接測る方法が最も適しており、高精度に回転角度が計測できるセンサが必要となる。その代表がロータリエンコーダである。

3. ロータリエンコーダ

ロータリエンコーダの原理には、磁気式、光学式など多数の方式が考案されている。その中で、高精度な計測にはもっぱら光学式のロータリエンコーダが用いられる。高分解能な光学式のロータリエンコーダの原理は、回折格子に光を入射

し、その回折光を検出することで出力を得る方式である。光にコヒーレントなレーザー光を使用することで、高分解能なロータリエンコーダが実現できる。

現在市販されている世界最高クラスの分解能を誇るロータリエンコーダの写真を図1に示す。一般に、1周あたりの回折格子の本数が多いほど分解能は高い。このロータリエンコーダでは、直径100mmのグレーティングディスク上に、50,000本以上の回折格子が刻まれている。高分解能かつ高精度であるためには、回折格子本数に加え、回折格子のピッチがいかに正確に規則正しく刻まれているかがキーポイントとなる。



Grating disk

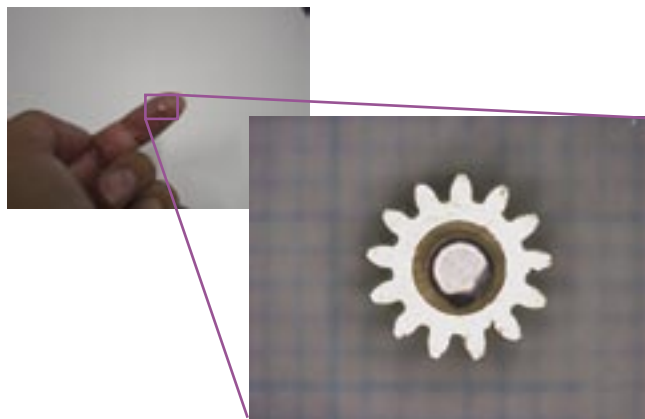


Detecting unit

図1 世界最高クラス分解能を持つロータリエンコーダ⁴⁾

4. 微小径ロータリエンコーダ

マイクロ歯車（例えば図2）などに代表される機械要素の回転伝達性能計測では、ロータリエンコーダも微小となる必要がある。ところが、光の回折を利用する関係上、現在市販されているロータリエンコーダには、分解能が高くなるほど



(m=0.22, P.C.D.=2.64mm)

図2 マイクロ歯車の例

逆に直径が大きくなってしまいう欠点がある。一方で単純に考えて、直径が微小になっても同じ分解能を得るためには、同じ回折格子本数が必要となる。これがやっかいな点である。困難な点の一つは、微小径となるに伴い、分解能を保つためには格子ピッチも小さくなってしまふことであり、微細ピッチの格子を刻む技術が必要となる。他の困難な点は、格子ピッチが小さくなると、光の波長との関係から、光の回折現象を利用する検出原理が使えなくなることにある。リニアエンコーダでは三次回折光を用いて分解能を上げるという果敢な挑戦⁵⁾も見られるが、これも光を用いている限り、いずれは困難になる。

5. 微小径グレーティングディスクの試作

微小径ロータリエンコーダ実現へ向けて、微細格子ピッチを持つ微小径グレーティングディスクの製作を試みた。目標直径は図2のマイクロ歯車も計測可能なように直径1mmに設定した。微細格子を正確に刻むため、シリコン基板に対するナノマシニング手法の一つであるリソグラフィ技術を用いた。

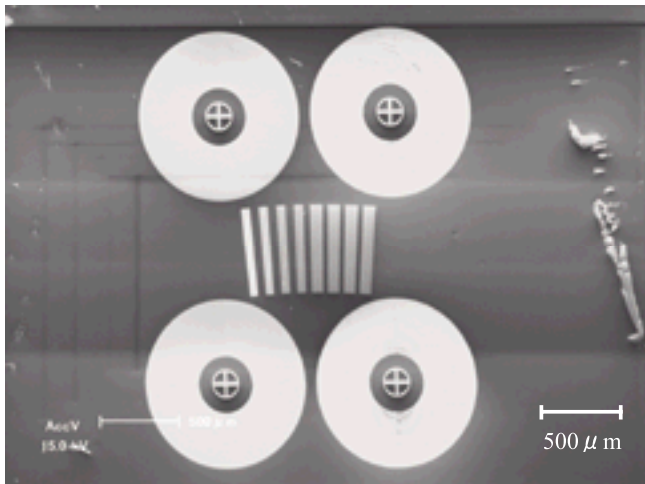


図3 試作した直径1 mm グレーティングディスクのSEM 写真

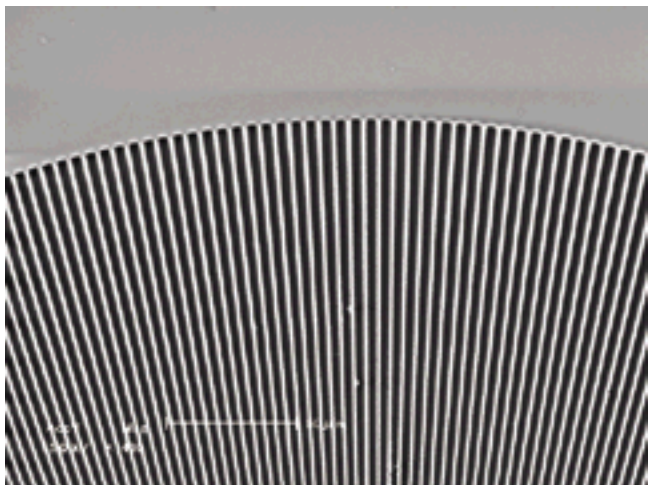


図4 グレーティングディスクの一部拡大 SEM 写真

リソグラフィには、電子線描画による微細パターンEBレジストマスク形成と、ドライエッチングによるシリコン酸化膜およびシリコンの微細加工を利用した。シリコンチップ上に試作したグレーティングディスクのSEM写真を図3に示す。図中白く円状に見えるのが直径1mmのグレーティングディスクである。その外周部の一部を拡大したSEM写真を図4に示す。正確なピッチで格子が刻まれていることがわかる。この試作例ではまだ格子本数が十分ではないが、今後さらに細かいピッチで試作を行う予定である。さらに、刻まれた格子から情報を引き出す手法も考案中である。お楽しみはこれからである。

6. おわりに

回転角度の計測は、その昔から、長さの比をとることで実現していた。そんな中、2003年2月にロータリエンコーダの校正装置を角度の特定標準器とする角度トレーサビリティ体系が日本でも整った⁶⁾。この特定標準器にて校正されたロータリエンコーダを2次標準器として、さらに連鎖して校正されたロータリエンコーダを一般ユーザは用いることになる。これにより、測定のトレーサビリティという観点からも、ロータリエンコーダは不可欠のものとなった。いまだ実現されていない、マイクロ回転機械要素の精度測定に有用な、微小径の高精度・高分解能ロータリエンコーダが切望されている。

謝 辞

電子線描画には九州大学コラボレーションIIの電子線描画用走査電子顕微鏡 (Hitachi S-4300SE) を、ドライエッチングには九州大学コラボレーションIIの高密度プラズマエッチング装置 (サムコインターナショナル RIE-10iP) を使用した。使用にあたっては、九州大学先端物質化学研究所分子集積化学部門の高原教授ならびに工学研究院 航空宇宙工学部門 高橋准教授にお世話になった。ここに深く感謝申し上げる。

参考文献

- 1) Brian J Griffiths: Manufacturing Surface Technology, p70-101, PENTON PRESS, 2001.
- 2) R.Ohlsson, A.Wihlborg and H.Westberg: The accuracy of 3D topography measurements, Elsevier Science Ltd., 2001.
- 3) S.Kurokawa and Y. Ariura: Development of Single Flank Gear Testing Machine and the Influence of Measurement Resolution on Observation of Spur and Helical Gear Engagement under Load, Proc. of the International Symposium on Technology of Machinery Systems Design 2004, pp.32-37 (2004).
- 4) レーザーロータリエンコーダ X-1 カタログ, PUB.B-CJ-4154J, キヤノン (1993).
- 5) 澤田廉士, 羽根一博, 日暮栄治: 光マイクロマシン, p81-83, オーム社出版局 (2002).
- 6) 渡部 司: 角度の標準化 AIST Today 2003-05, 産業技術総合研究所 (2003).

お知らせ

1. 中央分析センター（筑紫地区）では、装置利用料金を外部資金（科学研究費、共同研究費、受託研究費）で支払うことが出来るよう規則改正をしました。
平成19年4月1日より実施します。
- 伊都分室所管の装置につきましては、手続き中につき今しばらくお待ち下さい。
 - 科学技術振興調整費では出来ませんのでご注意ください。
 - 科研費での利用・支払いをお考えの先生方は、4月の科研費交付申請書提出のおり、機器使用料の項目を記入の上、申請をお願いします。
 - 利用できる装置の新旧料金表と外部資金での申し込み用紙をご参照下さい。

2. 中央分析センター伊都分室に下記の装置が新設されました。利用経費等はHPで追ってお知らせしていきます。どうぞご利用ください。

日本電子株式会社製
電界放出形走査電子顕微鏡 JSM-6701F

(主な仕様)

二次電子分解能：1.0nm保証（15kV）、
2.2nm保証（1kV）

倍率：×25～650,000

加速電圧：0.5kV～30kV

電子銃：冷陰極電界放出形電子銃

注）反射電子検出器やEDX検出器は付属しておりません。

機器利用料金新旧比較表（分析センター筑紫地区）

No	装置名	{旧} 利用経費（円）				{新} 利用経費（円）	
		A		B		機器利用分	受託分
		1件当り	1時間当り	1件当り	1時間当り		
1	超高感度示差走査熱量計（DSC6100）☆			3,000		2,900	
2	高感度示差走査熱量計（DSC6220）☆			2,000	800	1,900	
3	オージェ電子分光分析装置（JAMP-7800F）☆			8,000			9,300
4	X線光電子分光分析装置（AXIS-165）☆	12,000		8,000			11,800
5	蛍光X線分析装置（PV9500）☆			1,000		1,500	
6	*4軸型自動X線回折計（CAD-4）☆	100,000					95,400
7	Weissenbergカメラ☆	2,000		1,000			1,900
8	光交流法比熱測定装置☆	10,000		4,000		3,700	10,600
9	*超伝導核磁気共鳴装置（JNM-GSX500）☆	3,000	6,000				6,200
10	レーザー粒径解析装置（LPA-3000/3100）☆			3,000		1,000	
11	顕微赤外分光分析装置（MFT-2000）☆				500	500	
12	赤外分光分析装置（FT/IR-550）☆				500	500	
13	原子間力顕微鏡（NanoScope III a）☆			1,000		1,500	
14	超高圧物性測定装置☆			10,000	1,000	2,200	11,900
15	光散乱光度計（SLS-600）☆			3,000		2,500	
16	雰囲気中液体急冷装置☆			5,000			4,200
17	ラウエカメラ☆			200		500	
18	高周波2極スパッタ装置（SPF-210HRF）☆	2,000		1,000		1,400	2,500
19	ラバープレス☆	1,000		500		600	1,600

登録装置募集中です

中央分析センターでは、全学的な分析機器の共同利用の一層の充実を図るため、随時「登録装置」を募集しています。

登録装置 Q and A

- **利用料金は？** / 各研究室で自由に設定できます。全額研究室に移算されます。
- **利用料金の計算は？** / 利用料金の計算及び移算手続きは分析センターが代行します。
- **装置の設置場所は？** / 現在設置されている場所です。移動する必要はありません。
- **負担が大きくなるのでは？** / 負担分を考慮して、利用経費を設定して下さい。
- **面倒では？** /
否定はできませんが、全学的視点から装置が効率的に利用でき、学内の相互協力の実現というメリットをご考慮いただければ幸いです。
- **手続きは？** /
登録装置システムにご賛同いただけましたら、「装置登録依頼書」（用紙はダウンロードするか、センターに要求して下さい）に必要事項をご記入の上、分析センターへお送りいただくだけです。

九州大学中央分析センターニュース

第96号 平成19年4月13日発行

九州大学中央分析センター（筑紫地区）

〒816-8580 福岡県春日市春日公園6丁目1番地
TEL 092-583-7870 / FAX 092-593-8421

九州大学中央分析センター伊都分室（伊都地区）★

〒819-0395 福岡市西区元岡744番地
TEL 092-802-2857 / FAX 092-802-2858

（★：本号担当）

ホームページアドレス

<http://www.bunseki.cstm.kyushu-u.ac.jp>

外部資金による装置利用申込書（中央分析センター）

項 目	職	氏 名	印	所属部局・学科・講座等	連絡先（電話）
利 用 責 任 者					
利 用 者					
研 究 題 目					
試 料 の 内 容	毒性の有・無	腐食性の有・無	刺激性の有・無	吸湿性の有・無	爆発性の有・無
希 望 利 用 日 時	年 月 日 時から 時まで				

No.	装 置 名	科学研究費		共同研究費		受託研究費		そ の 他	
		自 主 測 定	依 頼 測 定	自 主 測 定	依 頼 測 定	自 主 測 定	依 頼 測 定	自 主 測 定	依 頼 測 定
1	超高感度示差走査熱量計 (DSC6100)								
2	高感度示差走査熱量計 (DSC6220)								
3	オージェ電子分光分析装置 (JAMP-7800F)								
4	X線光電子分光分析装置 (AXIS-165)								
5	蛍光X線分析装置 (PV9500)								
6	*4軸型自動X線回折計 (CAD-4)								
7	Weissenbergカメラ								
8	光交流法比熱測定装置								
9	*超伝導核磁気共鳴装置 (VARIAN)								
10	レーザー粒径解析装置 (LPA-3000/3100)								
11	顕微赤外分光分析装置 (MFT-2000)								
12	赤外分光分析装置 (FT/IR-550)								
13	原子間力顕微鏡 (NanoScope III a)								
14	超高圧物性測定装置								
15	光散乱光度計 (SLS-600)								
16	雰囲気中液体急冷装置								
17	ラウエカメラ								
18	高周波2極スパッタ装置 (SPF-210HRF)								
19	ラバープレス								
外 部 資 金 コ ー ド 番 号									

- (1) *印は、担当オペレータが操作する装置で依頼者は操作できません。
 (2) 科研費の場合は、4月の交付申請書提出時、機器使用料の項目を書いて申請して下さい。
 (3) 「科学技術振興調整費」による支払いは出来ませんので、ご注意下さい。
 (4) 「外部資金コード番号」は会計処理時に必要となりますので、各研究室等の会計システムにてご確認のうえご記入ください。

センター長（分室長）利用承認印 Ⓜ	装置責任者確認印 Ⓜ
--	---

利用件数（時間）	（ ）	利用経費		会計処理年月日	年 月 日
----------	-----	------	--	---------	-------