

# 物性研だより

第23卷  
第3号  
1983年9月

## 目 次

○物性研における共通室問題	中嶋貞雄	1
○着任雑感	石川征靖	6
○物性研究所に着任して	石井武比古	9
物性研究所短期研究会報告		
○ラマン散乱の最近の進歩		11
世話人 中島信一, 仁科雄一郎, 櫛田孝司, 花村栄一, 邑瀬和生		
物性研究所談話会		35
物性研ニュース		
○1984年度日米協力事業「中性子散乱」研究計画の公募		39
○東京大学物性研究所の助教授公募について		40
○人事異動		42
○テクニカルレポート新刊リスト		42
編集後記		

東京大学物性研究所

ISSN 0385-9843

## 物性研における共通室問題

### ——研究技術開発部構想と物質開発計画——

所 長 中 嶋 貞 雄

物性研究所は、技官等いわゆる研究サポート要員の新組織として「研究技術開発部」という構想を樹てており、58年4月からその一部が所長直属の「研究技術開発部共通測定系」として発足した。この小文の目的は、「研究技術開発部」構想の概略を説明し、所外の皆さんのご理解とご支援を求めることがある。

なお、この問題が物性研の共同利用とも深いかかわりがあることを理解して頂くために、物性研創立25周年記念シンポジウム「物性研究の将来」から、学習院大学川路紳治教授の「あとがき」の一部を引用させて頂く。川路さんは物性研の共同利用施設である15Tの超伝導マグネットを使ってSi-MOSの量子ホール効果を早期に事実上観測しておられたのであるが、そのときの共同利用の経験を次のように要約されるのである。

「前節までに述べたように、共同利用研究所としての東大物性研究所が、量子ホール効果の研究で果した役割はまことに大きい。しかし、共同利用施設の保守要員が15T超電導磁石を設備した初期から確保されており、液体ヘリウムの供給能力が十分であったならば、物性研の貢献度は一層高いものであったであろう。」

### 研究技術開発部制度

さて、ご承知のとおり、物性研は超低温・超強磁場・極限レーザー・表面物性のプロジェクト研究を進めており、近く軌道放射および中性子回折の設備更新がこれに加わる予定である。制度上も昭和55年度から5大部門制に移行した。研究サポート要員についても、この新しい研究体制にふさわしい新組織、これを裏づけるための定員増、諸設備の更新が必要である。

このうち、定員増については、大部門制移行に伴う「研究技術開発部への改組」を概算要求している。助教授1をふくんだ教育職14、技官15の純増であるから、物性研の研究規模に比して過大な要求とはおもわないが、現在のきびしい客觀情勢下で全面的実現を望むのは無理である。

なお、これと関連して、国立大学協会および文部省所轄ならびに国立大学附置研究所長会議の要望している「研究技術専門官制度」がある。これは研究技術者を公務員制度の中の独立した職種として認知させようとするもので、人事院も60年度に予定されている給与表の改定にこの要望を反映させたい意向と聞くが、実際どの程度反映されるかは目下のところ不明である。

## 共通室の現状と将来計画

ひるがえって物性研の現状はどうかといえば、47名の助手定員のほかに、技官等の研究サポート要員の定員約100名があり、附置研としてはかなりめぐまれた数字といえよう。しかし他面、設立後25年を経た物性研には既成事実の堆積があり、これだけの数の技術要員の再組織は簡単ではない。はっきりした将来構想のもとに進める必要がある。具体的にいえば、先に述べた「研究技術開発部」の内容の問題であり、また、それを実現してゆく手順の問題である。これについておよそ以下述べる方針で進むことが、所内でコンセンサスを得ている。

まず、研究サポート要員を次の3つのグループにわけて考える。1) 各研究部門に配属された要員で、以下「部門系」とよぶことにする。2) 工作室、低温液化室等の「共通サービス系」。この名称は当事者には歓迎されていないようだが、便宜上こうよんでおく。3) 電子顕微鏡室等の共通実験室系。

以下、各グループの現状と将来像について簡単に述べるが、これは絵といえばデッサンである。今後の議論によってもっと具体的で精密なものにする必要があることを、予めお断りしておく。

### 1. 部門系

応急措置を迫る問題として、停年退官所員が残してゆく要員の配置転換がある。講座をクリヤーして退官できるような人物は現代の教授にはむしろ稀れである上、物性研の場合には、ここ数年間に教授の70パーセントが退官するという特殊事情が加わる。教授の個人的努力で対処しきれる問題ではない。昭和60年度には全所的立場から再検討することを前提として、所長、部門主任、当事者の協議によって配置転換を行っている。転換先は共通室のこともあり、新任所員のこともある。

この問題がシャープに現われるのは、研究室単位で研究している凝縮系物性、理論の両部門である。複数研究が協力しているプロジェクト研究の場合にはグループ内の協力関係の変更にしかならない。

将来は、部門系要員もすべて「研究技術開発部」所属とし、そこから各研究部門に出向することになろう。これによって要員が教官の私兵化することを防ぎ、全所的な立場から機動的に配置することができよう。

なお、これは所長としてでなく私個人の意見であるが、現行の公募助手制度は、将来はアメリカ流のPostdoc 制に切りかえた方がすっきりするのではないだろうか？ 前記所長会議も「研究所研究員」の形で検討しており、助手1名を2名の研究所研究員に切りかえるという試案も出ている。

## 2. 共通サービス系

低温液化室は、超低温研究計画の一環として液化機等が更新され、物性研にふさわしい現代化が施された。この小文の冒頭に引用した川路さんの歎きは解消したはずである。電子計算機室も最近A棟に移転して機種を更新し、将来の大型化にも堪えうる立派なものになった。スーパー・コンピューターを共同利用研に導入するという話もあるが、物性研として将来どの程度の計算機を必要とするか、目下電子計算機委員会で将来計画を検討中である。工作室については、昭和60年度を目途として将来計画が立案される予定である。

なお、従来のエレクトロニクス・ショップは、その歴史的使命をおえたものとして、今年度から発展的に解消することになった。科学技術の発展に伴って、共通室にも改組・拡充や転換があってしかるべきであるが、これは全所的な統一構想と当事者の理解があつてはじめて可能である。エレクトロニクス・ショップの場合、要員は本年4月にスタートした「研究技術開発部共通測定系」に所属換えし、そこから極限物性部門へ出向することになった。つまり「研究技術開発部」構想のモデル・ケースである。

## 3. 共通実験室系

所長として不見識な話であるが、創立25周年記念の一般公開のとき、古色蒼然たる電子顕微鏡を見てショックを受けた。試料作製室の設備も同様であり、いずれも優秀な室員たちの精一杯の努力で何とか稼働しているのである。X線室の粉末回折計は学生実験用のレベルだという酷評も聞いた。要するに、物性研の共通実験室の現状は、とてもISSPの国際的名声にふさわしいとはいひ難いのである。関係者はこのことを知らないわけではないが、各共通室が孤立化し、年1回委員長が個別に所長と折衝して生かさず殺さずの予算をもらってくる従来の運営方式では、本格的改善は望むべくもなかったという。

そこで、さまざまな形での検討や論議の末に、「新物質の開発とその物性測定にミニマム必要な装置の整備」を目標として、共通実験室を物質開発室と共通測定室に再組織することになった。後者が、「研究技術開発部共通測定系」として4月からスタートしたのである。2年以内には「研究技術開発部物質開発系」がこれに加わり、また、平行して「新物質開発計画」（仮称）の概算要求が準備されるはずである。

以下、やや詳しい現状説明を加えよう。

### A. 共 通 測 定 系

現在のところ、電子顕微鏡（竹内）、X線（秋本）、磁気測定（安岡）、光学測定（木下）の4室で構成されている。カッコ内の所員が、従来の委員会より密着した形で、将来計画立案までふく

めて指導することになっている。運営は全体を 1 つの運営委員会（委員長秋本）で行うが、要員の配置転換等の人事や将来計画の最終策定は所長の諮問機関である共通測定系委員会が扱う。現在の共通測定系の管理・運営方式としては大仰にすぎるが、将来の本格的な「研究技術開発部」のモデル・ケースという意味をもつ。

4 室のうち、X 線は従来の粉末、ラウエ回折計に旧齊藤研の 4 軸回折計を加えたものである。磁気測定室は、旧強磁場実験室（4 月より廃止）の超伝導マグネット、旧近角研の磁化率測定装置、旧阿部研の ESR を集めて新にスタートした。光学測定室は光波物性懇談会（4 月廃止）所属のレーザー関係装置の一部や共同利用の赤外分光計を集めて発足するもので、目下は整理・準備中である。なお、従来あった中性子回折実験室、超高圧実験室はそれぞれ中性子回折物性部門、極限物性部門超高圧に 4 月以降吸収された。また、放射線実験室は、共同利用が多少あるので、しばらく残すことになった。

以上、組織は新しくなったが、内容は旧態に近いままである。内容の更新・拡充は、物質開発計画の進展とにらみあわせて、将来計画を立案することになる。むしろ、そのために先ず新しい組織作りが必要だったわけである。

## B. 物質開発研究計画

今後の物性研究の駆動力の 1 つが、新しい物性を担った物質の発見にあることは、誰しも異論がないだろう。問題は、物性研にふさわしい物質開発の方向と規模である。

規模としては、新所員 3 名と共に室としての物質開発室を考えられている。ただし、3 名の所員のうち 2 名は凝縮系物性部門として公募し、それぞれ研究室を構成することになる。残り 1 名は物質開発室の室長として公募することになる。つまり、形式上は、凝縮系物性部門所属の 2 研究室が物質開発研究計画に参加するのである。

在来の共通実験室のうち、試料作製室は物質開発室に吸収されるだろうが、化学分析室が物質開発系となるか共通測定系となるかは、将来計画の具体的な内容にも関係し、目下は未定である。

さて、物質開発の方向であるが、物性研は人材第一主義で新所員をえらび、これによって方向がおのずから定まることを期待しているといえよう。実は上記凝縮系物性部門所属 2 所員のうち、1 名は既に決定ずみで、本年 2 月着任の石川征靖氏である。同氏は物質開発と直接関係のない公募で凝縮系物性の所員にえらばれたのであるが、着任後に物質開発計画への参加を承諾した。本号にご自身書いておられるところ同氏はシェブレル化合物における磁性・超伝導共存の発見者であり、その後も価値を搖動、超伝導関係の物質開発に専心している。

一方、5 月末に公募を〆切った凝縮系物性新所員の場合には、新しい物性を担う物質の開発が

公募文中にうたわれている。目下選考中であるが、この人事が決まれば、物性研の物質開発の方向がかなりはっきりする。その結果にもとづいて、第3の所員の公募方針が決まる事になろう。

このような人事の進行に平行して、今秋には正式に将来計画委員会を発足させ、物質開発系と共通測定系の双方について、計画の具体化、概算要求の準備を進めたい。既に指摘したとおり、物性研は相当な数の優秀な研究サポート要員を現在でももっており、共通室の現代化に必要なのは良く練られた計画と数億の予算である。

## 着 任 雜 感

石 川 征 靖

今年2月16日付で凝縮系物性部門に着任し、磁性超伝導体等新しい物性を示す物質の開発・研究を目指すことになりました。編集委員から、慣例に従って研究の抱負のようなものを書くようにとの依頼を受けたのは1カ月余り前であったろうか。確かに当初、所内予算にしろ文部省予算にしろ食欲をそそるような話が2, 3あり大いにその気になって将来計画等に真面目に取組んだのは事実です。しかしそのうち事情が急変しこれら予算のいずれも不確定要素が見る見る濃くなり、原稿の締切り日が迫る頃になると研究の抱負どころではなくなってしまった。今になって思えば、これは急変なんかではなく、どうも私の見通しの悪さによるものであつたらしい。第一、予算のメドがつかぬまま明るい抱負など書けるはずもなく、もしさんな事でもすれば今後のためにも百害あって一利無しであろう。しかし何はともあれ物性研着任は私の研究生活という連続曲線上の、広義・狭義は別としてもひとつの変曲点となることは確かなようです。従ってこれを機に抱負などと気負うことなく自己紹介のつもりで私のこれまでの研究を物性研での新しいプロジェクトとしての新物質開発を念頭に少し振返ってみることにしたいと思います。

超伝導現象、遷移金属の物性等に魅せられて私が渡米したのは、ちょうどマクミランが超伝導体の臨界温度( $T_c$ )のパラメーター化に成功し、高温高臨界磁場を持つ超伝導体の研究開発の盛んな頃でした。私もニオブの合金や炭化物などの超伝導体の低温比熱や帯磁率測定を通して超伝導の分野に入ってゆきました。金属、中でも遷移金属の電子構造、ソフトモード等の格子振動、電子フォノン相互作用等に興味を持ち始めたのもこの頃でした。こうした超伝導  $T_c$  理論の検討を中心とする研究はオハイオの片田舎の大学にポスト・ドクとして在籍するまで続くわけですが、この静かな2年間は私のその後の研究にとっていろんな意味でとても有意義な期間でした。その数年後とりかかるシェブレル化合物の低温実験の伏線も実はこの辺りにあった様な気もします。教育熱心で議論好きの若い二人の教授にめぐり会い、液体ヘリウム3の温度領域の実験を始めたのもこの時期でした。又、低温比熱実験の傍ら固体物理のいろんな分野の基礎的文献の乱読に十分な時間が割けました。忙しくなるとこうした自分の専門分野外の文献に目を通すことは、特にアメリカのようなある意味で忙しい所では難しくなるのですが、その小さな退屈な大学町は私に格好の機会を与えてくれたことになります。その後スイスのジュネーブ大学に移り  $\text{He}^3 - \text{He}^4$  稀釔冷凍機の製作にとりかかりました。それまで  $\text{He}^3$  の温度領域すら知らない所での稀釔冷凍機の自作には技術・物質の両面でかなり苦労しました。でも今思えば粗末なものですが2年余りかかるて何とか完成し、それを使って最初にとりかかった仕事がシェブレル化合物の共存問題の実験でした。実はその試行実験の段階で交流帯磁率測定中に、2Kで超伝導となった  $\text{Ho Mo}_6\text{S}_8$  が

0.6 Kで突然超伝導が壊れて常伝導状態に戻る例の新（珍）現象が見付かったのです。もともと通常の交流帯磁率でそんなに簡単にしかもそんなにスッキリした結果が得られるとは予想もしてなかっただけに驚喜というより、信じ難くひとり密かにリード線の配線等を確めて再度同じ実験を繰返したように記憶しています。1977年の1月末から2月にかけての真冬の出来事でした。論文発表はその2、3ヶ月後になりましたが、何か全く新しい結果を発表するということは勇気のいることで又、同時にそれに伴う責任を強く感じるものです。ある種のスリルのようなものと言つていいかも知れません。既におおよその物性の知られている物についての結果の発表とでは大きな違いです。この種のスリルをせめて数年に一度くらい分ち合えるような研究室でありたいと願っています。その後この一連の実験に2年近くほとんど休みなく冷凍機は働き続けましたがその間故障らしい故障はなく、私も徹夜に近いことを続け乍ら一人でそんなに頑張れたのも冷却の度毎に私にとっては驚喜に値するデータが得られたからでした。

実はこの冷凍機がジュネーブ大学の工作室で仕上がるまで随分時間がかかったのですが、私がシェブレル化合物の実験を比較的順調に終えることが出来たのもそのような酷使に耐える程しっかりした冷凍機を作ってくれた工作室の人達の御蔭でした。日本のように輸出型の国イスで輸出用商品同様、堅牢で立派な物を作ろうと努力する大学の工作室の人々と研究を支えているのは自分達だという自負にも似た氣概に接し感動しました。このような工作室の外にもう一つ印象に残っているのはサービスのゆき届いた図書室の存在でした。私達の日頃の研究を陰で支えているのは、大学研究機関のもう一つの大きな柱としての工作室であったように思われます。少し横道にそれてしましましたが、上述のような超伝導と磁性との共存問題だけでなく別の観点からいろいろと面白い物性を示すシェブレル化合物と付き合っているうちに、この化合物のように特異な結晶構造を持つ三元化合物とその結晶構造の暗示するものなどに次第に興味を持つようになりました。ひいては結晶構造からその物性が、少なくとも面白いか否かくらいは予測出来るのではないかだろうかと思われ、その反面、不思議とも思える程微細にわたる原子の配列は我々の注文通りには置換変換してくれず、自然の選択則に対する認識不足を痛感させられたりもします。ここでもう一つ付け加えておきたいことに単結晶と多結晶の話があります。シェブレル化合物をはじめ最近話題になっている他の三元化合物でもそうですが、一般にその物性の大部分は多結晶を用いて解明され单結晶によるデータで覆されるようなことは特別な場合を除いてまず起りません。しかも多結晶試料は作成に要する経費も労力もんと少なくて済み、多くの試料を迅速に研究する必要のある新物質の開発には適しているわけです。又、その質のチェックもその気にさえなればずっと簡単にしかも完璧に出来るので单結晶に質的に決して劣らないものが容易に作れるということはもっと強調されていいように思われます。ただ单結晶のデータだから安心といった安易な考えでは調べている物性によっては誤ちを冒す結果になることさえあります。又、新物質の研究

開発においては、常識を覆すような性質を持った物質が発見される可能性が十分考えられるわけですが、そうした場合、簡単に片付けることなく慎重に徹底的に探求する態度が大切と思われます。これは当然すぎることのようですが、最近“再発見”された化合物でその本質的な面白い特性が軽率な判断のせいで長い間見逃されていた例が実際にあるのです。しかもそれがその分野の専門家によって無視されていたのですから驚きです。

最近特に若い人達の間で新しい磁性超伝導体等への関心が高まっていることを談話会や夏の学校などで知り、これから新物質開発を志すこうした人達を念頭に置いて以上ごく常識のことですが、気付いた点を参考までに記させて頂きました。

## 「物性研究所に着任して」

軌道放射物性部門 石井 武比古

私は、6月1日付で、筑波大学物質工学系より配置換になりました。以前、客員部門に2年半ほどお世話になったことがあります。その前後にはSOR-RINGおよびそれに付属する測定系の建設と建設完了後の性能向上の仕事に参画いたしました。その後は、SOR-RINGからのシンクロトロン放射を用いた固体の分光実験や光電子分光実験を続けてまいりましたので、こちらに移ってきましても、学術的な仕事の上では、これまでと何も変ることはありません。SOR施設の運営に関しましても、これまでずっとSOR施設運営委員をつとめさせていただき、また、外にあっては、ユーザーグループとしてのINS-SORグループの委員長でありましたので、内情はある程度わかつておりました。軌道放射物性研究グループの構成メンバーの皆様とも親しくおつき合いさせていただいておりまして、物性研の軌道放射物性研究施設は、いわば、勝手知ったる他人の家の存在でした。今こちらに移って、新鮮なおどろき発見というものは全くないのが正直なところです。

その代りに、このグループが現在置かれている立場はよく承知しています、今後自分が果すべき役割とその責任の重さを痛感しております。物性研究所は、その将来計画の一環として、新しい光源用加速器の建設を含めたSOR物性関係の実験施設の一新をはかる大プロジェクトを推進しようとしています。現在稼働中のSOR-RINGもそれなりに快調で、面白いデータを次々に生産しています。しかし、この分野の世界的傾向は、より強力で、指向性のよい、スペクトル幅のせまいアンジュレータを主体とした光源の建設にあります。我国でも高エネルギー物理学研究所においては、アンジュレータは既に実用段階に入っています。このような新光源が作られると、従来とは質の違った、むずかしい実験の遂行が可能になります。真空紫外領域の物理学も全く様変わりすることが予想されます。また、応用面では、自由電子レーザーの開発研究がすすんでいくであります。

この様な時期に、我国では、世界的不況の波のもと、緊縮経済政策がとられ、我々の将来計画の推進にもいろいろな影響がるものと考えられます。私はこれから所の内外にこの計画の重要性と緊急性を訴え、研究者の力と英知を結集し、計画の実現をはかりたいと考えております。この計画を高エネルギー物理学研究所において実現する具体案について、現場の研究者の間ではすでに何回かの研究会がもたれており、両所長間の話し合いも進んでいます。皆様の御支援をお願いする次第です。

私はこれまで固体内電子の高エネルギー光に対するレスポンスを多体論的立場から眺めることに興味をもち、実験もそのような方向のものを選んで行ってきました。過日中嶋所長とお話しし

た後に、これからは従来の枠にとらわれないもっと幅広い仕事（とくに開発研究）に向わねばならないと思いました。このごろ人に「今、何をしていますか」ときかれます。そのとき、「もっともらしい仕事は何もしていません」と答えることにしています。物性研で行う仕事は高い立場で眺めて“もっともらしく”なければなりません。何が“もっともらしい”のか暗中模索の段階ですが、何とかわからせようと思います。それまでは、やはり EDC を描いてペーパー稼ぎするかも知れません。

草深き蟻の里からやって来ますと、東京はほんとうに疲れるところです。六本木までやってくる満員電車は、時々乗るのとショッちゅう乗るのとは大違いです。わかっていたことですが、乗用車で幅広い道をゆったりと走ることに慣らされて我身がなまっていたのでしょうか。筑波からずっと続けていたジョギングが最近多忙で中断しました。秋風の吹く前に再開したいと念じています。

皆様今後共よろしく御指導下さいますようお願い申上げます。

## 物性研短期研究会報告

### ラマン散乱の最近の進歩

世話人 中島信一, 仁科雄一郎, 櫛田孝司  
花村栄一, 邑瀬和生

標記の研究会が昭和58年6月30日, 7月1日の両日にわたって物性研で開かれた。我国に於けるラマン散乱の研究は種々の分野に拡大し、研究者の人口も急激に増加している。この様な状況の下で、研究会は主に光物性、半導体、磁性の分野でラマン散乱の研究にたずさわる研究者が集まり、最近の成果を討論し、現状の把握と将来の研究の方向を探ぐる事を目的として開かれた。研究会の内容であるが、最近のラマン・ブリルアン散乱についての概要とトピックスの紹介があり続いて多岐にわたる分野の発表があった。件数の多かったのは、共鳴ラマン・ブリルアン散乱、強励起効果、表面増強ラマン、低次元物質、非晶質等であった。プログラムは以下に記す様に2日間で計27件の研究発表があり、有意義で密度の高い研究会であった。

### プログラム

期 日 昭和58年6月30日(木)～7月1日(金)

場 所 東京大学物性研究所 旧棟1階講義室

6月30日(木) (11:00～17:30)

11:10～11:35 「ラマン散乱の最近の問題点I (装置及びフォノンを中心として)」

三石明善(阪大工)

11:35～12:00 「ラマン散乱の最近の問題点II (エレクトロニックプロセスを中心として)」

仁科雄一郎(東北大金研)

12:00～12:25 「spin誘起ラマン散乱」

逢坂雄美(仙台電波工専)

酒井治, 立木昌(東北大金研)

12:25～13:25 ——昼 食——

13:25～13:50 「励起子ポラリトン系における共鳴ラマン散乱の時間分解スペクトル」

相原正樹(山口大教養)

13:50～14:15 「層状物質2H-MoS<sub>2</sub>の共鳴ラマン散乱による励起子ポラリトンの観測」

関根智幸, 内野倉国光(筑波大物理)

14:15～14:40 「磁場中のCd<sub>1-x</sub>Mn<sub>x</sub>Teの励起子に対する共鳴ブリルアン散乱」

山根正雄, 張紀久夫(阪大基礎工)

- 14：40～15：05 「励起子分子のポラリトン効果と二光子共鳴ラマン散乱の多様性」  
伊藤 正（東北大 理）
- 15：05～15：25 ——休 憩——
- 15：25～15：50 「二波長ピコ秒レーザーによるラマン利得分光」  
斎宮清四郎、橋本典綱、櫛田孝司（阪大理）
- 15：50～16：15 「強いレーザー光照射下の散乱スペクトルの光鋭化」  
花村栄一（東大 工）
- 16：15～16：40 「半導体表面に吸着した分子のラマン散乱」 上羽 弘（富山大 工）
- 16：40～17：05 「銀-ピリジン系のラマン散乱」 岡 泰夫（東北大科研）
- 17：05～17：30 「銅フタロシアニン薄膜の Enhanced Raman Scattering」  
林 真至、鮫島正憲（京都工織大）

7月1日（金）（9：00～17：00）

- 9：00～ 9：25 「高圧下における赤色HgI<sub>2</sub>のラマン散乱」 黒田規敬（東北大金研）
- 9：25～ 9：50 「ラマン散乱による電荷密度波相転移の研究」 水貝俊治（阪大 理）
- 9：50～10：15 「無機ファイバーのラマン散乱」 仁科雄一郎（東北大金研）
- 10：15～10：40 「CdI<sub>2</sub>の音響フォノン分散曲線と層間結合力の推定」  
中島信一、片浜 久、三石明善（阪大 工）
- 10：40～11：00 ——休 憩——
- 11：00～11：25 「As-chalcogenide系非晶質体の構造とラマン散乱」  
新井敏弘、大成誠之助（筑波大物理工学系）
- 11：25～11：50 「ガラス半導体のクラスター構造と振動スペクトル」 邑瀬和生（阪大 理）
- 11：50～12：15 「Si:Fアモルファスのボンド構造とラマン散乱」 山本恵一（神戸大 工）
- 12：15～13：15 ——昼 食——
- 13：15～13：40 「F中心の共鳴二次発光」 大倉 熙、森 雄造（大阪市大 工）
- 13：40～14：05 「BiI<sub>3</sub>における共鳴ラマン散乱」  
海部要三、小松晃雄、唐沢 力、飯田 武（大阪市大 理）
- 14：05～14：30 「半導体2次元電子系による光散乱」 片山信一（新潟大 教養）
- 14：30～14：55 「ZnSeのI<sub>1</sub>deep束縛励起子によるスピンドリップラマン散乱と  
Inhomogeneous broadening」  
後藤武生、蔣 雪因、野末泰夫（東北大 理）
- 14：55～15：20 ——休 憩——
- 15：20～15：45 「Inハライドに於ける多重LO散乱」 中村快三、大野宣人、吉田政司（京大理）

15：45～16：10 「 $\beta$  カロチン単結晶の共鳴ラマン散乱」十倉好紀, 国府田隆夫(東大工)

16：10～16：35 「塩化タリウムの共鳴ラマン効果」 竹中 久, 小林浩一(東大物性研)

16：35～17：00 まとめ

中島信一, 仁科雄一郎, 櫛田孝司, 花村栄一, 邑瀬和生(世話人)

## ラマン散乱の最近の問題点 I

(装置及びフォノンを中心に)

阪大工 三石明善

レーザーの発明(1963年)後, これが光散乱分光の励起光源として理想的な特性の殆どを備えていることから直ちにラマン及びブリュアン散乱の研究に応用された。同時に発展していた刻線回折格子を用いたダブルモノクロメーターまたは誘電体多層膜によるファブリー・ペロー干渉計(F.P.)及び光電子増倍管による電子記録と組み合わされて, 不透明な結晶まで後方散乱の配列でスペクトルが撮れるようになり, 各種のオン族(フォノン, マグノン, プラズモン, ポラリトン, エレクトロニックな励起など)が研究の対象になり, 近年は非晶質・ガラス質・微粒子, 表面などのフォノンモードも盛んに研究されてきている。また強誘電体, 強弾性体などの構造相転移に関するソフトモード, 層状化合物や超イオン導電体などの特性と関連したフォノンモードの研究, コメンシュレートーインコメンシュレート相転移, CDW-PLDなどに関連したフォノンの研究も近年盛んに行われている。

レーザーでは色素レーザーの開発により共鳴ラマン散乱及びブリュアン散乱が, またパルス幅(ピコ秒, ナノ秒)と繰返し時間を正確に制御できるパルスレーザーの発展により時間分解ラマン分光や非線形ラマン分光(HRS, CARSなど)が発展し, フォノンについての興味ある知見が得られてきている。分散系も, ラマン散乱ではホログラフィック回折格子の導入やトリプルモノクロメーターなどにより迷光レベルが著しく改善された。MCAと組み合わせたコンピュータ制御により0.1カウント/秒程度の検出も行われている。

更にブリュアン散乱でも, タンデムF.P., マルチパスF.P.自由スペクトル領域を拡げるタンデム・マルチパスF.P.により著しい性能の改善が行われ, 例えば金属の表面音響モードやその光散乱機構についての研究が活発に行われている。また顕微鏡の導入により顕微ラマン分光が発展し $\sim 1\text{ }\mu\text{m}^2$ の程度の空間分解能での測定が行われて実用されている。

検出面ではOMAの利用がこれから益々発展し, ある波数域の同時測定によるS/Nの改善や測定時間の短縮, ある現象の時間変化の追跡などに重要な役割を果たすであろう。

フォノンに関する最近の二, 三の研究例をあげると, 上記の金属などの不透明物質の表面音響

フォノンモードの研究（例えば Sandercock ら）や、制御できる時間遅れを持たせた二つのピコ秒パルスレーザーを用いて GaAs の非平衡フォノンの寿命を測定したもの（von der Linde ら）、ハイパー・ラマン散乱（HRS）により強誘電体 SrTiO<sub>3</sub> のサイレントモードを含めた F<sub>1μ</sub>, F<sub>2μ</sub> モードの測定及びソフトモードの温度変化を直接に測定した例（従来は赤外の K-K 解析や電場誘起ラマン散乱で測定）（井上久遠, H. Vogt）などがある。

## ラマン散乱の最近の問題 II

(Electronic Processを中心として)

東北大金研 仁科 雄一郎

Electronic な励起過程が関与しているラマン散乱分光のうち、特に最近話題になっているものには、1) Surface Enhanced Raman (SERS), 2) Space-Time Resolving Raman, 3) Coherent Anti-Stokes Raman (CARS), 4) Hyper Raman (HRS), 5) Resonance Raman (RRS) がある。そしてこれらの散乱現象に寄与する電子的な励起過程には、a) ポラリトン（または励起子、プラズモン），b) スピン・フリップ，c) 不純物，d) 電荷密度波，e) 超伝導，f) 低次元物質におけるソリトン、などの諸状態が介在している。SERSに関する研究は、金属表面プラズモンおよび固体表面吸着分子の吸着状態の解明が主なる課題で、基礎物性のみならず金属工学の分野からも注目されつつある。特にプリズム半円球に蒸着した銀薄膜を CH<sub>3</sub>OH や Pyridine などに接触させ、その表面プラズモンまたは分子—金属原子間の電荷移動に起因する散乱強度を 10<sup>4</sup> ~ 10<sup>6</sup> 倍程度強調する方法、回折格子状の薄膜表面から ~ 10<sup>2</sup> 倍程度に増倍された散乱波を観測する方法などは、これからも種々の界面、表面の物理化学に応用されよう。最近、ピコ秒領域での時間分解およびレーザー光の干渉を利用して試料表面での回折格子状の干涉稿励起により励起子および励起子分子を作りその発光分光を行った報告がある。この方法は発光スペクトルの空間的な可干渉性についての探索の可能性を与えるという意味で興味深い。励起子分子のボーズ凝縮についての検証もこのような観点からの実験が試みられてはどうであろうか。R R S については、非常に多くの成果の業績があり、その要約は容易ではない。半導体についての R R S では、共鳴状態に励起子が関与しているのか、それともポラリトンかという問題が実験結果との対応においてこの研究会で討議されている。ポラリトンという概念の有効性を知る上に興味ある問題提起である。最近電荷密度波、超伝導など金属の電子的相転移に関するラマン散乱の実験が、信頼性を持つようになってきている。特に後者について、B C S 描像での Fermi 準位近傍の状態密度と電子—格子相互作用定数とを分離し、また異方性についての解析を行う実験が大変望ましい。高温超伝導への夢もこんな方法から探索できないものであろうか。

## スピニ誘起ラマン散乱

仙台電波高専 逢坂雄美  
東北大理 酒井治昌  
東北大金研 立木

Eu - カルコゲナイト (EuS, EuSe, EuTe) に於けるスピニフォノンの同時励起に伴うラマン散乱について考察した。この散乱は現象論的には one ion 型スピニと A<sub>1g</sub> 型の格子変位に依存するラマン分極率  $\alpha$  により記述出来る。フォノンの分散は Breathing Shell Model により求めた。計算で得られた散乱スペクトルには 2 つの型がある。1 つは broad line であり、スピニ運動 (あるいはマグノン) とフォノンの同時励起により生ずる。LO - フォノンによる散乱が最も強く現れるが、EuTe では TO, LA, TA - フォノンによる散乱も比較的強く現れる。もう 1 つは、sharp line であり、反強磁性的スピニ配列に伴い特定の波動ベクトルのフォノンがラマン活性化したことにより生ずる。得られた結果は実験結果 - line shape, 散乱強度の温度, 磁場依存性 - を非常によく説明する。又上述の分極率のスピニ及び格子変位依存性は光学的励起状態 4f<sup>6</sup> (7F) 5d (t<sub>2g</sub>) に於ける 4f スピニ - 軌道相互作用と電子 - 格子相互作用の相乗効果に起因する。常温に於ける散乱強度の入射光依存性の解析より EuS に於いては通常の静電的な励起子 - 格子相互作用が主要な役割を果していることが分った。<sup>1)</sup> 一方反強磁性的磁気相に於ける散乱スペクトル形状の入射光依存性の解析より、EuTe では 5d 電子のスピニ - 軌道相互作用の格子変位による変調項が主要であるという結果が得られた。<sup>2)</sup> これらの化合物に於いて何故微視的機構が異なるのかということは未解決の問題として残されている。なお、EuTe の反強磁性的磁気相に於いて微少磁場 ( $\lesssim 0.05$ T) をかけた時の散乱の偏光選択則は磁場がかかっていない時と比べて著しく異なることが理論的に予測される。この効果はマグノンとフォノンの同時励起に伴う散乱の偏光選択則が元来非等方的 ( $|\alpha_{xy}| \neq |\alpha_{yx}|$ ) ということに起因する。この予測の実験的検証が望まれる (詳細は文献 2 参照)。

1) Y. Ousaka, O. Sakai & M. Tachiki, J. Phys. Soc. Japan 48 (1980) 1269

2) Y. Ousaka, O. Sakai & M. Tachiki, J. Phys. Soc. Japan 52 (1983) 1034

## 励起子ポラリトン系における共鳴光散乱の時間分解スペクトル

山口大学 教養部 相原正樹

励起子格子系における共鳴光散乱の時間分解スペクトルは、中間状態で共鳴的に生じた非平衡状態での励起子のフォノンとの相互作用による緩和のダイナミックスに関する直接的な情報を与える。<sup>1)</sup> しかしその理論的取扱いは 2 次光学過程に限られていたので、本研究会ではそれをポラリトン描像に拡張した解析結果について報告した。主な結果は、i) 2LO ラマン線の時間変化は  $\hbar (\varrho_i - \omega_{LO})$  のエネルギー ( $\varrho_i$  は入射パルス光の平均周波数,  $\omega_{LO}$  は LO フォノンの周波数) の

中間状態での下枝ポラリトンの緩和定数 $\Gamma$ が入射パルス光のスペクトル幅 $\delta$ より小さい場合には、入射パルス光の立ち下がりよりも長い時定数 $\Gamma^{-1}$ で減衰する。ii) 逆に $\Gamma > \delta$ の場合には、2LO ラマン線の時間変化は入射光パルスにほぼ追随したものとなる。iii) 1LO ラマン線の時間変化は、 $\Gamma$ と $\delta$ の大小関係によらずに常に入射光パルスに追随する。i)の結果は、十分短い光パルスを用いた時間分解スペクトルの実験より、大きな運動量を持つ非平衡状態のポラリトンの緩和定数をエネルギー依存性を含めて直接に求め得ることを示している。この結果は励起子の反跳効果が本質的で、従来の励起子の分散を考慮に入れない時間分解スペクトルの理論からは生じない。すなわち、 $\Gamma$ が小さいと励起子の反跳による共鳴効果が中間状態で強く生じ、中間状態でエネルギーが保存した実過程が主要な役割を果すからである。この過程は、入射光子と散乱光子がエネルギー相関は持っているが時間相関は失ったホットルミネッセンス的性質を持つものである。これに対して $\Gamma > \delta$ の場合は、中間状態での共鳴効果よりも入射パルス光のスペクトルの鋭さの方が優勢となり、共鳴光散乱過程は全体として単一量子過程とみなせる様になる。従って、入射光子と散乱光子とはエネルギー的にも時間的にも相關を持ったラマン散乱的様相を示す。一方1LO ラマン線は、始状態（入射）ポラリトンと終状態（散乱）ポラリトンのみが関与し中間状態での緩和が寄与しないため、 $\Gamma$ と $\delta$ の大小関係によらずに単一量子過程となり、常にラマン散乱的性質を持つ。以上の様に、ポラリトン描像でも励起子描像と定性的には同様の結果を与えるが、ラマン線がポラリトンのボトルネック附近に現れ通常のルミネッセンスと重なる特別の場合にはポラリトン効果特有の現象が現れる。具体的には、 $\delta$ が縦横分裂より大きい場合には上枝と下枝ポラリトン間の量子的相関を反映したラマンビートが現れるが、その詳細については別の機会にゆずりたい。

1) Solid State Commun., Vol. 46, 751 (1983)。

### 層状物質 2H-MoS<sub>2</sub>の共鳴ラマン散乱による励起子ポラリトンの観測

筑波大物理 関根智幸, 内野倉国光

層状物質 2H-MoS<sub>2</sub>は可視光領域に A, B 励起子が存在する。入射光のエネルギーがこれらの励起子の 1s 状態より高くなると、A<sub>1g</sub> フォノンの高エネルギー側に周波数が減少するラマンピーク（図 1 中の b）が観測できる。これは、従来 CdS や ZnTe で観測された周波数変化と全く逆である。つまり、音響フォノンの分散では説明できない。これは図 2 に示す過程、即ち、入射フォトンにより励起された上分枝の励起子ポラリトンが、層状物質特有な C 軸方向の quasi-acoustic フォノンの縦波を放出して下分枝のポラリトンに散乱され、更に E<sub>1u</sub><sup>2</sup> フォノンを放出する過程で説明できる。入射光のエネルギーに対する周波数の依存性から、A, B 励起子の translational mass は (1.3 ± 0.2) m, (1.6 ± 0.3) m。と求まる。（図 1 の破線、実線は図

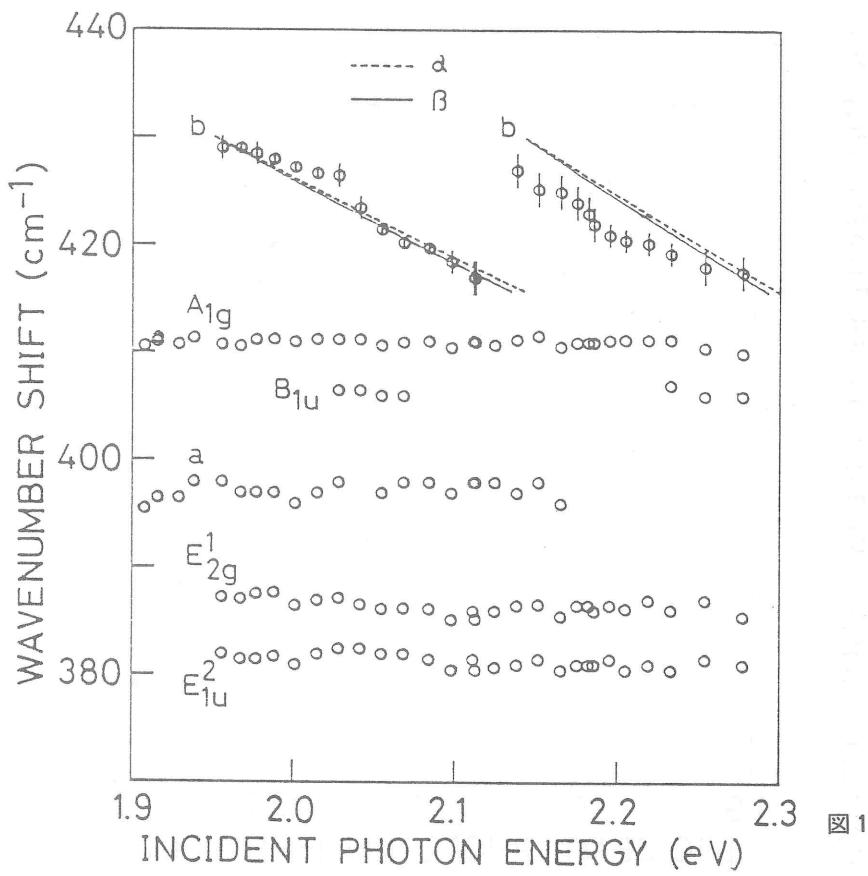


図 1

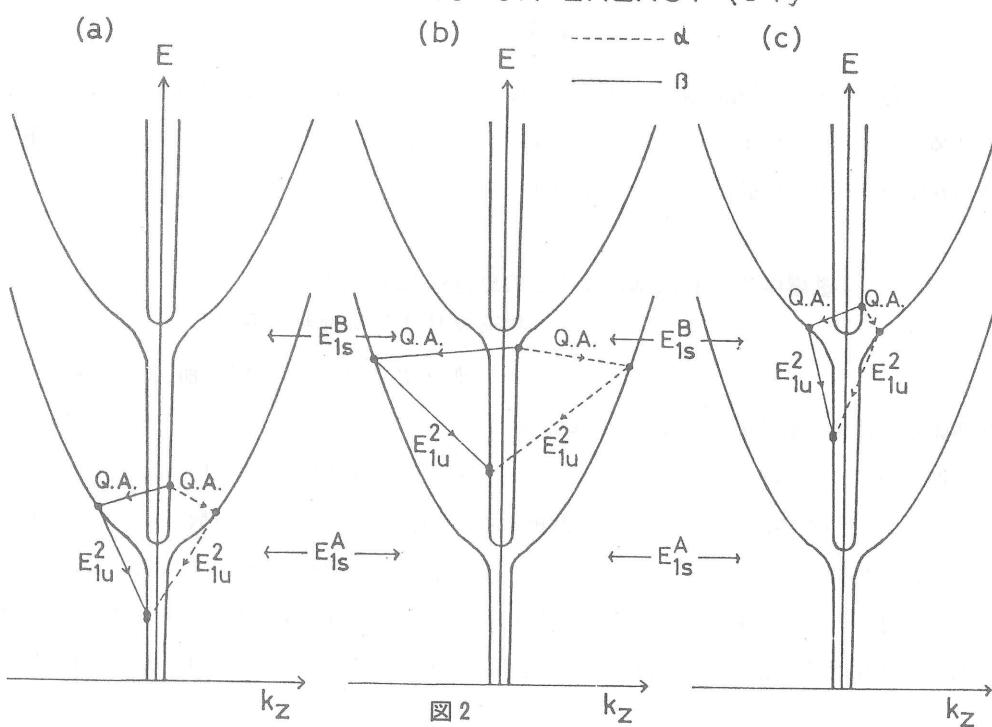


図 2

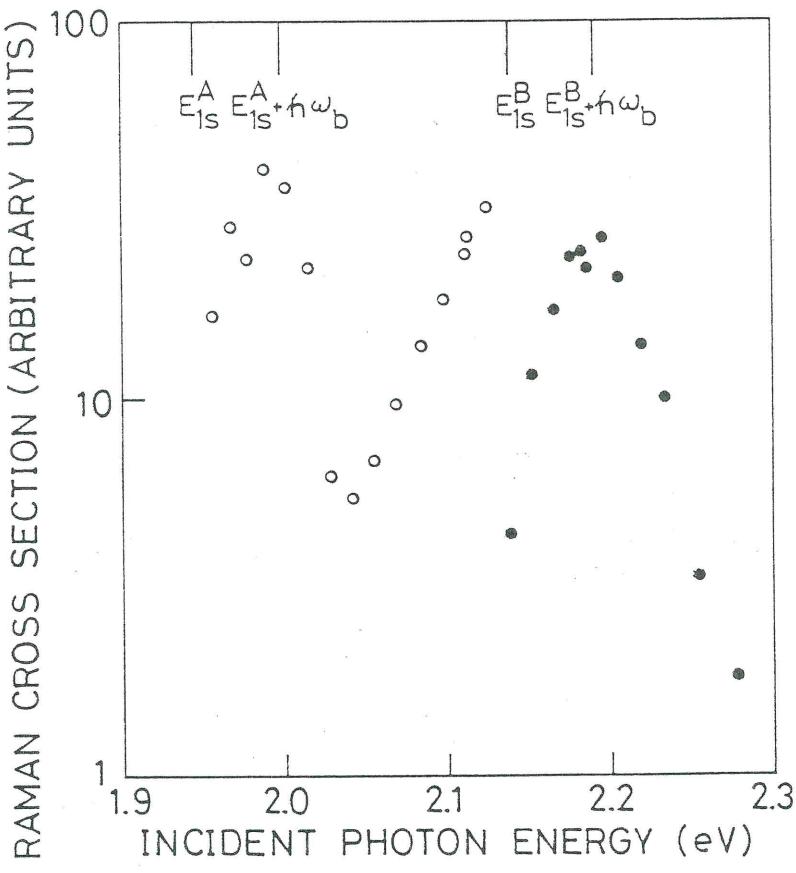


図 3

2 の  $\alpha$ ,  $\beta$  過程で求まる理論曲線。) また、このピークの散乱確率（吸収、反射の補正がしてある）は図 3 になる。これから分かる様に、入射光より散乱光に共鳴している。この散乱断面積も図 2 の過程のポラリトン描像から定性的に説明できる。

磁場中の  $Cd_{1-x}Mn_xTe$  の励起子に対する  
共鳴ブリルアン散乱 (RBS)

阪大基礎工 山根正雄, 張紀久夫

閃亜鉛鉱型結晶の励起子は、典型的な多成分ポラリトンを与える系として、これまで既にいくつもの例について (GaAs, ZnSe, CdTe, CuBr 等) その分散が詳しく調べられた。特に Cd Te についてはその磁気反射スペクトルの解析から、多成分ポラリトンの分散が磁場中で劇的に変化する様子が見出されている。ポラリトンの分散を実験的に調べる一つの有効な方法は共鳴ブリルアン散乱で、エネルギーと運動量の保存則から、分散の詳細に関わる種々の物質定数 (励起子の質量, R 線型項, 電子正孔交換相互作用定数, 双極子遷移行列要素, 外場との相互作用定数

等々) が得られる。

CdMnTe をとりあげる理由は二つあって、第一には、この種の半磁性半導体のバンドの詳細はまだ調べられていないので、それを RBS によって調べることに理論の立場から寄与しようということであり、第二には、多成分ポラリトンを外部から制御して、種々の異なる共鳴構造を作り出すためのモデル系として、有効  $\gamma$  因子の大きな CdMnTe は、有望な候補と考えられるからである。

具体的な計算としては、 $\vec{R} // \langle 110 \rangle$ ,  $\vec{H} // \langle 110 \rangle$  のファラデー配置で、CdTe や CuBr の例にならって、①  $\sigma_{+1}$ ,  $\sigma_{-1}$  の偏光の各々に対するポラリトンの分散曲線、②種々の分枝の間で起るブリルアン散乱のエネルギー・シフトと入射エネルギーの関係、③変形ポテンシャル散乱と圧電ポテンシャル散乱の各々につき、TA および LA フォノンによる遷移の選択則、④散乱の相対強度のフォノンモードに対する依存性、を計算した。ただし、そのための仮定として、① Mn 濃度は薄い ( $\sim 1\%$ ) として、CdTe と CdMnTe の違いは、伝導帯と価電子帯の有効  $\gamma$  因子 (その濃度、温度、磁場依存性は既知) を通してのみ考慮、②励起子状態は 1s 相対運動のみを考慮、③散乱強度の計算に必要な付加的境界条件として、一般化された Pekar の条件 (励起子の各成分を全てのポラリトン分枝について加えたものが表面でゼロを使用) を設定したが、実験が行われるようになれば、それらの仮定の微調整的な再検討も必要になるであろう。

### 励起子分子のポラリトン効果と二光子共鳴ラマン散乱の多様性

東北大理 伊藤 正

CuCl 中の励起子分子の二光子共鳴励起に伴って、励起子ポラリトンに非線形な分散異常が生じる事は、二光子共鳴ラマン散乱（前方散乱）線のエネルギー・シフトの異常や誘導円二色性を用いた屈折率の非線形変化の直接測定<sup>1)</sup> の結果から確められている。この現象は定性的には、 $\omega_1$  の励起光の存在下で組合せ二光子吸収の生じるエネルギー ( $\omega_M - \omega_1$ ,  $\omega_M$  は励起子分子エネルギー) 付近のポラリトン  $\omega_2$  に対して、

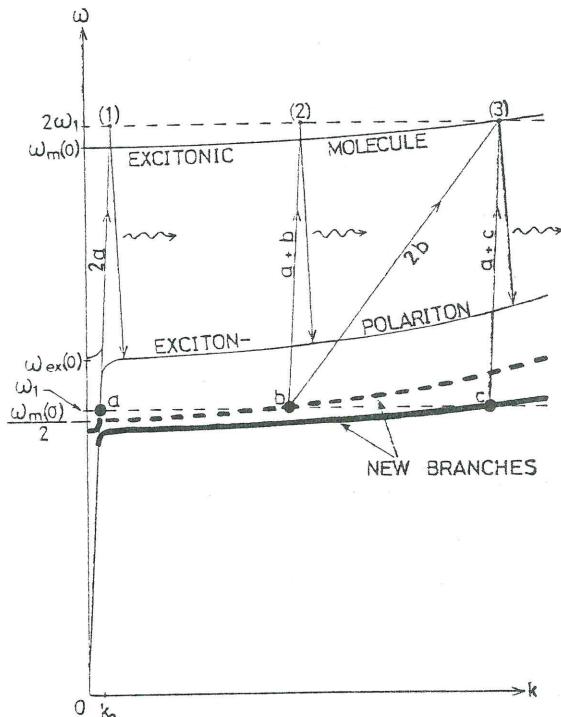
$$\epsilon(\omega_2, |k_2|) = \left( \frac{Ck_2}{\omega_2} \right) \cong \epsilon_0(\omega_2, k_2) + \frac{A(n_1)}{[(\omega_M(|K|) - \omega_1(|k_1|))^2 - \omega_2^2(|k_2|)]}, \quad |K| = |k_1 + k_2|$$

なる誘電関数が存在する事に基づく。ここに  $\omega_i(|k_i|)$ ,  $\omega_M(|K|)$  は各々波数  $|k_i|$ ,  $|K|$  を持ったポラリトン、励起子分子の分散を表わし、 $A(n_1)$  は  $\omega_1(|k_1|)$  なるポラリトンの濃度  $n_1$  に比例する非線形な振動子強度を示す。又、 $\epsilon_0(\omega, |k|)$  は励起光のない場合の誘電関数である。励起子分子のポラリトン（空間分散）効果をこの非線形部分に取入れると、 $\omega_M(|k|) - \omega_1(|k_1|) \cong \omega_2(|k_2|)$  を満足する新しい分枝が生じる。 $|k| // |k_{1,2}|$  に対する解は

$$(i) \text{ポラリトン } 1, 2 \text{ が異なる場合: } \omega_2(k) = (\omega_M(0) - \omega_1) + \frac{\hbar k^2}{2Mm},$$

(ii) ポラリトン 1, 2 が同一の場合 :  $\omega_1(k) = \frac{\omega_M(0)}{2} + \frac{\hbar k^2}{Mm}$ ,

の二つの存在が考えられる [図, 太線の分枝]。ここに  $Mm$  は励起子分子の並進質量を示す。



励起子分子のポラリトン（空間分散）効果を取り入れた  
非線形部分を含むポラリトン分散曲線と、異なる分枝を  
経由する二光子共鳴ラマン散乱過程の模式図。

従って、今  $\omega_1 (> \frac{\omega_M(0)}{2})$  なる一光束レーザー励起の下では、図に示す a, b, c の三個のポラリトンが結晶中に存在し、これらの組合せによる二光子ラマン散乱には、波数ベクトルの大きく異なる励起子が終状態となる事を反映して、 $\omega_1$  の共鳴エネルギー  $\frac{\omega_M(0)}{2}$  からの変化  $\delta$  に対して、 $2\delta$  で変化する通常のラマン散乱以外にほぼ  $\delta$  と  $-2\delta$  でシフトする新しいラマン散乱線が存在する事となる。実験で観測された L バンド 2), X バンド 3) との比較を試み、定性的な一致が得られた。尚、X バンドについては、 $\omega_1$  のエネルギー変化に対して常に共鳴条件を満足している事を反映して、二次発光はホットルミネッセンス的なふるまいを示している。

- 1) T. Itoh and T. Katohno : J. Phys. Soc. Jpn. 51 ('82) 707.
- 2) N. Nagasawa et al. : J. Phys. Soc. Jpn. 41 ('76) 929.
- 3) 伊藤正他：物理学会 ('83 春 2) P. 218.

## 二波長ピコ秒レーザーによるラマン利得分光

阪 大 理 斎官清四郎, 橋本典綱, 櫛田孝司

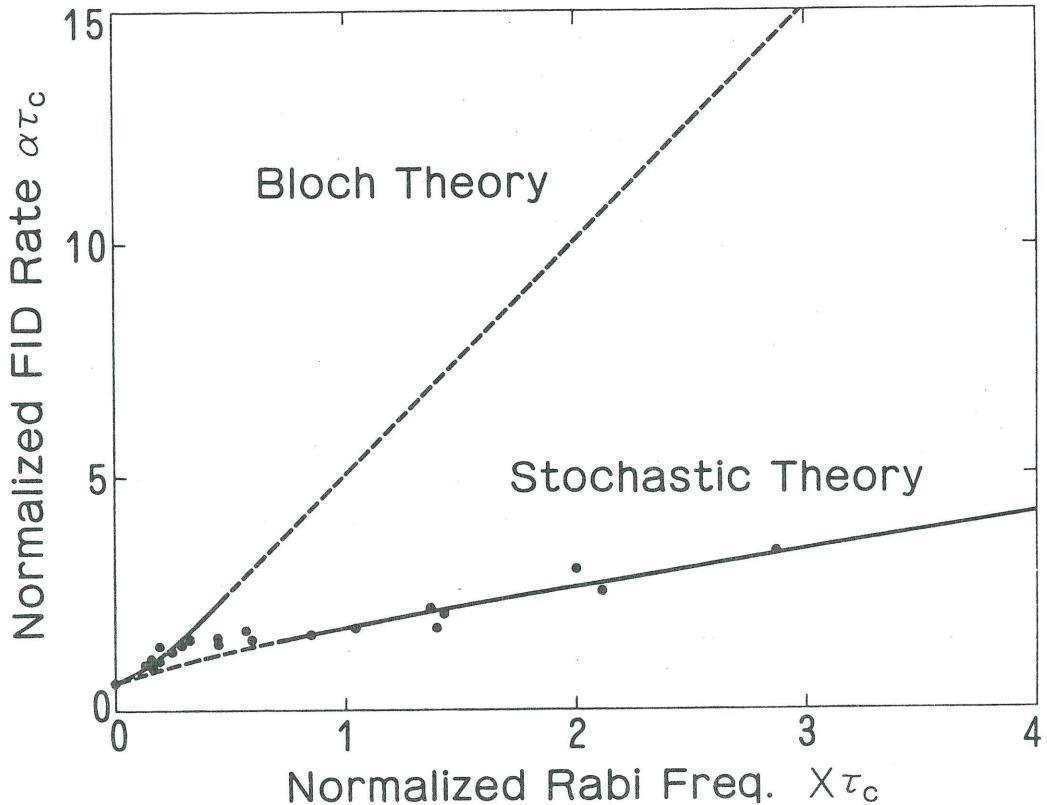
コヒーレントラマン分光法は、散乱確率が高いうえに光を集める効率も優れているので高感度である。同じ理由から蛍光性の試料でもラマン分光が可能である。分光器が不要であり分解能はレーザー光のスペクトル幅で決まるために非常に高い、など従来のラマン分光法と比べて多くの利点を持っている。特にラマン利得（ないしは損失）分光法は、位相整合の条件が常に満足されており波長の走査が容易である。非共鳴項の寄与によるバックグラウンドがない、非常に低周波の領域が調べられるなど、優れた特徴を有する。そこで、われわれは、CWモード同期Arレーザーで同期励起した2台のモード同期色素レーザーを使い、共鳴領域におけるラマン利得分光法の開発を行っている。時間幅6ps程度、繰り返し80MHzの波長可変光パルスの一方を5MHzで変調し、他方はプローブ光として、二つを同時に試料に集光する。励起光の波長を走査しながら透過したプローブ光の強度の5MHzで変調された成分のみをロックイン增幅器で取り出す。現在の所、レーザーパルスのジッターなどのためにベンゼンの992cm<sup>-1</sup>モードに対する装置のS/N比は700程度であり、目下幾つかの改善を行いつつある。

共鳴下でのラマン過程を調べる上で従来のラマン分光法では、蛍光の増大がその妨げとなつたのと同様にコヒーレントラマン分光では飽和吸収による信号がその妨げとなる。この飽和吸収による信号を除く方法として、色素溶液に対しては円偏光変調法が極めて有効である事が判った。即ち、励起光の偏光状態を右左円偏光と交互に変調し、プローブ光として片方の円偏光を使う。この時信号は非線型感受率の( $X_{1212}^{(3)} - X_{1221}^{(3)}$ )成分に関係しており色素の電子遷移に関しては $X_{1212}^{(3)} = X_{1221}^{(3)}$ の関係が成立する事から、飽和吸収による信号を除く事が可能である。一方ラマン遷移に対しては一般に上の関係は成立しない。実際にエチルバイオレットのベンゼン溶液を試料として、強度変調法と偏光変調法を比較したところ、強度変調法では飽和吸収による信号の上にラマン信号（ベンゼン992cm<sup>-1</sup>モード）がのっているのに対し、円偏光変調法では飽和吸収信号が除かれ、ラマン信号のみが検出された。この方法は色素溶液での共鳴ラマン散乱を研究する上で有用であると考えられる。

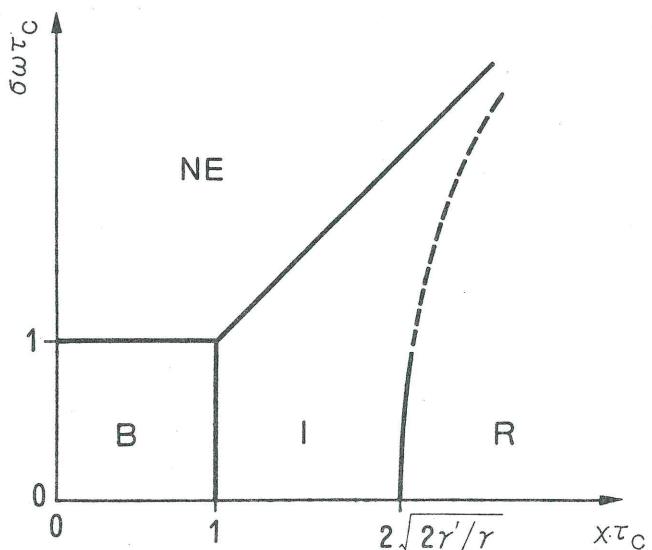
## 強いレーザー光照射下の発光スペクトルの尖鋭化

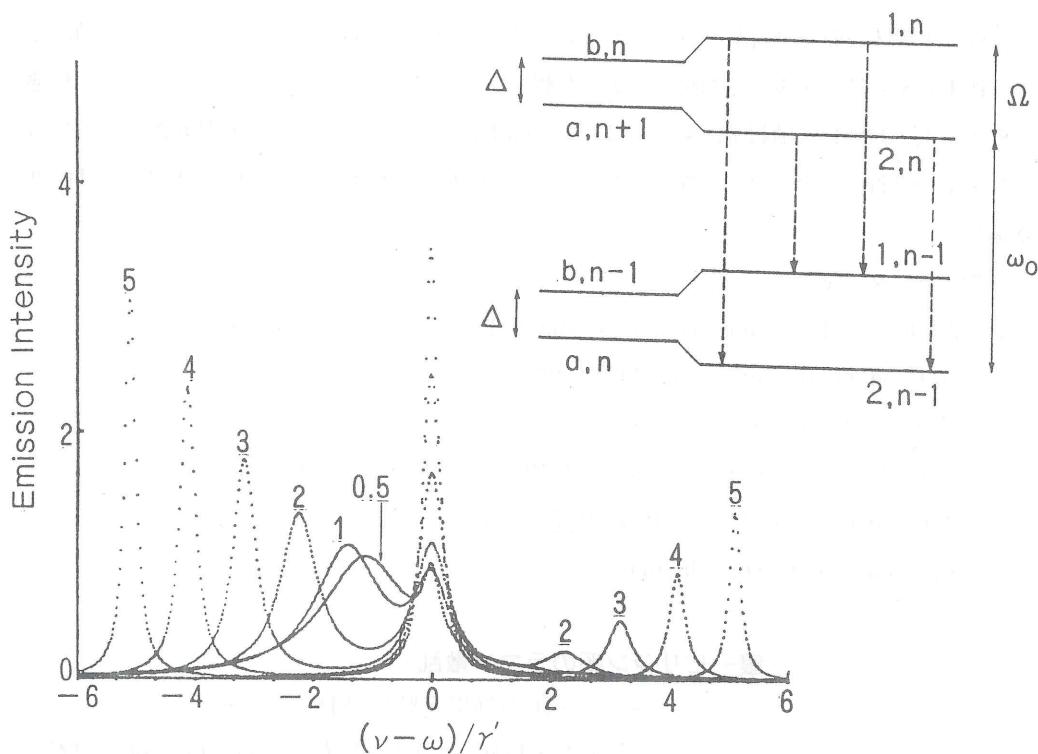
東大工 花村 榮一

電子系と熱浴との接触の効果は、普通位相緩和定数 $T_2'$ として記述される。そのとき、この電子系の光学応答はプロッホ方程式で記述できる。ところが、Pn<sup>3+</sup>:LaF<sub>3</sub>の3H<sub>4</sub> - 1D<sub>2</sub>間の光学遷移に伴う自由誘導緩和は、弱いレーザー光に対してはプロッホ方程式の結果に従うが、レーザー光を強めていくと第1図のようなプロッホ・レジームからのはずれが観測された。



一般に電子系に対する熱浴の効果は、電子系の遷移周波数の周波数揺動  $\delta\omega(t)$  として記述できる。これらの系では  $\langle \delta\omega(t)\delta\omega(s) \rangle = (\delta\omega)^2 e \times p [-|t-s|/\tau_c]$  の関係を満たす。また、レーザー光の強さを 2 準位間のラビ周波数  $\chi$  で測る。第2図の  $\chi\tau_c < 1$  で  $\delta\omega\tau_c < 1$  の B 領域でのみブロックホ方程式は正当化され、 $\chi > \tau_c^{-1}$  では、熱浴の揺動効果、したがって緩和の効果がおさえられる事が示された。これは、電子系と熱浴の接触の度合いを時間領域で観測したものである。他方、この同じ効果を周波数領域で観測したもののが、発光スペクトルの尖鋭化である。弱いレーザー光照射下では、ラマン散乱とルミネッ





センスの2本の発光線が、強いレーザー光照射下では第3図の3本の発光線となり、しかも、自由誘導緩和のプロッホ・レジームの破たんと同じ原因で、尖鋭化する事が期待できる。中央線とその上下ラビ周波数だけ分離した発光線が、ラビ周波数の増加とともに尖鋭化していく様子が読みとれる。

これらの物理的理由は、ラビ周波数が  $\tau_c^{-1}$  をこえると、熱浴系は電子・レーザー光のシステムの運動に追随できなくなり、緩和の効果が消滅していくためである。

Reference E. Hanamura : J. Phys. Soc. Jpn 52 (1983) June and Sept.

- ① Stochastic Theory of Coherent Optical Transients
- ② Dressed States and Optical Absorption Saturation
- ③ Stochastic Theory of Emission Spectrum from Strongly Driven System

### 半導体表面に吸着した分子のラマン散乱

富山大工 上羽 弘

金属表面に吸着した分子の表面増強ラマン散乱 (SERS) は、粗い金属表面による電磁気的共鳴効果のみならず、吸着分子一金属系に特有の電荷移動励起の重要性が認識され、その全体像が

次第に明らかになりつつあるが<sup>1)</sup>, SERSは果たして金属表面に限られるのであろうか?

最近, 半導体表面に吸着した分子のラマン散乱について, 吸着分子と半導体の電子的励起との相互作用の重要性を示唆する興味ある実験が報告された。<sup>2)</sup> 本講演では, 吸着分子の励起状態と半導体の電子的励起(励起子, もしくはバンド間遷移)の間のエネルギー移動が許されているような系での吸着分子のラマン分極率を計算し<sup>3)</sup>, 半導体表面に吸着した分子のSERSの可能性を議論した。

#### 参考文献

- 1) A. Otto: J. Electron Spectrosc. and Related Phenom. 29 (1983) 329.  
H. Ueba et al: Surf. Sci. 119 (1982) 433.  
H. Ueba: Surf. Sci., in press.
- 2) J. F. Brazdil and E.B. Yeager: J. Phys. Chem. 85 (1981) 2194.  
J. E. Potts et al.: Phys. Rev. B27 (1983) 3905.
- 3) H. Ueba: Surf. Sci., in press.

#### 銀-ピリジン系のラマン散乱

##### ——圧力効果と時間特性——

東北大・科研 岡 泰夫, 柏原守好, 村山明宏  
東大・物性研 浅海 勝征  
東北大・工 近藤 泰洋

吸着分子による強いラマン散乱の典型例として銀-ピリジン系は, Fleischmann 等による最初の報告以来, 数多くの研究がなされている。その結果, 散乱強度増大の原因として, 金属の表面プラズモンの影響と, 化学吸着状態における共鳴散乱効果が重要であるとの見解が定着しつつあると思われる。最近は, 高真空中での吸着膜での実験も盛んであるが, 固液界面における問題も, 触媒作用, 電極反応等実用面との関連で, なお重要な意義をもつと考えられる。銀表面へのピリジン水溶液の吸着現象について, 新しい様相を見る目的で, ダイアモンド・アンビルセルを用いた圧力下のラマン散乱と, ピコ秒パルスレーザーによる過渡的分光測定を試みた。圧力下における吸着ピリジンは, 分子振動周波数が高エネルギー側へシフトし, 散乱強度は30Kbarまでに1/100程度に減少していくことが観測された。これより高压側では新しいラマンバンドが急速に強度を増していくことが判った。従って, 圧力下において吸着分子の配向の変化による散乱強度の減少や, アモルファス・グラファイトに類似した新しい吸着相が実現しているものと解釈できる。

また, 吸着分子のラマンスペクトルに背景として現れる  $1000\text{ cm}^{-1}$  以上にも及ぶ広いエネルギー帯の成分は, スペクトル形状やラマン利得がないこと等の理由により, 化学吸着状態からの電

荷移動を伴う発光であると言われている。この成分の減衰時定数を測定してみると 100 psec 以下と非常に短いことが判った。種々の吸着分子の発光についての同様の測定は化学吸着における電子状態に対する有益な情報を与えるものと考えられる。

### 銅フタロシアニン薄膜の Enhanced Raman Scattering

京都工織大 林 真至, 鮫島正憲

Ag, Si, ガラス基板上に蒸着した銅フタロシアニン (CuPc) 薄膜のラマン散乱を測定した。30本以上のラマン線の内最も強い  $1530\text{ cm}^{-1}$  のラマン線について、強度の基板依存性、膜厚依存性を詳しく調べた。その結果、ガラス基板上の CuPc 膜のラマン強度は膜厚にはほぼ比例する事が判明した。従ってガラス基板上では通常のラマン散乱が観測されている事になる。注目すべき事は、通常のラマン散乱が  $30\text{ \AA}$  程度の非常に薄い CuPc 膜についても観測され得るという事である。これは、他の表面での Enhancement Factor を直接決定するのに都合が良い。Ag ( $400\text{ \AA}$ ) 膜、Si 上の CuPc 膜のラマン強度は膜厚に対して非線型な依存性を示した。特に Ag 膜上では約 20 倍の Enhancement が見られた。詳しい計算と比較の結果、Ag, Si 上では、CuPc 膜内で入射光及び散乱光の多重反射及び干渉が強く起り特異な膜厚依存性と 20 倍の Enhancement が生じる事が判明した。Ag-island 膜 ( $\sim 50\text{ \AA}$ ) 上の CuPc 単分子膜では、約  $10^4$  倍の Enhancement が観測された。透過スペクトルの測定結果には、Island 粒子の Surface Plasmon Polariton (SPP) による吸収ピークが明確に現われており、 $10^4$  倍の Enhancement は入射光と散乱光が SPP と共に鳴する事で説明できる。Ag-island 膜上での Coverage Dependence の測定結果は、必ずしも過去のデーターとは一致しておらず、目下その理由を検討中である。

### 高圧下における赤色 HgI<sub>2</sub> のラマン散乱

東北大金研 黒田 規敬

赤色 HgI<sub>2</sub> は層状構造半導体としてよく知られているが、室温において約 1.3 GPa の静水圧で黄色相に転移を生じるために、手軽な圧力較正用物質としても知られている。しかしながら、Bridgeman によってこの相転移が発見されて以来既に 70 年以上経過しているにもかかわらず、その化学結合性や転移の機構の詳細については、現在もほとんどわかっていない。

多くの層状物質は三配位又は六配位結合より成っているが、赤色相 HgI<sub>2</sub> は四配位結合の二次元的配列より構成されている。この点で、赤色相 HgI<sub>2</sub> は化学結合論的には、Diamond, Zincblende 等の三次元四配位物質と、層状物質との接点にある物質とみなすことができる。

このような観点から、本研究では赤色相 HgI<sub>2</sub> の層状四配位結合が、静水圧によってどのような影響を受けるかを調べるために、ラマン散乱スペクトルの圧力依存性を測定した。その結果、

- 1) Hg-I 結合のイオン性が高いために、その変角復元力が層間 I-I van der Waals 結合の剪断復元力よりも弱く、従って層内振動モードに関する限り、いわゆる“Rigid-Layer”近似が成り立っていない。
- 2) Hg-I 結合の伸縮復元力の圧力係数は三次元四配位物質の場合と同程度であるが、変角復元力増大と共に急速に増大する。これは、イオン性が圧力と共に減少することを示している。
- 3) 層間結合力は圧力にほとんど依存しない。そのため、転移圧直下では I-I 結合の剪断復元力は Hg-I 結合の変角復元力とほぼ等しくなる。
- 4) 上のような原子間結合力の変化のために、フォノンの基準座標が変化する結果、それに伴う変形ポテンシャルの変化を通してラマン散乱強度が顕著な圧力依存性を示す。  
などの新らしい事実が見出された。これらの結果より、赤色 HgI<sub>2</sub> が特異な化学結合性を有しており、そのために他の層状物質には見られないような格子力学的性質を示すことが明らかとなつた。

### ラマン散乱による電荷密度波相転移の研究

阪大理 水貝俊治

電荷密度波 (CDW) 相転移はフェルミ面付近の電子と格子の相互作用によって起こる低次元物質特有の相転移である。CDW 相転移を示す遷移金属カルコゲナイトには 2 次元金属的 V 族化合物 (VSe<sub>2</sub>, NbSe<sub>2</sub>, TaS<sub>2</sub>, TaSe<sub>2</sub>) 及び半金属 TiSe<sub>2</sub> と 1 次元化合物 (TaS<sub>3</sub>, NbSe<sub>3</sub> 等) がある。この相転移に関しては一般化感受率  $X_{2kF}$  ( $= g^2 X_{2kF}^0$ ,  $g$  は電子一格子相互作用定数) が重要な量で、ソフト化した CDW フォノン・エネルギーはこれを使って表わされる。

2H-TaSe<sub>2</sub> は最もよく研究されていて、122 K 以下で CDW 相になる。最近 Fung らは収束電子線回折による暗視野像で CDW 相が多重ドメイン構造をなし、ドメイン内では orthorhombic であることを示した。T<sub>c</sub> 以下で、Σ 線上の 6 つの Kohn 异常 LA モードからなる 4Ag + 2B1g の CDW モードの温度変化をラマン散乱により求めた。2H-化合物では狭い d バンドの中央にフェルミ面があり、レーザー光に共鳴する高い結合状態密度を持っている。このとき  $2k_F$  と  $-2k_F$  の Kohn 异常モードからなる 2-フォノン・ラマン散乱強度が大きい。Klein は 2 次のラマン共鳴項が重要で散乱断面積は  $(g^2 X_{2kF}^0)^2$  に比例することを示した。2-フォノン・ラマン・ピークの面積より一般化感受率の温度変化を求め、次に  $\tilde{\omega}^2 = \omega_0^2 - 2g^2 \omega_0 X_{2kF}^0$  より CDW モードのエネルギーの温度変化を求め、1-フォノン過程より実験的に得た CDW モードの温度変化との良い一致を示した。同様のことは 2H-NbSe<sub>2</sub> についても成立つ。

1 次元 orthorhombic TaS<sub>3</sub> は T<sub>c</sub> = 215 K 以下でいくつかのラマン・ピークの低エネルギー側に衛星ピークが明瞭になり、温度を下げるに従って強くなる。同時に本来のピークは弱くなる。

これはラマン過程の反磁性項 ( $A^2$  項によるバンド内遷移過程による項) が CDW ギャップができることにより減少するためであることを示した。

### 無機ファイバーのラマン散乱

東北大金研 佐々木芳朗, 岡村清人, 仁科雄一郎

炭素繊維および炭化ケイ素繊維は、近年耐熱高強度材料として注目されている。これらの繊維の非常に大きな機械的強度と微視的な構造の関連性を明らかにする目的でラマン散乱の測定を行っている。炭素繊維およびその中間生成物のラマンスペクトルは類似していて、微結晶グラファイト（平均的な大きさ約 $50\text{ \AA}$ ）のラマンスペクトルとほぼ同じであった。中間生成物でのみ見られた約 $1200\text{ cm}^{-1}$  の構造は、鎮状炭素間の伸縮振動によると考えられる。一方、散乱強度は出発材料となったピッチ繊維で最も強く、酸化過程が進むにつれて弱くなり、最終的に得られた炭素繊維ではピッチの約 $\frac{1}{50}$  になった。炭素繊維での積分散乱強度は、グラファイト結晶 (HOPG) とはほぼ同じであった。ピッチ等の中間生成物中には、3配位の炭素間結合の他に炭素間鎮状結合等が一部含まれていると考えられ、炭素の $\pi$ 電子状態はグラファイトの場合と異なり、可視領域での光吸収係数はグラファイトよりも小さくなっていると思われる。このことから、ピッチや中間生成物のラマン強度はグラファイトや炭素繊維よりも大きくなっていることが理解できる。ところで、炭化ケイ素繊維のラマンスペクトルは、炭素繊維場合と同一で、 $\text{SiC}$ による構造は見つからなかった。この結果は、炭化ケイ素繊維中には、 $\text{SiC}$ と同じモル数のCが含まれていることと、 $\text{SiC}$ の単位体積当りのラマン効率がグラファイトの約 $\frac{1}{50}$ と予想されることで説明される。

### $\text{CdI}_2$ の音響フォノン分散曲線と層間結合力の推定

阪大工 中島信一, 片浜久, 三石明善

層状物質のC軸方向に伝播する音響フォノンの復元力は主に層間結合力に支配されている。このフォノンの分散曲線全体を知る事は層間結合力の性質を定量的に理解するために必要である。 $\text{CdI}_2$  には種々のポリタイプが存在し、高次のポリタイプでは $2\text{H}$ ポリタイプの或る $\vec{q}$ 点に対応した rigid layer mode (剛体層モード) が何本も観測される。一般には分散曲線は中性子散乱の手段しか得られないが、種々のポリタイプの測定から光学的に分散曲線を求める事が可能である。

我々はX線解析で同定した $\text{CdI}_2$  の種々のポリタイプで rigid layer mode のラマン散乱を測定し、基本 ( $2\text{H}$ ) ポリタイプのC軸方向に伝播するTAフォノンの分散曲線を推定した。

$\Gamma$ 点近傍での分散曲線の勾配である音速はブリュアン散乱の測定から求まる。この実験で求めた分散曲線に一次元モデルから得られる理論曲線をフィットさせ、 $\Gamma$ 点での勾配がブリュアン散

乱データに合う様に第1～3近接層間結合力( $f_1, f_2, f_3$ )を定める事ができる。この様にして得られた層間結合力の相対比は  $f_1 : f_2 : f_3 = 100 : 4.5 : 1.5$  であって、  $\text{CdI}_2$  の層間結合力では第1近接層間結合力が支配的で遠距離力の寄与は高々数%である事が認められた。但し  $\text{CdI}_2$  ではEモードに対する層内結合力が層間結合力に比して極端に強くなく、層内振動モードと層間振動モードのmixing を考慮する必要があり、この効果を考慮すると第2、第3層間結合力の寄与はmixing を考慮しない場合の値よりもさらに小さくなると考えられる。 $\text{CdI}_2$  の層間結合力がファンデアワールス力であるとして rigid layer mode の振動数の圧力依存性を解析し沃素の電子分極率を求めたが、この値は赤外反射測定から得られた値と良く一致した。

### 砒素カルコゲナイト系非晶質体の構造とラマン散乱

筑波大学物理工学系 新井敏弘、大成誠之助

カルコゲナイト系非晶質半導体は2配位の結合を持っており、構造的にも柔軟性にとみ一次元構造のリング、チェインや二次元構造の層状性を保持しているとされている。本研究に於ては、 $\text{As}_2\text{S}_3 - \text{As}_2\text{Se}_3$  系、 $\text{As}-\text{Se}$  系、 $\text{As}_2\text{S}_3 - \text{Sb}_2\text{S}_3$  系等に注目し、そのラマン散乱スペクトルの測定結果及びその解析の結果得られる構造に関する知見について報告する。理解を深めるため赤外線スペクトルによる解析結果も合わせて報告を行った。 $\text{As}_2\text{S}_3 - \text{As}_2\text{Se}_3$  系半導体のラマン散乱スペクトルは2モードタイプの振舞いを示しており、1つは  $350\text{cm}^{-1}$  近くにピークを持ち、もう1つは  $230\text{cm}^{-1}$  近くにピークを持っている。 $\text{As}-\text{S}_3$  ピラミッドの振動によるとされる  $350\text{cm}^{-1}$  近くのバンドは大きな偏光依存性を示している。これは  $\text{As}-\text{S}_3$  ピラミッド分子を考えた分子モデルで理解される。この系に於いて、 $\text{AsSe}_2$ ,  $\text{AsSe}_2\text{S}$  の足の異なったピラミッドが存在するかは重要な問題であり、この解明のためGF行列法により振動の固有値を上記各種ピラミッドについて求めたところ、伸縮振動にもとづく振動の固有値は  $\text{As}-\text{Se}$  ボンドか  $\text{As}-\text{S}$  ボンドかどちらがあるかによって決まってしまい、ピラミッドを構成する効果は小さいことがわかった。

$\text{As}-\text{Se}$  系の偏光ラマン散乱、及び赤外スペクトルから構造に関する知見を得た。又、 $\text{As}_2\text{Se}_3 - \text{As}_2\text{S}_3$ ,  $\text{As}-\text{Se}$ ,  $\text{AsS}_3 - \text{Sb}_2\text{S}_3$  系の2次ラマン散乱スペクトル及び2次赤外スペクトルを求めた。2次振動スペクトルの一般的表示を求め、1次スペクトルの自己コンポリューションとして2次スペクトルを合成して実測値と比較した。これから振動モード間のカップリング定数の大きさに関する知見を得た。

以上の研究結果及び最近行った中性子散乱の結果から中距離秩序、層間相関の存在等について述べた。

## ガラス半導体のクラスター構造と振動スペクトル

阪 大 理 邑 濑 和 生

IV-VI族系にあるようなガラス形成物質では結晶化合物と同じ組成の融液をゆっくり冷すと優れたガラスが得られる。ガラス形成の過程で、緩和と組織化を妨げる（フラストレーション）ある特定の構造的な機構が具わり結晶化せずに熱平衡からはずれ長距離秩序が発達しないと考えられている。過冷却液体やガラスに存在するクラスターの原子配列が非周期的であるため、中距離構造の研究は一般に難しい。しかし、IV-VI族（VI=Ge, Sn；VI=Se, S）ガラス半導体は振動スペクトルやガラス形成難易度を分子レベルで定量的に取扱い易いこと、シリカ（ $\text{SiO}_2$ ）と同じくらい非常に優れたガラスが得られることなどで、ガラスの科学の研究対象として大変都合がよい。<sup>1)</sup> 赤外およびラマンの振動スペクトルからガラス特有の構造に関する情報が得られる。ガラス内ではトポロジー的に高い秩序をもつクラスターがあり、クラスターの端部で化学的秩序が破れていることがPhillipsによって指摘されているが、われわれはクラスターの振動密度の計算を行い、実測スペクトルとの詳細な比較から、より現実的なクラスター模型を提出した。クラスター構造の理解により、ガラスの電子構造や、光誘起結晶化などの重要な諸現象、三つの凝縮相とその間の相転移を解明する道が開かれる。

1) 邑瀬和生、月刊フィジクス3（1982）508.

## Si:Fアモルファスのボンド構造とラマン散乱

神戸大工 山 本 恵 一

アモルファスSiのダンギングボンドをターミネイトする物質として水素が多く使われている。しかし、フッ素の方が水素に比して熱的にも電気的にも安定であることは良く知られた事実である。

しかし、フッ素を混入した場合のSi-Fnボンド構造についての報告は少なく、著者によってその同定はまちまちである。特に、フッ素を多量に混入した場合、 $\text{SiF}_4$ の分子状態でアモルファスSi中に取り込まれている可能性が高い。このことはFan, Ley, Cardonaや我々の赤外吸収の実験で明らかにされてきた。今回、この点をさらに明確にするため、ラマン散乱の実験を試みた。実験では、 $\text{SiF}_4$ ガスの中でSiをスパッタし、結晶Si又はガラス上にa-Siを作製する方法をとった。基板温度は60°Cで、高周波スパッタの周波数は13.56MHzであった。実験は $\text{Ar}^+$ レーザー（5145Å）を用い、分光器はSpexのRamalog 5Mである。

又、スパッタ膜は近距離力のみを考慮すれば良く、central force field modeやValency force field modelを用い、前者は $\text{SiF}_4$ 分子の振動姿態を、後者はSi-F, Si-F<sub>2</sub>, Si-F<sub>3</sub>の振動姿態を解釈し、ラマン活性なsignalがどこに表われるかを示した。又従来から行われてき

ている  $\text{SiF}_4$  ガスや結晶性  $\text{SiF}_4$  の赤外吸収のデータとも比較検討をした。その結果、非常に微弱な信号しか得られなかつたが  $\text{SiF}_4$  分子の存在を確認することができた。

その周波数は  $1030\text{ cm}^{-1}$  の Stretching mode と  $400\text{ cm}^{-1}$  付近の bending mode である。しかし Raman active なもう一つの mode  $260\text{ cm}^{-1}$  付近の signal は L A mode にマスクされ明確な判定は出来なかつた。その他  $970\text{ cm}^{-1}$  に  $\text{Si}-\text{F}_3$  mode を、 $920\text{ cm}^{-1}$  に  $\text{Si}-\text{F}_2$  mode を、 $870\text{ cm}^{-1}$  に  $(\text{Si}-\text{F}_2)_2$  mode を観測することが出来た。

これらの結果は我々の以前の赤外吸収の実験と良い一致をみることができた。

### F 中心の共鳴二次発光

大阪市大工 大倉 熙，森 雄造

アルカリハライド中の F 中心の光吸収帯を共鳴励起すると、共鳴ラマン散乱、ホットルミネッセンス、通常の F 蛍光等、緩和過程中より共鳴二次発光 (RSE) と総称される散乱を生じる。

電子—格子強結合系の一典型であり、又緩和過程中に  $2S-2P$  準位交叉を示す F 中心の無輻射緩和過程の理解へ向けて、KCl, KBr 中の F 中心の RSE について、その全ストークス域でのスペクトル及び励起直線偏光との偏光相関を、励起光波数  $k_r$  を変えながら、80Kで測定した。波数  $k_s$  での RSE 強度は、見掛け上  $I_{RSE} \propto (k_r - k_s)^n$  と表わせ、励起光側では  $n \sim 1$  となり、あるストークスシフト後、 $n \sim 2$  へ移る。一方、RSE の直線偏光度は、一次共鳴ラマン散乱直後よりかなりの  $k_s$  範囲にわたって 30~50% のほど一定値を保った後、F 蛍光帶中での完全消失へ向って減少する。

これらの結果より、F 中心の無輻射緩和に対し次のような描像を得ている。共鳴励起—ラマン散乱過程において、励起偏光の記憶を約半分喪失した後、断熱ポテンシャルに沿って緩和し、 $2S-2P$  準位交叉近傍に至り、一定の  $2S-2P$  準位間無輻射遷移を起し偏光の記憶を失った後、緩和励起状態に致達し、寿命時間中に完全に偏光の記憶を失う。

### $\text{BiI}_3$ の共鳴ラマン散乱

阪市大理 海部要三、小松晃雄、唐沢 力、飯田 武

層状結晶  $\text{BiI}_3$  は吸収端に  $\text{PbI}_2$  等と同様の強い遷移強度の直接励起子吸収帯を持つが、吸収端の立上りは 3 種の LO-フォノンを伴うステップ状の間接励起子遷移で始まる。その吸収係数は異常に大きいという特徴がある。またこの吸収端近傍には積層欠陥に起因する線状吸収 (P, Q, R, S, T) が、試料に依存して現われる。これらの電子遷移を共鳴励起して得られる二次発光スペクトルから、種々の興味ある結果が得られてきた。以下列挙する。

### 1) 1-フォノンラマン線

$\Gamma$  点の 8 個のフォノン ( $4\text{Ag}$ ,  $4\text{Eg}$ ) がラマン活性で通常ラマン測定から全部が観測された。それらの強度の励起光エネルギー ( $\omega_1$ ) 依存性から、このラマン過程は直接  $1s$  励起子に共鳴することが分かった。又  $\text{Ag}$  (LO-型) と  $\text{Eg}$  (TO-型) では異なる共鳴効果を示す。(文献 T. Komatsu et al. ; J. Lumine. 24/25 (1981) 679)

### 2) 積層欠陥による吸収線の共鳴ラマン効果

1-フォノンラマン線は R, S, T 吸収線の励起で強度に共鳴増大がみられ、このラマン過程における共鳴中間状態となることが分かった。P 線はほど間接励起子エネルギー位置に現われるが共鳴励起によるラマンにゾーン端フォノンが現われることからポリタイプによるゾーン折返し効果で説明される。(文献 T. Karasawa et al. ; Physica 105B (1981) 88, T. Karasawa et al. ; Solid State Commun. 44 (1982) 323)

### 3) 2-フォノンラマン線と、間接励起子二次発光

$\omega_1$  が間接励起子域に入ると  $\Gamma$  点フォノンとはエネルギーを異にするフォノンによる 2-フォノンラマン線が共鳴的に現われる。これらのラマンシフトの  $\omega_1$  依存性から  $\Gamma-Z$  方向のフォノン分散と間接励起子帯の分散が推定された。この共鳴励起ではラマン線の他に、間接励起子のバンド内分布を反映するルミネッセンスが現われる。これらのスペクトルの  $\omega_1$  依存性、温度依存性、試料依存性は間接励起子の緩和の詳細を与える。以上の結果を、間接励起子の二次発光に対する一般理論を用いて解析し、緩和過程を定量的、統一的に理解することが出来た。

(文献 T. Karasawa et al. ; J. Phys. Soc. Jpn. 52 № 7 (1983), T. Iida et al. ; J. Phys. C 16 (1983))

## 半導体 2 次元電子系からの光散乱

新潟大教養 片山信一

GaAs-(AlGa)As ヘテロ構造において、変調ドーピング法により実現できる濃度が約  $10^{12} \text{ cm}^{-2}$  の 2 次元 (2D) 電子系の光散乱理論を発展させた。 $(001)$  面からの後方散乱配置で入射光と散乱光の偏りベクトルが平行である時には、電子系の集団励起による散乱が観測可能になる。そのスペクトル形状、散乱強度を計算し、Pinczuk 等の実験と比較した。

我々が散乱スペクトル表式を導く際に基礎をおいた物理条件及びモデルは次の様である。光散乱は、 $E_0 + \Delta_0$  ギャップを介する共鳴散乱条件を使う。GaAs 層の 2D 電子は、数  $100 \text{ \AA}$  の (AlGa)As 層によりつくられた 1 次元ポテンシャル井戸の基底サブバンド状態に十分に局在する。電子間クーロン相互作用は層内はもちろん、異なった層間の寄与を含め、多層構造を反映させる。以上の条件をおくと光刺激によりつくられる伝導電子密度ゆらぎの時間相関がもとめられ、サブ

バンド内励起を伴う 2D プラズモンとサブバンド間遷移を伴う Inter-Subband (IS) プラズモンの両方の光散乱スペクトルが考察できる。

新しく得られた点は、層間クーロン相互作用を含める事により、上の集団励起の長波長分散が純粹2Dのそれから著しく変化することである。このことから、最近のOlego等の実験をよく説明できる。IS プラズモンについては、Pinczuk等のスペクトル解釈に、従来使用してきたクーロン相互作用パラメタ  $L_{01}$  の大きさを見なおす必要性を主張し、スペクトル形状の入射角依存性の予測、更に2D プラズモン散乱との相対散乱強度の検討を行った。

# ZnSe の $I_1^{deep}$ 束縛励起子によるスピンフリップ ラマン散乱と inhomogeneous broadening

東北大理 後藤武生，蔣雪雪因，野末泰夫

ZnSe の  $I_1^{\text{deep}}$  束縛励起子は、結合エネルギーが 19 meV と大きく、深い中性アクセプタに捕獲された励起子と考えられている。本研究会ではこの束縛励起子について、色素レーザ光の選択励起による inhomogeneous broadening の実証と磁場中でのスピンドリップラマン散乱による  $g$  値の決定や緩和機構について報告する。

$I_1^{\text{deep}}$  の吸収と発光のゼロフォノン線は 2 本から成り、その高エネルギー側の線幅内で励起光のエネルギーを変化させると 2 本の線の間隔に等しいシフトをもつ発光線が観測され、ラマン散乱と類似の現象がみられる。この現象は深い準位に捕獲された正孔による inhomogeneous broadening によってよく説明されることが分かった。

In ハライドに於ける多重 LO 散乱

高木理 由村快三、大野宣人、吉田政司、渡辺英生

InハライドはTlIとisoelectronicな斜方晶結晶でC軸方向にはInのcovalent chainがあ

り、 $a$ ,  $b$  軸方向には ionic な結合を持っている。光学的性質は強い異方性を別にすると概して立方晶 Tl ハライドと似通っている。InI は直接ギャップ、InBr は間接ギャップを持つ。この差は両者の光散乱の特性にも強く影響している。

直接励起子より高いエネルギーのレーザで励起すると両者共に LO フォノン間隔の多重散乱線が観測される。この散乱線の特徴は、1. 散乱線が励起子エネルギーに一致する時共鳴増大をする。2. 偶数番目の散乱が強く奇数番目が弱い（偶奇強度交替）。励起子エネルギー近傍に於ては更に TO フォノンとの結合線も観測される。

今回は散乱線の励起エネルギー依存性を調べた。InBr では 1 の outgoing resonance が 3 LO 迄認められ、また禁制の TO+LO 線も同様の共鳴を示すことがわかった。InI では強い吸収端発光の消失する LNT での観測によって 4 LO 迄の共鳴が認められている。

一方、励起子エネルギーより低いエネルギーで、許容の 2 LO 線の振舞を見ると、InI では直接励起子に対する共鳴が顕著であるのに対し、InBr では非常に弱いため殆んど観測出来ない。この差は、Raman 過程と間接励起子生成過程への branching の差によって理解できるのではないかと考えられる。

### $\beta$ カロチン単結晶の共鳴ラマン散乱

東大工 十倉好紀、国府田隆夫

直鎮状ポリエン分子  $R - (CH=CH)_n - R$  の  $\pi$  電子励起状態に関してはこれまで化学物理の分野で多くの実験的、理論的研究がなされてきた。しかし、これらは主に孤立分子状態についてのもので、凝集状態での光電過程に関する光物性的研究はまだきわめて少ない。直鎮状ポリエン結晶の物性は、その延長線上にある共役系高分子結晶での光励起状態との関連性から興味深いだけでなく、光合成反応や光信号受容反応などの光生物学的機能にも関係をもち、将来の光物性研究での重要な対象の一つとなると予想される。このような観点から、代表的な直鎮状ポリエン結晶として、 $\beta$ -カロチン単結晶をとり上げ、その最低 1 重項励起子  $^1B_u$  による反射スペクトルと共鳴ラマン散乱スペクトルを測定した。

单斜晶の  $\beta$ -カロチン単結晶の (001) 面で反射スペクトルを測定すると分子の直鎮方向にはほぼ平行な  $b$  軸に偏った光に対して幅 1.6 eV におよぶ金属的な全反射帯が観測される。これは分子が直鎮方向に巨大な遷移双極子 ( $f > 1$ ) をもつためで、この双極子一双極子相互作用により対応する分子励起子状態には全反射帯の幅と同程度の大きさの分散が予想される。そのような励起子バンドの性格は反射帯の下端付近を  $Ar^+$  レーザー光で励起した際の共鳴ラマン・発光過程にも反映される。すなわち直鎮上の  $C=C$ ,  $C-C$  結合の伸縮モード、および直鎮中央部の  $CH_3$  搖動モードに対応する三本の主要なラマン散乱線のほかに、これと重複して励起子バンド下端付

近に幅の広い発光帯が観測される。レーザー光のエネルギーをさらに増すと、この発光帯には振動モードのエネルギーに近い間隔をもった二つの構造が生じる。このような挙動は分子内振動によって散乱されたポラリトンの発光過程とラマン散乱過程の競合的な共存の結果として定性的には理解できる。定量的な解析には動的C P A理論によるバイブロニック励起子状態の計算が必要である。

### 塩化タリウムの直接励起子に共鳴するラマン散乱

物性研 竹中 久, 小林浩一

塩化タリウムの直接励起子に共鳴するラマン散乱を測定し、その結果を説明する為にポラリトン描像と励起子描像の両方で比較検討した。ポラリトン効果は、ポラリトンの縦横分裂を示す周波数領域で著しく現れる。しかし、ダンピングを考慮すれば、その効果は弱められ、ダンピングがある臨界値より大きくなれば、ポラリトンは最早、良い量子状態にあるとは言えなくなる事が松下らによって示された。塩化タリウムの直接励起子に関して言えば、縦横分裂より計算される臨界値よりダンピングの方が大きいと考えられ、松下らの指摘によれば、励起子と光は大ざっぱに言って独立に運動する様になり、いわゆる励起子描像が良い記述方法となる。塩化タリウムの1LOラマン線が直接励起子に共鳴する時に、散乱断面積の入射光エネルギー依存性を理論と実験で比較した場合は、励起子描像の方がポラリトン描像よりも一致が良い。その際、ダンピングの大きさをどの様に決定するかが重要であるが、正確なダンピング定数は不明であるので、励起子の空間分散を無視して、高幣によって求められた反射の実験値よりクラマース、クローニッヒ変換で得られる誘電関数を求め、その虚数部分の幅からダンピングの大きさを決定した。このダンピング値は、真の値より空間分散による分だけ大きいと考えられるが、一応近似値として採用すれば、1LO及び2LOラマン線の散乱断面積の入射光エネルギー依存性はうまく説明されるので、近似は良いと考えられる。

結論として、塩化タリウムでは、共鳴ラマン散乱の入射エネルギー依存性の実験を説明する上でポラリトン描像よりも励起子描像の方が良いと考えられる。

## 物性研究所談話会

日 時 1983年6月20日(月)午後4時～  
場 所 物性研Q棟1階講義室  
講 師 Dr. S. M. Shapiro  
(所属) (Brookhaven National Laboratory, 阪大)  
題 目 Neutron Scattering Studies of Reentrant Spin Glasses  
要 旨:

Reentrant spin glasses (RSG) are materials, usually alloys, that exhibit following sequence of phase transitions: At high temperatures it is in a disordered paramagnetic state. Upon cooling below  $T_c$  the material behaves like a ferromagnet and then, at a lower temperature, the ferromagnetism disappears and spin glass-like state is present. The talk will define a spin glass and outline theoretical arguments predicting a RSG. Neutron scattering experiments performed on the alloys  $\text{Fe}_{3-x}\text{Al}_x$  and  $\text{Eu}_{1-x}\text{Sr}_x\text{S}$  will be discussed. A framework for a theory based on random field effects will be presented which describes our results and predicts a disappearance of the ferromagnetism at lower temperatures.

日 時 1983年6月27日(月)午後4時～  
場 所 物性研Q棟1階講義室  
講 師 Dr. Cecil E. Land  
(所属) (Sandia National Laboratories)  
題 目 Photographic Image storage in Ion Implanted PLZT Ceramics  
要 旨:

Photographc images can be stored in transparent lead lanthanum zirconate titanate (PLZT) ceramics using near-UV light with photon energies near the band gap energy of 3.42 eV. Coimplanting inert ions, e.g., Ar, Ne and He, into the surface exposed to image light can increase near-UV photosensitivity by a factor of almost  $10^4$ , with no degradation of image quality, so that the exposure energy threshold is reduced from  $\sim 100 \text{ mJ/cm}^2$  to  $\sim 10 \mu\text{J/cm}^2$ . Co-implanting chemically active and inert ions, e.g., Al or Cr and Ne, can result

in similar improvement of the extrinsic (visible light) photosensitivity and in an essentially flat photoresponse from about 400 to 600 nm. In addition, thermal diffusion of Al followed by Ne implantation yields photosensitivity increases in the near-UV comparable to the best results obtained to date with ion implantation. The Al-diffused plus Ne-implanted samples also have the highest photosensitivity obtained to date in the blue region of the visible spectrum. Ion implanted, or Al-diffused plus Ne implanted, PLZT is now the most sensitive, nonvolatile but selectively erasable image storage medium known to exist.

日 時 1983年7月4日(月)午後4時～  
場 所 物性研Q棟1階講義室  
講 師 秋本俊一氏  
(所属) (物性研)  
題 目 超高圧物理学と固体地球科学との接点  
— 大容積超高压高温発生装置の果たす役割 —

要 旨：

近年、ダイヤモンド・アンビル装置が物性研究者に普及し、超高压物理学の新時代が拓かれつつあるが、一方では、超高压研究における大型超高压高温発生装置の果たす役割も注目されている。わが国の超高压研究のオリジナリティーが国際的に評価を得ているのはこの分野であり、20年前に物性研究所に設備されたテトラヘドラル・アンビル装置がその契機となったことはいうまでもない。

ここでは、最近、筆者の研究室でおこなわれている超高压高温下の単結晶育成や、超高压高温下のX線回折実験の成果を紹介し、超高压物理学と固体地球科学との接点について概説したい。

日 時 1983年7月7日(木)午後4時～  
場 所 物性研Q棟1階講義室  
講 師 Dr. P. M. Platzman  
(所属) (Bell Laboratories)  
題 目 Polaronic Aspects of Two-Dimensional Electrons on Films of Liquid He

要　旨：

We have formulated the problem of two-dimensional electrons on a film of liquid as a polaron problem and have used the Feynman formulation of the polaron to compute the ground-state energy and the effective mass of the system for all values of the coupling constant (from strong to weak). We find that the effective mass undergoes an extremely rapid transition from an electronic value to a value on the order of several helium-atom masses for coupling constants which are easily attainable; i. e., a "localization" transition occurs. The temperature dependence of this "transition" will also be discussed.

日　時　　1983年7月18日（月）午後2時～

場　所　　物性研Q棟1階講義室

講　師　　Prof. J. E. Fischer

(所属)　　(ペンシルバニア大学)

題　目　　Staging Transitions in Intercalated Graphite

要　旨：

Recent experimental results on staging transitions in intercalated graphite are summarized. Transitions to dilute stage 1 at high temperature are observed for  $\text{Li}_x \text{C}_6$  with  $0.16 < x < 0.99$  which give the first experimental information on the upper phase boundary in the  $(T, x)$  plane. We observe a transition from dilute disordered stage 2 to ordered stage 3 either at low T or high pressure; the connection between P and T suggests other low-T staging transitions. We also report the first observation of a fractional stage, CMCCM... as one of the constituents of  $\text{KC}_8$  in the pressure range 15-19 kbar. Finally, we discuss an unusual ordering transition in " $\text{KC}_{84}$ " in which the stage 7 sequence of occupied galleries becomes more perfect at low T.

日　時　　1983年7月18日（月）午後4：00～5：00

場　所　　物性研Q棟1階講義室

講　師　　石川征靖氏

(所属)　　(物性研)

題　目　　磁性と超伝導の競合問題　—その歴史的背景と今後の課題—

要 旨 :

長距離性の磁気秩序と超伝導との競合がシェヴレル化合物及びロジウム硼化物において実験的に数年前初めて検証され話題を呼んだ。これまでの研究成果を概観し、今後に残された諸問題について議論したい。

また、以上のような長距離型の磁気秩序に転移する超伝導体以外にも、もっと広い意味での磁性体で超伝導になるものがいくつか考えられる。Ce Cu<sub>2</sub> Cl<sub>2</sub> 等を例に、そのような新しいタイプの磁性超伝導体についても付言したい。

日 時 1983年7月21日（木）午後4時～

場 所 物性研Q棟1階講義室

講 師 信 貴 豊 一 郎 氏

(所属) (大阪市大 理、物性研客員)

題 目 超低温における固体<sup>3</sup>Heの核磁性

要 旨 :

固体<sup>3</sup>Heの核磁性はその量子性によって増強され、密度の小さいbcc<sup>3</sup>Heでは1mk附近から核スピン秩序化が発生する。密度を大きくしてゆくと種々の交換相互作用が抑圧されてゆくと考えられるが、それに関する実験結果を報告する。

現在、物性研石本グループと共同で、更に密度の高いhcp<sup>3</sup>Heの核スピン秩序化がどうなるかを研究中であるが、実験が理想的に進行すれば、その結果について言及できるかも知れない。

## 1984年度日米協力事業「中性子散乱」研究計画の公募

標記の日米協力事業は、1981年日米科学技術協力事業の一環として発足し、その後関係者の間で組織面、および設備面での準備が進捗してきました。組織としては、日米合同研究委員会が実質的な運営にあたっていますが、日本側には物性研に「中性子散乱」研究計画委員会が設置され、国内的な計画の立案実施を行っています。設備としては日本側経費負担による中性子分光器および附属設備が米国ブルックヘブン国立研究所、オークリッジ国立研究所に設置されつつあります（参考資料参照）、これら設備の充実に伴い、1984年度より研究計画の一部（註）を広く全国の研究者から公募する方針が、本年6月開催の研究計画委員会において決定されました。

これにもとづいて、1984年度日米協力事業「中性子散乱」の研究計画を、下記の要領で公募します。関心のある方はふるって御応募下さい。応募された研究計画は、研究計画委員会において審議の上、日米合同研究委員会に提出され、同委員会で決定されます。採否の決定は1984年1月以降になる見込みです。

### 記

1. 応募資格：全国国公私立大学、研究所所属研究者
2. 所定の提案書（書式は、研究計画委員会委員長宛請求して下さい）を用い、

〒106 東京都港区六本木7-22-1

東京大学物性研究所

星 塙 穎 男 宛

コピー2部とともに送付する

3. 応募締切り：1983年10月29日（土）

日米協力事業「中性子散乱」

研究計画委員会

委員長 星 塙 穎 男

註) 研究計画委員会での論議の結果、次のような事業の基本方針がきまっています。

研究計画全体を二つのカテゴリー：「計画研究」と「公募研究」にわける。計画研究は比較的大きな（開発的要素をもつ）課題について組織的研究を行う。期間は長期にわたり、参加者は固定せず、隨時交替し得るものとする。公募研究は、広い分野にわたって時宜に適したテーマを一般より募集し、短期に集中して研究を遂行する。

現在、計画研究としては、ORNL：極端条件の中性子散乱

BNL：超高分解能中性子分光 をとり上げています。

参考資料：

- 1) この協力研究は、BROOKHAVEN 国立研究所 (BNL) および OAK RIDGE 国立研究所 (ORNL) の高中性子束炉の設備を利用する
- 2) BNL には偏極中性子分光器を建設中で、1984 年後半期より稼働の予定である。これの完成までは HFBR に既設の 3 軸型分光器、4 軸回折装置などが使用可能である
- 3) ORNL には附属設備として、超低温設備、高圧；高温設備が稼働、ないし建設中である  
(超低温設備：1982 年完成、高圧設備：1983 年完成予定、高温設備：1983 年度完成予定)
- 4) この協力事業では、大部分は日米双方の研究者が合意した研究計画を協力して実施するが、一部は日本独自の研究も行うことができる
- 5) BNL での一研究課題に関する滞在期間は原則として 6 週間以上とする
- 6) 米国出張者の語学力については、この点が協力研究を円滑に進める上で重要な要素となるので、特に留意して頂きたい
- 7) この協力研究について不明の点や設備の詳細等については、次の各委員に直接問い合わせられたい

全般的な事項	星 垒 祐 男 (東大物性研)
B N L 関係	山 田 安 定 (阪大基礎工)
ORNL 関係	国 富 信 彦 (阪 大 理)

## 東京大学物性研究所の助教授公募の通知

下記により助教授の公募をいたします。適任者の応募をお願いいたします。

記

(1) 研究部門名および公募人員数

中性子回折物性部門	助教授	1 名
-----------	-----	-----

(2) 研究分野および内容

中性子回折物性部門では、平川、星埜、伊藤の 3 所員を中心とするグループが、主として原研（東海村）の JRR-2 の原子炉内に設置してある実験設備を用いて、中性子散乱による物性研究を行っている。これに加え、本所は日米協力「中性子散乱」研究の実施機関として、米国の高中性子束炉に設備を建設して、日米協力研究を推進している。

本公募は、このグループに参加し、我が国に於ける中性子散乱研究の発展に積極的に協力す

る意欲ある人材を求めるものであり、中性子散乱の研究の経験があれば、とくに物理の内容についての専門は問わない。ただし着任後は、米国ブルックヘブン国立研究所の長期滞在研究員として1.5～2.0年間出張し、高性能偏極中性子散乱装置の据付け調整に協力すると共に、日米協力研究に関する任務を分担していただく。その後は、原研の新原子炉における本所の中性子回折物性研究施設計画の推進と、研究発展に参加することが要請される。なお、この研究施設完成後は本部門の職員は原則として、東海村に常駐する計画となっている。

- (3) 公募締切 昭和58年10月31日（必着）  
(4) 就任時期 決定後なるべく早い時期を希望  
(5) 提出書類

(イ) 応募の場合

- 履歴書（略歴でよい）
- 業績リスト（タイプすること）
- 主要論文の別刷（5篇以内）
- 研究計画書（2,000字以内）
- 所属の長また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

(ロ) 推薦の場合

- 推薦書（健康に関する所見を含む）
- 履歴書（略歴でよい）
- 主要業績リスト（タイプすること）
- できれば主要論文の別刷（5篇以内）
- できれば研究計画書に準ずるもの

- (6) 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

(7) 注意事項

中性子回折物性部門助教授公募書類在中、または意見書在中の旨を表記し、書留で郵送のこと。

(8) 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。

東京大学物性研究所長

中 嶋 貞 雄

## 人 事 異 動

発令年月日	氏 名	異 動 事 項	現(旧)官職
58. 7. 1	安 藤 恒 也	理論部門助教授に配置換	筑波大助教授
58. 7. 1	三 国 晃	附属軌道放射物性研究施設助手に配置換	技 官
58. 7. 10	深 野 海 蔵	医科学研究所経理課経理掛長に配置換	経理課 司計掛長
58. 7. 10	梅 沢 宣 喜	経理課司計掛長に配置換	教育学部附属高等学校 庶務掛長
58. 8. 1	矢 作 直 之	経理課用度掛に採用	
58. 8. 10	都 川 匡 史	経理部契約課に配置換	経理課用度掛

## Technical Report of ISSP 新刊リスト

Ser. A.

- No. 1334 NMR Studies of  $\text{VO}_2$  and  $\text{V}_{1-x}\text{W}_x\text{O}_2$ , by Kōki Takanashi, Hiroshi Yasuoka, Yutaka Ueda and Kōji Kosuge.
- No. 1335 Dynamical Aspects of Self-Trapping of  $\text{I}_\text{s}$  Excitons in RbI and KI. by Yutaka Unuma, Yasuaki Masumoto, Shigeo Shionoya and Hitoshi Nisimura.
- No. 1336 Pressure-Induced Successive Phase Transitions in CsI and Its Equation of State in Relation to Metallization. by Katsuyuki Asaumi.
- No. 1337 Propagation of Magnetoplasma - Helicon - Wave in Graphite Alkali Metal Intercalation Compounds. by Sei-ichi Tanuma, Isamu Oguro and Rumiko Inada.
- No. 1338 A Band Theory of The Magnetic Interaction in MnO, MnS and NiO. by Tamio Oguchi, Kiyoyuki Terakura and A. R. Williams.
- No. 1339 The Ground State of the 2-d Electrons in a Strong Magnetic Field and the Anomalous Quantized Hall Effect. by Daijiro Yoshioka, B. I. Halperin and P. A. Lee.

- No. 1340 A Theoretical Approach to Rotationally Inelastic Scattering of Heteropolar Rigid Rotor by Rigid and Flat Surfaces. by Shigeru Tanaka and Satoru Sugano.
- No. 1341 A Study of Structural Phase Transitions in Antiferroelectric PbZrO<sub>3</sub> by Neutron Diffraction. by Hideshi Fujishita and Sadao Hoshino.
- No. 1342 Temperature Dependence of Magnetic Susceptibilities of (TTT) (TCNQ) and (TTT) (TCNQ)<sub>2</sub>, by Masashi Takahashi, Tadashi Sugano and Minoru Kinoshita.
- No. 1343 An Improved Spin-Flip Switching System for Neutron Spectral Modulation. by Yuji Ito and Shiro Takahashi.
- No. 1344 Competition Between Electron-Electron and Electron-Lattice Interactions -- Four-Site-Four-Electron Model --. by Jun-Ichi Takimoto and Yutaka Toyozawa.
- No. 1345 Resonance Raman Scattering in Thallous Chloride. by Hisashi Takenaka, Koichi Kobayashi, Ken Takiyama, Jun'ichirō Nakahara and Toshiaki Fujita.
- No. 1346 Magnetism of an Organometallic Polymer;  $\left[ \{ \text{Fe} (\text{C}_{13} \text{H}_{17} \text{N}_3)_2 \} (\text{SO}_4)_{1+\delta} \text{xH}_2\text{O} \right]_n$ , by Tadashi Sugano and Minoru Kinoshita.
- No. 1347 On the Spin Fluctuations in Weak Itinerant Ferromagnets. by Yoshinori Takahashi and Toru Mōriya.
- No. 1348 A High Performance Focusing-Type Time-of-flight Atom-Probe with a Channeltron as a Signal Detector. by Toshio Sakurai, Tomihiro Hashizume and Akiko Jimbo.
- No. 1349 Infrared Magneto-Optical Spectroscopy in Semiconductors and Magnetic Materials in Pulsed High Magnetic Fields. by Noboru Miura.
- No. 1350 Itinerant Electron Ferromagnetism in Y<sub>4</sub>Co<sub>3</sub> --- <sup>59</sup>Co NMR. by Masashi Takigawa, Hiroshi Yassuoka, Yuji Yamaguchi and Shinji Ogawa.

- No. 1351 Effects of Magnetic Fields on Inelastic Scattering Time in Two-Dimensional Weak Localization. by Hiromichi Ebisawa and Hideyoshi Fukuyama.
- No. 1352 Neutron Scattering Study of Spin Dynamics at the Magnetic Phase Transition in Two-Dimensional Planar Ferromagnet  $K_2 CuF_4$ , by Kinshiro Hirakawa, Hideki Yoshizawa, John D. Axe and Gen Shirane.

## 編 集 後 記

これを書いている今は一年中で一番暑い一週間の真只中ですが、皆様のお手許に届くころはすでに時は移り初秋となり、そろそろ豊かな収穫の頃でしょうか。

よく御存知のことかと思いますが、物性研では多くの方の退官に伴い新しい方が続々と着任されております。2月、6月、7月にそれぞれ、石川、石井、安藤の各先生が来られました。今月号では、お二人石川、石井先生に抱負を語って頂きました。

次号の原稿の締切りは10月10日です。

〒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

福山秀敏

桜井利夫

