

物性研だより

第28卷
第6号

1989年3月

目 次

○ 物性研客員雑感	奥田 喜一	1
○ 第2回物性専門委員会（第14期）議事録		4
研究室だより		
○ 田中研究室		6
物性研短期研究会報告		
○ マイクロクラスターの諸問題		13
世話人 塚田 捷, 菅野 眥, 仁科 雄一郎		
新井 敏弘, 山口 豪		
○ JRR-2 を用いた中性子散乱研究の成果と展望		23
世話人 山田 安定, 遠藤 康夫, 山口 泰男		
好村 滋洋, 伊藤 雄而		
○ 走査型トンネル顕微鏡の現状と評価		26
世話人 西川 治, 櫻井 利夫, 兵藤 申一		
小野 雅敏		
物性研究所談話会		52
物性研ニュース		
○ 東京大学物性研究所 助手公募		53
○ 人事異動		54
○ テクニカルレポート 新刊リスト		55
編集後記		

東京大学物性研究所

ISSN 0385-9843

物性研客員雑感

大阪府立大学工学部

奥田喜一

“目覚めると目の前に実験室が見える。通勤ラッシュも無ければ日頃の雑用も無い、短い日数とは云え日本の物性研究の頂点に立つ研究所で一つの仕事に集中できる。これは有り難い、素晴らしい制度だ！”昭和63年度前期客員研究員に運よく採用され、着任初日の朝、宿舎の窓に迫りくる研究棟を眺めながらそう思った。翌日 ID カードを手渡され、15年前米国某州立大学で初めて Visiting Research Associate をやった時を思い出す。University Police からマスター・キーをわたされ、それで深夜の建物は勿論、図書館、マシンショップまで自由に使えたのに感激した。今回の物性研 ID カードでは図書は夜の 9 時45分までと聞き、少々、残念だが久し振りの ID カードである。

申請した課題は「ヘビーフェルミオン系等のウラン化合物を作成し、その磁気的性質の研究を行う」ということで、凝縮系物性部門石川研究室のお世話になることになった。新物質開発という言葉は今や時代のニーズに答えるものとして、特に研究行政を語る際にもてはやされている。しかし、国内で真に新物質を目指し苦労している人は皆無に近い。既知の相図から形（結晶）を作り上げて行く仕事は物性研究には非常に重要であるが、結晶成長であって新物質開発というには当らない。研究成果に性急な我が国には新物質開発グループはなかなか根付かないよう見える。この様な状勢にあって、吾がホスト石川征靖先生はシェブレル相化合物、セリウム系ヘビーフェルミオン化合物そして最近の酸化物起伝導体等を手掛けてこられた新物質開発分野の数少ない権威の一人である。かつて同様の分野の磁性を研究した私には馴染み深く、また、物作りに対する考え方にも共感を覚え、私にとっては甚だ居心地のいい研究室となった。

さて、私の物性研での主な仕事は重い電子系ウラン化合物の探索であるが、探索には指針が必要である。まして、私のように限られた短い期間に成果を上げるためににはその必要性と的確性が要求される。従来のウラン化合物のデータを整理してみると高い電子比熱係数 γ 値をもつ化合物群は “Hill limit” を越える間接f-原子間相互作用領域にあることに気付く。従って、我々は大雑把な探索領域をここに定め、如何にしてウラン原子間を引き離すかに重点を置いた。この線に従って予めいくつかの多元系ウラン化合物を想定した。次の仕事はこれらが新しいウラン化合物になり得るかどうかの確認である。我々の狙いは誰にも手掛けられていない化合物である。この作業は今では非常に簡単でスピーディに出来る。INSPEC を引けばよい。さすが、世界の強敵 Maple や Steglich 達のよくやっているのに気付く。この作業で気付くもう一つの点は、これは殆んどすべての分野で云えることだろうが、高温超伝導酸化物が現れて以来この分野の仕事がめっきり減ってしまっていることである。このようにして、とにかく、新ウラン化合物候補をいくつか設定することができた。

次はこれを実行に移す段階であるが、一般に、我が国ではウランと云えば嫌われものとなっている。しかし、我々が物性研究に用いるウランは劣化ウランかもしくは天然ウランである。この種のウランだと U^{235} の含量は約0.7%と見て放射能は $7 \times 10^{-7} \text{ Ci/g}$ であり、我々が一回の合成に使う量は多くて数gである。従って、放射能レベルで云えば微々たるもので、放射能核種の危険性による分類に従えば最低の第4群に属することになる。また、法律的にも年間300g以下だと核燃料物質、核原料物質及び原子炉の規制に関する法律第52条に基く「使用の許可」の範囲で気楽に扱える。要は各研究者個人の心構えの問題だと私は考えている。幸い、物性研では低温センター隣りにある RI 施設 2 階の化学実験室を使わせて頂くことになった。お世辞にもきれいとは云えないが、滞在期間中、私以外には誰も使っていなかったので文字通り気楽に使うことができた。それにもまして、この部屋を管理する小林助手は実質的な意味での管理に実によく行き届いており大変お世話になった。紙上を借りてお礼を述べたいと思う。ただ、この部屋でのウラン化合物の溶融合成は初めてとのことで、アーク溶解炉、熱処理炉等の基本的設備は石川先生によって運び込まれていたものの、始めてみると足りないものが沢山ある。要するに、試料作りの全過程に使う器具一式——大は溶解炉からピンセット一つに到るまで——すべて別途ウラン専用として必要になってくるのである。最も参ったのは300g近いウランインゴットを用意して頂いたものの備え付けのマイクロカッターではとても歯が立たなかつたことである。安全な自動強力カッターが欲しい、しかし、これは私の客員費用では高嶺の花である。まして、赤字に悩む石川研には無理な話である。今後、物性研にてこの分野の研究を進める意志をお持ちであるなら、今少し特別の予算を投入して頂きたいものである。とにかく、私の守備範囲でこの難局を切り抜け、合計 3 系統のウランインゴット化合物の合成に着手した。途中で、アーク溶解炉水冷ハースに穴をあけ水が吹き出すというハッピングもあったが、最初の 3 元化合物は幸運にも一発でものになった。X 線回折パターンは非常に鋭くエクストラ相は全く無い、物作りとしては大成功である。比熱を測って見ると、 $\gamma \approx 80 \text{ mJ/mo l \cdot K^2}$ 、残念ながらフェザー級である。ヘビー級を狙ったのだが……。

6～7月ともなると密閉された部屋で仕事をするのは暑くてたまらない。小林さんに頼んでクーラーを入れて頂いた。ところが、冷風と共に何んと鉄粉が舞い落ちてくるではないか、せっかく調合した試料に鉄粉が入って駄目になってしまった。老朽化したクーラーに錆がたまっているのだろう。それ以後は、仕事を始める数時間前にスイッチを入れ定常状態に入つてから使つようにしたがサーモスタッフが働くたびに気になる。夏場の物性研 RI 製ウラン化合物には……？

この様な調子で 2 番目の準 3 元化合物も物作りとしては成功であった。最近測定した低温比熱の結果によるとやはりフェザー級である。しかし、磁気的には面白い兆候が見える。今後の詳細な測定によって全貌が明らかになってくるものと思う。3 番目に予定した化合物は少々難物である。いろいろと組成及び熱処理条件を変え試行錯誤を繰り返したい。しかし、先刻述べたように我々の手持ウランは最大300gに抑えられている。形態を変えて実質総量は不变である。300gなどあつという間に達

してしまう。これ以上のウランを扱うには原子炉なみの許可を必要とし、全国的な組織活動が望まれる。現在、アクチナイト研究グループはこの線に沿って活動を開始しようとしている。これが早く軌道に乗り、この分野の研究が全国的に活潑化することを期待したい。この様なわけで、今のところ私一人が物性研持分を喰ってしまっては他の方に迷惑をかけることになる。この3番目の難物は今も電気炉の中に寝かされている。“寝る子は育つ”という諺がある。なんとかハビーフェルミオンに育つてほしいものである。

最初に設定された客員期間は6ヶ月で、しかもこの間に消化すべき時間数は決められている。ところが実際やってみると仕事はなかなか on-time では進まない。実質的には未だに仕事の整理がついていないのが現状である。今回の仕事に限って云えば、合成、熱処理、分析、物性測定といった作業が順調に回転すれば良いが、途中でズッコケルこともあれば、他の作業との時間調整がうまくつかず手持ち無沙汰になることもある。決められた期間内に決められた時間数を100%有効に使うのは非常にむずかしい。勿論、これは仕事の種類にもよる。短期決戦で行く方が良い場合もある。従って、仕事の内容によって期間と時間数の組合せを選択することができれば、研究上もっと柔軟性が増し、実質的時間効率が上ると思う。これは予算の問題でなく客員制度運用の問題である。

どうも自分勝手なことを書いてきたようだが、立場を変え、受け入れ側に立てば、ただでさえ忙しい時に勝手のわからないものが入って来て足を引っぱるのだから大変な迷惑だと思う。それにしても予想外であったのはマンパワーの不足である。大学院学生数名、それも DC コースの学生の居るところはいいとして1人も居ないところがあると聞く。これは驚きである。この様なところに老眼鏡のお世話になる実験家客員教授が1人やってきても恐らく仕事にならないだろう。この様な場合、母校研究室から助手・学生を引き連れて来て仕事のできる制度に拡張すれば仕事の能率向上は勿論のことホスト研究室としても助かるのではないだろうか。

夜明けとともに静寂をとりもどす‘物性研ホテル’裏通りの深夜のタクシーの洪水と騒音、今では懐かしい。母校大学での講義の義務を果しつつの物性研客員生活は大変忙しかった。しかし私にとっては実に活気に満ち、素晴らしい充実した半年であった。このような素晴らしい機会を与えて下さった物性研委員および所員の方々に深く感謝の意を述べたいと思います。更に、ホスト研究室として私を受け入れて下さった石川征靖先生および研究室の方々には、大変お世話になり、また、非常に多くのことを学びとることが出来ましたことを深く感謝致します。

第2回物性専門委員会（第14期）議事録

日時：1989年1月18日（水）13：30-17：05

出席者：伊達 宗行，中嶋 貞雄，石井武比古，遠藤 裕久，勝木 澤，糟谷 忠雄
川村 清，久保 亮五，佐藤 清雄，長岡 洋介，守谷 亨，山田 銹二
山田 安定，禅 素英，中村輝太郎（IUPAP 専門委員）

1. 前回議事録を確認し、なお修正点がある場合には、川村幹事に知らせることとした。

2. 物性委員会が管理する各種選挙結果について（長岡）

このほど行った物性百人委員による投票の結果に基づき物性研究所および基礎物理学研究所にそれぞれ下記の委員を推薦することにしたい旨長岡物性委員会委員長より提案があり、これを承認した。

○物性研共同利用施設専門委員（依頼人数7名）

小野 文久（岡大養） 秋光 純（青学大理工） 本河 光博（神大理工）
小谷 章雄（東北大理工） 目方 守（福井大理工） 小松原武美（東北大理工）
櫛田 孝司（阪大理工）

なお、中山正敏、遠藤康夫、伊達宗行、仁科雄一郎の4氏が櫛田氏と同点であったが、所属や過去および現在の物性研の委員経験が少ないと等を考慮して、櫛田氏を推薦することとした旨説明があった。

○基礎物理学研究所研究部員

永井 克彦（山口大理工） 鈴木 増雄（東大理工） 小谷 章雄（東北大理工）
安藤 恒也（物性研） 山田 耕作（京大理工） 川崎 恭治（九大理工）
金森順次郎（阪大理工）

なお、山田氏以下3氏は同点であったが、これまでの方式に従い、このまま基礎物理学研究所所長に推薦し同点者から1名を選ぶことは同研究所側に任せることとする旨説明があった*。

3. 学術会議（106総会）および同第4部会報告（中嶋）

○1988年10月20日に開かれた第106会総会で、第14期活動計画を立て7特別委員会を設置することが決まった。

○第4部会は、上の活動計画の具体化について議論し、国際関係を討議するワーキング・グループと上級研究員制度を討議するワーキング・グループの設置を決めた。

* その後、基研は山田氏に依頼することを決定した。

4. 物性研人事選考協議会委員の選出

無記名投票の結果、下記の2氏を物性研究所所長に推薦することとなった。なお、2年任期の2年目に東大の定年規定に引っ掛かる場合の取り扱いは物性研側に一任することにした。

理論 金森 順次郎（阪大理） 実験 仁科 雄一郎（東北大金研）

5. 物性研報告（守谷）

○キャンパス移転について、将来計画の実現を前提として積極的に考えようということになったということは前回報告した。現在、将来計画について所内で検討を進めており、近い将来、物性専門委員会にも議論していただきたいと考えている。

○スーパーコンピュータの概算要求は認められなかったが、今後も要求して行きたい。

6. 基研報告（長岡）

京大基研と広島大理論研が合併して京都に新しい共同利用研を作ることについて、両研究所とも前向きの姿勢であるが具体的な進展がないため、今のところ、今年は概算要求が出ない見込みである。来年に要求することになるだろう。

7. 物性専門委員会の定員補充について。

2名の欠員のうち1名は放射光学会に推薦を依頼し、もう1名については大学関係者以外から出てもらうこととした。なお後者の人選は委員長と幹事に一任となった。

8. 物性物理将来計画について

放射光と中性子を使う研究の将来計画を検討するための「大型施設ワーキング・グループ」、前期の金森委員会の討議を受け継ぐ「物性将来計画ワーキング・グループ」を設置することになった。前者の委員長として伊達宗行氏、後者の委員長として糟谷忠雄氏を選出した。これらのワーキング・グループの構成については、両委員長に一任し、次回物性専門委員会で承認の上、正式に発足することとした。

研究室だより

表面物性　田中研究室

極限物性部門表面物性は現在3研究室より構成されているが、その一つを担当することになり昭和59年1月に北海道大学工学部から物性研究所に転任した。着任してまもなく図書委員を担当したときに、着任後5年くらいたった所員は「物性研だより」に研究室紹介の文を書くことになっていることを知ったが、64年1月で5年を経過したことになり改めて5年の歳月の過ぎることの速いことを知られた思いでこの文を書いている。

固体表面は物理としてもまた化学としても未知の面白さを持つ分野であるが、物性研究所の表面物性が私に期待した研究分野は固体表面の化学、特に反応性である。山田太郎君が助手に（59年7月）数田真弓さんが技官に（59年3月）決まり、研究目的に適した装置の設計製作を始めた。すなわち、我々が計画した「単結晶表面での化学反応」の研究のためには、これまでに開発あるいは市販されている装置はあまり適當と言えず、新しい方式の「化学反応用電子分光装置」の開発を計画した。装置の開発に当たって、村田所員のご厚意で当時理学電機から村田研究室に派遣されてきていた御園生隆氏に全面的な協力をいただくことができ、当初の予算不足を補いながら約1年で第一号装置を完成することが出来た。この装置の特徴は一気圧から超高真空までの広範囲の条件で吸着や反応を行え、かつ单時間で超高真空装置に試料を移して電子分光法で表面を調べるように考案した構造になっていることである。第一号装置で採用した独自の方式が非常に良く機能することが分かったので、続いて高分解能電子エネルギー損失分光器（HREELS）を備えた「化学反応用第二号装置」の作製を計画した。山田財団から装置の本体部分である真空容器とマニプレータの製作費の助成をいただき、約1年かけ61年の秋に固体表面での化学反応の研究に不可欠な HREELS を備えた装置を完成させることができた。62年から本格的な研究ができるようになったが、国際的に見て最も能率の良い完成度の高い装置を開発できたと確信している。後先になったが、研究計画、研究目的について簡単に述べておく必要がある。

固体表面の研究が他の分野にインパクトを与えるまでに発展した最大の理由は「清浄表面が容易に得られ、しかも表面を調べる手段が整ってきた」ことにあるが、さて、固体表面を原子レベルで知ることが出来るようになったときに「化学に対するインパクト」としてどのようなことが期待できるのだろうか？固体表面で起きる化学的な現象はこれまで殆ど“吸着”的概念で解釈し説明してきた。固体表面のことが原子レベルで分かってきても同じ概念で現象を記述し説明するだけであれば、結果がもたらす波及効果はおのずと限られたものであろう。これに対し、私は固体表面には3次元空間に取り出し確認できない「未知の物質」が存在しうるかもしれないとの物質観をもっている。もしこの

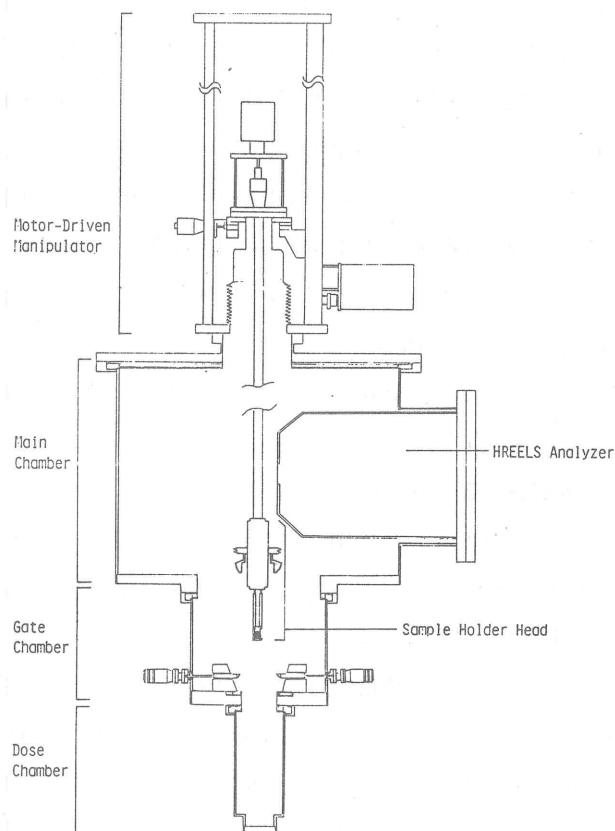
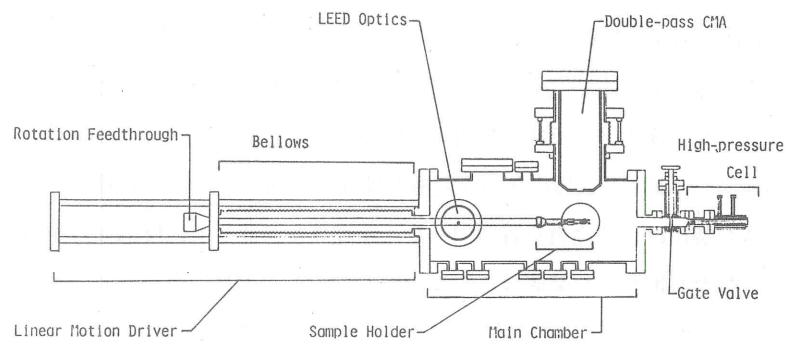


図 1 装置図 化学反応用電子分光装置

物質観が正しいならば、固体表面は「これまで我々の認識にない物質系の合成の場」として大きな可能性を持っていることになる。そこで、我々は固体表面を「状態」として認識し記述するこれまでの考え方についし、固体表面を「物質」の概念で捉え積極的に「物質合成の場」とするための計画を立てた。固体表面を調べるには超高真空中での電子分光を使った測定が不可欠である。それ故、制御された単結晶表面を使い高い圧力下で反応や吸着の実験を行う場合は装置的な工夫を必要とする。図1(a)に示した装置は、これまでの装置の欠点を考慮し開発した新しい方式の装置である。これまでに工夫し開発されてきた装置は「超高真空容器内」か「超高真空容器外」に反応セルを設置する方式のいずれかであった。我々が開発した装置はこれまでの2つの方式の良い点を採り入れた新しい方式であり、これまでの装置に比しはあるかに作業性が良く、清浄表面を対象とする1気圧から 10^{-8} Torrまでの実験装置としては非常に完成度の高い装置と言える。

すなわち、反応セル内に試料ホルダーを押し込むだけで反応セルの圧力を1気圧まで上げることができ、かつ超高真空容器内は 10^{-10} Torrの圧力に保てることにある。この簡単な方式が予想通りに機能することが確認できたので、同じ原理を使って高分解能電子エネルギー損失分光器(HREELS)を備えた縦型の第二号装置[図1(b)]を山田科学振興財団の助成を受けて製作した。また、この方式が成功したことでこれまで非常に難しかった単結晶表面を使った液相実験が可能になり、液相実験まで出来る機能を備えた第三号装置を科学研究費重点領域研究の補助をえて設計、製作中である。これが完成すると気体だけでなく、不安定な化合物やイオンなど興味ある殆どの化合物を固体表面での化学反応の対象に出来るようになると期待している。

装置的なことはこれくらいにし、第一号装置及び第二号装置で得られた主な研究結果について簡単に述べることにする。

[1] Ni (100) 上に2次元成長する表面 OH-化合物

第一号装置が完成したので、試運転をかねて H₂-D₂ 平衡化反応 (H₂+D₂↔2HD) を Ni (100) 表面で行った。その際、H₂-D₂ 平衡化反応が始まるまで一定時間の誘導期があり、その後反応が始まることを偶然見つけた。まもなく装置のピンホールから混入した 1/ 10^5 以下の酸素がその原因であることが分かった。しかし、このように微量の混合物で反応が完全に停止するという現象はこれまでに知られておらず、例えば触媒毒として知られている CO でもこの程度微量であれば殆ど影響を与えない。結局、これまでのような触媒毒となる分子の単純な吸着では説明できず、Ni (100) 表面に2次元物質が成長することに伴って生ずる現象であることが分かった。すなわち、HEX.構造の2次元物質の生成は図2の LEED の回折像および HREELS の OH の伸縮振動スペクトルが示すように2段階過程で進行し、先ず酸素が c (2×2) 構造で吸着し続いて HEX.構造の表面 OH-化合物の成長が始まる。

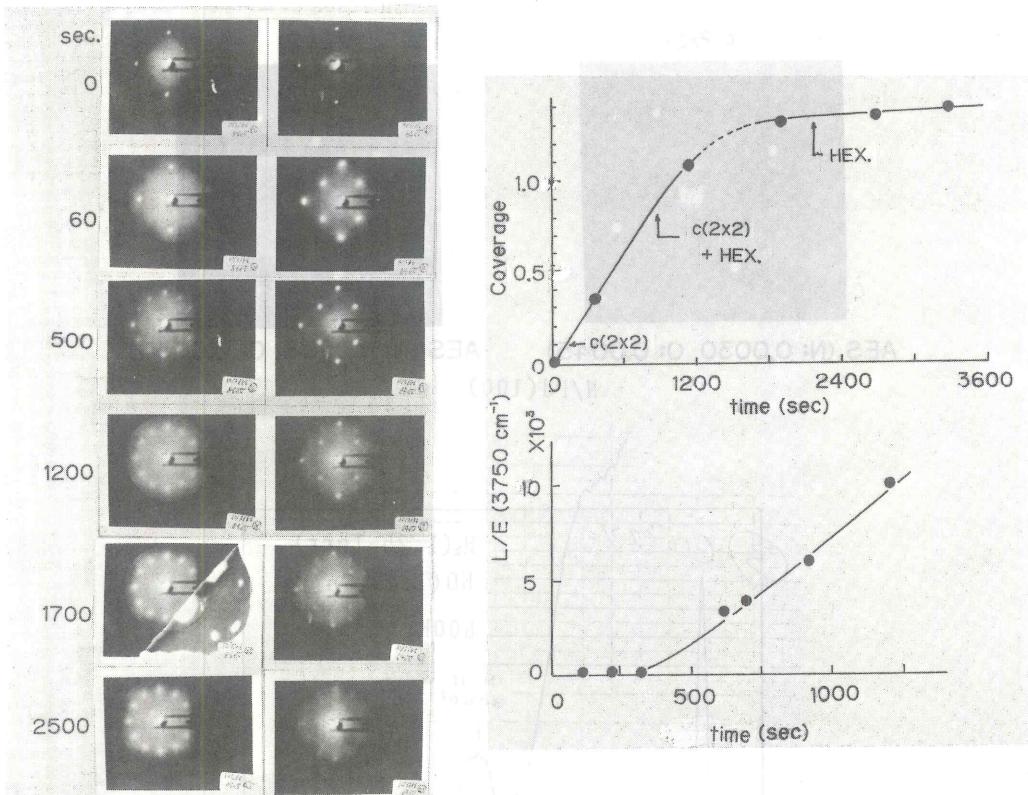


図2 反応中 Ni (100) 表面の LEED 像変化と HREELS による OH-伸縮振動の強度変化

このような機構で成長した表面 OH-化合物は一軸が Ni (100) 表面と整合した HEX. 構造をとっている。このような一軸整合構造は「c (2 × 2) 構造のドメイン・バウンダリーから OH-化合物が 2 次元成長が開始する」とする機構を導入し初めて説明できた。この例が端的に示すように、表面現象を正しく理解するためには従来の単純な吸着の概念だけでは不十分であり 2 次元成長の概念が重要であることがわかる。また、ここで見つけた HEX. 構造の 2 次元 OH-化合物は H₂ と O₂ から H₂O が生成する触媒反応の中間体であり、触媒反応の中間体が構造を持つことを積極的に示した初めての例でもある。

[2] Pd (100), Pt-Rh (100), Pt-Rh (111) 表面上の窒素

Pd, Pt, Rh は触媒として多くの反応を促進する機能を備えている。しかるに、これらの金属は窒素の吸着に対しては不活性であり、N₂ 分子を解離吸着しないだけでなく窒化物も作らない。一方、Pt-Rh 合金は NO 除去の最も優れた触媒であり、Pd もこの反応を促進する。そこで我々はこれらの金属の表面に次の化学反応を使って N を導入することを試みた。



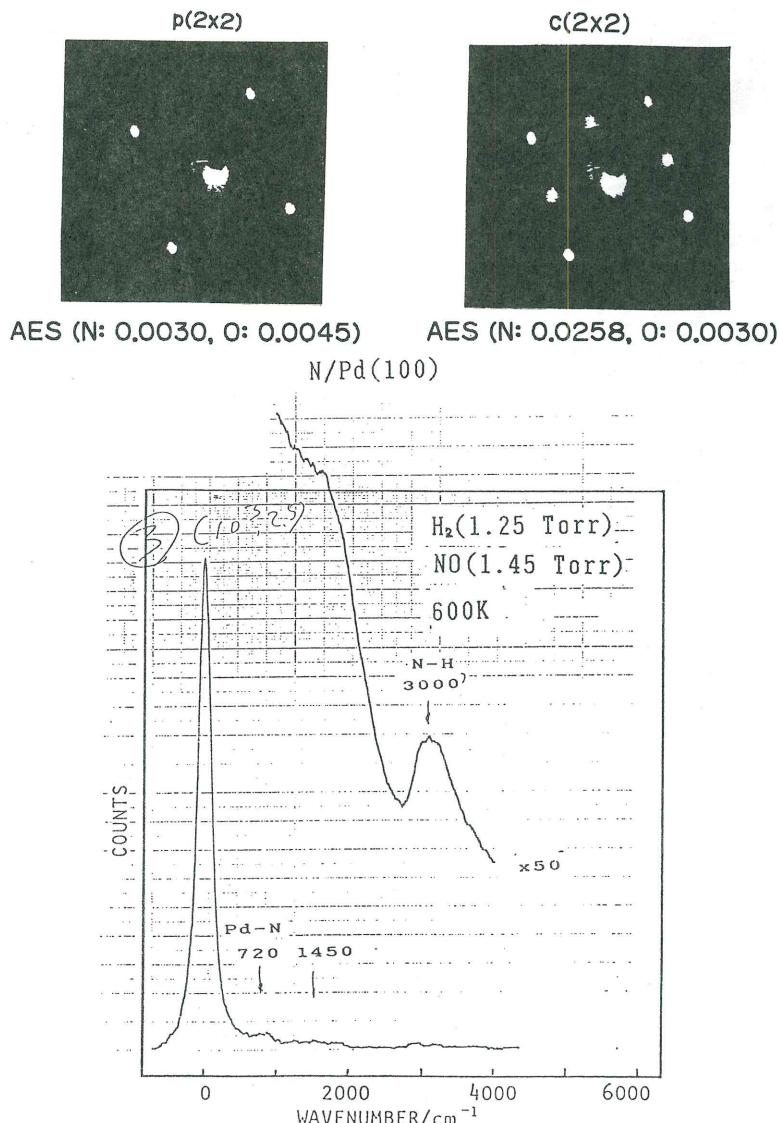


図3 Pd (100) 上の c (2 × 2) -N およびその表面の HREELS

Pd (100) 表面で上記の反応を行わせ図3に示した吸着窒素による c (2 × 2) 回折像を初めて見つけることに成功した。そこで、早速この表面を HREELS で調べてみると驚いたことに N-H の伸縮振動によるエネルギー損失ピークが大きく現れ、c (2 × 2) 構造の表面は NH_x より成ることが分かった。さらに、この NH_x はアンモニア (NH₃) 生成反応の中間体であり、反応中間体として構造を持つ第二の例である。Pd (100) 上のこの結果がきっかけでライデン大学化学科の Dr. Nieuwenhuys のグループと Pt-Rh 合金単結晶を用いた共同研究が始まり、昭和63年夏にライデン大学から大学院学生 Koos Siera が来日し3ヶ月滞在し実験をし大変 Exciting な結果を得ることができ

た。図4は Pt-Rh (100) 表面に NO を吸着させた際の表面の変化を示したものである。NO の解離により生成するNは Pt と Rh を識別出来ないため c (2×2) の吸着構造を与える。これに対しOは Rh と選択的に結合し Disorder 構となる。しかし、吸着酸素は Rh の Surface Segregation を促進し、その結果、時間が経つと Pt-Rh (100) 表面は p (3×1) 回折像を与える表面に変化することを発見した。Pt-Rh 表面を HREELS で調べてみると、最初に現れる c (2×2) 構造はNの吸着によることが確認され、NH_x を主吸着種とする Pd (100) の場合と異なる。さらに、Pt-Rh (100) 表面上のNは温度を下げて水素と反応させると NH_x に変換することを見つけた。この結果は単結晶表面で中間体が可逆的に変化する様子を示すことに成功した最初の例である。

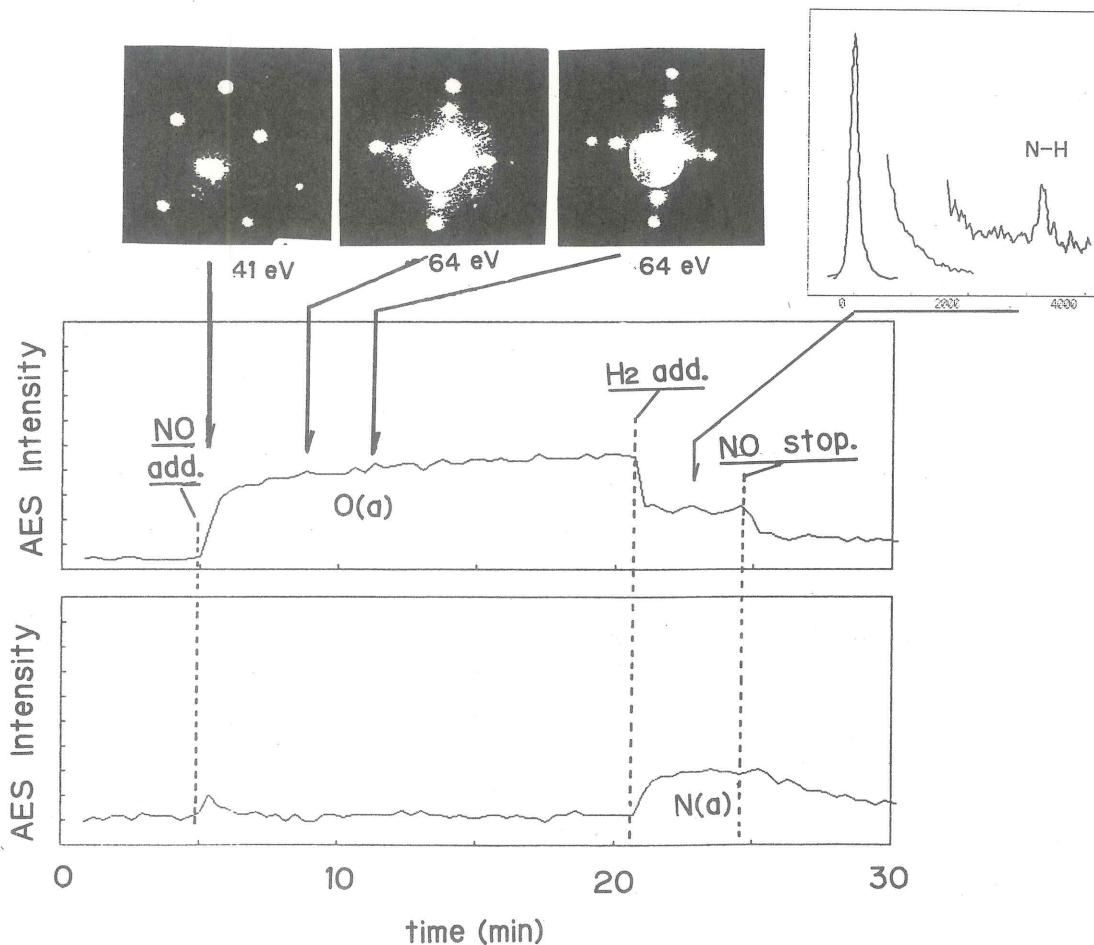


図4 Pt-Rh (100) 表面の反応中の表面構造変化および c (2×2) - N 表面の HREELS

独自の構造に従った本当の意味での新しい表面を合成できるようになってきたので、これを共同研究の対象とした共同研究が計画できる所まできた。実際、ここで述べた Pt-Rh の結果を基に、その実構造を清浄な Pt-Rh 表面の Pt の Surface Phonon Softening の問題を含め表面物性桜井研究室と走査型トンネル顕微鏡 (STM), FIM – Atom probe による共同研究を計画している。

最後に、ここでは述べなかった研究成果をも含め、ここで述べた田中研究室の研究は全て東京理科大学と千葉大学の修士課程の大学院生および北海道大学の博士課程の大学院生の協力によって行われたものであり、ご協力戴いた東京理科大学田丸謙二教授、北海道大学豊島勇教授、千葉大学上松敬禧教授に感謝します。また、厳しい文部省予算でスタートした田中研究室の研究に対し山田科学振興財団をはじめ日本板硝子材料工学助成会、村田学術振興財団、カシオ科学振興財団、岩谷直治記念財団、島津科学技術振興財団から研究助成をいただいたことに対し心より感謝いたします。

物性研短期研究会

マイクロクラスターの諸問題

開催期間 平成元年1月12日（木）、13日（金）

司会者 東 大・理 塚 田 捷
東大・物性研 菅 野 曜
東北大・金研 仁 科 雄一郎
筑波大・物工 新 井 敏 弘
静岡大・工 山 口 豪

マイクロクラスターとは粒径数A～数10A程度（原子数にして数個～1000個程度）の極微小粒子をさすが、その著しい性質が注目されて最近活発な研究が進んでいる。マイクロクラスターは分子とも固体とも異なる新しい物質相であり、魔法球の存在、独特的な結合形態、劇的な構造運動などが見いだされている。固液相転移・金属伝導・強磁性などの協力的な現象が粒子数の増加と共にどのように出現するかなど、取り組むべき基本的問題が多い。さらに、新しい機能を持つメゾスコピック系の生成、表面微細加工、触媒など応用面からも注目されている。

マイクロクラスターの研究は、物性物理・統計物理のみならず、原子核物理、天体物理、化学物理など多くの分野とも関わっており、学際的な討論の場を設けることは、時宜を得た有意義なことである。従って、本研究会では、マイクロクラスターの物理の基本的問題を浮き彫りにして論議を深めると共に、関連分野との交流を行って、今後進むべき道を広い観点から探ることを目的とした。物性研での短期研究会を開催した理由は、関連分野を含め参加者の多くは関東地区機関に所属しているためである。参加者数は、講演者、旅費支給者を含め、計69名であった。

プロ グ ラ ム

1月12日（木）

はじめに

マイクロクラスターの研究

原子核におけるクラスター

原子核実験から見たマイクロクラスターの諸問題

原子核とクラスターの類似性

金属マイクロクラスターのスーパーシェル構造

(休憩)

天体物理におけるマイクロクラスターの問題

マイクロクラスターと原子過程

クラスターの化学反応

マイクロクラスターの形と物性

(懇親会)

塚田 捷（東大理）

菅野 曜（物性研）

堀内 駆（京大理）

李 相茂（筑波大物理工学）

交久瀬五雄（阪大理）

西岡 英寿（甲南大理）

尾中 敬（東大理）

小林 信夫（都立大理）

梶本 興亜（東大教養）

木村 啓作（分子研）

1月13日（金）

クラスターの特異性

川畑 有郷（学習院大理）

動力学シミュレーション

塚田 捷（東大理）

遷移金属クラスターの磁性

山口 豪（静岡大工）

(休憩)

金属クラスターの構造と安定性…電子顕微鏡観察の立場から

高柳 邦夫, 三留 正則（東工大総理工）

マイクロクラスターの解離過程

仁科雄一郎（東北大金研）

(昼食)

半導体超微粒子の電子励起状態の光物性

伊藤 正（東北大理）

ガラス中に添加した CdS と CdSe クラスターの光学遷移

新井 敏弘（筑波大物工）

金属および半導体イオンクラスターの光脱離電子分光

阿知波洋次（都立大理）

写真感光過程とマイクロクラスター

神前 熙（富士フィルム研）

マイクロクラスターの研究

東大物性研 菅 野 曜

物質を分割していくと、 10^6 個程度の原子を含む大きさの所で超微粒子と呼ばれる新物質相があらわれ、 10^3 個程度の大きさでマイクロクラスター、10個程度の所で分子となる。超微粒子では種々の不規則性をもつた粒子集団の統計的性質を問題にするのに対し、マイクロクラスターでは一つの決まった形をもったクラスターを問題にする。この違いをはっきり示したのは、金属クラスターで観測された価電子の殻構造である。マイクロクラスターを分子と区別するのは、原子数と共に指數関数的に増大する準安定状態の数である。そのために、有限温度において、マイクロクラスターは液相、振動相など分子では見られない相を示す。半導体クラスター、稀ガスクラスターなどでは、バルクでは見られない構造をもつ新物質相が見つかっている。マイクロクラスターの研究は、物質の発生段階の物性研究と見ることが出来る。

原子核におけるクラスター

京大理 堀 内 龍

原子核物理学におけるクラスターについての概略を述べる。有限量子多体系である原子核は、無限系の核物質の概念に対比させるなら、それ自身がクラスターであると言える。事実、原子核反応の微視的な記述にクラスター模型が広く用いられている。原子核の基本的性質である飽和性（密度とエネルギー）は、原子核の分裂や融合がそれほど大きくないエネルギーの出入りを伴わずに起こる可能性を保証している。クラスターとは、運動の単位として核子だけでなく、相対的に安定な原子核をも採用したもののことであるが、これは上記の飽和性に基づいている。クラスター現象の代表的例のいくつかにつき実験と理論の紹介をする。また、昨年度に京都で開催された第5回のクラスター国際会議のテーマのいくつかを取り上げて、この分野の現状について触れる。

原子核から見たマイクロクラスター

筑波大・物理学系 李 相 茂

近年、マイクロクラスター物理は、様々な分野の関心を呼びこし、精力的な研究が進められている。一方、核物理に取っても、1) 核と似たような孤立多体系の新大陸である。2) 核では系が核子数300に上限があるのに対し、クラスターにはない。ことなどにより関心が高まっている。さらに、マイクロクラスターにも shell model が成立し、巨大共鳴による集団運動モードが発見されて、その

重要度は増加している。

本講演では、1) 物性物理屋と核物理屋のマイクロクラスターにアプローチする方法の違い、2) shell structure の発見法に於ける核とマイクロクラスターの相違性、問題点、3) マイクロクラスター反応の可能性と意義、について議論する。

特に、今後の発展のためには、マイクロクラスターの全結合エネルギーを実験的に測定することがポイントであり、そのためにもマイクロクラスター間の反応の素過程を調べることが重要である。重イオン核反応の最近の成果と比較しつつ、この問題を論ずる。

原子核とクラスターの類似性

阪大理 交久瀬 五 雄

原子核もクラスターも構成粒子の数は数十個であるので粒子間に働く力の種類は違っていてもよく似た性質が現れると思われる。原子核の性質はよく調べられているのでクラスター研究に大いに役立つ。今まで我々のところで得られたクラスターの諸性質を原子核の性質に対応させると次のようになる。

1) マジックナンバーの存在。天然に生存する原子核はある陽子または中性子の数のところで特別安定であり存在度が大きい→質量分析計で得られたクラスターはある構成粒子数のところで特別安定ピーク高が大きい。

2) ホットな原子核からの中性子の蒸発→クラスターからの構成粒子の蒸発内部エネルギーの大きいクラスターからは数個の粒子をほうり出して安定な状態になる。クラスター研究はまだ緒についたばかりで多くは語れないが核分裂に相当する分解や振動励起状態も観測できると思われる。

金属マイクロクラスターのスーパーシェル構造

甲南大理 西 岡 英 寿

金属クラスターの abundance spectra にはいくつかの鋭いピークが魔法数と呼ばれる特定の粒子数の所で観測される。これは平均場ポテンシャル内で電子が一つの軌道を占め尽くす時にクラスターが安定になるためだと考えられる。魔法数は現在まで100程度まで見つけられれているが、クラスターが更に大きくなった場合にこのシェル構造がどこまで続くかまたどのように変化していくか興味深い。理論的にはポテンシャル内のレベル密度を半古典的近似により、古典力学で許される閉軌道からの振幅の寄与を足しあわせた形に表すことができる。それによると、球形ポテンシャルではトポロジカルに三角形と四角形の軌道の干渉により、レベル密度を粒子数あるいはエネルギーの関数として見た

場合、シェル構造が強められたり弱められたりするうねりが予測される。これをスーパーシェル構造という。

天体物理におけるマイクロクラスターの問題

東大理天文 尾 中 敬

星間空間には数多くの原子、分子、イオン、テチカル、及び固体の微粒子が存在することが知られている。最近の赤外線天文衛生の観測によると、星間雲等の銀河系内の広がった天体の中間赤外域($\sim 10 \mu m$)にエネルギーの超過がみられる。これは非常に小さな固体粒子($\sim 10 \text{ \AA}$)が星間の紫外光($\sim 10 \text{ eV}$)を吸収し、一時的に温度が上がり($\Delta T \sim 1000 \text{ K}$)、その時の輻射を観測しているものと解釈され、星間空間におけるマイクロクラスターの存在、役割が問題となってきた。一方これらのマイクロクラスターは、これまでのところ、進化のすすんだ恒星の周りで形成されると考えられてきたが、最近の観測では、従来の核生成理論では説明のできない現象が明らかになっている。天体现象の中で、マイクロクラスターと関連すると考えられるものについてとりあげ、その解釈に必要なマイクロクラスターの性質について考えてみる。

マイクロクラスターと原子過程

都立大理 小 林 信 夫

液体ヘリウムで冷却した移動管中にHeガスを導入し、イオン X^+ を移動管内へ打ち込むと、このイオンを核としたヘリウムクラスターイオン(X^+He_n)が生成される。移動管内のHeガス温度は約4.5Kであり生成されたクラスターの最大サイズは $n=14$ である。移動管内の電場(移動イオンの有効温度)を変えながら、移動管出口より出射されるクラスターの質量スペクトルを測定することにより結合エネルギーが大きく安定なクラスターサイズ(魔法数)を決定した。得られた魔法数は核となるイオン種に依存することが見い出された。一方、質量スペクトル上では、上記の方法で決定した魔法数以外のサイズの分布が異常に大きい例も見い出され、エネルギー的に決定した魔法数とサイズ分布にあらわれるそれが一致しない。クラスターの衝突解離、クラスターの励起状態などの研究に原子過程研究の手法がどのように適用し得るか考察する。

クラスターの化学反応

東大教養 梶 本 興 亞

金属クラスターの2分子反応は、通常の触媒による Chemisorption との関連でかなりよく研究されている。通常、クラスターをレーザー蒸発法によって生成させ、細いフロー管内で反応物と混合した後、TOF 質量分析によってクラスターの減少や、生成物の種類を検出する。触媒として有用な遷移金属である Fe, Co, Ni, Rh, Pd, Pt, V, Nb, Ta などのクラスターと H₂, D₂, N₂, CO, O₂, H₂O, NH₃, CH₃OH, CH₄ などの簡単な分子との反応は特に研究例が多く、クラスターの原子数にたいする依存性が詳しく検討されている。例えば、(Fe)_n と H₂/D₂ の反応では n ≤ 8 と n = 16–18 で異常に反応性が低くなる事が分かっているが、これは、この原子数のクラスターでのIPが高いことに起因している。一般に、反応性の原子数依存性は、クラスターの「物理的な構造」と「電子構造」の2つの要因によって決まると考えられるが、その詳細な理解は今後の問題である。

マクロクラスターの形と物性

分子科学研究所 木 村 啓 作

現在超微粒子からクラスターそして分子まで夫々の領域の粒子を作成することが可能となり、部分的にはあるが物性測定の結果も揃い出した。金属超微粒子において見られる特異な現象は量子サイズ効果として有名である。ここでは超微粒子から先、どのようにクラスターへと連結していくのかをエネルギースペクトル分布および磁化率の変化を通して考えてみたい。サイズ 1–2 nm の銅やマグネシウム超微粒子を対象としてこの領域の粒子では大きさだけではなくその形状が大きく影響することを述べる。また分子領域では個々の分子の構造を問題にするが大きなクラスターでは個別の形状ではなく統計的に形状を把握しうる事にも触れる。また化学者の立場からバルクで典型的と見られる各結合型がどのようにサイズとともに変化して分子へつながっていくのかについても触れてみたい。

金属クラスターの特異性

学習院大理 川 畑 有 郷

金属微粒子と金属クラスターとの違いは言葉の問題であるとも言えるが、言葉の違いは、使う人のものの見方を反映しているようである。前者を使う人は、構成する原子数が等しい金属微粒子のみを考えても、形や内部の格子不整による乱れを重要視してエネルギー準位等の統計的な性質を問題にする。後者を使う人は、金属クラスター一個一個の性質に目を向けているようである。クラスター一個

一個の性質を議論できるためには、一般的に言えば、構成する原子数を決めた場合、その形が安定でなければならない。しかし、ある性質、たとえば、凝集エネルギーを問題にするならば、ある程度形が変わっても、その量が安定していれば良いわけである。したがって、例を挙げれば、マジックナンバーのクラスターの凝集エネルギーが特別に小さいとすれば、形が安定なのか、エネルギーが形の変化に対して安定なのかを議論する必要がある。

動力学シミュレーション

東大理 塚 田 捷

分子動力学法による数値シミュレーションは、クラスターの様々な動的問題、例えば相転移の動力学、蒸発・分裂、衝突、電子励起とその緩和、化学反応、レーザー衝撃などによる形成過程を研究するため有力な方法の一つである。本講演では分子動力学シミュレーションの一般的な問題点を述べると共に、最近興味が集中しているArクラスターの相転移とSiクラスターの分裂過程について、研究の現状を紹介する。Arクラスターでは系の全エネルギーを零から増して行くと、固体的な振舞いから液体的な状態へのある種の転移が見られる。中間のエネルギー領域の振舞いは魔法的クラスターか否かで著しく異なる。前者では固体的な状態と液体的な状態が不規則に移り変わる現象が見られるが、その本質が何かについて、シミュレーションの分析から手がかりが得られるようになった。

Siクラスターの分裂過程のシミュレーションでは、なぜ、 Si_4 , Si_6 , Si_{10} のような魔法数クラスターが生成され易いかについて、重要な手がかりが得られている。

遷移金属クラスターの磁性

静岡大工 山 口 豪

日本の二つのグループの最近の磁性理論について紹介する。Stern-Gerlach型の磁性実験が、マイクロクラスターについて、なされることが期待される。

I. 各原子間に磁気相互作用を取り入れて、モンテカルロ法により比熱などを求めると、磁気相互作用が無い場合に比べて、温度変化は鋭くなる。また、これまで少数原子系では磁化は整列しないと思われていたが、原子構造の揺動と磁気構造の揺動が結合するために磁化は整列する。

II. 原子番号が貴金属に近いNiクラスターでは、局在した3d電子による磁性に、4s価電子による殻構造を反映した特異性が現れることが期待される。実際、スピン分極を取り入れた DV-X α -LCAO 法を用いて電子状態を計算すると、殻模型と局在3d軌道の描像で、実験の全体的な価電子準位が再現でき、クラスターサイズに対してスピン数が不連続になる。

金属クラスターの構造と安定性－電子顕微鏡観察の立場から－

東工大・総理工 三 留 正 則・高 柳 邦 夫

金属クラスターの構造を高分解能・超高真空電子顕微鏡で“その場”観察した。グラファイト下地上に金や鉛を蒸着して得られるクラスターの構造変化を、グラファイトの温度を室温から600°C程度まで変化させながら調べた。金の場合には、粒子の大きさが1 nm程度の時には、室温でも原子配列が、5回対称の多重双晶構造と面心立方構造との間で変化することが認められたが、3 nm程度になると室温では、多重双晶構造のまま変化せず、上述の様な構造変化は550°C以上に加熱したときに起こることがわかった。このように、構造変化が粒子サイズと温度に依存していることがわかった。一方、鉛のクラスターでは、温度が180°C前後で固相から液相へ、液相から固相へと変化することが認められた。

マイクロクラスターの解離過程

東北大金研 仁 科 雄一郎

従来、パルスレーザー光照射による固体表面原子の脱離現象は個々の原子がばらばらに蒸発する熱的な過程と考えられてきたが、IV族元素結晶を用いた我々の飛行時間差質量分析測定では、放出原子（イオン）は最初クラスター状に脱離し、その後100ナノ秒程度の時間尺度で種々の解離過程を経て单原子イオンに分解して行くと解釈できる結果が得られた。更に短い時間尺度（1ナノ秒）における初期のクラスター状態を解析するため、放出イオンからの発光をストリーキカメラを用いて時間／空間分解方式の測定を行った。その結果、1) 放出クラスターの主要な分解過程はレーザー照射後10ナノ秒程度で始まる、2) 分解過程は特にグラファイトに於て著しい励起光波長依存性を示す、こと等が判った。また、イオンがクラスター状に放出されることで、熱的蒸発モデルでは解釈できぬイオン高い放出効率や運動エネルギーが無理なく説明されることも判った。

半導体超微粒子の電子励起状態の光物性

東北大理 伊 藤 正

半導体の励起子光物性は、結晶サイズが数十nmに減少すると、量子サイズ効果と表面効果の為にバルクとは異なった顕著な変化を示し始める。NaCl マトリックス中に析出させた CuCl 微粒子では、数nmのサイズでの強い量子閉じ込めの下でも励起子状態は安定に存在し、サイズの減少と共に高エネルギー・シフトと分裂を引き起こす。同時に、発光寿命も増大するが、発光効率の良さから

判断して、励起子コヒーレンス長が結晶サイズにより制限を受けた結果、励起子超輻射現象が顕在化して寿命が変化したものと理解される。非線形光学現象においても結晶サイズに依存した励起子分子遷移確率の変化が起こっていると考えられる。一方、光照射による発光効率や寿命の減少は、表面・界面状態と関連しているようで、CuCl スモークで著しい。また、分子数が数百個以下のクラスターでは発光・吸収の大きな変化があり、その次元性や構造の変化との関連が期待される。

ガラス中に添加した CdS と CdSe クラスターの光学遷移

筑波大・物理工学系 新 井 敏 弘・猪 熊 孝 夫

梅 津 郁 朗・アメリコ 藤井

CdおよびS又はSe原子を混入したGeO₂ガラスを高温処理することにより、CdS または CdSe 微粒子を分散させたガラス試料を作製した。微粒子は熱拡散型成長を示す。各サイズの微粒子試料の、光吸収、光励起発光、光音響、ラマン散乱等のスペクトル及び時間分光発光を測定した。結果、微粒子サイズが励起子半径の 3 倍位より小さくなると、量子閉じ込め効果によって、エネルギー禁止帯幅が増加し始め、且つ各エネルギー帯が分裂し始めることが分かった。サイズの減少につれて、端発光の強度に対する欠陥発光の強度が増加する。これは励起電子の欠陥へ捕獲される確率が増加するためである。又、発光の減衰成分は多成分はからなっている。そのうち数十 psec、数百 psec の二成分が明確に分離できた。この両成分とも、試料を低温にすると若干遅くなるが、その遅くなり方は後者の方が大きいようである。又減衰曲線はサイズ依存性を持つが、その依存性は試料の処理条件の詳細によるようである。

金属および半導体イオンクラスターの光脱離電子分光

都立大理 阿知波 洋 次

金属や半導体クラスターの物性や反応性を解明するうえで、構造や電子状態などクラスターの微視的な性質が粒子数変化とともにどのように変わるかを明らかにすることはきわめて重要な事柄である。本研究ではクラスターの電子状態解明に有効な手段である“光脱離電子分光”を取り上げ、この方法の特徴と 2, 3 の応用例を紹介する。

クラスターの光脱離電子分光実験はおもに次の 3 つの部分から成る。1) 金属。や半導体クラスターの発生、2) 粒子数分離、3) 粒子数分離されたクラスターの光電子分光。粒子数分離をした個々のクラスターの光電子分光を行うことが上記の課題を遂行するうえで本質的な部分であるが、そのため負イオンクラスターを利用する。負イオンクラスターの光脱離で発生する光電子エネルギー分布には

終状態となる中性クラスターの電子状態が反映するので、光脱離光電子分光はクラスターの電子状態解明の手段としてきわめて有効な方法となる。

写真感光過程とマイクロクラスターの諸問題

富士写真フィルム足柄研 神 前 熙

マイクロクラスターの応用として実用的価値の大きい写真感光に関係した諸問題を紹介する。1)

潜像のサイズ：写真潜像はハロゲン銀表面にある金属クラスターで、現像可能な最小サイズは Ag_4

乃至 Au_2 と結論される。クラスター形成過程の詳細はまだ同定されていない。2) ハロゲン銀微粒子

の性質：形態とサイズ（0.05～2 μm）の制御された微粒子が得られる。粒子表面のイオン伝導度

はバルクの100～1000倍に達する。径0.01 μmの微小粒子では量子効果による固有吸収端のシフトが

みられる。3) 化学増感センター：写真感度は化学増感によって規定される。硫黄増感では表面に

ある（ Ag_2S ）ダイマーが有効な電子捕獲センターとなり、より大きいクラスターは減感をもたらす。

4) 分光増感：ハロゲン銀に吸着した色素分子はJ-会合体をつくる。J-会合体の形成は光吸収には有利であるが、分光増感効率にはマイナスに働く。その反面、種々の強色増感が可能になる。

物性研短期研究会報告

JRR-Z を用いた中性子散乱研究の成果と展望

司話人 山田 安定・遠藤 康夫
山口 泰男・好村 滋洋
伊藤 雄而

標記短期研究会が平成元年1月19, 20日の両日にわたって物性研究所講義室において開催された。この研究会の目的は、物性研将来計画の重要な一環をなす「中性子回析物性研究施設」の建設計画を念頭において、現在迄原子力研究所 JRR-Z 原子炉に付設の装置を用いて展開されて来た実験研究をレビューし、その成果を問題点を分析して将来への展開を得ようとするものである。

最初に、JRR-Z を用いて実験を行った各グループから現在迄の活動報告がなされた。これらは磁性体の磁気構造、スピニ励起から液体の構造、運動迄の多彩な研究領域をカバーしており、我が国の中性子散乱研究の多くの側面を包括的に overview するのに充分役立つものであった。一方、技術的にはかなり問題点が浮彫りになり、折角の研究意図が散乱中性子の運動量 - エネルギー空間での分解能が不足のために不発のままに終る場合も報告された。又試料環境の整備不充分の点も指摘され、特に物性研究所の極限物性グループとのより緊密な協力が要請された。

この研究会の発表内容は、別に各発表者からのくわしい活動報告書の提出をお願いし、まとめて上記研究会報告として発表の予定である。

(文責 : 山田)

プロ グ ラ ム

日 時 平成元年1月19日（木）（午後）、20日（金）（午前、午後）

場 所 東京大学物性研究所 旧棟1階講義室

1月19日（木）13：00～18：00

13：00～13：05 開 会 挨 拶 山田 安定（物性研）

[I] KID と TUNS 関連の成果 座長 好 村 滋 洋

13：05～13：25 3d-4f 金属間化合物磁性体における磁気構造 山口 泰男（東北大・金研）

13：25～13：45 Cr (Sb, As) における磁気変態 大橋 正義（東北大・金研）

13：45～14：05 重水素化物及び超伝導酸化物単結晶の構造解析 梶谷 剛

平林 真（東北大・金研）

14：05～14：25 β -Mn 合金の結晶構造 中井 裕（阪大・理）

14：25～15：00 TUNS での最近の研究 (Spin Fluctuations in High-Tc

Superconductor- $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$, Incommensurate

加倉井和久

Magnetic Structure- PrCO_2Si_2 , TbNi_2Si_2 , Haldane Conjecture - CsNiBr_3 遠藤 康夫（東北大・理）

15：00～15：20 核スピン・オーダーと中性子散乱 鈴木 治彦（東北大・理）

休 憇 15：20～15：30

[II] 原研グループの成果 座長 目 片 守

15：30～15：45 セメントの水和反応 船橋 達（原研）

15：45～16：00 β -AgZn 合金の格子不安定性 森井 幸生（原研）

16：00～16：20 非平衡過程と高温超伝導の研究 片野 進（原研）

16：20～16：40 中性子トポグラフィと精密中性子光学実験 富満 広（原研）

16：40～16：55 中性子テレビカメラの開発 皆川 宣明（原研）

[III] JRR 2 装置利用グループの成果（その1） 座長 山 口 泰 男

16：55～17：20 ケイ酸塩, リン酸塩, ゲルマン酸塩ガラスの構造解析 早稲田嘉夫（東北大・選研）

17：20～17：40 液体二元合金の構造 原田 修治（新潟大・工）

17：40～18：00 液体金属の構造 武田 信一（九大・教養）

懇 親 会 18：30～20：00（保健会館にて）

1月20日（金）9：00～16：10

[IV] JRR 2 装置利用グループの成果（その2） 座長 船 橋 達

9：00～9：25 Fe_2P の異常磁気散乱と TbNi_2Si_2 のメタ磁性 藤井 博信（広大・総科）

9：25～9：45 $\text{CeZn}_{1-x}\text{Cu}_x$ の中性子回析 上床 美也（広大・総科）

9 : 45~10 : 10 イジングスピングラス $Fe_xMn_{1-x}TiO_3$ の中性子散乱 伊藤 厚子
有賀 浩子 (お茶大・理)
吉沢 英樹, 満田 節生 (物性研)
10 : 10~10 : 35 磁気秩序形成のダイナミクスと中性子散乱 池田 宏信 (お茶大・理)

休憩 10 : 35~10 : 50

座長 遠藤 康夫

10 : 50~11 : 15 $CsCoCl_3$ における磁気秩序化過程と不純物効果 目片 守 (福井大・工)
吉沢 英樹 (物性研)
11 : 15~11 : 40 三角格子反強磁性体 $CsMnBr_3$, $CsMnI_3$ における
相移転 - New Universality の検証実験 - 網代 芳民 (京大・理)
門脇 広明 (物性研)
11 : 40~12 : 00 金属磁性と中性子散乱 元屋清一郎 (埼玉大・理)

昼食 12 : 00~13 : 00

[V] PANSI と ISSP-NDI 関連の効果 座長 藤井 博信
13 : 00~13 : 15 PANSI の改造について 西 正和, 伊藤 雄而 (物性研)
13 : 15~13 : 30 NSM 用 multilayer の試作 高橋 四郎, 伊藤 雄而 (物性研)
13 : 30~13 : 45 $TlFeS_2$ の磁気励起 D. Welz, 西 正和
伊藤 雄而 (物性研)
13 : 45~14 : 00 $CsFe_{95}(Ga)_{5}S_2$ の磁気と構造相転移 伊藤 雄而
原田 三男, 西 正和
D. Welz (物性研)
14 : 00~14 : 20 絶縁体化合物混合晶系におけるスピングラス 吉沢 英樹
満田 節生, 門脇 広明 (物性研)
14 : 20~14 : 40 一次相転移の前駆現象 山田 安定, 濑戸 秀紀 (物性研)

休憩 14 : 40~14 : 50

[VI] 改造 3 号炉への展望 座長 山田 安定
14 : 50~15 : 10 高温超伝導材料研究に果すべき中性子小角散乱の役割 好村 滋洋 (広大・総科)
15 : 10~15 : 25 改 3 号炉における中性子スピニ・エコー法への期待 武田 隆義 (広大・総科)
15 : 25~15 : 45 我国の中性子散乱研究の一つの方向 遠藤 康夫 (東北大・理)
15 : 45~16 : 05 改 3 号炉に於ける生体物質研究 (生体分子の階層構造と機能)
新村 信雄 (東北大・核理研)
16 : 05~16 : 10 閉会挨拶 伊藤 雄而 (物性研)

物性研短期研究会報告

走査型トンネル顕微鏡の現状と評価

世話人 西川 治, 櫻井 利夫
兵藤 申一, 小野 雅敏

プログラム

期 日 1989年1月27日(金)(午後), 28日(土)(午前)

場 所 東京大学物性研究所 旧棟1階講義室

1月27日(金)(第1日)

13:00~15:30

はじめに

兵藤 申一(明大工)

Study of metal surfaces by STM (45分)

Y. Kuk (AT&T Bell研)

電子状態理論の立場から(30分)

塚田 捷(東大理)

Si(111) 7×7及びGe(111) 5×5のSTM像(30分)

細木 茂行(日立中研)

水溶液中のSTM測定(30分)

森田 清三(岩大工)

御子柴宜夫(東北大通研)

15:45~18:00

Si(111), (100)の表面観察(45分)

徳本 洋志(電総研)

探針走査型超音波顕微鏡(Scanning Tip Ultrasonic Microscope)(30分)

魚住 清彦(青学理)

MoS₂上の金の成長のSTM観察(30分)

市ノ川竹男(早大理工)

STMによる有機超伝導体の表面観察(30分)

河津 章(東大工)

1月28日(土)(第2日)

9:00~10:30

Characterization of semiconductor surfaces by STM and STS(45分)

R. J. Hamers(IBM T.J. Watson研)

STMによる半導体表面の観察(45分)

富取 政彦(東工大総理工)

10:45~12:15

STMによる化学分析(30分)

合志 陽一(東大工)

マイクロトライボロジーとSTM/AFM/FFM(30分)

金子 礼三(NTT電子応用)

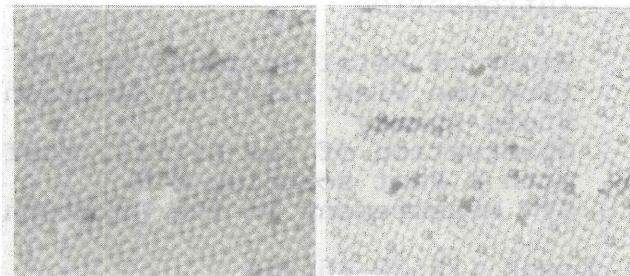
Combined Field Ion-Scanning Tunneling Microscope(30分)

橋詰 富博(東大物性研)

ISSP MINI-SYMPOSIUM

on

SCANNING TUNNELING MICROSCOPY



Date: January 27-28, 1989

Place: ISSP, The University of Tokyo

22-1 Roppongi 7-chome

Minato-ku, Tokyo

JAPAN

Organizers: Professor S. Hyodo (Meiji University)
Dr. T. Hashizume (ISSP)
Professor O. Nishikawa (TIT)
Dr. M. Ono (ETL)
Professor T. Sakurai (ISSP)

PROGRAM

Jan. 27 afternoon (13:00-)

- | | |
|----------------------|---|
| S. Hyodo | Introduction |
| Y. Kuk
M. Tsukada | Study of Metal Surfaces by STM
From the View Point of Electronic
State Theory |
| S. Hosoki | Observation of the Si(111) surface
with a Fast scanning STM |
| S. Morita | STM Measurement in the Solution |
- break (15:30-15:45)
- | | |
|---------------|---|
| H. Tokumoto | STM Observation of the Si(111)7x7
and Si(100)2x1 surfaces |
| K. Uozumi | Possibility of a Novel Scanning
Ultrasonic Tip Microscope |
| T. Ichinokawa | Movement of Au Islands Evaporated on
a Mo Surface During STM Observation |
| K. Fujita | Observation of an Organic Surface by
STM |

Social (18:30-)

Jan. 28 morning (9:00-)

- | | |
|--------------|--|
| R. J. Hamers | Probing Surface Electronic Structure
with the STM |
| M. Tomitori | STM Observation of Semiconductor
Surfaces and Questions of the STM tips |
- break (10:35-10:45)
- | | |
|--|---|
| Y. Gohshi
R. Kaneko
T. Hashizume | Chemical Analysis by the STM
STM/SFM/FFM for Micro-tribology
Combined Field Ion-Scanning Tunneling
Microscopy and Its Applications |
|--|---|
- O. Nishikawa Closing Remark

**Study of Metal Surfaces
by Scanning Tunneling microscopy**

Y. Kuk

AT&T Bell Laboratories

Murray Hill, New Jersey 07974

STM has successfully revealed the structure of semiconductor and graphite surfaces with atomic resolution. Metals, on the other hand, have not been studied by many groups, perhaps because atomic imaging of metal surfaces generally requires higher lateral and vertical resolution.

In this talk I will discuss the reconstructions of various clean and chemisorbed metal surfaces (Au, Ni, Cu....). Geometrical structure of surfaces will be compared with their electronic structure. Recent results on Cu(110)-O and Si₁₀ cluster will be discussed.

From the View Point of Electronic State Theory

M. Tsukada

Department of Physics, Faculty of Science, University of Tokyo
Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo 113 Japan

Theory of the analysis of STM image and STS spectra has not been well developed. One of the reason may be the lack of any definite informations about the microscopic structure of the tunnel active region on the tip. Thus most of the previous theories could not go beyond the level of phenomenology.

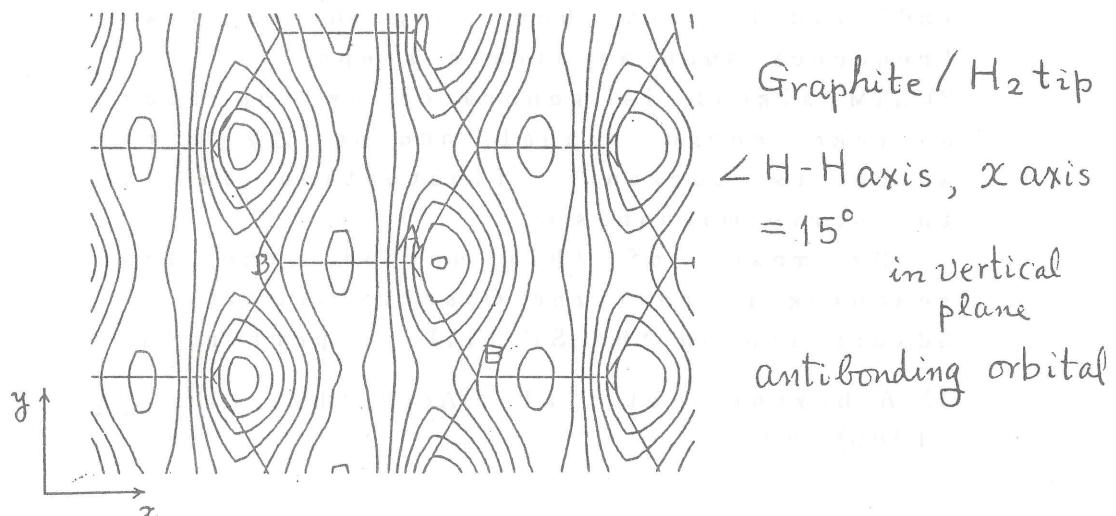
In this talk I present the newly developed theory for the analysis of STM and STS based on the microscopic electronic states of Surface/Tip system and results of numerical simulations. Tunnel conductance is given in the LCAO scheme by

$$\frac{dI}{dV} = \frac{2\pi e^2}{\hbar} \left[\sum_{i,p} \sum_{j,q} \sum_{\nu} C_{ip}^{\nu}(R) C_{jq}^{\nu*}(R) \delta(E_F - eV - E_{\nu}) \right] G_{ip,jq}^S(E_F - eV)$$

$$C_{ip}^{\nu}(R) = \int_{\Omega_T} d\mathbf{p} \phi_p^*(\mathbf{p} + R - R_i) V_T(\mathbf{p}) \psi_{\nu}(\mathbf{p})$$

where R is the "probe point", $G_{ip,jq}^S(E)$ is the surface Greens function, ϕ_p , ψ_{ν} are the orbital of the surface atom and the eigenfunction of the tip, and V_T is the tip potential.

The surface Green's function and the tip eigenfunctions are calculated by the first-principles LDA method. Based on the above formula, we have calculated STM images of some interesting systems, and studied the effect of the microscopic structure of the tunnel active region on the tip. Some interesting systems as C_6H_6/W_5W_4 tip and graphite/ H_2, H_3 tip are discussed.



Observation of Si (111) Surface
using a Fast Scanning STM

Central Research Lab. Hitachi Ltd.
S. Hosoki

STM imaging for a short interval is a desired technique for the purpose of in-situ observation of gas adsorption. Fast scanning technique using simple current image has been performed already for graphite observation.¹⁾ However, it is difficult for taking real time image of changing surface using such interlace scanning of raster line.¹⁾

A probe tip should be servo when the sample surface is growing. Here, the fast scanning method as follows is presented.

- 1) A probe tip is servo-assisted by average surface that is not respond to higher frequency, Δz corresponding an individual atom but respond to lower frequency such as atomic steps.
- 2) STM signal is generated by the above average servo signal adding Δz error which is current fluctuation due to the servo mechanism.

By means of this method, the fast scanning is realized. Observation of adsorption on the Si (111) is performed.

- 1) A. Bryant et al. : Appl. Phys. Lett. 48 (1986) 832

STM Measurement in the Solution

Seizo Morita

Department of Electronic Engineering,
Faculty of Engineering,
Iwate University, Morioka 020

Nobuo Mikoshiba

Research Institute of Electrical Communication,
Tohoku University, Sendai 980

It is well known that the electrochemical reaction and the surface roughness of the electrode in a solution can be controlled by the method of electrochemistry using a potentiostat. However, the use of a conventional electron microscope with a high resolution has been limited to a vacuum, so that microscopic studies of electrochemically treated surfaces have only been done in a vacuum. Recently, scanning tunneling microscopy (STM) rapidly progressed as a powerful new tool for *in situ* characterization of electrode surfaces in solutions, because STM can be used even in solutions with a high resolution.

In the present experiment, we investigated the *in situ* STM images sequentially at the same

places of polycrystalline Ag and Au electrodes in a 0.1 M KCl solution. By decreasing the potentiostatic voltage, we found the following effects of potential decrease on the STM images: For the Ag electrode, ① the surface corrugation varies suddenly from a flat to a rough surface by the decrease of the potential around the equilibrium potential of AgCl formation/reduction processes. ② The surface becomes more and more smoother with decreasing the potential further in the cathodic range. We conjectured that this phenomenon is related to the rearrangement of the Ag surface caused by the desorption of Cl^- specific adions from the active sites. For the Au electrode, the roughening effect by Au complex ion reduction on the Au surface competes with the smoothening effect by desorption of Cl^- specific adions. As a result, we found the following effect of the potential decrease: ③ After the sudden decrease of the potential from the anodic to cathodic range, the surface becomes flat at first and then becomes rough. We conjectured that after the smoothening of the Au surface by the desorption of Cl^- specific adions, the roughening of the Au surface by the Au complex ion reduction occurs successively.

STM Observation of Si(111)7x7 and Si(100)2x1 Reconstructed Surfaces

Hiroshi Tokumoto, Electrotechnical Laboratory

In ETL, we have been developing the UHV-STM apparatus suitable for studying semiconductor surfaces and have succeeded in observing clean Si surfaces. In this lecture, I will talk about the construction of our UHV-STM and its performance with showing atomic images of Si(111)7x7 and Si(100)2x1 reconstructed surfaces. My talk is summarized as follows:

- (1) We have succeeded in constructing the UHV-STM suitable for studying the local solid state physics.
- (2) Our system covers the very large scanning area up to $200 \times 200 \text{ nm}^2$ which is necessary for studying the defect on surfaces, atomic steps, adsorption process on surfaces, and etc.
- (3) In our system, the STM image data can be recorded on the VTR continuously in time and in space which is necessary for studying the adsorption/desorption processes, avoiding the thermal drift problem, and etc.
- (4) Si(111)7x7 reconstructed surfaces have been successfully observed: Anisotropic atomic steps; Surface defects; Difference between filled and empty states; Initial stages of adsorption processes of oxygen and hydrogen atoms.
- (5) Si(100)2x1 reconstructed surfaces have been successfully observed: Atomic steps; Surface defects; Partially p(2x2) and c(4x2) structures in the vicinity of defects.
- (6) Others: UHV-STM apparatus equipped with sample cleavage mechanism and/or MBE chamber.

Possibility of a Novel Scanning Ultrasonic Tip Microscope

K. Uozumi

College of Science and Engineering, Aoyama Gakuin University

In the scanning tunneling microscopy of samples having non-conducting surface layers, it is almost always dubious whether the scanning tip contacts the surface or not. If we could detect the contact of the tip against the surface by any means, a new microscope is likely invented. We have successfully detected mechanical contact of the tip in nanometer scale. Possibility of SUTM (Scanning Ultrasonic Tip Microscope) is discussed.

Ultrasonic pulse of about 1.4 MHz has been launched by a piezoceramic transducer which was glued to the back end surface of the tip (W: 1 mm ϕ , electrochemically polished). Conventional ultrasonic pulse-echo method has been applied. Amplitude and/or phase of the reflected echoes change if the tip contact a sample surface. The pulse superposition method which is known as one of the phase sensitive methods to measure ultrasonic velocity has been applied to detect the phase changes. Figure 1 shows the block diagram of the system. STM is available with the same tip.

It is essentially necessary for the pulse superposition method that good echoes with exponentially decaying amplitude should be observed. An example of a good train of echoes is shown in Fig. 2. Phase change output accompanied by the tip contact in nanometer scale has successfully been observed. Preliminary results of line scans are shown and qualitatively discussed.

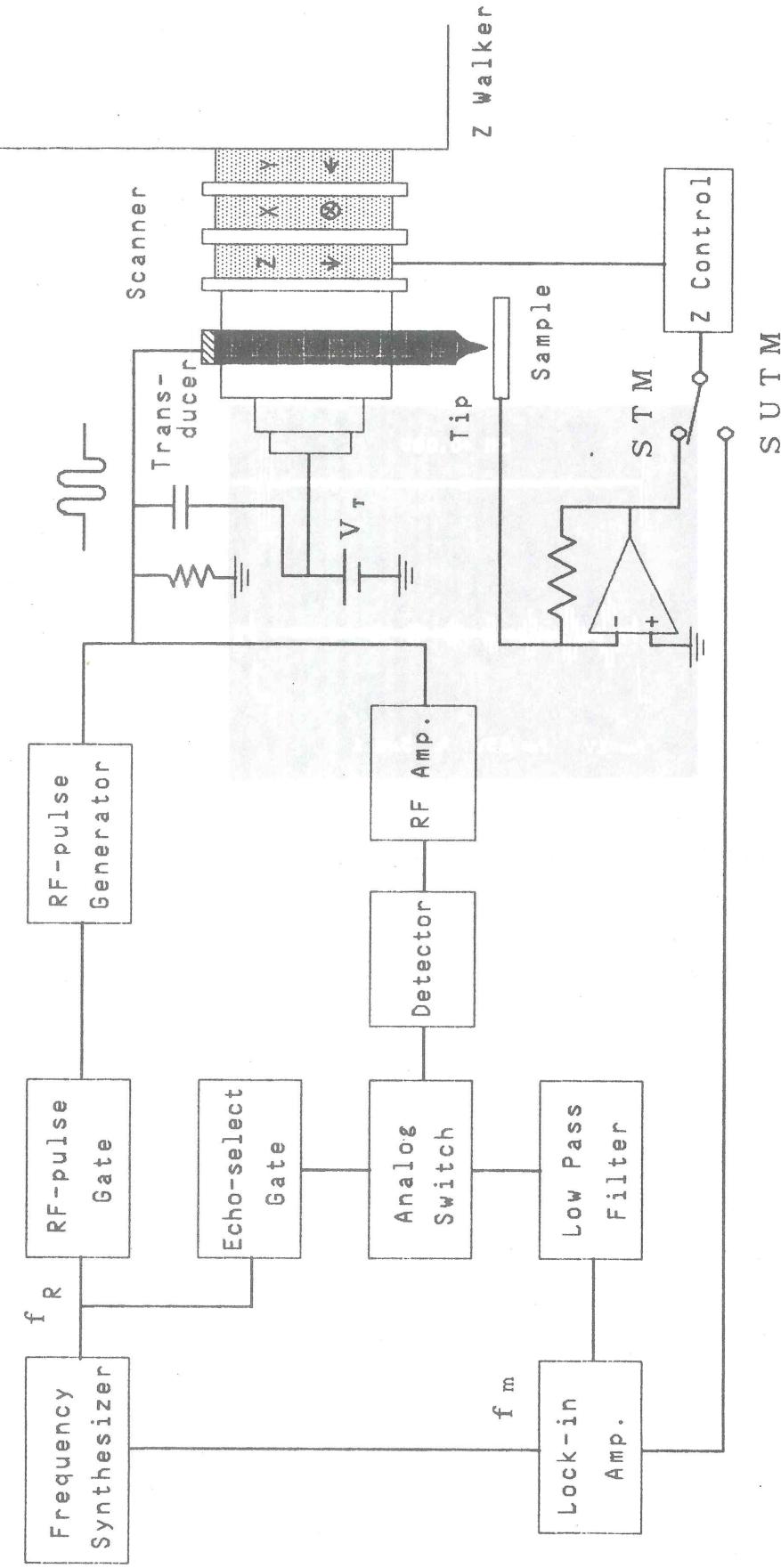


Fig. 1 Block diagram of Scanning Ultrasonic Tip Microscope.

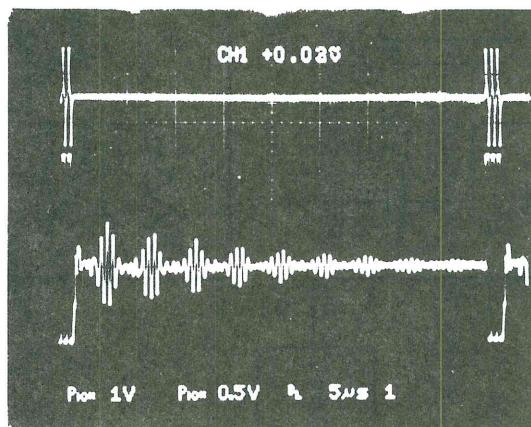


Fig. 2 Ultrasonic pulse echo pattern ($5 \mu\text{s}/\text{div}$).

MOVEMENT OF GOLD ISLANDS EVAPORATED ON A MOLYBDENITE
SURFACE DURING OBSERVATION BY STM

T. Ichinokawa, T. Ichinose and M. Tohyama

Department of Applied Physics, Waseda University,
3-4-1, Ohkubo, Shinjuku-ku, Tokyo 160 Japan

Epitaxial growth of Au film on MoS_2 surface has been studied by many workers and it is well known that these films (Au/ MoS_2) are formed by island growth in the Volmer-Weber mode. Bahl et al [1] discussed the relationship between surface defects and nucleation process on the MoS_2 surface.

In the present experiment, surface defects at the MoS_2 surface and evaporated Au islands on MoS_2 surface are observed by a scanning tunneling microscope (STM) at a pressure of 10^{-6} Torr.

The high resolution STM images were taken of a clean MoS_2 surface and an example is shown in Fig.1. The atomic arrangement of MoS_2 surface of a hexagonal structure with a spacing of 3.2 \AA was clearly observed in the top-view mode. The atomic arrangement is almost perfect, but there are some defects in the atomic arrangement as shown in Fig.2. The defect density is very small less than $10^4/\text{cm}^2$.

Figure 3 is a series of images taken by continuous exposures at every four frames of Au islands evaporated on MoS_2 surface. In Fig.3, we can observe a number of Au islands from several monolayers to 20 \AA in height. By the continuous observations at room temperature, it was found that flat islands moved against other islands as shown in Figs. 3a to 3d. These figures were taken just after the specimen setting, hence the specimen drifted against the tip at a speed of 1 \AA/s according to the mechanical creep of actuator elements. In Fig.3, the specimen moved upward and the positions indicated by arrows and small circles show the relative displacement between islands. In the observation of other areas, we watched abrupt movements of islands during one horizontal scan.

If we assume a simple model of a spherical tip of radius a and its center

located at $r/2$ from the island surface, the electro-static force F between tip and island is given by

$$F = \frac{2\pi \epsilon_0 a^2 V^2}{r^2} \left(1 + \frac{2a}{r} + \frac{3a^2}{r^2} + \dots \right)$$

where ϵ_0 is a dielectric constant of vacuum and V an applied potential to the tip. In the present experiment, $V=100$ mV, $a=5$ Å and $r/2=10$ Å, then the attractive force between them is 10^{-13} N. If an island is 100 Å in diameter, 10 Å in height and 2×10^4 kg/m³ in mass density, the gravity acting on the island is 10^{-19} N. The electro-static force is much greater than gravity.

The critical shear stress, σ_c , to move the island by this force on the MoS₂ is $1 \sim 10$ N/m². This value is several orders smaller than the critical shear stress of plastic flow for perfect crystals, 10^9 N/m², and for crystals with dislocation, 10^6 N/m².

The further experiment for nucleation process of Au islands on the MoS₂ surface is in progress with related to surface steps and surface defects.

Reference

- [1] O.P. Bahl, E.L. Evans and J.M. Thomas, Proc. Roy. Soc. A.306, 53 (1968).

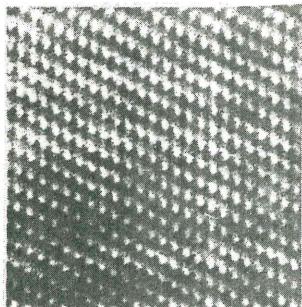


Fig.1

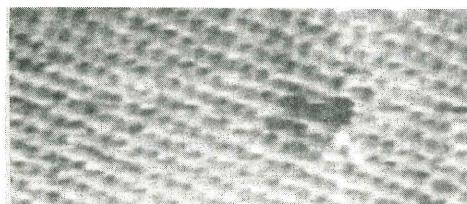
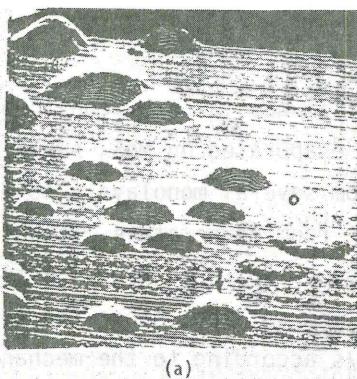
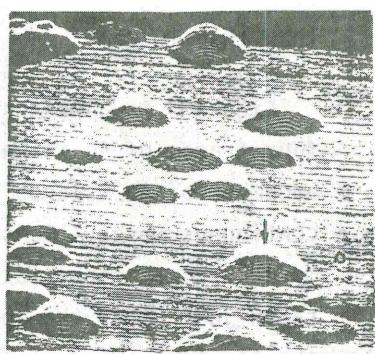


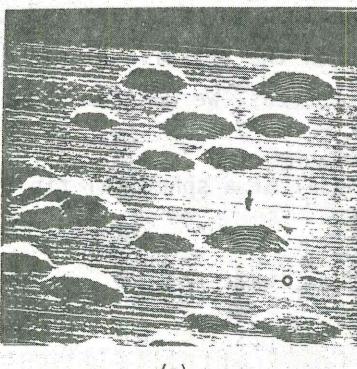
Fig.2



(a)



(b)



(c)

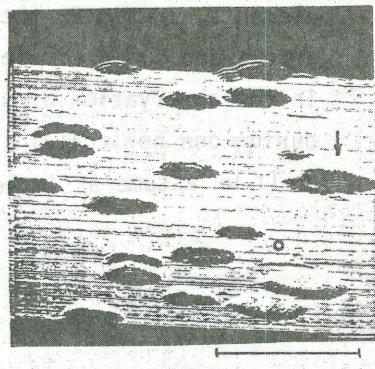


Fig.3

Observation of an Organic Conductor
Surface by Scanning Tunneling Microscope

Ken Fujita, Masamichi Yoshimura,

Hidemi Shigekawa and Akira Kawazumi

Department of Applied Physics, Faculty of Engineering,
The University of Tokyo, Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo, Japan

An STM (scanning tunneling microscopy) study in air was performed on the surface of an organic conductor, (BEDT-TTF)₂Cu(NCS)₂, at room temperature. This material, which consists of cations (BEDT-TTF)₂⁺ and anions Cu(NCS)₂²⁻, is two dimensionally conductive, and becomes superconducting at ambient temperatures below 10.4K. The structure of the material determined by X-ray diffraction is a monoclinic crystal having the following lattice constants; $a=1.6248$ nm, $b=0.844$ nm, $c=1.3124$ nm, $B=110.30$ deg., and $V=1.688$ nm³.

In the STM we constructed, a piezoelectric tripod was used to realize fine three-orthogonal motion of the tip. For coarse adjustment in the z direction we used a combination of a micrometer and a step motor. The performance of our STM was examined first by observing the surface of highly oriented pyrolytic graphite (HOPG).

The b-c plane of (BEDT-TTF)₂Cu(NCS)₂ was observed at a constant current mode ($V_t=-0.3$ V, $I_t=3$ nA). A single crystal of the material was prepared by an electrochemical oxidation technique to be used as samples. The crystal had the shape of a distorted hexagonal plate with dimensions of about 3x1x0.05 mm³. The long direction corresponded to the b-axis, while the c-axis lied in the plate plane perpendicular to the b-axis. Periodic arrays parallel

to the c-axis were observed. The distance of those lines was found to be 0.4 nm, which equals to the neighboring BEDT-TTF molecular lines (0.4222 nm , half of the lattice constant along the b-axis determined by X-ray diffraction).

As a summary, using an STM we succeeded in observing the surface structure of the organic conductor $(\text{BEDT-TTF})_2\text{Cu}(\text{NCS})_2$ in air and at room temperature. We obtained an STM image representing the molecular arrangement of the material projected onto the b-c plane. The line-to-line distance of the BEDT-TTF molecules, thus determined from the STM image, was compared with the value calculated from the crystal lattice constants determined by X-ray diffraction. The two values agreed very well.

Our cordial thanks are due to our colleagues S.Fukatsu of the University of Tokyo for his helpful discussion, H.Urayama and Prof.G.Saito of the Institute of Solid State Physics for their helpful discussion and preparaion of samples, M.Kawabata of our Department for his technical support.

[1] H.Urayamam, H.Yamochi, G.Saito, S.Sato, A.Kawamoto, J.Tanaka, T.Mori, Y.Maruyama, H.Inokuchi: Chem.Lett., 1988, 436(1988).

Probing Surface Electronic Structure
with the Scanning Tunneling Microscope

Robert J. Hamers

IBM Research Division

T.J. Watson Research Center

P.O. Box 218

Yorktown Heights, N.Y. 10598

STM images acquired at different voltages often demonstrate vastly different structure, resulting from spatially-dependent variations in the local electronic structure. More detailed information can be obtained from measurements of the local tunneling I-V characteristics. On Si(100), for example, voltage-dependent STM imaging and local I-V measurements permit the identification of defects with states at the Fermi energy which are responsible for Fermi level pinning. By performing such measurements as a function of lateral separation, it is possible to directly measure the effective size of a defect from its electronic properties.

This talk will discuss the application of voltage-dependent STM imaging and local tunneling spectroscopy to the study of atomic-sized defects on Si(001) and other surfaces.

STM Observation of Semiconductor Surfaces and the Questions of the Scanning Tips

Masahiko TOMITORI

The Graduate School at Nagatsuta
Tokyo Institute of Technology

Since the introduction of the scanning tunneling microscope(STM) by Binnig and Rohrer, the surface topography of various samples has been successfully depicted on atomic scale. Today the STM has been recognized as one of the most powerful tool in surface science. Many researchers modified the original model designed by Binnig and Rohrer and developed various unique STM with a vertical resolution of higher than 0.1\AA and a lateral resolution of $2\text{-}3\text{\AA}$. Care has been paid to lower the noise levels of the electronic circuits and to reduce the vibration amplitude less than 0.1\AA . However, question remains on the arrangement, species and stability of the atoms at the scanning tip apexes. It is highly probable that an electron orbital protruding out of the apex atom and confined in an atomic size results in the depiction of the true surface topography with an atomic resolution. Occasionally, we observed unexpected and ordered STM images. The careful examinations of the images indicate that the unexpected images are the Si(111) 7×7 reconstruction traced by a double tip, which has two apex atoms

passing the tunneling current as pointed by Park et al. After few minutes' scanning the depiction of the original STM image of the reconstruction was resumed. This means that the atomic arrangement at the tip apex is not steady during the scanning even at room temperature. Thus careful examination is required to analyze anomalous and irregular surface structures. Moreover, the lateral and vertical resolutions vary with the profile of the tip apex. For example, the surface corrugation depicted by a single atom sitting on an extended and flat uppermost atomic layer at the tip apex is smaller than by a single atom on a small underneath layer, because the ratio of the tunneling current passing through the underneath layer to the specimen surface to that through the single apex atom increase with the extension of the underneath layer. Furthermore, adsorbed atoms may enhance the electron orbitals of the apex atom providing a better resolution. Accordingly, it is indispensable to evaluate and control the tip shape to improve the reliability of the STM. One approach to evaluate the role of the apex atoms is to examine the depicted terraces and steps of the Si(111) planes paying attention to the depicted profiles of single and double double-layer steps. So we are now developing a combined instrument of an A-P(Atom-Probe) and an STM to obtain a well-defined scanning tip apex.

Chemical Analysis by STM

Univ. of Tokyo, Faculty of Engineering
Y.Gohshi K.Miyamura A.Okumura

Tunneling Spectroscopy has long been used to study surface electronic density of states of semiconductor, superconducting energy gap, etc. Molecular vibrational and electronic spectra are also detected by placing molecules between two electrodes and is established as IETS(Inelastic Electron tunneling Spectroscopy). However, there are some disadvantages in IETS, especially in the sample preparation, i.e., destruction of samples, difficulty in preparation of tunneling junctions, etc. These disadvantages are now able to be avoided by replacing the junction with controlled space gap using the recently developed STM technique. Thus, by using STM technique, the electronic states or superconducting energy gaps are measured. STM is expected to be an effective method for chemical application, as it has an atomic or molecular resolution and can be operated in air or even in liquid. A method to detect molecular vibrational spectrum by STM technique enables the analysis of molecular species at the surface by a specific profile of function groups characteristic to the molecule. STM as a new analytical microscope with molecular resolution is now a target within our sight.

We are aiming at taking spectroscopic images of the surface, and the molecules adsorbed there. For that purpose, it is necessary to construct an STM system that measures the tunneling current - bias voltage(I-V) data at any point on the surface and STM at the same time. Hence, a system which can rapidly take huge amount of I-V data. I-V sampling data can be chosen up to 1024 in number taking into account of calculating the first and the second derivative characteristics of I-V. Sampling of one I-V data at a point takes 20 micro seconds and transferring of one data takes 2 micro seconds(at minimum). Fig 1 shows a block diagram of our present measurement system.

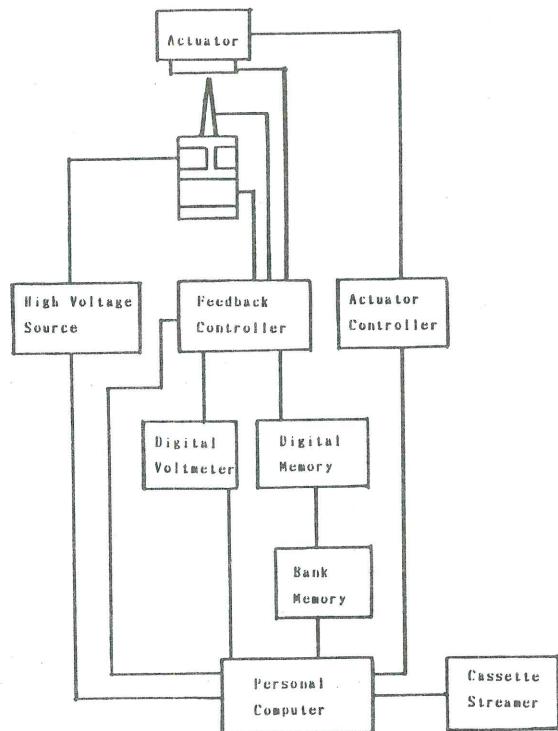


Fig 1 The measurement system

The servo controller starts sweeping bias voltages by the command by the personal computer, and then sends integrated current data to the digitizer. 16 bit A/D is used to detect small variation of current. The whole amount of data (20 Mbyte at maximum) is temporally stored in the bank memory, and then stored in cassette tapes.

We measured Cu-Phthalocyanines(Cu-PC) adsorbed on graphite with this system. The sample were prepared by dropping off quinoline solution of Cu-PC on a cleaved graphite surface. Fig 2 shows a topographic image on this sample ($V_b=500\text{mV}$, $I_t=2\text{nA}$, $20\text{Ax}20\text{A}$). Corrugations of about 10\AA cycle can be observed, which accords with STM image to the size of a Cu-PC molecule. In another region of the sample, STM image seems exhibit Cu-PC molecules stacking face to face with several molecules. The I-V characteristics were also measured at each pixel of the topographic image of Fig 2. Fig 3 shows 16 sets of I-V data taken at continuous pixels. It is characteristic to these I-Vs (and also to others) that the current at positive bias voltages tend to be larger than the negative voltages (sample is biased). Such an asymmetry was not observed for clean surface of graphite, so it should be attributed to the presence of Cu-PC molecules. More detailed studies on this sample are now underway.

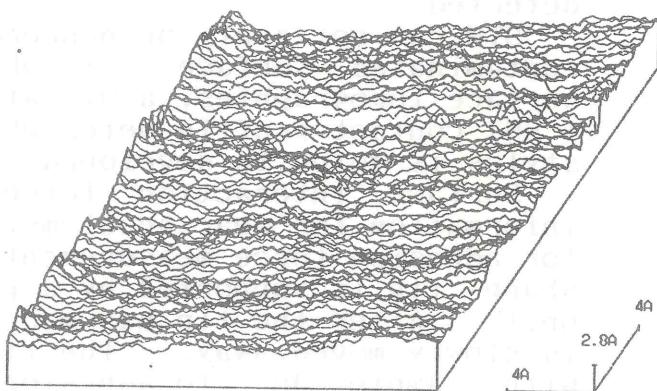


Fig 2 An STM image of Cu-PC/graphite

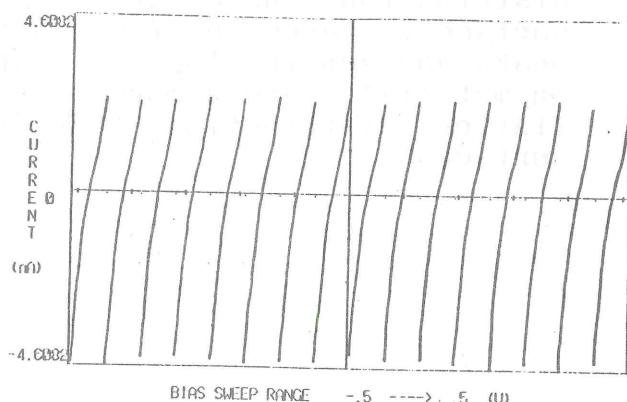


Fig 3 I-V characteristics of Cu-PC/graphite

STM/AFM/FFM FOR MICRO-TRIBOLOGY

Reizo Kaneko
NTT Applied Electronics Laboratories
Musashino-shi, Tokyo 180, Japan

In designing magnetic storage devices, the nanometer-level wear problem must be considered. In addressing this problem through the discipline of micro-tribology, the physical and chemical properties of surfaces rather than mechanical characteristics of materials are the areas of study.

STM is applied to observe surface topographies with nanometer resolution, and small projections on sliding surfaces which will cause wear are detected.

STM can not apply on nonconductive, oxidized or contaminated surface. To observe nonconductive surface topographies, a ultralight load (less than 1 uN) contact profile meter which has a very sharp stylus is going to developed.

Surface interaction forces provide important information for wear problems. A simple mechanism for adhesion force measurement was developed. A sharp tip is supported by a parallel leaf spring unit. After the tip has made contact, the sample is slowly moved away. The tip remains in contact with sample due to adhesion force. When the spring force exceeds the adhesion force, the tip suddenly detouches from the surface and returns to its initial position. Adhesion force is calculated from spring force. Adhesion force distributions have many peaks. With lubricated surfaces, adhesion force distributions have low peaks and gentle slopes. Adhesion forces depend on materials, and a mono-crystalline surface has a flatter distribution than that of a sputtered surface.

Frictional forces are also measured by detecting spring displacement. But, in measuring frictional forces on relatively rough surfaces, using very sharp tips, significant stick-slip motions are observed, and continuously varying dynamic frictional forces can not be measured. To measure continuous friction distributions an improved FFM (Frictional Force Microscope) was developed. The FFM has an electromagnet to control the tip suspension spring in a non-deflected position. Frictional force is then measured from the current of the magnet. Using this FFM, continuous friction distributions between 0.1 μm radius diamond tips and sputtered carbon surfaces on textured disk are measured with a light load (1 μN). The friction distribution of a lubricated surface has low peaks and gentle slopes like the adhesion force distribution of a lubricated surface.

In measurements with conventional test methods, such as with large radius ball tips, friction and adhesion forces of magnetic recording medium surfaces are generally shown to be almost constant. But, in the high resolution measurements, these forces are shown to change considerably with surface location. Thus these measurements verify that medium surfaces are not homogenous. Lubricants act to homogenize friction and adhesion force distributions on surfaces.

Sharp adhesion force peaks may be caused by surface defects or contaminated spots. Lubricants will mask defects and prevent contamination. But, these explanations still remain hypothetical.

Combined Field Ion-Scanning Tunneling Microscopy
and Its Applications

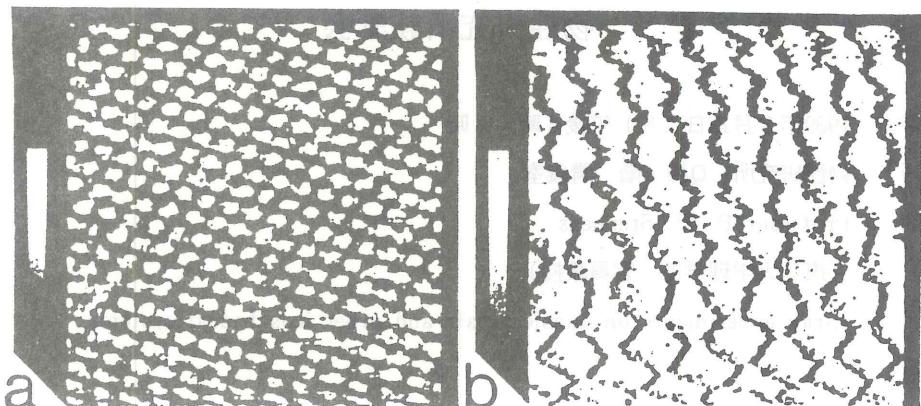
T. Hashizume*

Institute for Solid State Physics
The University of Tokyo
Roppongi, Minato-ku, Tokyo

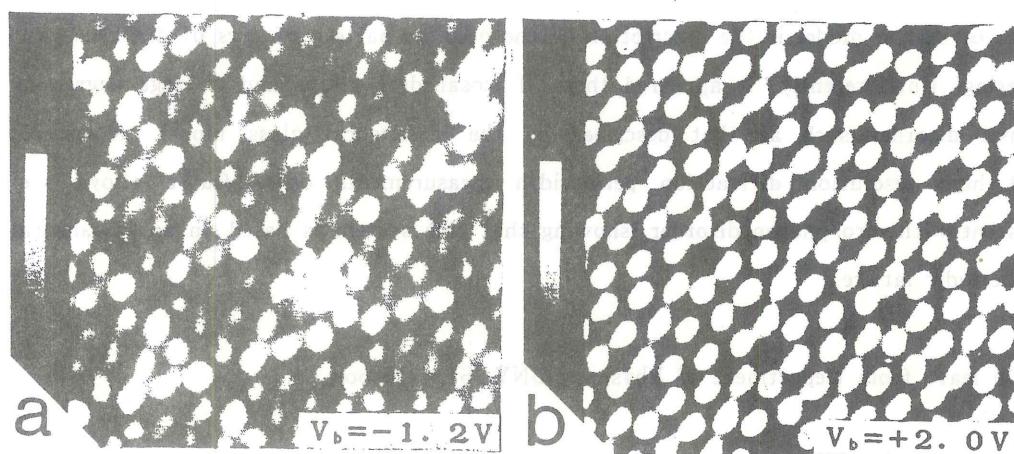
A combined field ion (FIM) and scanning tunneling microscope (STM), which we call "FI-STM," was designed, constructed with multiple surface analytical functions. The FI-STM is equipped with a LEED/AES system and a sputtering gun and/or heating devices for preparing and characterizing specimen surfaces. The field ion microscope (FIM) is operated at room temperature to observe the geometry of the STM scanning tip in-situ in the course of STM investigations.

The instrument has been operated successfully by observing the structures of the graphite (0001), Si (111) 7x7, and Si(100) 2x1 surfaces. Alkali metal adsorption on various Si surfaces is also being studied. The details will be discussed.

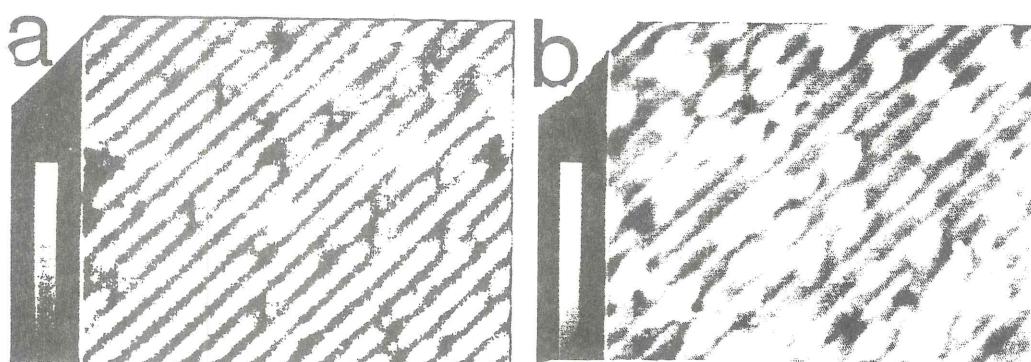
*in collaboration with T.Sakurai, I.Kamiya, Y.Hasegawa, T.Ide, I.Sumita, A.Sakai, H.Tochihara, M.Kubota, Y.Murata, and S.Hyodo



STM images of graphite (0001) surfaces.



STM images of the Si(111) 7x7 surfaces.



STM images of the Si(100) 2x1 surfaces.

物性研究所談話会

日 時 1989年2月13日（月）午後4時～5時

場 所 物性研究所 Q棟1階 講義室

講 師 Professor P. W. Stephens

(所属) (東北大学理学部 客員教授)

題 目 X-ray experiments on quasicrystals and other icosahedral systems

要 旨 :

One of the useful models of icosahedral alloys has been that of an icosahedral glass: unit cells from related crystalline phases packed randomly to produce a system with icosahedral bond orientational order, but a large degree of translational disorder. The most recent success of such a model is the description of the peculiar pattern of arcs of diffuse x-ray scattering. Until recently, it appeared that all icosahedral alloys had a large degree of intrinsic disorder such as that described by the icosahedral glass model. However, recent high resolution diffraction peak-width measurements on Al-Cu-Fe alloys are consistent with zero phason disorder, showing that this system is based on an icosahedral quasiperiodic lattice.

* On leave from Department of Physics, SUNY, Stony Brook.

東京大学物性研究所の助手公募の通知

下記により助手の公募をいたします。適任者の推薦、希望者の応募をお願いいたします。

(1) 研究室名及び公募人員数

凝縮系物性部門 安岡研究室 助手 1 名

(2) 研究内容

本研究室は金属及び化合物における電子相関の、磁性や超伝導に対する役割を主として核磁気共鳴（NMR）法を用いて解明することを目標としている。今回の公募では、過去の実験、理論の経験は問わず、NMR によるこの分野の実験的研究に強い意欲のある若手研究者を望む。

(3) 資 格

修士課程修了、またはこれと同等以上の能力を持つ人。

(4) 任 期

5 年以内を原則とする。

(5) 公募締切

平成元年 3 月 31 日（金）（必着）

(6) 就任時期

決定後なるべく早い時期を希望する。

(7) 提出書類

(イ) 推薦の場合

- 推薦書（健康に関する所見を含む）
- 履歴書（略歴で可、学位名、単位取得のみ・論文提出中等を明示のこと）
- 主要業績リスト（必ずタイプすること）及び主な論文の別刷

(ロ) 応募の場合

- 履歴書（学位名・単位取得のみ・論文提出中等を明示のこと）
- 業績リスト（必ずタイプすること）及び主な論文の別刷
- 所属の長又は指導教授等の本人についての意見書（宛先へ直送のこと）
- 健康診断書

(8) 宛 先

〒106 東京都港区六本木 7 丁目 22 番 1 号

東京大学物性研究所 総務課 人事掛

電話 03 (478) 6811 内線 5004・5022

(9) 注意事項

凝縮系物性部門 安岡研究室助手応募書類在中、又は意見書在中の旨を表記し、書留で郵送のこと。

(10) 選考方法

東京大学物性研究所教授会で審査決定いたします。ただし、適任者のない場合は、決定を保留いたします。

平成元年2月6日

東京大学物性研究所長

守 谷 亨

人事異動

所 属	職・氏名	発令年月日	異動内容
事務部	用度掛 中山 雅治	平成元. 1. 31.	辞職

Technical Report of ISSP 新刊リスト

Ser. A

- No. 2067 Stabilization of a CW Mode-Locked YAG Laser Using Feedback with an Acousto-Optic Modulator. by Takahiro Matsumoto, Motoyoshi Baba, Takahiro Kuga and Masahiro Matsuoka.
- No. 2068 Electronic Structure of Magnetic Semiconductor $CdCr_2Se_4 : Cr$ 3 d Partial Density of States and p-d Hybridization. by Masaki Taniguchi, Atsushi Fujimori and Shigemasa Suga.
- No. 2069 Reentrant Spin-Glass Transition and a Mixed Phase in an Ising System $FexMn_{1-x}Ti_3$. by Hideki Yoshizawa, Setsuo Mitsuda, Hiroko Aruga and Arsuko Ito.
- No. 2070 Nonlinear Dynamical Relaxation Processes in Semiconductor-Doped Glasses at Liquid N₂ Temperature. by Makoto Tomita, Takahiro Matsumoto and Masahiro Matsuoka.
- No. 2071 Phase-Sensitive Detection of Magneto-Resistivity by Four-Probe Technique in Pulsed High Magnetic Fields. by M. von Ortenberg, W. Staguhn, F. Bobel, Shojiro Takeyama, Toshiro Sakakibara and Noboru Miura.
- No. 2072 Yellow Series Excitons of Cu₂₀ in Megagauss Magnetic Fields. by Masaaki Kobayashi, Kiyoshi Kanisawa, Akira Misu, Yasushi Nagamune, Shojiro Takeyama and Noboru Miura.
- No. 2073 Hall Effect in Quantum Wires. by Hiroshi Akera and Tsuneya Ando.
- No. 2074 Quantized Hall Effect in Three Dimensions. by Gilles Montambaux and Mahito Kohmoto.
- No. 2075 Scanning Tunneling Microscope Equipped with a Field Ion Microscope. by Toshio Sakurai, Tomihiro Hashizume, Itaru Kamiya, Yukio Hasegawa, Takashi Ide, Masahiro Miyao, Isao Sumita, Akira Sakai and Shin-ich Hyodo.
- No. 2076 Subpicosecond UV Pulse Generation for a Multiterawatt KrF Laser. by Masayoshi Watanabe, Akira Endoh, Nobuhiko Sarukura and Shuntaro Watanabe.

- No. 2077 Monte Carlo Calculation of Elementary Excitation of Spin Chains.
by Minoru Takahashi.
- No. 2078 Optical Properties of Amorphous Semiconductor Random Multilayer Films. by Shoji Nitta, Takasi Itoh, Shuichi Nonomura, Hiroshi Ohta and Kazuo Morigaki.
- No. 2079 The Interface Defects in a-Si : H/a-Si₃N₄ : H Superlattices as Elucidated from Photothermal Deflection Spectroscopy Measurements. by Kikuo Yatabe, Hiroshi Ohta, Masaaki Yamaguchi and Kazuo Morigaki.
- No. 2080 The Temperature-Dependence of the Luminescence in a-Si : H/a-Si₃N₄ : H Superlattices. by Masaaki Yamaguchi and Kazuo Morigaki.
- No. 2081 Photo-Induced Absorption in a-Si : H/a-Si₃N₄ : H Superlattices. by Hiroshi Ohta and Kazuo Morigaki.
- No. 2082 Scanning Tunneling Microscpoe with a Field Ion Microscope. by Tomihiro Hashizume, Itaru Kamiya, Yukio Hasegawa, Takashi Ide, Howard W. Pickering and Toshio Sakurai.
- No. 2083 Observation of the Si (100) 2 x 1 Surface by a Field Ion-Scanning Tunneling Microscope. by Toshio Sakurai, Tomihiro Hashizume, Takashi Ide, Itaru Kamiya, Yukio Hasegawa, Isao Sumita, Syogo Nakamura and Shin-ichi Hyodo.
- No. 2084 Superconductivity and Antiferromagnetism in Heavy Electron Systems.
by Rikio Konno and Kazuo Ueda.
- No. 2085 Crystal Structure of Proton-Exchanged Layers on Single Crystals of LiNbO₃. by Masao Ito and Humihiko Takei.
- No. 2086 Preparation of High-Tc Bi-Sr-Ca-Cu-O Films on MgO Substrates by the Liquid Phase Epitaxial (LPE) Method. by Hiroyuki Takeya and Humihiko Takei.
- No. 2087 Effective Hamiltonian for CuO₂ Layer and RVB. by Hidetoshi Fukuyama and Hiroshi Matsukawa.
- No. 2088 Electronic Structure of Alkali-Metal Overlayers on the Simi-Infinite Jellium Surface. by H. Ishida.

- No. 2089 Magnetic Oscillation of Luminescence Energy in Modulation-Doped Quantum Wells. by Shin'ichi Katayama and Tsuneya Ando.
- No. 2090 Electron Correlations in Narrow-Band Systems at Finite Temperatures —Gutzwiller-Type Variational Approach—. by Hideo Hasegawa.

編 集 後 記

新しい年を迎え、年号も昭和から平成へと改まりました。今年1年
物性研にも色々な変化が訪れることでしょう。本号は今年度後期に行
われた短期研究会の報告を3つまとめて載せることができました。
なお、次号の〆切は4月10日です。

三 浦 登

福 山 寛

