

物性研だより

第32卷
第6号

1993年3月

目 次

物性研短期研究会報告

- 「物性科学の将来」（創立35周年記念シンポジウム） 1
 世話人 寺倉 清之、家 泰弘、三浦 登、村田 好正、
 八木 健彦
- 「電子励起が誘起する原子移動の物理機構」 11
 世話人 篠塚 雄三、吉田 博、前田 康二、末元 徹、
 谷村 克己、田口 常正

第4回物性専門委員会（第15期）議事録 34

物性研究所談話会 39

物性研ニュース

- 東京大学物性研究所 教官公募 40
- 東京大学物性研究所 助手公募 42
- 人事異動 44
- テクニカルレポート 新刊リスト 45
- 物性研だより 第32巻目録（第1号～第6号） 49

編集後記

東京大学物性研究所

ISSN 0385-9843

物性研短期研究会報告 (創立35周年記念シンポジウム)

「物性科学の将来」

司会者 寺 倉 清 之 (代表)

家 泰 弘

三 浦 登

村 田 好 正

八 木 健 彦

上記記念シンポジウムが平成4年12月3日に下記のようなプログラムで行われた。物性科学の広がりを考え、物性物理における現時点での中心的話題にとどまらず、むしろ境界領域とのつながりを重視するという方針でプログラムを構成した。従って、講師の方々には余計な御負担をおかけすることになったのではないかと申し訳なく思っている。しかし、お忙しいスケジュールにも拘わらず興味深いお話をしていただけたことに深く感謝したい。約100人の参加者が集まり、熱心な討論が行われた。また最後に、小谷正博(学習院大理)、松井義人(岡山大地内研)、国府田隆夫(東大工)の各氏から、物性科学に対する個性あふれるコメントをいただいた。

なお、本シンポジウムの内容に関する資料を集めた印刷物を準備中である。また、平成4年6月に行われた物性研短期研究会「物質科学の将来——物性物理とその隣接分野」の資料集もまだ残部があります。御希望の方は寺倉まで(Fax:03-3402-8174)お知らせください。

プロ グ ラ ム

日 時 : 平成4年12月3日10時より

場 所 : はあといん乃木坂(健保会館)

10:00	はじめに	所 長
10:10	有機物質——物性物理の新しい舞台——	十倉 好紀(東大理)
11:10	無機材料の将来展望	柳田 博明(東大工)
12:10	昼 食	
13:30	メゾスコピック系の物理学	川畑 有郷(学習院大理)
14:30	コーヒーブレーク	
14:45	ソフトマテリアルの相転移とパターン形成	川崎 恭治(九大理)
15:45	地球の起源と進化における気相-液相-固相 相変化の役割——実験的アプローチ	久城 育夫(東大理)
16:45	コメント及び討論	

有機物質 —— 物性物理の新しい舞台 ——

東大理 十 倉 好 紀

新しい物理概念と新物質の開発は、物性物理の発展の両輪である。これは、半導体物理の転換期においてもそうであったし、またこれからも物性物理もそうである。物性物理の今後は、多様なベクトルを持ち、絶えざる学際化と応用分野との融合が起こることは、想像に難くない。そのベクトルの一つの方向として、有機物質を取り上げた。有機物質が、物性物理の表舞台に登場したのは、そう新しいことではないが、これからの物性物理の新しい舞台としては、種々の可能性を秘めている。

有機物質（あるいはもう少し具体的に、分子システム）の特徴として、まず思い起こすのは、柔軟性、そして孤立した分子ユニットのイメージであろう。電子物性の概念で言えば、前者は強い電子—格子相互作用を、また後者は強束縛近似の有用性や強い電子相関効果の存在を意味する。講演では、これらの有機物質の特徴に関連して、多体効果や協力現象が顕在化した、次のような電子的相転移現象を例に、新しい研究の展開の可能性を議論した。(1)強い電子相関効果による金属—絶縁体転移、および軌道縮退による効果、(2)強い電子—格子相互作用による相転移現象と有機強誘電体の可能性、(3)光励起状態での協力現象と価数不安定性。

強相関電子系、特に価数制御による電子物性変化の重要性の認識は、高温超伝導の熱病が以降の物性研究に与えた、好影響のひとつである。この観点から、有機伝導体・超伝導体の新しい研究の流れと理解を(1)において紹介した。また、有機強磁性体を目指して、高スピン分子合成の成功例が数多く報告され始めたが、これらは新しい量子スピン系としてみると、今後の展開が期待できそうである。

電子—格子相互作用による新奇な物性(2)の発現が、今後も共役ポリマーや電荷移動錯体結晶で期待されるが、講演では、その一例として、バイエルスまたはスピンパイベルス不安定性を利用したπ分子性強誘電体創製の可能性を指摘した。特に、低次元系では、中途半端な電荷を持つドメイン壁励起（スピンソリトンおよびスピンレスソリトン）が、系の動的特徴（誘電性、磁性、光電物性）を支配することを指摘した。また、動的水素結合を用いた有機強誘電体の例を示し、π電子を介したプロトン—格子相互作用とその量子効果の重要性を指摘した。

また(3)では、光励起状態あるいは光励起種（ポーラロン、バイポーラロン、ソリトンなど）を核とした多体効果の例として、光誘起相転移現象や価数不安定性の最近の研究例を紹介した。

新物質開発と新物性開拓の研究を調和よく、またダイナミックに推進するには、「柔軟」な思考のできる人材の育成・教育が必要である。また、研究の現場では、物理・化学研究者の、また装置主体・物質主体研究者の混住・協調が不可欠である。物性研究所の役割はこの点でも今後とも重要

であり、縦割的機構表に制限されない、「柔軟」な、そして「遊び」の可能な研究所であって欲しいと願っている。

無機材料の将来展望

東大工 柳田博明

無機材料がいわゆるセラミックスと同義語として議論を展開する。従来、セラミックスは強度材料、機能材料、生体材料と分化され、研究開発が進められてきた。しかし、地球環境問題やテクノストレスの深刻化を救うためには、単純で理解しやすい材料を開発する必要があるとの観点から、融合材料が提唱されるようになった。その一例が、自己診断機構を持つ構造材料である。

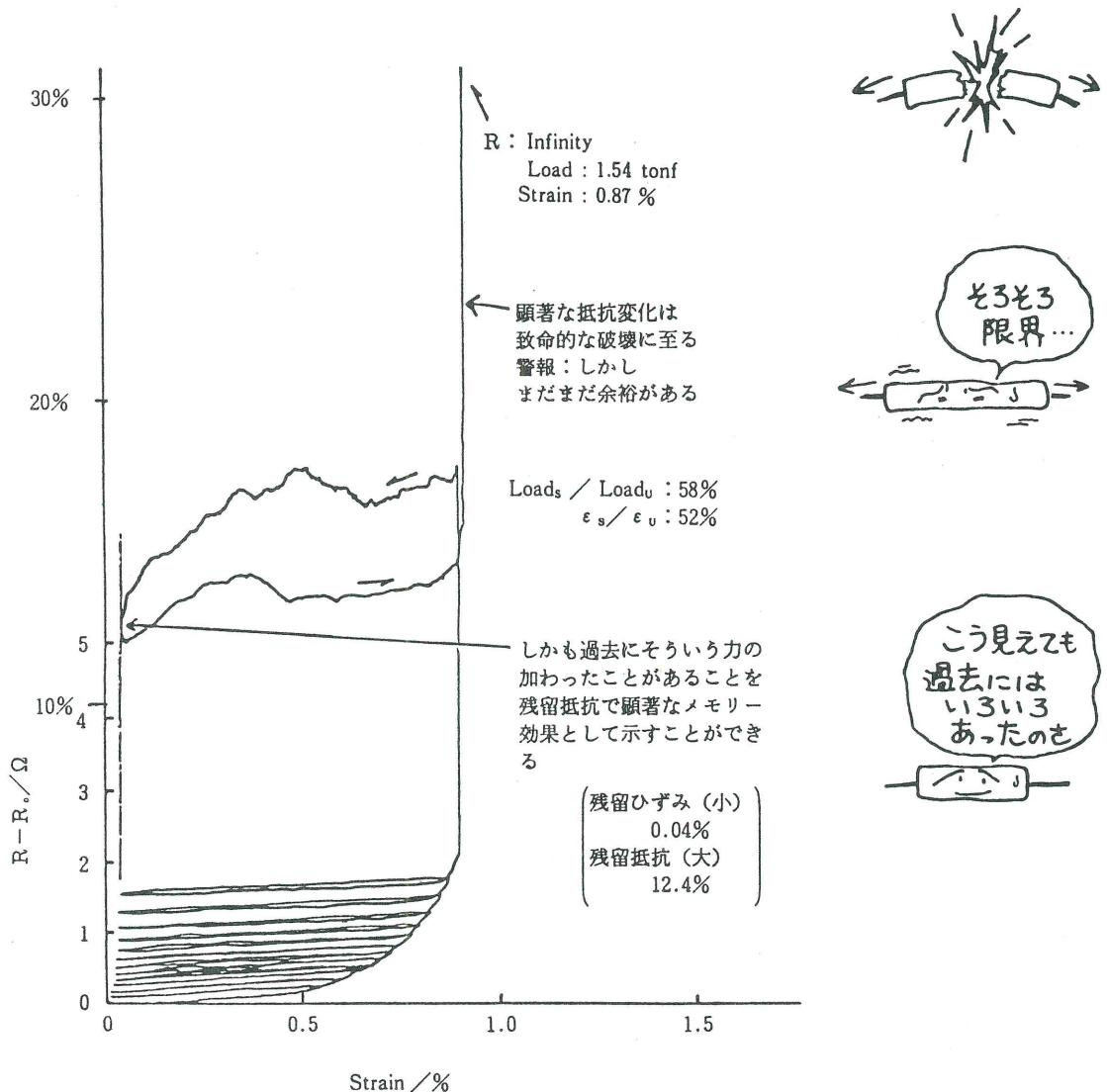
まず、昨今話題になっているものの例として、ポストアルミナ絶縁基板材として期待されているチッ化アルミニウムセラミックスにおける、イットリアやカルシア添加効果の機構、分子識別性のあるp/n接触系ガスセンサーの動作機構と設計、部分安定化ジルコニアの韌性向上の機構解明、破壊予知手法の開発などを挙げる。

自己診断機構を持ち2段破壊をする材料の設計例として、高弾性、低限界のび率、導電性の炭素繊維と、高韌性、高限界のび率、絶縁性のガラス繊維を複合化した材料を論ずる。この材料では、致命的破壊にまだ余裕のある段階で顕著な抵抗変化を示し、かつ過去に受けた最大損傷を記憶することができる。医学的な表現をすれば、健康診断と既往症のカルテを持つことになる。とくに後者は、残留ひずみが検知しにくい微小のものであっても、残留抵抗を測定することによって容易に検出でき、検査員にとっても優しい技術を提供することになる。

機能性セラミックスの分野でも技術・回路の単純化のためのインテリジェント化が行われている。自己調節性を持つ正湿度特性抵抗体や、自己修復性を持つp/n接触系湿度センサー、チューニング機構を持つp/n接触系ガスセンサー、半焼成炭素繊維を用いての静止体からの赤外線放射を検出するセンサー、などである。

技術のインテリジェンスの指標として、メリットを部品数で除したものを提案する。複雑なものほど高度であるという誤った指導原理（演者はこれをスパゲッティ症候群と称する）から脱却するための研究開発を学際的に推進すべきであると提唱する。

Strain-Change of Resistance



SAMPLE : Pitch-HPCF
1992.3.4. Exp. (1 bundle, 3 K)
 $R_0 = 42\Omega$

メゾスコピック系の物理学

学習院大理 川 畑 有 郷

いわゆるメゾスコピック系に関する研究が盛んになったのは、1980年代の中頃であるが、ミクロとマクロの中間の物質の物性と言う意味では、1962年の金属微粒子に関する久保の論文がその始まりであると言ってよいであろう。久保の論文の新しい点は、エネルギー準位の統計を持ち込んだことにある。エネルギー準位に関する議論は、その後Gor'kovとEliashbergによってランダム行列理論の観点から見直しが行われ、ユニバーサリティ・クラス即ち系の基本的な対称性が物性に定性的な違いをもたらすことが指摘された。

ユニバーサリティ・クラスが電気伝導においても重要であることを示したのは氷上・ラーキン・長岡であり、アンダーソン局在の様相が定性的に異なることがわかった。

メゾスコピック系の研究が盛んになった原因是、試料制作及び測定技術の発達もあるが、一つには、1979年に始まったアンダーソン局在のスケーリング理論からの自然な流れである。スケーリング理論の基本的なアイデアは、ミクロなスケールでは十分に大きいが有限の大きさ系の電気抵抗のサイズ依存性から無限大の系の電気抵抗を導くものである。しかし、有限の系の電気抵抗をどのように定義するか、と言う問題は簡単ではない。また、定義できたとしても、マクロには同じに見える多数の試料の、ミクロな構造の差による電気抵抗のゆらぎが問題となる。スケーリング理論では、このゆらぎを無視するからである。

このような視点から生まれた成果の一つが、ユニバーサルなコンダクタンスのゆらぎの理論である。ここでもユニバーサリティ・クラスは重要な要素であり、コンダクタンスのゆらぎの大きさは系の細かい構造にはよらず一定であるが、ユニバーサリティ・クラスには依存する事がStone・Lee・福山によって示された。

このユニバーサルなコンダクタンスのゆらぎ、AAS効果およびアハラノフ・ボーム効果が初期のメゾスコピック系の三種の神器であるが、これらは電子の波動性を強調するものである。特に、電子がランダムに分布する不純物等によって散乱されても、弹性散乱である限りは波の干渉による効果が減ずることはない、ということを示したのが新しい点である。

やや遅れて1980年代の末に登場した話題がバリスティックな電子による電気伝導である。バリスティックな電子は試料の境界以外では不純物等による弹性散乱も受けない電子であり試料制作技術の向上無しには実現できないものである。バリスティックな電子の特長は、波動性と粒子性の両方の側面を見せることにある。波長と同程度の幅の狭いチャネル中を、導波管中の電磁波のように電子が伝搬することによるコンダクタンスの量子化は前者であり、電子の直進性による非局所抵抗（回路の電流の流れていらない部分にも電位差が生ずる）は後者である。

現在のメゾスコピック系の研究の動向は、電子の波動性よりも粒子性に重点をおいたものとなり

つつある。その代表がクーロン・ブロッケイドである。これは、電子の帶電エネルギーにより伝導が阻害される現象である。この現象に関する基本的なアイデアは新しいものではない。帶電エネルギーの重要性は久保の論文にも指摘されており、1960年代にすでに実験も行われている。

クーロン・ブロッケイドが新しく見直されている一つの理由は、SET（一電子トンネル効果）の出現である。非常に小さい電気容量をもつトンネル素子においては、電子が一個ずつトンネルする事を直接反映して電流が振動する。これは、電子の伝導を一粒一粒見ていることになるわけであり、電子の粒子性の発現である。この現象は、電流の標準として応用できる可能性がある。

メゾスコピック系の研究においては、まだ次から次へと新しい現象が現れており、とどまるところを知らない状況である。ただし、その中には、アイデアとしては誰もが考え付く物であるが技術の向上によってやっと可能になったと言うだけのものも少なくはない。ユニークな成果をあげるためにには、やはり時間が必要であろう。

ソフトマテリアルの相転移とパターン形成

九大理 川 崎 恭 治

私がソフトマテリアルと類似の言葉を聞いたのはNATO-ASIの講演記録(1)が始めてである。同様な内容の言葉にComplex Fluidsというのがあり、Physical Reviewの一つのセクションになっている。この様な言葉は割合新しいがその対象とする分野は大部分昔からある分野である(図1)。ここに挙げた物質は微視的にみればどれも複雑な代物ばかりで、これまで物性物理学者が避けてきた。ところが、このような代物も視点をかえて眺めればどれも大変魅力に富んだ研究対象であることに気付く。ここでは、対象の微視的側面(即ち“木”)を見るのではなく、より粗視化して見る、即ち“森”を見るというLandau流の立場をとる。こういう見方を広めた功績はS. F. Edwards 及び特にP. G. de Gennes に帰せられよう。これらの系を魅力的にしている理由を考えてみる。先ず構成要素が粒子(即ち“点”)ではなく紐や棒や面のように広がりをもっていることからくる相転移やパターンの示す多彩さがある。次にこれら構成要素が微視的にはかなり大きい(典型的には数百から数千オングストローム)ために外からのdisturbanceに殊の外敏感である。したがって従来の物性物理では極限条件に相当するものが容易に実現される。Disturbanceとしては電場、磁場等の他に外から加えた流れ等もあり、平衡から遠く離れた状態を簡単に作り出すことができる。この様なメソスケールの構造をもった物質のレオロジーは未知な問題が多い。又ソフトマテリアル特有の問題以外にこの様な系は他の系のアナログとして有用である。古くは結晶転位のアナログとして殆ど規則的に並んだ2次元石鹼泡が用いられた。又多結晶系のアナログとして不規則な泡が考えられた。最近ではコロイド分散系でコロイド粒子の配置の状態が液体-結晶-ガラス相のアナログを与えることが見出されている。この系の示すガラス転移は、最近発展したガラス転移のモード結合理論の検証に

欠かせない。更に、ネマチック液晶を高温相から液晶相にクエンチした時にあらわれる欠陥の振舞は宇宙初期にあらわれる欠陥のモデルとしても注目されている。

典型的なソフトマテリアルで最近盛んに研究されるようになった物質の一つにブロック共重合体がある。これは互いに反撥しあう 2 本の異なる種類の高分子鎖が端でつながれて 1 本の鎖になったものである。この 2 本の鎖の長さの比を変えることによって色々なタイプの秩序相を実現することができる。典型的にはラメラ相、シリンダー相、球の分散相があるが最近ではより複雑なテトラポッド相というものが見出されている。これはテトラポッドを互いに規則的に積み重ねたようなドメイン構造をもつ。この様な秩序相を理論的に理解する一つの方法として密度汎関数理論がある。しかし計算が大変で、これら多彩な秩序相のモルフォロジーを定量的に理解できる迄には至っていない。

水と油といえば互いに混ざらないものの典型である。ところがこれに水と親和性のある部分と油と親和性のある部分を共に備えた両親媒性分子を入れるとこれが水と油の界面に集まって表面エネルギーを下げ、遂には水と油が微細なドメイン状になって、大きなスケールでみれば一様に混じり合う。この様な 3 成分系の示すパターンは実に複雑怪奇である。これらを理解する為に前世紀の末頃から発見されている周期的極小曲面が持ちこまれているが、理論的根拠はそれ程明確ではない。

ここで述べた両親媒性分子からなる 2 重層は生体膜の模型として研究が盛んである。最近では 2 種類の両親媒性分子からなる膜が取り上げられている。膜上の分子濃度と、膜の弾性的性質がカップルすれば、秩序変数と形の変数とがカップルした新しいタイプの相転移が実現される。

ソフトマテリアルの研究は、中性子散乱等を使う研究も盛んであるが、Small science の部類に属する。したがって個人の創意がものをいう Small science の伝統的なよい面をまだ多分にもっている。又関連分野として化学、生物学、数学、計算物理等の理学の他に工学との関わりも深い。我が国の物性物理学研究者が、この分野により深い関心を示されることは、我が国の物性物理学研究の巾を広げ、次世紀に向けた格段の飛躍を果たす為に是非必要であると信じる。

文 献

- (1) Phase Transitions in Soft Condensed Matter, T. Riste and D. Sherrington, eds.
Plenum Press, (New York, 1989)

物性研35周年記念シンポジウム資料等のために、この研究会報告に別刷り 3 部を加えることにした。この中で「モード結合理論の昔と今」は1991年2月19日に中部大学総合工学研究所で行った講演記録です。今見ると甚だ不充分ですが、他にないのでここに加えることにしました。このテーマについては改めて物理学会誌に書く予定です。又これに関連した新しい文献として以下のものをあげておきます。

- W. Goetze and L. Sjoegren, "Relaxation in supercooled liquids", Rep. Prog. Phys. 55 (1992) 241-376.
- "Slow Dynamics in Condensed Matter", AIP Conference Proceedings No. 256. eds. K. Kawasaki, M. Tokuyama and T. Kawakatsu, American Institute of Physics (New York, 1992)

Examples of soft materials

- Liquid crystals (thermotropic, lyotropic)
- Polymers
 - solutions (dilute, semi-dilute)
 - blend
 - block copolymer
 - liquid crystalline polymers
- Membrane, vesicle (surfactant monolayers, lipid bilayers)
- Colloidal suspensions
 - dilute suspension
 - concentrated suspensions (fluid, crystalline, glass phases)
 - ferrofluid
 - electrorheological fluid
- Emulsions (amphiphilic systems)
- Foams (soap froth etc)
- Gels (e.g. Tanaka gel)

図 1

地球の起源と進化における気相-液相-固相相変化の役割 —— 実験的アプローチ

東大理 久 城 育 夫

地球の形成と形成後の変化には気相-液相-固相の相変化が重要な役割を果たしている。地球の原物質の形成には原始太陽系星雲における蒸発やガスの凝縮過程、すなわち気相-固相変化が重要であったと考えられる。また、地球の形成直後には大規模な融解が起こり、それに伴って地球の成層構造が形成されたことが推定される。その後も地球内部において部分的に融解が起こり、液相が分離・上昇・固結することにより地殻が形成されてきた。この過程は現在でも続いている。これら地球内部における過程は全て固相-液相変化である。この他に固相-固相変化（相転移、固相反応）はもちろん起こっている。このような地球の原物質の起源や、地球の形成後の相変化を伴う過程を実験的に再現する試みが多く為されている。本講演では、主として筆者らのグループが関与した実験的研究を紹介する。

最初に原始太陽系星雲における蒸発やガスの凝縮過程を理解する為の実験を紹介する。原始太陽系星雲の主要な元素は、Mg, Fe, Si, O, H である。また、隕石の主要構成物はカンラン石 ($Mg, Fe)_2SiO_4$ と輝石 ($Mg, Fe)SiO_3$ である。筆者らのグループは初めて、Mg, Fe, Si, O, Hよりなるガスから温度・圧力を制御してカンラン石や輝石を凝縮させることに成功した。さらに、 Mg_2SiO_4 - Fe_2SiO_4 , $MgSiO_3$ - SiO_2 系につき蒸発のエントロピーとエンタルピーを求め、これらの系の相平衡関係を決定した。その結果、これらの系において、共存する固相と気相の組成は著しく異なり(同じ系における固相-液相の関係に較べて)，固相はMgに富み、気相はFeあるいはSiに富むことが明らかになった。このことから、原始太陽系星雲における蒸発や凝縮過程において Mg, Fe, Si 等の著しい分別が起こったことが推定される。

地球の成長・形成は惑星の衝突・集積の過程によると考えられるが、その過程で蒸発や融解が起こり、物質の分別が起こったことが推定される。月の形成過程からの類推で、地球はその形成の初期に数百km以上の深部までにおよぶ大規模な融解が起こり、マグマの海(magma ocean) が形成された可能性が指摘されている。その可能性を検証するためには、高温高圧下における結晶と液との間の元素の分配を知る必要がある。近年数10GPaの圧力下でそのような分配の実験が可能になった。これまでの実験結果は、大規模な融解が起こったことを必ずしも支持しない。むしろ部分的融解が起こったことを示唆している。ただし、まだ実験は予察的なものであり、今後更に実験が必要である。

大規模な融解にせよ部分的な融解にせよ、マグマは地球の内部の広い範囲にわたって生じたことは殆ど確実である。そこで、地球深部におけるマグマの物理的・化学的性質を知ることが重要である。マグマの物理的性質の中で密度と粘性が重要である。マグマの密度は、比較的低圧下では落下球法、高圧下では衝撃波による方法により求められている。また、融解曲線と融解のエントロピー

変化とから融解の体積変化を求める方法や、弹性論および低圧下での圧縮率と密度から高圧下の密度を計算する方法も行われている。最近の測定および計算結果から、ある圧力（深さ）以上では、マグマの密度がマントルの密度より大きくなる可能性が示され関心をよんでいる。もし、そのような密度の逆転が起こると、マグマはある深さ以上から上昇出来なくなり、マントルの分化や地殻の形成過程の考察に大きな影響を与えることになる。現在この問題の解決を目指した研究が進んでいる。

マグマの高圧下での粘性の測定も行われ、広い化学組成範囲のマグマの粘性は一定温度下でも圧力の上昇により低下することが示された。このことは、マグマの構造の骨格をつくっている元素である Si, Al, O の拡散速度が、一定温度下で圧力の上昇により増大することを示す拡散実験と分子動力学の計算機実験の結果と調和的である。後者の計算機実験では、100-200GPaで上記元素の拡散速度が最大になる。このことは、その圧力範囲でマグマの粘性が最小になる可能性を示唆している。この問題も地球深部のマグマのダイナミクスに重要であり、実験的に検証することが望まれる。マントルで生じるマグマの化学組成はマントルや地殻の化学的進化の解明に重要である。高圧下におけるマグマの化学組成を決定する実験は数多く為されてきたが、いずれも何らかの実験的な欠陥があった。最近、マントル物質（peridotite）にダイアモンド粒の薄層を挟みマントル物質を部分的に融解させると、生じた液はダイアモンド粒の間隙へ分離し、その液の化学組成が精度よく決定出来ることを見出した。この方法はこれまでの方法に較べて最も欠陥の少ないので、この方法により、広い圧力範囲（深さの範囲）にわたってマグマの化学組成が決定出来る。目下その実験が行われつつある。

物性研短期研究会報告

「電子励起が誘起する原子移動の物理機構」

司話人 篠塚 雄三（代表）

吉田 博

前田 康二

末本 徹

谷村 克己

田口 常正

上記研究会が1月28日（木）、29日（金）の2日間にわたり、東京大学物性研究所にて開催された。

最近、非金属固体に光や電子線をあて電子系を励起させると原子が大きく動く現象が、半導体・絶縁体を問わず次々に見いだされている。よく知られた局在中心での格子緩和に始まり、半導体不純物原子位置の双安定性、半導体レーザー・ダイオードでの欠陥生成反応、原子の凝集・拡散・脱離、構造相転移、など非常に多岐にわたっている。これらは今までの「固体」物理の常識を大きく覆すものであるが、「電子を励起することで原子系が再配列する現象」と統一的に捉えることができる。半導体では電子格子相互作用は弱いと信じられていたが、その後の研究により、単に見いだされにくかっただけであり、電子励起誘起原子移動は凝縮物質の電子励起下での普遍的かつ必然的な振る舞いであることが判明した。したがって励起エネルギー等を変えることで、従来知られていた表面のみならず、固体内において原子移動を誘起し、かつ制御することで、熱平衡プロセス（基底電子状態）からは得られない原子配列、すなわち新しい物質・物性を作り出せる可能性が明らかになってきた。

そこで、「電子励起による非平衡固体」のダンナミックスに関して、実験的・理論的に今後いかに取り組んで行くべきかを検討することを目的として、本短期研究会を開催した。この研究会では研究成果の単なる羅列的発表を避け、IとIIのセッションでは互いに相補的であるモデル理論と第一原理計算それぞれの切り込み方法の比較、IIIでは各分野でそれぞれ発展してきた実験手段の紹介・比較を行い、最後のIVでは最近進展の著しい電子励起を利用した物質作成について、それぞれの第一人者の方に紹介していただき、活発な討論を行った。これら4つのセッションを総合することで、電子・原子統合した高次空間で凝縮物質の構造と電子状態を包括的・大局的に扱うことのできる「新物質科学」創出のアクセラルとなったと自負している。

プログラム

日 時 : 平成5年1月28日 (13:00~17:00)

29日 (9:00~17:25)

場 所 : 東京大学物性研究所Q棟講義室

1月28日 (木)

13:00~13:05 開会の辞

篠塚 雄三 (山口大工)

I. 電子励起による非平衡固体に対する統一的視点

13:05~13:50 物質存在様式の統一的理解

豊沢 豊 (中大理)

13:50~14:35 イオン結晶から半導体——その共通項は何か

萱沼 洋輔 (東北大理)

14:35~15:00 休憩

II. 第一原理理論計算はどこまで教えてくれるか

15:00~15:40 第一原理計算——LDA計算の成功と限界

押山 淳 (NEC筑波)

15:40~16:20 シリコン中の炭素-酸素複合体の安定構造と赤外吸収

金田千穂子, 白川良美, 金田 寛 (富士通)

佐々木泰造 (金材技研), 吉田 寛 (東北大理)

16:20~17:00 第一原理計算はどこまで教えてくれるか

—Car-Parrinello法と極性半導体の場合— 吉田 博 (東北大理)

1月29日 (金)

III. 実験はどこまで教えてくれるか

9:00~9:30 混晶半導体における決死の規則化と電子状態

金田 隆, 中山 弘, 西野 種夫 (神戸大工)

9:30~10:00 欠陥の同定における電子顕微鏡の可能性

平田 光児 (阪大教養)

10:00~10:30 状態密度測定 (ICTS)

大串 秀世 (電総研)

10:30~10:45 休憩

10:45~11:15 電子励起効果とその光学的評価

田島 道夫 (宇科研)

11:15~11:45 パルスESR (a-Siへの応用)

山崎 聰, 田中 一宣 (融合研), 磯谷 順一 (図書館情報大)

11:45~12:15 時間分解分光で何が分かるか

谷村 克己 (名大理)

12:15~13:30 昼食

13:00~13:05

- 13:30～14:00 mK P C S で何が分かるか 近藤 泰洋（東北大工）
- 14:00～14:30 E S R (ODMR, ODENDOR) ——スピンを通して見えるもの 近藤 道雄（東大物性研）
- 14:30～15:00 非平衡固体試料（超格子）の利用 田口 常正（阪大工）
- 13:00～13:05 休憩
- IV. 電子励起利用プロセスの新しい展開
- 15:20～15:50 電子線促進結晶成長 荒川 泰彦（東大生研）
- 15:50～16:20 ZnSe系II-VI族半導体の光励起エピタキシャル成長 藤田 静雄, 藤田 茂夫（京大工）
- 16:20～16:50 X線励起半導体結晶成長 千川 純一（姫路工大）, 佐藤 史郎（NHK技研）
- 16:50～17:20 電子ビームドーピング 和田 隆夫（名工大）
- 17:20～17:25 閉会の辞 前田 康二（東大工）

物質存在様式の統一的理解

中大理工 豊 沢 豊

原子が集まって固体をつくるときの凝集力は、最外殻電子が原子間を行き来することによって生まれる。固体の「基底状態」では、各原子が周辺原子から受ける力が釣り合っているため、個々の原子間力が姿を表すことはないが、ひとたび光や粒子線を照射して電子を励起状態にあげると、電子の電荷分布や結合状態が変わり、バランスを失った原子間力の下、各原子は新たな平衡位置に向けて緩和する。この「緩和励起状態」（緩和励起子）を調べることにより、基底状態で働いていた原子間力の本性、ひいては凝集のしくみを明らかにすることができる。

基底状態のより深い理解のために、緩和励起状態の研究が重要であることの理由は、これにとどまらない。緩和励起状態と基底状態のエネルギー差が、緩和励起子間の絆のエネルギーを下回るようになれば、この緩和励起子が結晶格子のあらゆるサイトに自発発生した別の「相」がより安定となる。この「電子的・構造的相転移」は、熱平衡状態でのパラメーター（温度・圧力など）変化によって起こるだけではない。相転移点の近傍では、安定相を照射する励起光子1個当たり、多数サイト領域にわたって準安定相がつくられる、いわゆる「光誘起相転移」も起こる。2つの異なる相が、光励起によって相互に行き来できることは、相転移の基礎的研究に「動的視点」を与えるだけでなく、「制御容易な物質転換」という応用上のインパクトをも生む。

基底状態と緩和励起状態の相対的関係を支配する物理的要因として、原子間結合を司る電子移動エネルギーT、電荷分布を支配する電子間クーロン・エネルギーU、原子移動による格子緩和エネルギーSを考えることができる。物質の電子的・構造的安定性と平衡および非平衡（光誘起）相転移を、T、U、S 3者の競合として捉えることにより、多彩な物質存在様式を統一的視点から理解することができよう。

イオン結晶から半導体——その共通項は何か

東北大理工 萱 沼 洋 輔

Kittelの教科書にも美しく整理されているように、固体の基底状態における結合の態様とその周辺の低い励起状態に関しては、もう理解されつくしていると言ってもよいかも知れない。しかし、一度、電子励起状態に目を向け、固体の骨組み自身が構造を変えるような現象に出会うと、分からぬことだらけである。たとえば、イオン結晶で起こっている出来事と半導体中での出来事との間には、一見、何の脈絡も無いように思える。しかしながら、電子励起が誘起する原子移動は、基底状態における結合の態様を反映して、その裏返しとして起こることに着目するなら、複雑多岐にわたる現象を統一的な視点から整理することも不可能ではなかろう。ここでは、最近著しい進展をみ

たアルカリハライド結晶における光誘起欠陥生成の研究と、その対極の物質として水素化アモルファスシリコンにおける光劣化の研究を例にとり、原子移動の駆動力について簡単な考察を行う。

I-VII族からIV族までの絶縁体の結合様式を、イオン結合と共有結合とに二元化してみると、励起状態における原子移動の駆動力として、(1)サイト不安定性と、(2)ボンド不安定性、とを考えることができよう。(1)では、電荷分布の急激な変化がマーデルングポテンシャルの効果により空間に固定したサイトの不安定性を引き起こす。(2)では結合軌道から反結合軌道に電子が励起されることによりボンドの不安定性が生まれる。イオン結晶では電子は負イオンのp軌道から正イオンのs軌道へ励起され、正孔はp軌道のつくる反結合軌道に入るのに対し、共有結合物質では正孔はs-p混成軌道からなる結合軌道に入ることに注意されたい。ここでもし電子格子相互作用が充分大きく(a-Siでは構造の柔軟さがこれを保証する)正孔が2中心型の緩和をするとすれば、その緩和のベクトルの向きは逆になる。すなわち、アルカリハライドでは2つのハロゲンイオンを引き寄せたいわゆるV_k中心となり、a-SiではSi間の距離は広がる。この格子緩和が伝導帯にある電子に及ぼす変形ポテンシャルの符号もまた逆符号である。すなわち、アルカリハライドでは電子は局在正孔の強いクーロン引力と、格子歪の強い斥力とのアンビバレンスを解消するためにoff-center(～F-H対)型の対分割自己束縛へ至る。一方、a-Siでは電子は引き下げられた反結合軌道に入り、ボンド切断(～dangling bond対)型の緩和に至る。

現実のa-Siにおいては、準安定なdangling bond間の距離はかなり大きいことが最近のパルスESRの実験などから知られており、また、水素の存在が安定化に重要な役割を演じているとの指摘もある。上に述べたストーリーはあくまでも原子移動の初期過程(引き金)に対するモデルであり、安定化のプロセスはまた別の自由度も含めて議論すべきであろう。

イオン結晶と共有結合物質では、価電子帯と伝導帯を形成する原子軌道の性格が異なり、そのことを反映して、正孔と電子の「変形」ポテンシャル相互作用の符号がイオン結晶では異符号、共有結合結晶では同符号になっている。通常、共有結合性半導体は電子格子相互作用が弱く、このことが表に顔を出すことは無かったのである。なお、ポリシランなどの1次元共有結合物質ではここに述べた励起子機構によるbond切断が、鎖の構造的切断につながりうることを指摘しておきたい。

近い(?)将来、電子励起を利用して、バルクの結晶全体を熱平衡状態から遠く離れた準安定状態に人为的に成長させ、全く新しい物質を作ることが可能になるかも知れない。電子励起による局所的な原子移動のメカニズムを明らかにすることは、そのための指針をうる第一歩である。

第一原理計算——L D A計算の成功と限界

N E C筑波研 押 山 淳

局所密度汎関数法(Density Functional Theory) の枠内での局所密度近似(Local Density Approximation: L D A)による計算例を報告し, L D A計算の成功と限界, また将来への展望を議論する。取り上げるトピックスとしては, (1)S i酸化の微視的機構¹, (2)S i中の点欠陥の原子構造と電子状態, 並びに原子拡散の機構², (3)III-V半導体中のD Xセンターの微視的起源³, の3つである。

(1)のS i酸化の計算においては, 酸素分子の解離, 吸着更にその後に続く酸素の浸入と新たなボンド・ネットワークの形成, における電荷移動の役割を明らかにする。また得られた(準)安定構造における構造の特長を, ミスマッチ界面での局所ストレスの観点から議論する。(2)の点欠陥問題では, 軌道混成, 弹性力, 電子相関などの, 異なる相互作用の競合で, 点欠陥の振舞いが決定されることを示す。またそれが欠陥の荷電状態と密接に関連していることを強調したい。特に原子空孔の構造と電子状態, 不純物拡散の微視的機構に対する, L D A計算の有効性を報告する。(3)のD Xセンターの微視的同定の問題は, 未だ決着のついていない問題だが, 一つの重大な問題は, 過去に実行された3つのL D A計算が, 互いに異なる結果を報告していることである。この理由を探り, 新たな計算を報告する。

文献

1. M. Hane, Y. Miyamoto and A. Oshiyama: Phys. Rev. B41 (1990) 12637; Y. Miyamoto and A. Oshiyama: Phys. Rev. B41 (1990) 12680; Y. Miyamoto and A. Oshiyama: Phys. Rev. B43 (1991) 9287; Y. Miyamoto and A. Oshiyama: Phys. Rev. B44 (1991) 5931.
2. O. Sugino and A. Oshiyama: Phys. Rev. Lett. 68 (1992) 1858; O. Sugino and A. Oshiyama: Phys. Rev. B46 (1992) 12335.
3. M. Saito, O. Sugino and A. Oshiyama: Phys. Rev. B46 (1992) 2606; M. Saito, A. Oshiyama and O. Sugino: Phys. Rev. B45 (1992) 13745.

シリコン中の炭素——酸素複合体の安定構造と赤外吸収

金田千穂子(富士通研究所), 白川 良美, 金田 寛(富士通),
佐々木 泰造(金材技研), 吉田 博(東北大理)

酸素と炭素は, Czochralski法で育成された通常の半導体材料用シリコン結晶の中に, 最も一般的に含まれる不純物である。これらは, 結晶中で, 数種類の異なった構造をもつ炭素-酸素複合体を形成し, 実験的には, 558, 640, 690, 1104 cm⁻¹に炭素, 酸素起因の赤外吸収ピークを生じるも

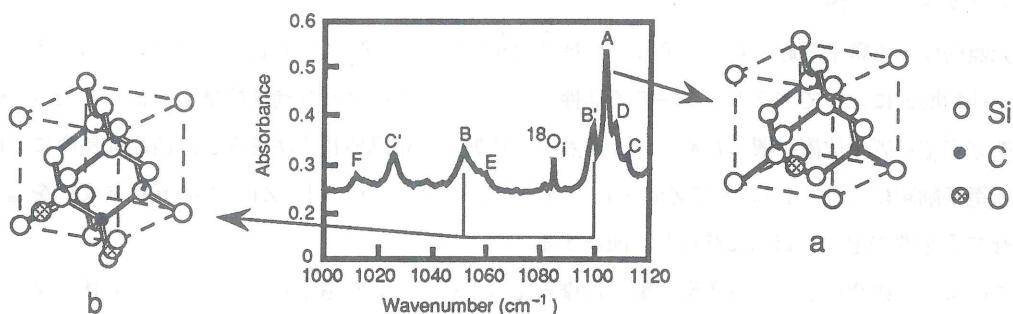
の(A)や、 $716, 724, 744, 1052\text{cm}^{-1}$ にピークを生じるもの(B)などが知られている¹⁻³。図に酸素起因の吸収ピークを示す(A-F, B', C')。

我々は、ノルム保存型の擬ポテンシャルとスーパー・セル法を用いて、炭素-酸素複合体の安定構造とその構造における炭素と酸素の不純物振動を計算し²、実験¹⁻³と比較した。その結果、次のことがわかった。

①Aの四つの赤外吸収ピークは、炭素-酸素複合体の構造として、酸素が置換型炭素の第二近接の格子間(bond-interstitial)位置に入ったもの(図のa)を考えれば、すべて矛盾なく説明される。②炭素と酸素が直接結合しないこの構造は、酸素が置換型炭素のすぐ隣の格子間位置に入った構造よりも安定であり、構造の安定化には格子緩和が本質的である。③Bに対応するのは、例えば図のbのように酸素を二個以上含む複合体であると考えられる。これは、Bとの強度比が常に一定であるようなピークを最低一つ以上生じると予測されるが、実験の結果、B'がそのようなピークであることがわかった。

参考文献

1. A. R. Bean and R. C. Newman, J. Phys. Chem. Solids 33, 255 (1972).
2. C. Kaneta, T. Sasaki, and H. Katayama-Yoshida, Phys. Rev. B46, 13179 (1992).
3. Y. Shirakawa, H. Yamada-Kaneta, and T. Ogawa, in Proceedings of the Symposium on Advanced Science and Technology of Silicon Materials (Japan Society for the Promotion of Science, The 145th Committee, Tokyo, 1992), p. 56.



第一原理計算はどこまで教えてくれるか
—— Car-Parrinello法と極性半導体の場合 ——

東北大理 吉田 博

共有結合性とイオン結晶性を合わせ持っているZnSeはn型にはなりやすいがp型にはなりにくい単極性が存在する。その理由としてドープしたp型のアクセプターが結晶に固有に存在するSeの原子空孔によって補償されてキャリアーが不活性化されると長い間信じられてきた。いわゆる自己補償効果である。ところが、最近MBEやMOCVDなどのような熱非平衡状態での結晶成長技術の進歩によって不純物や格子欠陥の少ない良質の単結晶薄膜の育成が可能となつたため、結晶固有の格子欠陥に依存する従来の自己補償機構は疑問視されはじめている。これらを解明するためには第一原理分子動力学法（カーパリネロ法）によりZnSeのアクセプターの構造安定性を調べる。カーパリネロ法は局所密度汎関数（LDA）の範囲内で、電子状態の計算を分子動力学法により時間発展の方程式として原子の運動と同時に解く計算手法である。アクセプターが熱平衡状態において準安定な場合には、不純物が準安定状態から基底状態に落ち込む不純物反応のプロセスと機構を解明する。このような準安定状態を、基底状態に落ち込む不純物反応の逆過程として電子励起によって作りだして凍結する結晶成長プロセスを第一原理計算から予言、提案することができる。

電子線照射による励起： ZnSe中のLiアクセプターはすべての化学ポテンシャル領域で熱平衡状態としては不安定である。このような場合ZnSeのZn位置にLi原子をドープするためには結晶成長中に電子線を照射して局的に化学ポテンシャルを伝導電子帯の底に近づけることにより、 LiZn^- を安定化することができる。次に結晶成長が終わったところで低温に凍結し電子線照射を止めれば化学ポテンシャルは再び価電子帯のトップに下がり、 $\text{LiZn}^- \rightarrow \text{LiZn}^0$ の反応によりアクセプターとして働く。

光照射による電子励起：新しく発見した補償効果では $2\text{LiZn}^0 \rightarrow \text{Li}_i^+ + \text{VZn}^0 + \text{LiZn}^-$ の不純物反応によってアクセプターの不活性化が起きる。このような補償機構を停止してLi不純物を準安定な置換位置に置くためには、非熱平衡状態での結晶成長方法を選び、結晶成長中に光による電子励起により、 $\text{Li}_i^+ + \text{VZn}^0 + \text{LiZn}^{-1} \rightarrow \text{Li}_i^0 + \text{VZn}^0 + \text{LiZn}^0$ への光化学反応を起こさせて系を準安定なLiZnに移行し、凍結する。

このような研究によって熱平衡状態では準安定なドーパントを電子励起によって基底状態から準安定状態に励起、凍結し、今まで熱平衡プロセス（電子基底状態）では存在しなかったような新物質を創製するための物質設計のガイドラインを提供することができる。これらの結果に基づいて今まで認識されてなかった「電子励起による新物質科学」の創成と発展の可能性についても言及する。本研究は金材研、佐々木泰造、小口多美夫氏との議論と共同研究に基づいている。

混晶半導体における原子の規則化と電子状態

神戸大自然科学 金 田 隆

神戸大工 中 山 弘, 西 野 種 夫

【はじめに】

MOVPE法で成長された $Ga_xIn_{1-x}P$ 混晶半導体はⅢ族副格子の3次元的な長距離オーダリングを現し、その構造は $[\bar{1}\bar{1}1]$ または $[1\bar{1}1]$ に2倍周期を持つCuPt型規則構造（單原子層超格子）である事が透過電子線回折（TED）像で確認されている。副格子の規則化にともなう原子層オーダリングは電子の局在状態を作り出し、それにより新しく電子帯構造が決まる。この局在電子状態を反映した電子帯構造は次のような興味ある問題を含んでいる。(1)規則化にともなう結晶対称性の変化によるバンドの対称性の変化と、それにより決まる新しい光学遷移選択則、(2)超格子の周期的結晶場による価電子帯の分離、(3)超格子により新たに定義されるブリルアン端からのバンドの折り返し。本研究では、副格子の規則化によって現れるこのような興味ある問題に対してフォトミネッセンス（PL）の偏光特性を詳細に解析することで、規則化に伴う局在電子状態を反映した Γ 点近傍バンド構造を定量的に調べた。[Phys. Rev. B45, 6637(1992)]

【実験と結果】

試料の $Ga_{0.5}In_{0.5}P$ はOMVPE法により (001) GaAs基板に成長し、基板温度、V/Ⅲ族元素ガス供給比の異なる条件で成長した試料について測定した。励起にはArイオンレーザーを用い、 $[110]$, $[\bar{1}\bar{1}0]$ 偏光のPLスペクトルを温度範囲13~300Kで測定した。

図1(a)は基板温度700°C, V/Ⅲ族元素ガス供給比303で成長した試料の室温における偏光PLスペクトルである。また、(b)に比較のためLPE成長された規則構造を持たない $Ga_{0.5}In_{0.5}P$ のスペクトルを示す。規則構造を持たない試料では $[110]$ と $[\bar{1}\bar{1}0]$ 偏光のPLスペクトルは完全に一致し、異方性は見られない。しかし、規則構造を持つ試料では、(1)偏光PLスペクトルのピークと強度に異方性が確認され、(2)スペクトルは大きく(>50meV)低エネルギー側へシフトしている。

CuPt型規則構造を持つ $Ga_xIn_{1-x}P$ 結晶の光学遷移に関する考察より、観測されたPLスペクトルの偏光異方性は規則化にともなうF43mからR3mへの結晶の対称性の変化により価電子帯の縮退が解け、閃亜鉛鉱構造における Γ_8 が Γ 点において縮退した Γ_{4v} , Γ_{5v} と Γ_{6v} の2つの準位に分裂した結果であることが予想される。分裂した価電子帯の各々のレベルへの相対的な光学遷移強度は、そこでの光生成された正孔の占有状態により決まり、 $[110]$, $[\bar{1}\bar{1}0]$ 偏光で観測される相対的遷移強度の測定温度依存製より、価電子帯の分離エネルギーを見積もった。図1(a)の試料の場合、その分離エネルギーは24meVであった。この価電子帯の分離エネルギーは結晶成長時の基板温度やV/Ⅲ族元素ガス供給比の条件により連続的に変化し、価電子帯の分離エネルギーと

バンドギャップの減少エネルギーの比は試料の成長条件に関わらずほぼ一定であることが明らかになった。

(謝辞: 本研究で用いました試料は日立中央研究所・皆川重慶博士、近藤正彦博士よりご提供いただきました。)

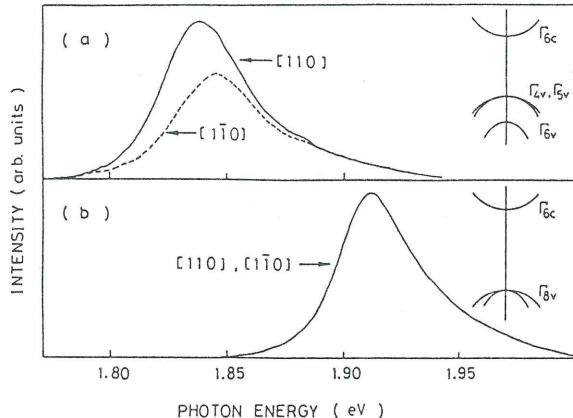


図1. (a) 規則化 (b) 不規則化
 $Ga_{0.5}In_{0.5}P$ の偏光 PLスペクトル。
実線、点線はそれぞれ、 $[1\bar{1}0]$ 、
 $[1\bar{1}0]$ 偏光スペクトルを示す。挿入
図は規則化、不規則化状態での Γ 点近傍
の電子状態を示す。

欠陥の同定における電子顕微鏡の可能性

阪大教養 平田光児

電子顕微鏡と直接関連はないけれども、シリコンの単原子空孔では V^+ と V^- の二つの電子状態に対し、移動エネルギーがそれぞれ0.33と0.18eVと求められている(1)。電子照射の条件下では4.2Kでも単一格子間原子が移動することも良く知られている(1)。照射電子線エネルギーに助けられての移動現象なのか、照射により格子間原子の荷電状態が変えられたためなのか、それとも本質的に4.2Kで移動可能な低い移動エネルギーを持っているのか? これらは本研究会のテーマの立場からみても極めて興味深い事柄である。

電子顕微鏡を使ってまず自信を持ってやれることは大まかに言って二つあって、第一は点欠陥集合体である転位ループの同定（格子間原子型か空孔型か）であろう。桐谷等(2)によって開発された、電子線照射下での格子間原子型転位ループの成長過程を温度の関数で解析することにより Al, Au, Mo, ……などの純金属の空孔、格子間原子の移動エネルギーが求められたのがその巧妙な応用例である。

この第一の特徴の二番目の応用は転位ループの熱収縮の解析である。空孔型、格子間原子型とタイプの判った転位ループを、あらかじめ試料になんらかの方法で仕込むことが出来れば、高温で存在する熱平衡欠陥の型を判定できるし、自己拡散のタイプの型の判定にもなっている(3), (4)。空孔型ループを仕込んだとして熱平衡欠陥が空孔型とするとループは空孔を吐き出す源として作用する。ループの半径の逆数がその熱収縮の駆動力になっているはずである。もし高温での環境が格子間型ならば、収縮速度はループ半径にはよらない。これらは収縮曲線を書いてみればすぐに判定できる

ことである。

第二の特徴としては多波格子像があげられる。結晶粒界、積層欠陥を含む面状欠陥（例えば積層欠陥型転位ループや板状析出物）などには抜群に威力を發揮する。原子の列の像ならばオングストローム以下の分解能を持つから、原子配列を直接見て議論できるのは他の手段にない強みである。ただ多重反射による偽格子像の問題がある、単に像として縞や点が規則的に写っているだけでは駄目で、defocus量、資料の厚さを変えて、像のコンピューター・計算像と実験での撮影像を較べてみると、真の格子の像を撮影する努力が必要である(5), (6)。

文献

- (1) G. D. Watkins, Inst. Phys. Conf. Ser. 23(1975)1-22.
- (2) M. Kiritani and H. Takata, J. Nucl. Mat. 69 & 70 (1978) 277-309.
- (3) M. Hirata and M. Kiraitani, Physica 116B (1983) 623-628.
- (4) M. Kiratani and M. Hirata, "Dislocation in Solids" Yamada Conference (Tokyo 1985) Tokyo Univ. Rress, pgae 411-414.
- (5) S. Takeda and S. Muto and M. Mirata, Mat. Sci.. Forum 83-87 (1992) 309-314.
- (6) S. Muto, S. Takeda, M. Hirata , K. Fujii and K Ibe, Phil. Mag. A, 66 (No.2) 1992 257-268.

状態密度測定 (I C T S)

電子技術総合研究所 大串秀世

半導体中の欠陥の電子格子相互作用を調べる方法として、イオン結晶の欠陥での研究で行われている光学的測定（吸収及び発行スペクトル）と同時に、半導体でのキャリア輸送現象を利用した電気的測定も有効な情報を与えてくれる。この電気的測定法の代表的なものに、ギャップ内の状態密度分布を測定するD L T S (Deep Level Transient Spectroscopy) 法がある¹⁾。この方法は半導体同士のp n接合や金属／半導体の接触によって生じる半導体でのキャリアの空乏層領域が半導体中に含まれる欠陥や不純物原子による電子の深いエネルギー準位の荷電状態（空間電荷密度）を反映した形で決まることを利用したもので、接合容量の過渡応答を測定することによって空乏層内での深い準位でのキャリアの保護・放出過程を得て、これによって個々の深い準位の情報をスペクトロスコピックに取り出す方法である。この方法の特徴は、欠陥密度に対して感度（例えば、 $10^{10} \sim 10^{15}/\text{cm}^3$ のオーダーの欠陥密度）の高い測定方法になっていること、また欠陥準位でのキャリアの捕獲断面積などの欠陥でのキャリアが誘起する原子移動の機構を考える上で重要な知見を与えてくれる。

しかしながら、従来のD L T S法は試料の温度を変化しながら測定する方法であるため、捕獲断面積の温度依存性のある系では、状態密度の正確な測定が一般に非常に難しく、またキャリアの捕獲・放出機構の温度依存性などの詳しい機構を議論するには、十分なデータが得られない。我々はこの従来の温度スキャン法に対し、一定温度のまま深い準位の情報を得る I C T S (Isothermal Capacitance Transient Spectroscopy) 法を提案し、これによる半導体中の欠陥準位の研究を行ってきた。¹⁻⁴⁾ この I C T S 法は、いくつか深い準位でのキャリアの捕獲・放出過程による時定数を含む容量過渡応答 $C(t)$ の波形解析を行うことによって深い準位のパラメータを決定する方法で、最近発達した高速A／D変換器やパソコンを利用することにより、精度の高い情報を短時間に得ることができる。また、この方法では $C(t)$ の時定数を決める深い準位でのキャリアの捕獲・放出が温度に依存しない場合、例えば捕獲過程やトンネル効果による放出過程あるいは光学的放出過程でも、そのスペクトルにピークが現れる形で解析でき、またスペクトルは個々の時定数を持つ信号の和ないし積分の形で分解でき、D L T Sスペクトルの解析の場合と比べてかなり簡単に扱うことができる。

このように、I C T S 法で得られる情報としては、(1)半導体のバンド・ギャップ内の詳しい状態密度分布、(2)各準位でのキャリアの捕獲断面積とその温度依存性、(3)各準位の光イオン化断面積のスペクトル依存性、が挙げられる。そして、これらが従来のD L T S 法や光容量法で求められるものより、一定温度下で短時間に精度よく求めることができる。とくに、(2)および(3)の内容は、欠陥準位でのキャリアの非輻射捕獲・再結合の機構を考える上で重要な知見になる。

- 1) D. V. Lang, J. Appl. Phys. 45 (1974) 3023.
- 2) H. Okushi and Y. Tokumaru, Jpn. J. Appl. Phys. 20(suppl. 20-1) (1980) 261.
- 3) H. Okushi, Phil. Mag. B52 (1985) 33.
- 4) H. Okushi and K. Tanaka, Phil. Mag. Lett. B35 (1987) 135.

電子励起効果とその光学的評価

宇宙科学研究所 田 島 道 夫

電子励起が誘起する原子移動過程の光学的評価について GaAs 中の E L 2 準位を例にとり解説する。電子励起効果は一般に電子的性質の変化および電子構造の変化として捉えられる。電子的性質の評価に対しては、光吸収法、フォトルミネッセンス法、光容量分光法などの光学的手段が有効である。また原子構造については E S R に代表される磁気共鳴法が有用である他、上記光学的手法を一軸性の外場下で適用することによって対称性の情報を得ることができる。

GaAs 中の E L 2 準位のフォトクエンチング効果は、低温で波長 $1 \mu\text{m}$ 程度の光を照射すると、E L 2 準位が消失してしまうという現象である。これは、E L 2 欠陥の原子配列が光照射によって

変化し、電子準位が通常状態から準安定状態へ移行したことによる。ここで準安定状態は光学的に不活性であるため直接的に評価できない。したがって、通常状態について詳細に、総合的に評価することが必要となる。これまでに、E L 2に起因する信号として、光容量分光法によってE L 2準位の電子および正孔に対する光学断面的、光吸収法により零フォノン線を伴う $1 \mu\text{m}$ 吸収帯、フォトルミネッセンス法により0.63eVバンドおよび0.68eVバンド、そしてESRによってquadruplet信号が、それぞれ観測されている。これらの信号のフォトクエンチング効果を含む光応答は、単一のE L 2準位で矛盾なく統一的に説明されることが示されている。さらに光吸収、フォトルミネッセンスで観測される細線上のスペクトルの一軸性応力依存性より欠陥の対称性がT_dと決定され、ESR測定結果、結晶育成条件等を総合的に解釈すると、E L 2欠陥の原因是As_{Ga}アンチサイトである可能性が高い。

こうした実験結果を背景に、As_{Ga}の準安定性が第一原理理論計算により導かれている。すなわち、As_{Ga}のAs原子がまわりの4つのAs—Asボンドの1つを切り〈111〉軸上を移動して他のAs原子に近づくことにより準安定性が生じる。理論的に得られた物性パラメータの値は、実験値と比較的良い対応を示している。

パルスESR (a-Si:Hへの応用)

融合研 山崎聰、田中一宜

図書館情報大学 磯谷順一

電子スピニ共鳴法(ESR)は、電子材料のミクロな欠陥の構造を同定、定量する高感度、非破壊の分析法である。しかしながら、従来の連続波(cw)を用いるESR(cw-ESR)をアモルフォス半導体に応用した場合、構造の乱れのために吸収スペクトルが広がり、中心の位置を示すg値とその線幅に関する情報が得られるのみであり、また、時間分解能の点で大きな制約があった。この欠点を補う新しい手法として開発されてきたのがパルスを用いたESRである。パルスESRでは一定周波数の強力なマイクロ波パルス(数W～2kW、パルス幅は数n秒～数10n秒)を複数個用い、通常、パルス列の後に試料より発生するエコー信号を検出する。パルスESRには以下のような特長がある。

- (1) パルス法であるために時間分解能がよく、スピニ系から格子系へのエネルギーの移動時間やスピニの拡散時間を直接求めることができる。
- (2) 周囲の核スピニからの磁場の影響で時間軸の信号に変調がかかり(ESEEM, Electron Spin Echo Envelope Modulation), cw-ESRでは得られない欠陥の電子スピニと周囲の原子の核スピニとの相互作用(超微細相互作用)について情報を引きだすことができる。
- (3) エコー強度を磁場の関数として測定することによって、通常のcw-ESRスペクトルを積分した

吸収波形が得られる。これはエコー検出ESRスペクトルと呼ばれている。この方法を用いると, cw-ESRスペクトルでは得られない広いダイナミックレンジのスペクトルが得られ, アモルファス系などで観測される線幅が広く強度の弱い信号の観測に威力を発揮する。

我々は, ESEEM法を用い, アモルファスシリコン中のダンギングボンドと水素との距離を見積もることができた。ESEEM法は, 2パルスHahnエコー ($90^\circ - \tau - 180^\circ - \tau$ - エコー, τ 掃引) や3パルスstimulatedエコー (3 pulse stimulated echo, $90^\circ - \tau - 90^\circ - T - 90^\circ - \tau$ - エコー, τ 固定, T掃引)においてパルス間隔の関数でエコー強度を取ると, その減衰曲線にENDOR周波数 (2パルス法では和・差周波数を含む) による周期的な変調がかかるものである。核スピント電子スピントの近くに存在し, 電子スピント核スピントの双極子一双極子相互作用の大きさが核のZeeman相互作用の大きさの程度となった場合, 通常は起こらない核スピントのフリップを伴う電子スピントの遷移 (禁制遷移) が部分的に生じる。ESEEMは, この強いマイクロ波パルスによって同時に励起される許容遷移と禁制遷移との間の干渉によって生じる。

時間分解分光で何がわかるか

名大理 谷 村 克 己

電子励起が誘起する原子過程の物理機構を探る時, 時間分解分光の実験手法を用いる目的とそれから得られる知見の意義について, アルカリハライド結晶中の励起子緩和と格子欠陥生成等の典型的現象を例として報告する。

光誘起構造変化機構を明らかにする上においては, 1) どの様な電子励起状態から, 2) 何が, 3) いつ, 4) どの様に発生するかという「反応経路の全容」を把握することが重要であることは論を待たない。1) と 2) については, 定常的測定によって, ある程度の結論が下せるにしても, 3), 4) については, その現象が生ずる時間領域での直接観察が必須となる。従って, 時間分解分光の目的の第一は,

1) 短寿命中間状態の検出とその生成・消滅のダイナミクスを明らかにすることである。これは, ある原子移動過程のモデルに対する妥当性の実験的検証を与えると共に, 今まで推察の域を出なかった領域を白日の下に曝し, 新しい考え方を触発し, 確立する契機ともなる。更に, 任意の中間状態の寿命が知れれば, それを用いて,

2) 特定の中間状態の性質のみを取り出すことができる等の有用性も有している。

電子正孔対や励起子の格子緩和によるアルカリハライド中の格子欠陥生成過程は, この時間分解分光の発展によって, 我々の理解が何処まで進展するかを如実に示す好例となっている。マイクロ秒から始まって, ナノ秒, ピコ秒, フェムト秒へと短時間領域の測定が可能となるにつれ, 次々に,

それまでの定説やモデルを、ある場合には決定的にし、またある場合には、それらを覆し、新しい概念やモデルを創造してきた。ここでは、我々の最近のフェムト秒領域の研究結果を基に、電子正孔対生成後の正孔の自己捕獲過程や格子欠陥生成の初期過程など、ピコ秒領域の研究によっては解明され得なかった緩和過程に対する結果を紹介し、光誘起構造変化の機構解明に対して、時間分解分光が何を教えてくれるかを議論する。

mK PCSで何が分かるか

東北大工 近藤泰洋

PCS (Photo Calorimetric Spectroscopy) は固体に吸収された光のうち、熱に変換されたエネルギーを固体の温度上昇としてとらえる測定法である。温度上昇を捉える方法としては、光音響分光PASがよく知られているが、気体を利用しているため低温では利用が困難である。PCSでは、試料の温度を直接測定するため低温でも利用が可能であり、かつ低温では格子比熱が T^3 で低下するため、高感度検出 ($10^{-12} \sim 10^{-15} W$) が可能となる。ここでは、Ge抵抗温度計を用いた系により測定した例をいくつか紹介する。

1) F中心の無輻射緩和：局在中心において励起直後の状態(Franck-Condon state)のエネルギーと、緩和励起状態と基底状態との交差点のエネルギーの相互関係により発光効率が変化するモデルが考案されている (DKR過程)。PCSと発光の測定を同時にすることにより発光量子効率を求めることが出来、DKR過程が起きているかどうかを見ることが出来る。NaCl, KIのF中心では輻射、無輻射遷移の割合が励起エネルギーに依存することが実験的に示され、DKR的な過程が成り立っていることが示された。

2) アルカリハライドの固有吸収端における無輻射遷移：固有吸収端など吸収係数が大きい場合、表面で無輻射遷移の効率が増大する（表面失活層の存在）ことがいわれているが、反射率が急激に増大するため、実験的に示すことが困難であった。PCSと固有発光とを同時に測定することにより、反射などの影響を受けずに表面失活層の存在を示すことができる。

3) 光によって固体内に何らかの発熱反応が誘起された場合、測定される発熱は吸収エネルギーよりも多くなることが予想される。ハロゲン化銀では吸収されたエネルギーよりも数十倍も大きな異常発熱が観測された。この発熱は光照射を止めても1時間以上続いた。いくつかの並行して行った測定から、この発熱は、光によって生成された電子を媒介とした格子間銀イオンと銀イオン空格子の連鎖的再結合によるというモデルを提案した。電子を捕獲した格子間銀イオンの活性化エネルギーが殆ど零に近く、結晶中を自由に動けることが推察される。

上記の例のように、PCSは光誘起反応による発熱、吸熱を定量的に測定することが可能であり、準安定状態、非平衡状態からの光誘起反応の研究に有用な手段である。

ESR (ODMR, ODENDOR) ——スピンを通して見えるもの

物性研 近藤道雄

電子スピン共鳴 (ESR), 電子核二重共鳴 (ENDOR) およびそれらの光検出 (それぞれ ODMR, ODENDORと略す) によって何がどこまで明らかにされるかを述べる。電子励起が引き起こされると、それに続いて光やフォノン放出を伴った緩和過程が起こる。その際に放出されるフォノンによって引き起こされる原子過程の結果、新たに中心が生成される。緩和過程に関与する中心（発光中心や再結合中心）や生成された中心の対称性や局所構造は ESR, ENDOR によって与えられる（感度が不足するときは ODMR, ODENDOR が用いられる）[1]。中心が存在してもそれが必ずしもスピン共鳴信号が観測されることを保証しない（やってみなければわからない）点や、試料中の不純物に対して敏感なので高純度の試料が必要となる点でこれらの測定法は扱い辛い面もあるが、得られる情報が微視的である点で捨てがたい。

まず始めにポーラスシリコンの ESR について述べる。ポーラスシリコンはふっ酸溶液中で結晶シリコンを陽極化成して作製され、1 nmオーダーの微細な構造を有する。この物質は室温で非常に強く可視発光し、量子閉じ込め効果が期待されているが、水素化アモルファスシリコン (a-Si:H) に類似の発光強度の疲労が起こるためアモルファス層が発光しているという考えもある。それを実験的に決着させるには、発光中心の同定が必要である。そこで ODMR の測定を行ったが我々のところでは未だ信号は観測されていない。これまでにいくつかの報告はある。また疲労後の試料について ESR を測定した。a-Si:H では疲労後ダングリングボンド (DB) 欠陥が増加することが知られているが、ポーラスシリコンでも同様の結果が得られた。ただし、ポーラスシリコンでは DB の ESR 信号が <1 1 1> 対称性を示す。これは生成された欠陥が結晶領域に存在することを示しており、発光もこの結晶領域で起こっていることが示唆される。従って、この結果はアモルファス層が発光しているという説を否定する [2]。

次に、ポリシランに対する光誘起準安定状態について述べる。有機ポリシランは $(-R_1-Si-R_2)_n$ (R_1, R_2 は側鎖基) で表される 1 次元高分子で、バンド構造が直接型なので発光性材料として有望である。次元性が低いと構造的に多数の準安定励起状態を取りうるが、それはサーモクロミズムという現象にも現れている。また、1 次元といっても鎖が一直線に伸びてはおらず、多数のキンクを持っている。さらにこの物質は光照射に対して不安定であることが知られており、それゆえリソグラフィの材料として当初は注目された。このような現象は a-Si:H と類似しており、a-Si:H でも SiH_2 構造が存在し、それが光劣化に関係するという説もあるので、a-Si:H のモデル物質としても興味深いため、ポリシランに対する光誘起効果を ESR で調べた。

約 10K で光照射するとエネルギーがバンドギャップより(1)高い光を照射したときと(2)低い光を照射したときで生成される欠陥が異なる。いずれの場合も室温に戻すと欠陥は消失した。これはガラ

ス化温度が室温以下であることと関係していると考えられる。(1)の場合、側鎖基が脱離して生成されたD Bと考えられる信号が得られた。また(2)の場合は、中心の濃度は励起子の広がりから求められたキンクの数にはほぼ対応している。キンクには歪みが加わっていると考えられるが、武田は計算〔3〕によって、光励起に伴って歪みの増長が起こることを示した。その結果、ギャップ内に局在状態が生成され、キャリアが捕獲され常磁性中心となると解釈された。a-Si:Hでも同様の計算結果〔4〕が報告されている点は注目される。

最後にa-Si:Hの光劣化について簡単に述べる。a-Si:Hでは電子正孔再結合が引き金になってD B欠陥が生成されることをよく知られており、それが水素に関係していることも多くの研究者によって指摘されている。また水素の分布は均一でないこともNMRや赤外吸収の実験から示唆されている。水素が密集しているところはSiの平均配位数が低く、構造が柔軟であることが考えられる。従って、そのような部分では上に述べたように、光誘起現象が生じやすいことが想像される。そこで我々は、電子正孔再結合過程をODMRによって調べ、再結合は電子正孔がそれぞれ締め切り状態に緩和した後に起こると結論した。特に正孔は自己束縛されていることが示唆されたが、捕獲正孔の局所構造をODENDORで調べた結果、それが水素に起因した構造柔軟性と関係していることが示された〔1〕。

参考文献

- [1] 近藤：固体物理 27, 945, 1992.
- [2] H. Yokomichi, H. Takakura, M. Kondo: JJAP. Lett. in press.
- [3] K. Takeda, M. Fujiki, M. Kondo, K. Morigaki: to be published.
- [4] R. Jones, G. M. S. Lister: Phil. Mag. B41 (1990) 3702.

非平衡固体試料（超格子）の利用

阪大工 田 口 常 正

歪超格子(SLS)は、かなり大きな歪エネルギーを内蔵しており、もはや材料固有の基底状態の性質に束縛されない非平衡固体と捉えることができる。SLSは、次の3種類に分類できる：(1)通常のSLS、(2)アロイ、(3)転位を含むSLS。一様な組成を持つアロイと比べて、コヒーレントな超格子は、準安定であり、これらの間には総体的に小さなエネルギー差が存在する。格子不整合(f)のSLSに対して、歪(ε)は自由エネルギーを $20\varepsilon^2$ (~ $5f^2$ eV)上昇させ。層間の構造コヒーレンスがおのおの界面で転位網を形成することによってくずれる超格子では、SLSより高い自由エネルギーの状態にある。ある膜厚と歪 ε に対して、与えられるエネルギーは、界面あたりの転位網を形成するために必要とされる。そこで、自由エネルギーの変化は h^{-1} となり、層の膜厚が

h を越えると、SLS構造を破壊するように転位ができる。SLSに欠陥を導入するためには、少なくとも E_d (原子変位)が ε よりかなり大きな値となる可能性があり、従来のバルクの欠陥、不純物の拡散機構と異なる。

ZnSe/ZnS歪超格子を例に取り、イオン照射後の熱的焼鈍による超格子状態の変化とArイオン・レーザ光による非熱的焼鈍について、XRD、フォトルミネッセンス、SIMSから調べた結果を述べる。

電子線促進結晶成長

東大生産技術研 荒川泰彦

マイクロエレクトロニクスの進展に伴い、電子波と同程度のサイズを有する量子細線や量子ドットの実現が大きな課題となっている。これまでさまざまな試みがなされているが、われわれは電子線促進結晶成長という新しい結晶成長法を提案し、その成長システムを構築し、実際に結晶成長を行った。具体的には、有機金属原料というクラッキングしたアルシンを反応室に導入し、そこに電子線(ビーム径10~20nm)を照射しながら選択成長を行った。基板温度は室温から300°Cである。図1に結晶成長システムを示す。その結果、幅約30nmのGaAs細線を形成することに成功した(図2)。これをマイクロ・オージュおよびEMPAを用いて分析し、カーボンの成分がかなり多いこと、またこの成分が基板温度を上げると低くなることを見いだした。さらに、有機金属原料を供給する前に電子線を照射することにより、選択的にマスクを微量のカーボンにより形成し、このあとin-situで基板温度600°Cで結晶成長を行うことによりGaAs細線の形成を行うことにも成功した。

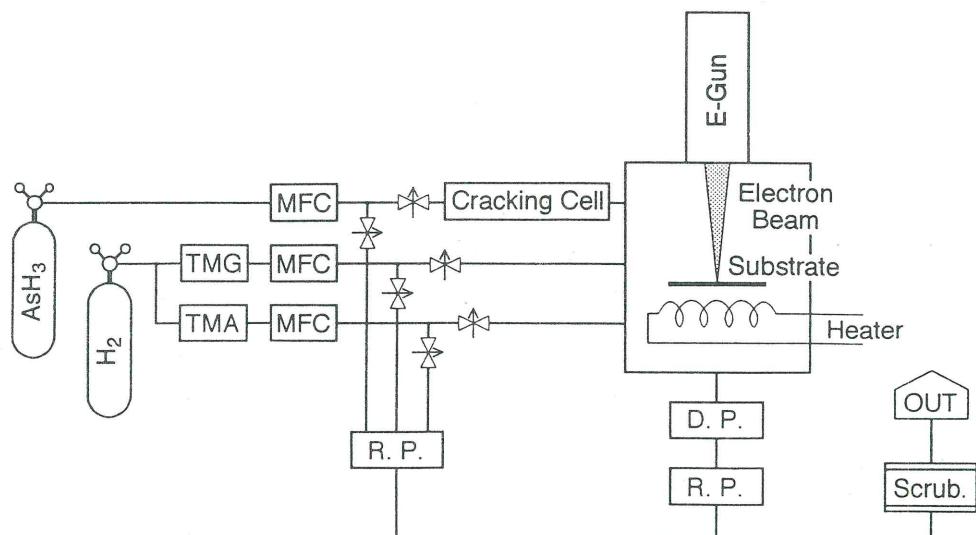


図1：電子線促進結晶成長システム

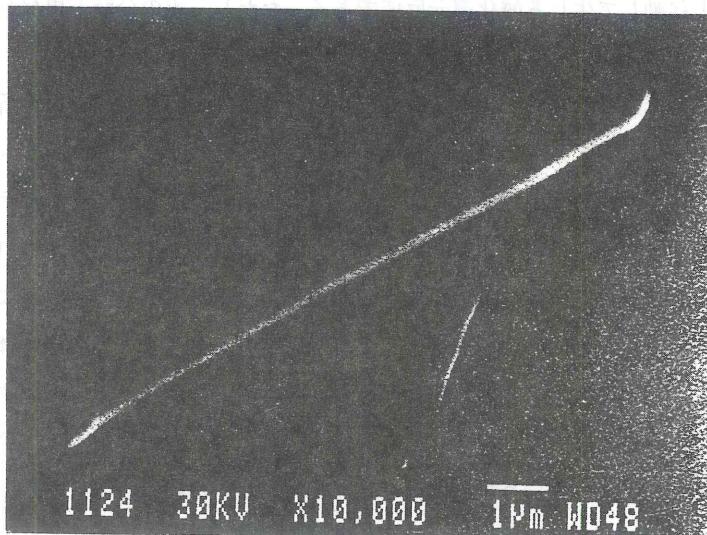


図2：電子線促進結晶成長により形成されたGaAs細線

ZnSe系II-VI族半導体の光励起エピタキシャル成長

京大工 藤田 静雄, 藤田 茂夫

結晶成長中の光照射は、反応系の電子励起によって、反応種の活性化、結合の解離・励起をもたらし、成長に関与する反応を活性化させる。従来より多くの場合、光照射により成長原料を直接光分解させることが意図され、原料が直接吸収可能な紫外光が用いられてきた。それに対し、われわれは、照射光が成長層表面に吸収され、そこで生成された電子・正孔の作用によって成長反応が促進されるという新しい結果を見いだした〔1〕。

研究はワイドギャップII-VI族半導体であるZnSe, ZnSの有機金属気相成長を対象として行った。原料としてジアルキル亜鉛(R_2Zn)とジアルキルカルコゲン(R_2Se , R_2S)を、照射光源にはキセノンランプを用いた。光照射のもたらす効果として、以下の結果が明らかとなった〔2, 3〕。

1. 反応律速の領域において、数 $10mW/cm^2$ の光照射によって成長速度が10倍にも上昇する。
2. 量子収率(付着分子数／入射ホトン数)は10%以上と非常に高い。
3. 成長層の禁制帯幅により高エネルギーの光照射により上記の効果が得られる。

この機構としては、光照射により成長層表面に電子・正孔が生成され、それらが表面における化学反応を促進するのではないかと考えられる。これは、光触媒による水の分解と同種の光触媒反応であると理解できるものと思われる。すなわち、光触媒の中に生成した電子が表面の還元準位へ、正

孔が酸化準位へと移動して生じる酸化還元反応である。ただし、水の分解と異なり、成長層自身が触媒としてははたらくことによって自己を生じるという振舞いをしている。

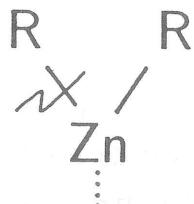
この光触媒反応の素過程を明らかにする目的で、成長装置内の原料の質量分析を行った。これにより、光照射によってジアルキル亜鉛の分解が促進され、それがジアルキルセレンの分解を促して、成長速度の増加をもたらすものと考えられる結果が得られた〔4〕。そのモデルを図1に示す。

さて、光照射により反応系の電子状態が変化することで、成長反応が活性化されることのほか、光照射下での非平衡状態における結晶成長であるがために、得られる結晶の物性に効果がもたらされるものと考えられる。その一つの可能性として、ワイドギャップII-VI族半導体で大きな問題である自己補償効果（による欠陥の生成）が抑制され、長年の問題であるアクセプタの活性化とp型伝導の実現に寄与しうるものと思われる〔5〕。最近、われわれは光照射下でのアクセプタ添加によって、不純物密度 10^{18} cm^{-3} 台のp型層が得られたと考えられる結果を得ており、今後レーザなど光素子への実現に向けた研究の進展が大いに期待される。

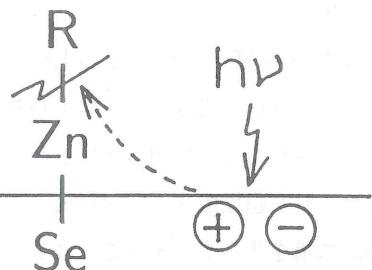
このように、光照射による電子励起下での結晶成長において、応用上の効果が大きいと考えられる現象が見られているが、その詳細な機構はほとんど明らかでない。また、ワイドギャンプII-VI族半導体で得られた効果が、他の半導体に対する普遍性を持つかどうかも不明である。今後、幅広い理論と実験のもとで詳細な検討を行ってゆきたいと考えている。

参考文献

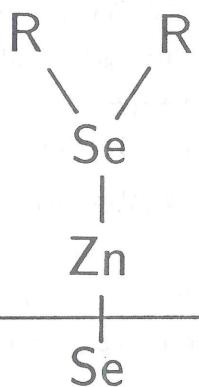
- [1] Sg. Fugita, A. Tabane, T. Sakamoto, M. Isemura and Sz. Fujita: Jpn. J. Appl. Phys. 26(1987)L2000.
- [2] Sz. Fujita, A. Tabane, T. Sakamoto, M. Isemura and Sg. Fujita: J. Cryst. Growth 93(1988)259.
- [3] Sz. Fujita, F. Y. Takeuchi and Sg. Fujita: Jpn. J. Appl. Phys. 27(1988)L2019.
- [4] Sz. Fujita, S. Hirata and Sg. Fujita: Jpn. J. Appl. Phys. 30(1991)L507.
- [5] M. Ichimura, T. Wada, Sz. Fujita and Sg. Fujita: Jpn. J. Appl. Phys. 30(1991)3475.



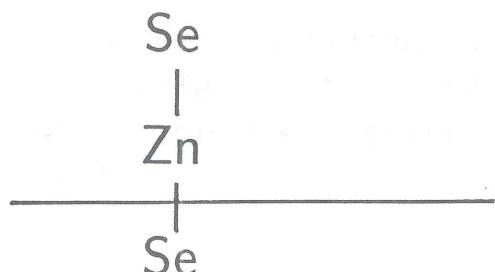
alkyl elimination
from R_2Zn



alkyl elimination
from RZn



reaction with
 R_2Se



alkyl elimination
from R_2Se

図1 光触媒反応によるZnSe成長のモデル

電子ビームドーピング

名工大 和田 隆夫

“電子ビームドーピング”ということばは、第16回半導体中の格子欠陥に関する国際会議（米国、Bethlehem, 1991年7月）論文集のサブジェクト、インデックスの中に用いられた。従来、半導体への高エネルギー電子線照射は、専ら照射損傷（格子欠陥）の研究手段として利用されてきた。それに対し我々が1980年にプロポーズしたのは、半導体基板上に不純物シートを置いて、その上から電子ビームを照射するだけで簡単に室温で不純物拡散が生ずることである。

不純物シートの代わりに水を置き、または基板上にAl等を真空蒸着し、その上から電子ビーム照射すると、室温で酸化、シリサイドおよび固相エピタキシーが生成される。すなわち、電子ビーム照射によって、半導体基板中に外から原子が大量に導入されることを明らかにした。室温でこれらの現象が起こるのは、極めて特異であり、我々はまたこれを超拡散（superdiffusion）とも呼んでいる。本研究は、これら電子ビーム照射効果の物理的機構を明らかにすることにより、半導体基礎物性物理学の発展と、さらに新たなデバイスプロセス開発のいずれにも寄与する。

照射には直線電子加速器（リニアック）を用いた。電子のエネルギーは、3～9 MeV、パルス幅3.5 μs、ピーク電流密度～50mA/cm²、デューティーサイクル200Hzである。750KeVのバンデグラフ加速器を用いた場合も、ドーピングされることが確認された。照射中は、試料が室温蒸留水循環中（照射中20～60°Cに保つ）または真空中（10⁻⁵Torr, 150°C）に保持された。

特長ある実験結果としては、①Ge（厚さ0.5mm）／Siの場合、Ge原子がスパッタされて、Si基板に到達する活性化エネルギーは約0.3eVである。②Si基板表面の未照射領域でのGe原子の表面拡散係数（Ds）は、150°C, 10⁻⁵Torrの真空中で、 $D_s = 10^{-2} - 10^{-3} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$ となり、体積（バルク）拡散係数に比べて約10桁程度大きい。③キックアウト機構、 $\text{Al} \rightarrow \text{As} + \text{I}$, (Al ; 不純物の格子間原子, As ; バルク原子と置換した不純物原子, I ; 自己格子間原子)が起こっており、アニーリングなしで $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{P}$ のアロイ膜が、PnP基板とAl蒸着膜との界面に生成される。④Ge/Siの場合、Si基板中に生成されたGe格子間原子（Ge_i）および、自己格子間原子（Si_i）がアニーリングなしで、それぞれ後方散乱法および電子スピノン共鳴法で確認された。

推定されるメカニズムとしては、先ず①として、はじき出された原子が自由原子のようなふるまいをする。②不純物原子の表面拡散が重要な役割を果たし、表面あるいは表面近傍に不純物の高濃度層を形成する。③その高濃度層による増速拡散、あるいは原子の移動度（再結合）による増速拡散等が起因しているであろう。

参考文献

1. T.Wada : Proc. 3rd. Int. Conf. on Neutron Transmutation Doped Silicon(invited), Copenhagen (1981), p447, Plenum Press, New York (1981).
2. T.Wada and H.Hada : Phys. Rev. B30, 3384, (1984).
3. T.Wada and Y.Maede : Appl. Phys. Lett. 51, 2130, (1987).
4. T.Wada and Y.Maede : Appl. Phys. Lett. 52, 60, (1988).
5. T.Wada : Appl. Phys. Lett. 52, 1056, (1988).
6. T.Wada and Y.Maede : Appl. Phys. Lett. 53(17), 1576, (1988).
7. T.Wada Y.Maede and S.Kojima : (invited paper) Radiation Effect and Defect in Solids, 111+112, 471, (1989).
8. T.Wada : (invited) Proc. 2nd Int. Conf. on Computer Appl. to Mat. and Molecular Scien. and Engineer., Sept. 25, (1992) Yokohama.

第4回 物性専門委員会（第15期）議事録

日 時：1992年11月12日（木）13:00～17:00

出席者：伊達 宗行、 安藤 恒也、 石井武比古、 遠藤 康夫、 興地 斐男、 勝木 渥、
川村 清、 国府田隆夫、 小林 俊一、 竹内 伸、 張 紀久夫、 恒藤 敏彦、
長岡 洋介、 中嶋 貞雄、 藤田 敏三、 丸山 瑛一、 守谷 亨

[前回議事録の承認] 前回（第3回）議事録を承認した。

[報告]

1. 学術会議（中嶋）

- 前回物研連で議論した「第14期物理学動向調査報告」、「理論物理学の研究体制の充実について—基礎物理学研究所の在り方を中心として」の2件を運営審議会が対外報告とすることを承認した。とくに後者については物研連委員長と基研所長が文部省におもむいて説明をしてきた。
- 第115回総会について。研連見直し作業を開始した。今期は研連の定員拠出により「国際対応委員会を設置したがこれを定常化するために、研連の見直しをするよう各部に要請があった。特に非推薦研連の見直しと整理を第15期のうちにを行い、推薦研連の見直しを第16期に申し送るよう要請されている。第4部会でも小委員会を作り、2月連合部会に間に合うように作業することになった。
- 國際貢献特別委員会（委員長渡部副会長）が春に出来たが、秋の総会までに間に合う結論を出せなかつたので、とりあえず会長談話を出した。
- 2国間交流のためアメリカに対して代表団を派遣した。構成は会長及び各部会1名ずつの代表者と事務から2名であった。9/27～10/12の間にSSC研究所、Johnson space center、NSF、DOE、その他を訪問した。どこでも、アメリカ側は手厚く対応をしてくれた。SSCについて必ずしもpositiveではなかつた代表団員で、現場を観察して印象の変わつた人がいる。超伝導マグネットの基礎実験は成功したが、10,000個を'99まで量産するということが予定通りのqualityを保持しつつ可能か懸念がある。米下院では基礎研究より競争力に直接役立つところに投資せよとの空氣である。

今回の渡米で得た私見だが、将来計画や国際貢献を議論しようとしても我々の予算では本当の議論は出来ない。本当にまじめに提案するならしかるべきpriorityをつけなくては迫力がないが、現在の予算枠ではpriorityのつけようもない。その観点からすると、我々の研究費のorderを一つ上げる必要がある（5年間倍増ではおそすぎる）。仮に予算がついても縦割行政では受け皿がない場合もあり、新制度の基金が必要である。予算額の抜本的増額とそれを執行するシステムが必要

だとの印象を得た。各専門委で将来計画を造って欲しいが、その際予算の問題も考えてほしい。

2. 物性研報告（竹内）

- 人事について：後期は4名の客員所員が着任した。また、凝縮系物性部門助教授1名の人事が進んでいる。
- 概算要求について：中性子散乱研究施設が実現しそうだが中性子回折物性部門の全部を振り替えることになる見込みである。
- キャンパス問題：東大の中で全学のキャンパス計画の検討が進んでおり、キャンパス計画概要を承認した。それによると本郷、駒場、柏の3極構想が取り入れられている。
- 物性研将来計画：中間報告を6月末発行配布した。

5月22日に物性委員会主催の検討会が開かれ、6月に文部省へ説明におもむいた。また、9月29日に物性研主催で、物性研将来計画討論会を開いた。これらの議論をふまえて、現在所内の将来計画委員会を中心に中間報告の見直しの中で12月末に最終計画を出すつもりである。

- この報告に対し、「柏にどの部局をおくか決まっているか」という質問があり、「物性研、宇宙線研の2つの部局の全面移転及び工学部、理学部の一部までは名前が上がっているがそれ以上は具体的には決まっていない」という答弁があった。

3. 基研報告（長岡）

- 物性関係の人事の進行はない。
- 建物問題：5月20日の物性専門委員会以後学術会議の対外報告が出て、文部省も積極的であったが、その後、現在の建物を取り壊さずに増築したらどうかということを文部省から言われた。歴史的建物だから残しなさいという意味もある。そのため京大全体計画を検討する段階に戻り現在進行中である。再来年実現が可能かどうかというところである。取壊しが完全に白紙に戻ったわけでもない。
- 大学院問題：理学研究科の中の独立専攻としたいが、すべての独立専攻を解消し、部局化した理学研究科の協力講座とする方向に進みそうである。大学院学生増をおしつけられることになると研究所の在り方が大きく変わるので現在、将来計画委で検討中である。
- 共同利用研としての役割を再検討することが必要だと考えている。理論研との合併によって8名程度の外国人を招へいすることが可能になったので大きな国際協力の研究計画を作ることが可能になってきた。

4. ワーキンググループ（WG）報告（伊達）

- 委員の追加：大型計画WGに上坪、飯泉、渡辺の3名を、将来計画WGに日片、国府田、家、今田の4名を追加すべく交渉し御本人からの承諾が得られた旨の報告があり、これらの追加の人事を事後承認した。
- これらの委員を含めて、午前中合同会議を開いた。物性研の移転、中性子関係の将来計画の報

告があった。また、放射光についての将来計画とくに K E K トリスタン主リングとの関連の報告があった。このとき、中性子の社会的役割が未だに学際的広がりがなく、基礎も弱いのは何故かという質問があり、これをめぐって意見交換を行った。

- 物性における重点領域研究（科研費）の組織化がまずいのでいろいろな意味での交通整理が必要である。
- 今後物性専門委員会の開催日の午前中に開くので、今回追加された委員にも午後の物性専門委員会にオブザーバーとして参加していただくよう委員長から提案があり、承認された。

5. 物性グループ報告（長岡）

- 現在、物性百人委員の選挙方法の変更が提案されている。今は、グループ全体で選挙して決め、それを選挙人として各種委員が選出されてきた。百人委員が出なかった研究グループは百人委員選出後意見を述べる機会を失うことになるので、各研究グループから 1 人ずつ出す方式に変えたい。一票の格差は大きくなるが前述のようなメリットが大きい。ただし、百人委員に選挙されたという意識がうまれるおそれはある。現在物性グループ内で、討議中で今期中に結論を出したい。

6. K E K P F 報告（石井）

- おおむね順調に稼働している。理論の研究室ができた。
- 共同利用の申請は細かく区分けすることになった。
- オーストラリア政府が出費したビームラインが完成間近である。
- 10周年シンポジウムが近日中に開かれる。
- 実験準備の為の部屋を建築中である。

〔議事〕

1. 物性研人事選考協議会委員の選出

無記名投票の結果

張紀久夫（阪大）、藤田敏三（広大）

の 2 名を物研連本会議に推薦することになった。

2. ロシア・東欧圏の支援（伊達）

- 物理では伏見康治氏が中心になって資料集めを行っている。アメリカ物理学会、ヨーロッパ物理学学会から支援促進についての声明が出ていて、日本物理学会にも賛同の要請がきている。具体的な事項は入れず、mental support したい。
- 以上の委員長報告のち、物性関係の各方面での取り組みについて各委員から各地での支援の具体例の報告があった。

3. 物性将来計画（伊達）

○ 物性研計画はいくつかの分野の計画が出ているが、総花的であったので詰めるように要請した。

物性専門委員会ではそれと相補的な計画をたてたい。

○ 原子核分野では、毎年1回日本全体の計画について文部省関係者にインフォーマルに懇談している。物性関係でもそういう場を持ちたい。

○ 多様性のある将来計画をたてるのがよいと思いその線でWGの議論をしていきたい。

以上の委員長報告の後、次のように各計画報告と議論があった。

(1) 中性子：短期には足元かためをしている。改3号炉に関連して物性研から研究施設の要求が出ている。施設建物のための土地取得も順調で、原子炉共同利用も順調に進んでいる。パルスについてはKEKの施設が弱小化しつつある。中性子及びミュオンの物性研究グループはJHP (Japan Hadron Project)に参加しているが、全体計画の実現性の歩みは順調ではない。JHPがだめならそれに代わるものを持ちたいという強い希望を出している。

○ 長期環境問題：大型施設は非常に限られている。ILL 100MW(世界最高)が1994年までshut downするので救済を求めてきた。国際協力が必要である。ANS(300MW)が計画されており、DOEはSSCの次にこれをすえてこれを21世紀の目玉にする意向ときいている。ANS計画は国際的運用が必要になってきたがアメリカの自負心があるために、協力形態は必ずしも単純ではない。長期的には世界的に「中性子の冬時代の到来」といわれるほどむずかしいことが多くなっている。

(2) postトристン計画(石井)

○ B-factory 計画が高エネルギー研究者の間で浮上してきたのでトристンを光源として利用することは流動的になっている。B-factoryを平成6年概算要求に取り入れると、文部省関係の大型計画がしばらく動かなくなり困ることになる。

○ spring 8 計画はユーザーグループの組織を強化する必要が出てきた。科技庁周辺では共同利用の実施の方針がはっきりしない。機械は出来ても利用の態勢が出来ないと大変なことになるので、物性専門委員会が乗り出す必要があるかもしれない。

その後議論に移り、次のような意見が出た。

○ B-factoryが走り出すと物性研の計画が文部省で走ることはむずかしくなるので東大が一丸となって文部省に働きかけてほしい。

○ 物性の大型計画のためにも何百億必要だということを文部省に印象づけることが必要だろう。

○ そろそろ、いろいろな計画の順位づけをすべき時期である。

○ 物性研で下位に順位づけられたものを他大学にまわしたいということもあり、物性研計画の中の順位づけも知りたい。

○ 物性研は全センターを一括した計画として考えているので、順位づけは出来ない。ただし、進行の年次計画は作る。

- 西播磨規模の S R は世界に 3 つある。物性研が出しているようなものは、lawrence Barkley ではほぼ完成し、イタリア、台湾、韓国で建設中であり、フランス、ドイツ、スウェーデンがやることを決めている。大は小を兼ねるという性質のものではない。
 - 物性研では S OR は top priority という意識はあった。S OR を含む全体計画が柏に実現するのでなければ物性研は移らない。
 - センター構想はどう refineされるか。現在の官制としてのセンターにはなじまない。大部門と読み変えることになる。
 - 国分寺計画も物性研究概要整備計画と名称変更が必要だろう。
- (3) 物性将来計画（長岡）
- 国分寺構想を引き継ぎ具体化させていきたい。とくに、拠点と物性研将来計画との関係を基本から考えたい。
 - 拠点作りを目指した特定研究が成功しなかった例もある。
以上の報告に続き次のような議論があった。
 - 物性の将来を模索しているのは日本だけではない。
 - 山下先生は物性研が文化を作れとおっしゃったが第一世代の問題意識を第二世代はまともに受けていない。
 - 会誌の物性関係の記事が専門的すぎて面白くない。
 - 物性の研究全体が trivialism におちいっている。
 - 危機を感じているのは年配の人が多い。若手研究者は自閉症におちいっている。
 - 遊び心のない仕事から良い仕事が出ると思っていたら、若い世代ではそれが通らない。遊び心の方も成果には敏感。良い仕事とは何かということに対する世代間での理解が共通ではない。
 - 物作りの場がなくてはならないのでサブ国分寺が必要である。物作りには信頼関係が必要だから、物作りの拠点作りには疑問がある。
 - 物作りは研究者の器量や運による。物性研がお金を持ってアイデアの良いところに出資する器量はあるか。物性将来のために身銭を切る体制が物性研にあるか。
 - 物質開発部門に空定員を常備しておくのも一案であろう。
 - 物性研は移転後も物性史の資料をおく場所を確保するとともに、使いやすくするための家具を置いてほしい。

4. 物性研共同利用施設専門委員会委員の選出を物性グループに委任することとした。

以上

物性研究所談話会

日 時 1993年3月8日(月) 午後4時～5時
場 所 物性研究所 Q棟1階 講義室
講 師 Prof. A. Bianconi
(所属) (Univ. dell'Aquila and Univ. Roma, Italy)
題 目 Study of High T_c Superconductors by X-Ray Spectroscopy
要 旨:

Experimental results obtained by using x-ray absorption spectroscopy show that the configurations of Cu sites in the CuO₂ plane of Bi 2:2:1:2 high T_c superconductors are not homogeneous. Different Cu sites are characterized by short 2.3Å and long 2.45Å Cu-O (apical) distances. The linear arrays of different Cu sites forming domains with a corrugated-iron like shape is proposed to be a key characteristic of superconducting domains in the CuO₂ plane. The wavelength of the modulation is close to the superconducting coherence length. The ordering of the distorted Cu sites is suggested to be evidence for ordering of polarons driven by electron lattice interaction. The Cu L₃ XAS experiments on Bi 2:2:1:2 system indicate that for $\delta=19\%$ electronic states added by doping $4\pm2\%$ have the a₁ symmetry (i.e. with Cu $3d_{3z^2-r^2}$, the combination of O(planar) 2p_{x,y} orbitals with a₁ symmetry L(a₁), and O(apical) 2p_z orbital character) and $15\pm2\%$ have the b₁ symmetry ($3d_{x^2-y^2}$ and the combination of O(planar) 2p_{x,y} orbitals with b₁ symmetry L(b₁)). This new scenario supports the pairing mechanisms for high T_c superconductivity in the presence of two components: 1) the more delocalized component with b₁ symmetry and 2) the more localized component, with partially a₁ symmetry associated with different parts of the Fermi surface.

東京大学物性研究所の教官公募の通知

下記により助教授または教授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. 研究部門名及び公募人員数

凝縮系物性部門 助教授または教授 1名

2. 研究分野

物性研究所では、凝縮系物性部門に所属する所員を公募します。実験手法・分野は特に限定しませんが、物質に造詣が深く、自らも試料を作成・評価しながら所内外の研究者と密接に協力して研究を推進し、新しい物質系において新しい物理を開拓するような意欲ある人材を希望します。

3. 公募締切

平成5年6月30日（水）必着

4. 就任時期

決定後なるべく早い時期を希望する。

5. 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（略歴で結構です）
- 主要業績リスト（必ずタイプすること）
- 主要論文の別刷
- 研究業績の概要（2000字程度）
- 研究計画書（2000字程度）

(ロ) 応募の場合

- 履歴書
- 業績リスト（必ずタイプすること）
- 主要論文の別刷
- 研究業績の概要（2000字程度）
- 研究計画書（2000字程度）
- 健康診断書
- 本人に関する意見書

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 (3478) 6811 内線 5021, 5022

7. 注意事項

凝縮系物性部門助教授または教授応募書類在中の旨を朱書きし、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。

平成5年2月5日

東京大学物性研究所長

竹内伸

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. 研究部門名等及び公募人員数

凝縮系物性部門 家研究室 助手 1名

2. 研究内容

凝縮系物性部門家研究室では、メソスコピック系・超伝導など量子輸送の問題を中心とした研究の推進に協力する若手研究者を募集します。この分野における研究経験の有無は必ずしも問いませんが、試料作製から測定・解析まで意欲的に取り組む積極的な人材を期待します。

3. 応募資格

修士課程修了、またはこれと同等以上の能力をもつ人。

4. 任期

5年以内を原則とする。

5. 公募締切

平成5年6月30日（水）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（略歴で結構です）
- 業績リスト（必ずタイプすること）
- 論文の別刷

(ロ) 応募の場合

- 履歴書
- 業績リスト（必ずタイプすること）
- 論文別刷
- 所属の長または指導教官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 (3478) 6811 内線 5021, 5022

9. 注意事項

凝縮系物性部門家研究室助手応募書類在中、又は意見書在中の旨を朱書し、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5年2月5日

東京大学物性研究所長

竹内伸

人事異動

(転出)

所 属	職・氏名	発令日	異動内容
極限物性部門 表面物性	助手 谷口昌宏	5. 2. 1	北海道大学助手理学部へ
理論部門	助手 小形正男	5. 3. 1	教養学部助教授へ

(復職)

所 属	職・氏名	発令日	異動内容
凝縮系物性部門	助手 爲ヶ井強	5. 2. 1	

(勤務換)

所 属	職・氏名	発令日	異動内容
中性子回折物性部門	助教授 加倉井和久	5. 3. 1	原研開放研勤務免
"	助手 今井正幸	"	"
"	技官 川村義久	"	"

Technical Report of ISSP 新刊リスト

Ser. A

- No. 2622 Mixed-Valency of Cu, Electron Mass Enhancement and Three Dimensional Arrangement of Magnetic Sites in Organic Conductors (R_1 , R_2 -N, N' -dicyanoquinonediimine)₂Cu (where R_1 , R_2 -CH₃, CH₃O, Cl, Br). by Hayao Kobayashi, Akihito Miyamoto, Reizo Kato, Fumiko Sakai, Akiko Kobayashi, Yoshihiro Yamakita, Yukio Furukawa, Mitsuo Tasumi and Tokuko Watanabe.
- No. 2623 Evidence for Fano Interference in Spin Polarization of the 6eV Satellite in Ni Valence Band Photoemission. by Toyohiko Kinoshita, Tetsuaki Ikoma, Akito Kakizaki, Takehiko Ishii, Jun Fujii, Hirohito Fukutani, Kenya Shimada, Atushi Fujumori, Tetsuo Okane and Shigeru Sato.
- No. 2624 Spin Split Cyclotron Resonance in a 2-D Electron System at Very High Magnetic Field. by R. J. Nicholas, D. J. Barnes, N. Miura, C. T. Foxon and J. J. Harris.
- No. 2625 Temperature Dependence of Itinerant Electron Metamagnetic Transition in Laves Phase Lu(Co_{1-x}Ga_x)₂ Compounds. by Kazuhiro Murata, Kazuaki Fukanichi, Toshiro Sakakibara, Tsuneaki Goto and Hiroko Aruga katori.
- No. 2626 Evidence for Transferred Spin Polarization at Apical O Site in Tl₂Ba₂CuO_y. by Shinsaku Kambe, Hiroshi Yasuoka, Akihiko Hayashi and Yutaka Ueda.
- No. 2627 VUV-Photoemission Study of (La_{1-x}Sr_x)₂CuO₄₋₈ Single Crystals and Their Surface Degradation. by Kazuo Soda, Tamiko Mori, Hideaki Kitazawa, Masayuki Hagiwara, Koichi Katsumata, Makoto Okusawa and Takehiko Ishii.
- No. 2628 Resonant Photoemission In CeNi Single Crystals. by Takayuki Kashiwakura, Shoji Suzuki, Tetsuya Okane, Sigeru Sato, Toyohiko Kinoshita, Akito Kakizaki, Takehiko Ishii, Yosikazu Isikawa, Hiroshi Yamagami and Akira Hasegawa.

- No. 2629 Compressibility and Spin Susceptibility of the Alkali Metals in the Effective Poential Expansion Method: Competition between Many-Body and Band Effects in Charge and Spin Responses. by Yasutami Takada.
- No. 2630 S- and P-wave Pairings in the Dilute Electron Gas: Superconductivity Mediated by the Coulomb Hole in the Vicinity of the Wigner-Crystals Phase. by Yasutami Takada.
- No. 2631 Trion Aspects of the 3p-3d Resonance Final States in CeNi. by Akito Kakizaki, Toyohiko Kinoshita, Takehiko Ishii, Shoji Suzuki, Takayuki Kashiwakura, Tetsuo Okane, Shigeru Sato and Yoshikazu Ishikawa.
- No. 2632 Magentic Properties of $\text{LuFe}_{10-x}\text{Al}_x\text{Si}_2$ Quasiteraries Compared with $\text{UFe}_{10-x}\text{Al}_x\text{Si}_2$. by A. V. Andreev, Ye. V. Scherbakova, Tsuneaki Goto and W. Suski.
- No. 2633 Magnetic Behavior of γ Phase Hydrides $\text{RCo}_3\text{H}_{\sim 4}$ in High Magnetic Fields. by M. I. Bartashevich, T. Goto, M. Yamaguchi, I. Yamamoto and F. Sugaya.
- No. 2634 Theroretical Study on the Electronic Structure of $(\text{Si})_m/(\text{Ge})_n$ Superlattices. by Minoru Ikeda, Kiyoyuki Terakura and Tamio Oguchi.
- No. 2635 Electronic States of Carbon Nanotubes. by Hiroshi Ajiki and Tsuneya Ando.
- No. 2636 Angle-Resolved Photoemission Study of Surface Band Structure of the Reconstructed Mo(001) Surface. by Kwang-Soo Shin, Chang-Young Kim, Jinwook Chung, Soonchil-Hong, Sang Kyun Lee, Chong-Yun Park, Toyohiko Kinoshita, Masamitsu Watanabe, Akito Kakizaki and Takehiko Ishii.
- No. 2637 Spin-Resolved Photoelectron Spectrometer with Revolver Undulator. by Jun Fujii, Toyohiko Kinoshita, Kenya Shimada, Tetsuaki Ikoma, Akito Kakizaki, Takehiko Ishii, Hirohito Fukutani, Atsushi Fujimori, Kazuo Soda and Hideto Sugawara.

- No. 2638 Preparation and Physical Properties of an Alloyed $(DMe-DCNQI)_2Cu$ with Fully Deuterated DMe-DCNQI ($DMe-DCNQI=2,5$ -dimethyl-N, N'-dicyanoquinonediimine). by Reizo Kato, Hiroshi Sawa, Shuji Aonumam Masafumi Tamura, Minoru Kinoshita and Hayao Kobayashi.
- No. 2639 Triple-Peak Feature of Cu 2p X-ray Photoemission Spectrum in Copper Acetylacetone. by Kozo Okada, Jun Kawai and Akio Kotani.
- No. 2640 Theory of Dysprosim L₃ Xanes Free form L₃ Core Lifetime Broadening. by Satoshi TAnaka, Haruhiko Ogasawara, Kozo Okada and Akio Kotani.
- No. 2641 Two Types of Mott Trasition. by Masatoshi Imada.
- No. 2642 Valley Mixing in Short-Period Superlattices and Interface Matrix. by Tsuneya Ando.
- No. 2643 Giant Metal-Insulator-Metal Transtion Induced by Selective Deuteration of the Molecular Conductor, $(DMe-DCNQI)_2Cu$ ($DMe-DCNQI=2,5$ -dimethyl-N, N'-dicyanoquinonediimine). by Shuji Aonuma, Hiroshi Sawa, Reizo Kato and Hayao Kobayashi.
- No. 2644 Optical Characterizations of Porous Silicon by Synchrotron Radiation Reflectance Spectra Analyses. by N. Koshida, H. Koyama, Y. Suda, Y. Yamamoto, M. Araki, T. Saito, N. Sata and S. Shin.
- No. 2645 On the Peak Inversion of the Angular Dependent Magnetoresistance Oscillation of Cylindrical Fermi Surfaces with Different Corrugation Symmetries. by Ryuta Yagi and Yasuhiro Iye.
- No. 2646 Resonat X-Ray Emission Spectroscopy in La_2CuO_4 and CuO. by Satoshi Tanaka and Akio Kotani.

No. 2647 Comparison between BIS and Ti K-XAS for TiO_2 : Experimental and Theoretical Study. by E. Beaurepaire, S. Lewonczuk, J. Ringeissen, J. C. Parlebas, T. Uozumi, K. Okada and A. Kotani.

No. 2648 Three-Dimensional Superconducting Networks in a Magnetic Field. by Yasumasa Hasegawa, Mahito Kohmoto and Gilles Montambaux.

物性研だより第32巻目録（第1号～第6号）

第32巻 第1号	1992年5月
○ 物性研・軌道放射物性部門に着任して	神谷 幸秀 1
○ 物性研に着任して	藤井 保彦 4
○ 第2回物性専門委員会（第15期）議事録	6
研究室だより	
○ 中性子回折物性部門	山田 安定 10
物性研究所談話会	14
物性研ニュース	
○ 東京大学物性研究所 助手公募	16
○ 東京大学物性研究所における大学院修士及び博士課程 進学ガイダンスのお知らせ	18
○ 人事異動	20
○ 平成4年度 物性研究所協議会委員名簿	24
○ 平成4年度 共同利用施設専門委員会委員名簿	25
○ 平成4年度 軌道放射物性研究施設運営委員会委員名簿	26
○ 平成4年度 外来研究員等委員会委員名簿	26
○ 平成4年度 人事選考協議会委員名簿	27
○ 平成4年度 中性子回折装置共同利用運営委員会委員名簿	27
○ 平成4年度 前期短期研究会一覧	28
○ 平成4年度 前期外来研究員一覧	29
○ 平成4年度 中性子回折装置共同利用課題採択一覧	58
○ 平成4年度 後期共同利用の公募について	64
○ テクニカル・レポート 新刊リスト	83
第37回 夏の学校	85
編集後記	
第32巻 第2号	1992年7月
○ 物性研究所将来計画（中間報告）について	竹内 伸 1
○ 物性研究所将来計画－中間報告要約	2
○ 物性研の移転と将来	伊達 宗行 19
短期研究会報告	
○ 「短周期半導体超格子の物性」 世話人 上村 洋、浜口 智尋、安藤 恒也、三浦 登	21
物性研究所談話会	45
物性研ニュース	
○ 東京大学物性研究所 助教授公募	48
○ 第三回 I S S P国際シンポジウム 「固体表面における動的過程」報告	50
○ 高輝度光源の愛称・シンボルマークの公募	52
○ テクニカル・レポート 新刊リスト	53
編集後記	
第32巻 第3号	1992年9月
○ 物性研の30年間	守谷 亨 1
○ 物性研の内と外	菅 滋正 4
○ 物性研の将来計画に参加して	小松原武美 7
○ 第3回物性専門委員会（第15期）議事録	9
短期研究会報告	
○ 「物質科学の将来－物性物理とその隣接分野」 世話人 寺倉 清之、福山 秀敏、三浦 登、村田 好正、八木 健彦	13
○ 「パーコレーションの理論と応用」 世話人 小田垣 孝、宮島 佐介、香取 真理	52
物性研究所談話会	85
物性研将来計画討論会開催について	87
物性研35周年記念行事のお知らせ	88

物性研ニュース

- 東京大学物性研究所 客員部門教授・助教授公募 89
- 東京大学物性研究所 助手公募 91
- 1993年度日米科学協力事業「中性子散乱」研究計画の公募 93
- 平成4年度全学一般教育ゼミナール「物性科学最先端」について 95
　　世話人 家泰弘
- 人事異動 96
- テクニカル・レポート 新刊リスト 97

編集後記

第32巻 第4号 1992年11月

- 「物性研究所将来計画（中間報告）」に関する私見 菅原 忠 1
- 物性研に着任して 河野 公俊 3
- 物性研に着任して 常行 真司 5
- 物性研究所談話会 8
- 物性研究所創立35周年記念行事について 11
- 物性研ニュース
- 東京大学物性研究所 助手公募 13
- 人事異動 15
- 平成4年度 物性研究所協議会委員名簿 17
- 平成4年度 後期短期研究会一覧 18
- 平成4年度 後期外来研究員一覧 19
- 平成5年度 前期共同利用の公募 50
- テクニカル・レポート 新刊リスト 71

編集後記

第32巻 第5号 1992年1月

- 第2回物性研究所将来計画討論会議事録 1
- 「物性研究所将来計画」に対して寄せられた御意見について 竹内 伸 19
- 物性研短期研究会報告
- 「物性研究における高エネルギー分光：新しい展開」 31
　　世話人 菅滋正、国府田 隆夫、佐藤繁、藤森淳、柿崎明人

物性研究所談話会 57

物性研ニュース

- 東京大学物性研究所 助手公募 59
- 物性研究所創立35周年記念行事報告 61
- 物性研究所創立35周年記念行事一般公開の際のアンケート調査の報告 65
- 人事異動 72
- テクニカル・レポート 新刊リスト 73

編集後記

第32巻 第6号 1992年3月

物性研短期研究会報告

- 「物性科学の将来」（創立35周年記念シンポジウム） 1
　　世話人 寺倉清之、家泰弘、三浦登、村田好正、八木健彦
- 「電子励起が誘起する原子移動の物理機構」 11
　　世話人 篠塚雄三、吉田博、前田康二、末元徹、谷村克己、田口常正

第4回物性専門委員会（第15期）議事録 34

物性研究所談話会 39

物性研ニュース

- 東京大学物性研究所 教官公募 40
- 東京大学物性研究所 助手公募 42
- 人事異動 44
- テクニカル・レポート 新刊リスト 45
- 物性研だより第32巻目録（第1号～第6号） 49

編集後記

編 集 後 記

春とはいえ、時折風の身にしむ昨今です。今年も又物性研から多くの若者が新天地に飛び立とうとしています。

今回は本年度最後で、研究会報告と物性専門委員会議事録が中心になってしまいました。

読者諸氏の物性研だよりに対する御要望、御意見をお待ちしています。

次号の原稿の締切は、4月10日です。

石 本 英 彦

小 谷 章 雄

