

物性研だより

第31卷
第5号
1992年1月

目 次

○ 物性研に着任して	辛 墇	1
○ 物性研究所将来計画への提言	遠藤 康夫	3
○ 物性研究所の大学院問題		5
—斯波氏の意見（第31巻第4号）に関連して—		
○ 第1回物性専門委員会（第15期）議事録		8
物性研短期研究会報告		
○ 「エピタクシー過程における原子ダイナミックス」		11
世話人 井野 正三, 川辺 光央, 大矢 銀一郎, 大塚 直夫		
物性研究所談話会		24
物性研ニュース		
○ 東京大学物性研究所 助手公募		26
○ 退官記念講演会		29
○ 人事異動		31
○ テクニカル・レポート 新刊リスト		32
編集後記		

東京大学物性研究所

物性研に着任して

辛 増

今年の4月から軌道放射物性研究(SOR)施設に転任してきました。どうぞ宜しくお願ひします。大学院も物性研のSOR施設にいましたので、8年ぶりに戻ってきたことになります。私は今でもSOR施設の最初の学生であることを誇りに思っています。ちょうどそのころはSORが盛んになりつつある時代で、何か自由に研究が出来る雰囲気がありました。また、施設の職員や共同利用に来ている人々も、今になって考えてみると現在のSORをリードしている一流の人々でした。こういう学問の勃興期に学生時代を過ごすことが出来たのは大変貴重な体験でした。また、学生の身分ながら、分光器も含めたビームラインの整備を行うことが出来たのは、研究だけではない貴重な体験をしました。修士の頃は、遷移金属化合物の3p内殻吸収の実験を行い、3d電子数に依存した多重項構造を研究しました。内殻多重項構造というSOR独自の現象と、それに反映された価電子帯の物性に興味がありました。その当時は今ほど理論が発達していなかったので、後者の興味を追及するには限界がありました。そこで博士課程では一つの突破口のつもりで酸化バナジウムの金属絶縁体相転移を光電子分光により研究しました。（上田先生や安岡先生には随分とお世話になりました。）

その後、東北大学科学計測研究所（科研）へ助手として就職することになりました。SORはやめることになりました。そこではハイパー・ラマン散乱という実験手段を用いて超イオン導電体の研究をすることが予定されていました。最初、科研に行ったとき、何もない部屋があって、そこでハイパー・ラマン散乱をやれといわれたことを今でも覚えています。レーザーを買うことから始めましたが、私の頭痛の種は、ハイパー・ラマン散乱と超イオン導電体の組合せでどんな物理が出来るかということでした。これはまるで落語の三題噺を物理でやれといわれているようなものでした。そのうち、セントラルモードという臨界現象そのものを観測するのに都合のよい実験方法であることに偶然気が付くことが出来ました。また、光散乱の本質が多重極子の揺らぎをみているということに気が付くのにしばらくかかりましたが、このことに気が付いてからは、いろいろな光散乱現象を系統的に理解することが出来ました。ハイパー・ラマン散乱の仕事は、8重極子の臨界緩和現象を光散乱として初めてみることが出来たので、一応、分光法としては終わりました。物質科学としてはまだやることはたくさん残っていると思いますが、私自身の興味はなくなりました。

物性研のSOR施設に移ったのはSORを使った新しい分光法の実験を希望したからです。SORでは、高輝度光源を用いた分光学が現在始まりつつあり、日本では物性研が今の所、先頭をきっています。光の強度が何桁も強くなったので、何かうまい分光法を考えれば新しい物理が見て来るはずであると思っています。レーザーが出現したときの物理学会のショックほどではないにしても、新しい光源が出現すれば、必ずそれに対応した物理があるものと思われます。現在、SOR施

設が心血を注いでいるスピン偏極光電子分光はその1つですし、小谷先生が理論的に予言しているような発光と光電子分光の同時計測分光などもその1つです。今、高輝度光源を用いた研究を始めるのが世界的にみても絶妙のタイミングのように思います。

ところで、最近、よく聞かれて困る質問があります。「物性研に行って最近何を研究しているのですか」というものです。相手はどうも「・・・化合物」などと物質の研究をしていることを答えとして期待しているらしいのですが、そういう時に「SORをやっています」などと言うと相手を馬鹿にしていると思われかねません。しかし、今の所、私は高輝度光源を用いた分光学全部を研究したいと思っています。欲が深いようですが、これは青春時代を過ごしたSORに対する私の思い入れでもあります。

私が物理の中でも分光学的なものに興味を持つようになったのは、科研にいた時に、研究所の改組の経験をした事の影響が大きいので、少し話に触れておきます。科研では、石亀所長の研究室（ちなみに、末元先生も同じ研究室にいました）に属していましたが、石亀所長が逐一教えてくれたために、改組の経過を詳しく知ることが出来ました。この研究所は以前、他の学部群から離れていたために研究者間の交流が少なく、業績が上がらない事で有名でしたので、研究所の人間は研究所がつぶれることを本気で心配していたし、文部省の方からも改組が要求されていたようです。変な話ですが、研究所の名前が科学計測という名前だったので研究所がつぶされないためにも科学計測とは何かと言うことをみんなで必死に考えました。私が、分光学の方に興味があるのは、この時の習慣が身についたせいですが、これこそが物理学であると最近は考えています。蛇足ですが、科研の名誉のために現在の状況を述べておきますと、他の研究所群と同じ場所（昔の物理学教室跡）に移転をし、組織機構上の改革も成功して講座数が増えたため外部から新しい教授が多数着任するようになりました。私はこの改革は大成功であったと思いますが、一部では昔ながらに研究スタイルを続けている人には猛反対されたことは今でも印象深い事です。仙台の国分町や一番町へ飲みに行くと所長の悪口が聞かれましたが、その人たちの多くは研究所の外へ転任して行きました。

8年ぶりにSOR施設に戻ってきたわけですが、相変わらず学生時代と同じで、ほとんど六本木には来ないで、田無にいますので、六本木の皆さんには、余りお会いする機会がなく、残念に思っています。もっとも、自宅から六本木は近いので日曜日には書斎代わりに六本木によく来ます。せっかく物性研に就職したのですから、理論や結晶作りの部門と有機的な研究をすることを希望しています。また、他の極限部門とは、SORとの組合せ分光の実験を是非とも将来計画として行いたいと思っています。特に、これは物性研でなくてはできません。

田無のSOR施設は昔と全く変わらないあら屋のプレハブで、実験施設も古いままでほとんど変わっていません。物性研では移転の事が問題となっていますが、SOR施設の老朽化がその一番のプレッシャーになっていることは、私にもわかります。物性研として納得の行く解決を早期に行ってくれることを心から願ってやみません。

物性研究所将来計画への提言

東北大學・理學部 遠 藤 康 夫

斯波氏の投稿された提言に共感を覚え、また物性研に在籍した者として一言私見を述べておきたいと思い、筆をとる次第である。最近物性研移転問題と絡んで将来計画の検討が進んでいるのは、衆知の事実であり、既に1990年5月にその原案が物性研究所外に配られたことは記憶に新しい。

斯波氏が指摘されておられるように、この原案に対して所外の反応が鈍いという理由だけでその後の検討を黙殺されるべきものでは到底ないわけであり、遅きに失したとしても議論を避けて通る訳にはいかない。

所の原案は多分に政治的配慮が行き届きすぎた結果であろうと想像されるが、分野毎の将来構想の羅列に終始しているくらいがある。その上、理念と現実が錯綜気味で、全体構想の描き方がないし、その規模の大きさも読みとり難い。総合的研究所を目指すと書かれているが、所側のスタンスも見えてこないので、私はこの原案に正直言って不満である。

今、物性研究所が抱えている問題は大学の基礎研究が抱えている諸々の問題を集約した形をさらしているのであるから、大幅な改革がみこまれるはずである。しかし、それが明瞭に示されないのは、東大の附置研であるための拘束力が働いているからではないだろうか。

例をあげると、文部省は「装置」「施設」をつくるところは比較的面倒を見てくれるが、アフターケアには冷淡であるため、これらの装置、施設は有機的活動が図れない。東大の附置研であるために人材の交流に多くの障害が出ている。全国共同利用研究所とは今や名ばかりで、所外の研究者が固定化している。共同利用の予算の少なさは目を覆うばかりである。。。

この寄稿の目的は物性研批判ではなく、将来計画の提言であるので、早速本題に入る。

物性研の設立の目標は日本の固体物理研究の核形成であり、事実永い間物性研は日本全国の研究を支え、かつその求心力となってきた。その後30年経過してその役割は大きく変化しているにも関わらず、今やそれに追いつかないでのあるから、根底からの変貌を期待されている。

第一に多くの物性研究者が気づいているように、今や世界を相手にする、新しい物性研究所への変身を模索するべきで、その意味で世界的に見て特徴のある姿を描いてもらいたい。また、近年研究のサイクルや交流情報交換のスピードが非常に速くなっているのは、最近の高温超伝導研究にはっきりと見られる。これに対応すべく民間企業間では、超電導工学研究所（I S T E C）というコンソシアムを設立した。I S T E Cは設立の目的に沿って、軌道に乗っていると感じる。物性研に同じ事をして欲しいとは思わないが、大学の研究においてこの様なモビリティーのある研究形態があってもよいと思う。物性研は大学において自由がきく唯一の機構であろう。一つの極端な形態はパーマネントスタッフと任期付きのテンポラリースタッフとが、前者は少なく、後者は多数あってもよいと思う。その時、東大の附置研というのは、有り得ない。また、外国人の研究者がもっと大

幅に増えて良かろう。私には、隣合う韓国や中国の研究者が日本を飛び越して欧米に大量に流れている姿は奇異に感じられる。これは物性研のような日本を代表する研究所が世界の求心力になつていなくてはならないことも大きな要因であるから、将来計画は隣国からも熱い期待の目が注がれ、その結果物性研究所が自然と隣国の若い優秀な研究者を魅了して、彼らが続々応募するような研究所であってほしい。

次に私は物性研がかなりの人力と財力を要し、しかも世界中でも数える程しかない大強度中性子散乱や高輝度光源の研究施設を運営すべきではないと考えている。多くの理由があるが、最大の理由として、物性研は物理を「主体」とする研究所で、中性子や放射光はそのための重要な実験手段であり、それらの研究対象は物理だけではないからである。

中性子散乱を例にとると日本の中性子散乱が開始当時物性研究が主流であり、物性研と原研固体物理部門が中心にスタートした。私は、その後もずっと固体物理研究者がそれらの施設の運営に関わっていたために、化学、高分子、生物への利用に遅れをとってしまったのではないかと思っている。「中性子」を供給する研究所をいち早く作っていれば、今日全く違った発展があったに違いない。もっとも物性研究所がソフトマテリアルを扱う分野に発展を期してもよいとは思うが・・・。中性子や放射光の効率的利用と物性研究の健全な発展を促すためには、この両方の研究形態は全く独立にしておいた方がよかろう。しかし、この提案は、物性研究所が中性子散乱装置、放射光装置を所有することを否定していない。むしろ物性研究所はそれらの研究部門を持ち、物性研の力を発揮するような研究に専念してはどうだろうか。一つの典型は物性研の持つ超高压、超強磁場、レーザー等の高い技術力を結合して、ここでしかできないような実験環境を実現してもらいたい。

ここに書いた提言は純粋に私の個人的なものであることを断っておく。この提言がいろいろの分野の人々が各々の物性研の将来像を出すきっかけになれば幸いである。物性研将来計画の内で、かなり鮮明な形で検討されているのが、高輝度光源施設計画である。しかしこの計画はかなり大規模なものであり、充分検討されるべきものと思う。高輝度光源が日本に必要ということと、物性研にそれを造れというのとは、質の異なる提案である。なぜなら、物性研の将来計画は、物性研究者が包括的にかつ体系的に議論して最終的に全体の了解の基に提案されるものと理解しているので全体の構成を歪めないような配慮が望まれる。

最後に私は全国共同利用の物性研究所は議論の結果、どのような形態になったとしても、その存在の必要性を強く望む。大学院問題については、斯波氏も触れておられる上に、各大学においても編成換えが検討されていることでもあり、あえて議論を避けた事もお断りしておきたい。

物性研究所の大学院問題

— 斯波氏の意見（第31巻第4号）に関連して —

始めに、物性研に対する率直なご意見を「物性研だより」への投稿という形式で発表された斯波氏に感謝したい。本誌で「物性研に対して忌憚のないご意見を」というお願いを隨時行なっていても、なかなかこのような形でご意見を頂く例は少ないので、これを契機として議論が発展することを望む次第である。

斯波氏の論点を整理すると

- (1) 物性研の大学院の定員増は「共同利用研」として不適当である。
- (2) 物性研の研究に昔のような特色がなくなったし、人事にも閉鎖的傾向がみられる。
- (3) これらの事実と関連して、物性研の共同利用研としての存在意義を問い合わせる必要がある。

ということであろう。

物性研としては、実験部門では10数年前から大型（物性研究にとって）のプロジェクトに基づく重点研究体制が図られ、大部門体制を布くことにより学部の研究とは一線を画す改革を行ない、凝縮系物性部門、理論部門と共に、物性科学の先端的総合研究所としての存在意義をアピールしてきた。物性研が「学部化」しようとしたり、研究より教育を重視して共同利用を軽視するようなことを、少なくとも意識的に行なったことは決して無かった。しかし、年月とともに、無意識の内に好ましくない傾向に陥る危険性が存在することも常に認識しなければならないので、斯波氏の指摘を契機に所内でも上記の問題を議論したいと考える。現在、移転を伴う将来計画の中で、共同利用体制、大学院教育を含めて、総合的に物性研の将来像について検討が進められている段階でもあり、いずれ何らかの形で、将来計画の第2次案を発表したいと考えている。

大学院教育の問題は、物性研内部でも、移転問題との関連でやや異なった観点からもさまざまな議論があるところであり、これを契機に所内外でさらに議論が高まることを期待したい。本号では、物性研の大学院問題の現状について、広く読者の理解を得るために、大学院問題検討委員会からの現状分析を下に記すこととする。物性研の大学院生数の適性規模については充分検討すべき問題であるが、この報告にもあるように、現状では大学院生数は決して多くないという認識が強い。しかし、共同利用研という立場から、他大学の物性研究に大きな影響を及ぼすような施策は望ましくないのも事実である。その辺をどのように調整するのかが今後の課題である。

(所長 竹内伸)

物性研究所の大学院問題

現在、東京大学の大学院定員は、学部が講座あたり修士2名、博士1名であるが、附置研究所の場合は修士1名、博士1名となっている。物性研究所の大学院定員もこれと同じであり、共同利用研究所との理由で学生定員が学部に比べ少ない訳ではない。この定員によれば各教官あたり修士0.5名、博士0.5名となり、各研究室に在籍する平均大学院生数は $0.5 \times 2 + 0.5 \times 3 = 2.5$ 名となるはずである。表は昭和50年以降の大学院生を示す。この表によれば、多少の変動はあるがほぼ毎年60名程度の大学院生が在籍している。研究所の所員はほぼ40名であるから、これは各研究室あたり1.5名の大学院生となり、決して多い数ではない。

今回の東京大学の大学院重点化では、物性研究所などの附置研究所は理学系研究科（理学院）、工学系研究科（工学院）などの協力講座として大学院教育に携わる。その概算要求では研究所の大学院定員も講座あたり修士2名、博士1名とするとの案となっている。なお、学部では一部が大学院専担講座に振り替わるが、その講座の定員は修士5名、博士2名である。これが要求どおり認められても、研究所の平均在籍大学院生数は各研究室あたり $1 \times 2 + 0.5 \times 3 = 3.5$ 名となり、1名増加するに過ぎない。

全国共同利用研究所といえども、物性研究所でも適性規模の大学院生がいることが望ましい。研究と大学院教育が密接に関係していることは言うに及ばず、若い研究者が出入りすることによる研究室の活性化や研究室間の交流など多くの利点がある。また、特色のある実験装置を使った最先端の研究に若い学生が立ち合うことはどんな教育にも優ることであり、その分野の後継者を育てることも大変有意義である。そこで、物性研究所でもなるべく多くの優秀な若い人材に大学院にきてほしいと考え、これまでいろいろなことを試みてきている。毎年夏休み前に行う物性研夏期講座やガイダンスなどもその例である。しかし、残念ながらこれらの試みが成功しているとは言えず、大学院生の数は殆ど横ばい状態である。

学部の大学院重点化の動きの中で、研究所の大学院もその適正規模の問題を含めてこれからいろいろと検討していく必要のある大きな問題である。この問題は研究所の独自性やその存在意義などとも密接に関係しており、将来計画との関係でこれから大いに検討していくなければならない課題である。

(物性研究所大学院問題検討委員会)

年度別大学院生数調査結果
(昭和50年度以降)

年 度	理学系研究科			工学系研究科			合 計
	修 士	博 士	計	修 士	博 士	計	
50	19	38	57	3	3	6	63
51	19	34	53	6	2	8	61
52	17	33	50	10	8	18	68
53	18	30	48	9	1	10	58
54	24	33	57	7	4	11	68
55	25	32	57	7	5	12	69
56	20	26	46	6	5	11	57
57	15	24	39	7	3	10	49
58	10	20	30	7	2	9	39
59	15	18	33	8	4	12	45
60	18	18	36	8	4	12	48
61	24	18	42	6	7	13	55
62	29	22	51	5	6	11	62
63	31	27	58	5	10	15	73
1	28	33	61	5	9	14	75
2	21	32	53	5	7	12	65
3	26	28	54	6	4	10	64

第1回物性専門委員会（第15期）議事録

日 時 1991年9月12日（水）11：30～12：00, 14：00～15：30

出席者 伊達宗行 中嶋貞雄 勝木渥 長岡洋介
国府田隆夫 菅野貞雄 小林俊一 山田安定
守谷亨 興地斐男 安藤恒也 遠藤康夫
深井有

[委員長選出]

伊達会員の座長で委員長の選出を行い、伊達宗行氏が再選された。幹事の選挙を行い安藤恒也、小林俊一、川村清の3氏を選出した。また、小林俊一氏を物研連全体会議の幹事に推薦することとした。

[前回議事録の確認]

第10回物性専門委員会（14期）委員会の議事録を確認した。

[議 事]

1. 幹事の職務分担

小林俊一：全体会議

安藤恒也：物性研との連絡

川村清：記録

2. 空席2名の決定（伊達）

前期は放射光学会から安藤正海氏、中性子関係から飯泉仁氏の推薦をお願いした。今期も放射光関係者1名に委員就任をお願いしたい。会社関係者として1名委嘱することとした。

以上の提案を了承し、人選は伊達委員長と菅野委員に一任することとした。

さらに物性研所長にオブザーバーとして、出席していただくことを依頼する。

3. WGの構成について（伊達）

前期は大型施設WGと、物性将来計画WGがあり、それぞれの報告は、「物性研だより」に掲載された。WGは常置委員会的な役割もある。今期はどうするか。

○大型施設WGはfollow upも必要だし、KUR(京大原子炉)など新しい問題もあるので、これは必要である。

○物性研の移転も不透明で、物性研がどう受け取るかは物性研の自由だが、物性研内部の議論に先行した議論をするために、物性将来計画WGもやはり必要である。

○文部省予算の貧窮についてはマスコミも取り上げるほどに関心を集め始めているので、これを取り上げるWGが必要。

以上の議論ののち、前期に引き続き 2つのWGを設置することとし、物性将来計画WG委員長に長岡洋介氏、大型施設WG委員長に伊達宗行氏を指名した。メンバーは次回決定することとした。

4. 科研費時限つき分科細目について（中嶋）
全体会議で提案するものがあったら考えてほしい。
5. 勝木委員より国立大学理学部の定員増の進行計画について資料が提出された。
 - 建物増を伴わないことに問題がある。
 - 施設費 150億×5年分の増という計画がある。
6. 大型ハドロン計画の進行状態と、それに対する物性関係者のかかわり方について遠藤委員より説明があった。
 - I L L の炉は止まっており、修理に 3年かかる。Los Alamos は D O E 移管後予算削減で 7週間／年しか動かない。こういう状況下で日本への期待が大きいのでご支援をいただきたい。大型ハドロン計画の実現が遅れれば中規模の計画を新たに作ることが必要になってくる。

7. S S C に関する議論（中嶋）

物研連として大型国際協力をする際の原則を確立した。11月米国 Bush 大統領訪日に際して、何らかの提案ができることが予想される。それに先立ち、複数のミッションの訪日（根まわし）が始まっている。

米国内でも S S C 計画は既存の研究計画とは別途のものであるとして扱われているらしい。大統領は軍事費を転換すると言っている。P. W. Anderson, Marmin は批判的だが米国科学者の Majority は推進に賛成していて、米国研究者が来日、物研連委員への接触を試みている。

Bush 提案は、ある部分についての協力を求める可能性がある。例えば、detector 関係（文部省） Superconducting magnet（科技庁）について、関係省庁を通して、日本の industry に協力を求めると思う。政府は、米国にお金を出すのではなく日本企業に対して、補助金を出すのではないかと推測される。科学者まで派遣される段階では物研連としては具体的な対応が必要で、どう対応すべきか例えれば、科学的意義を問われたらどう答えるか、など物研連で議論する必要がある。問題点をつめるには、10月初めのミッションへの対応が一つのチャンスである。

- 以上中嶋物研連委員長から発言がありそれにもとづき以下のような発言があった。
- 研究のフロンティアを広げるのは学問の常道だから学問的価値なしとは言い切れない。
 - 学問的価値への yes, no とそれ以外の側面がある。
 - ヨーロッパの研究者が冷たいのは C E R N の拡張と時期的に重なるからだろう。われわれ以上に political な問題がからんでいる。
 - ヨーロッパとの調整をどうするのか聞くことが必要である。
 - 他の分野、例えば核融合、強い粒子線による物性研究など本当の国際化が必要なものについて

も、そのような多面的価値判断が必要である。

○それにしても科学的価値判断がなくては議論が進まない。

○究極粒子を追うことが人類至高の研究であるということになって、物性はその段階の下にあるという見方がある。それを物性研究者に理解を求めているように思う。予算・政治とは別ものだと思う。物理学会誌編集委員会は Lee の話が単純すぎるので、どなたかに comment をして頂くことにした。

○JLC計画との両立も議論する必要がある。

○high energy の研究者が systematic な計画を出してきていないのは困ったことである。

○アメリカのミッションが来たら、日本の中小科学がいかに困っているかを説明したい。

○以上の議論をまとめて伊達委員長が本会議で発言する。もちろん他の委員も自由に発言してほしい。

以上

物性研短期研究会報告

エピタクシー過程における原子ダイナミックス

プロ グ ラ ム

日 時： 1991年11月11日(月)～12日(火)

場 所： 東京大学物性研究所 講義室

◎ 講演時間は25分、討論時間は5分。上面表の括弧内に示す。

11日(月) 午後 (13:00～17:25)

- (1) 研究会の主旨と経過報告 (5分) 井野正三 (東大理)
- (2) 新しいエピタクシー研究手法の開発 八木克道 (東工大)
- (3) Si(111)上のGeの成長過程のSTMによる観察 富取正彦, 西川治 (東工大)

..... 特別講演

- (4) 半導体表面上の金属のエピタクシー 朴 東秀 (韓国慶北大)
- (5) Geのエピタクシーにおける吸着金属の成長促進効果 福谷克之 (東大物性研)

休憩 (15:05～15:25)

- (6) エピタクシーにおけるRHEED強度の振動の理論 川村隆明 (山梨大教育)
- (7) C₆₀の構造と成長 斎藤弥八 (三重大工)
- (8) エピタクシャル成長過程における表面構造と電気伝導 長谷川修司 (東大理)
- (9) GaAs/SiエピタクシーにおけるSi表面と成長過程 川辺光央 (筑波大物質工)

夕食・懇親会 (18:00～19:30)

◎ 自由討論 (19:30～21:00)

12日(火) 午前 (9:00～12:20)

- (10) GaAs(110) 微傾斜面上のGaAs/A₁GaAs MBE成長中のステップ構造 中島尚男 (阪大産研)

- (11) ファンデワールス相互作用によるエピタクシー 小間 篤 (東大理)
- (12) MOCVDによるナノメーターサイズ選択成長 荒川泰彦 (東大先端研)

休憩 (10:30～10:50)

- (13) 光によるGaAs成長のその場観察 小林直樹, 堀越佳治 (NTT基礎研)
- (14) Si(111)上のAgの成長過程に及ぼすHの影響 尾浦憲治郎 (阪大工)
- (15) μ-RHEEDによるGaAs成長のその場観察 片山良史 (光技研)

12日(火) 午後 (13:30~17:20)

- (16) 酸化物超伝導体薄膜のエピタクシーの最近の展開 大矢銀一郎 (宇都宮大工)
- (17) 酸化物超伝導体(YBCO)薄膜表面モフォロジーと基盤結晶 宮沢信太郎 (NTT)
- (18) MBE法によるBi系高温超伝導体薄膜のin-situ成長 内野倉国光 (東大物工)
- (19) 酸化物超伝導体のエピタクシーとその表面・界面 小林 猛 (阪大基礎工)

休憩 (15:30~15:50)

- (20) ダイヤモンドエピタクシャル膜の表面構造 築野 孝, 藤森直治 (住友電工)
- (21) ダイヤモンド(111)表面と水素原子との相互作用 光田好孝 (東大生研)
- (22) c-BN表面でのダイヤモンドエピタクシャル成長 犬塚直夫 (青学大理工)

研究会の主旨と経過報告

東大・理 井野 正三

エピタクシー(Epitaxy)法によれば、原子を表面に1個ずつまたは1原子層ずつ積み重ねて、自然状態では存在しないような原子配列構造や特性をもった人工的な新しい物質を創製することが出来る。この様な方法による新物質作製法が可能になったのは電子回折や電子顕微鏡及び様々な新しい表面研究方法が発展し、表面に飛来した原子が結晶に組み込まれる過程を「その場観察」的に研究することが出来るようになった事による。その結果、Si, Ge, GaAs等の半導体あるいは金属などでは、1原子層毎の成長の制御が可能な場合が多く、様々な周期構造をもつ人工格子やデバイスが実際に作られるようになってきた。また酸化物超伝導体やCVDダイヤモンドなどの新しい分野でもエピタクシーの研究が世界的に一斉に開始された。しかしながら、新物質作成の観点から見ると、エピタクシーの機構についての理解は決して十分ではなく、今後の一層の研究が必要である。本研究会ではエピタクシー過程における原子ダイナミックスの問題を取り上げ、エピタクシーの機構やその精密な制御方法などについての最新の研究成果の紹介や討論を行ない、新しい発展の可能性を探ることを目的として開催された。

エピタクシャル成長研究のための新しい研究手法

東工大・理 八木克道

エピタクシーの研究には、(1) 基板と成長膜の包囲関係を調べる、(2) 膜の構造及び界面の構造を調べる、(3) 膜の組成を調べる、という基本的な研究に加えて、(4) 成長のその場観察が重要になっている。(1)については種々の回折法、顕微鏡法、各種イオン散乱法等が、(2)については、X線回折

やR H E E D法, 電顕法, イオン散乱法が, (3)についてはA E S, R H E E D-T R A X S, R B S等がある。(4)には表面での一様な, あるいは平均的な過程についての知見を得る, マクロなプローブを用いる方法と, 表面不均一な過程の観察解析を行える各種表面顕微鏡法がある。これらの内で特に最近重要性が増したのが組成の分析を組み合わせることである。従来からの清浄面のチェックや相互拡散のチェックに留まらず, surfactant mediated epitaxy の研究やエピタクシー化合物膜の組成制御には本質的な意味を持つ。井野らによって開発されたT R A X S法はこれからどんどん取り入れられる必要があろう。また, エピタクシーにおける原子ダイナミックスの解明には, 実空間その場観察が大切である。

新しい手法としては, ナノプローブなどを用いた局所分析や平均組成分析, 実空間観察, 構造評価などの相補的な新しい組合せ, 諸方法の高性能化, 新機能の付加, 全く新しい原理や装置の開発をともなった手法の開発などが考えられる。万能装置は存在しない。研究の目的に合った装置の開発, 観測手法の付加などが積極的になされることが望まれる。

われわれはAu吸着によって表面構造を変えた表面でのSi, Geの成長をREM観察したが, この場合も表面組成の情報は大切である。

Si(001)面上のGeの成長過程のSTMによる観察

東工大・総理工 富取正彦, 西川治

STMによりSi(001)面, Si(015)面に蒸着したGeの成長過程を観察した。SiとGeの格子定数には4.2%のずれがあり, Si-Geヘテロ構造は歪を内包して成長機構も複雑である。Si(001)面上のGeはS-K型の成長を示し, 3ML以下での蒸着量では7-8倍周期のダイマー欠損を伴ったパッチ状2次元成長, それ以上では3次元状の島の形成が観察された。この島は頂面がGe 2×1構の(001)面で, 4つのファセット {015}面からなるピラミッド型である。この{015}面は極めて安定なので, Si(015)面を基板としてGeを成長させSTM観察を試みたところ, S-K型の成長ではなく, 2次元成長が観察された。この基板を用いて急峻な界面が製作できると考えられる。

Ge のエピタクシーにおける吸着金属の成長促進効果

東大物性研 福谷 克之

清浄な表面上に異類金属を吸着させると、一般的にその原子配列構造や電子状態が変化する。こうした表面の変化にともないエピタクシャル成長は大きな影響を受け、場合によっては促進または抑制されると予想される。我々はGe(111) 清浄表面及び銀吸着により修飾された表面におけるGeの成長過程を、RHEED並びに全反射角X線分光（TRAXS）を用いて調べた。

RHEED振動の結果を見ると、いずれの表面においても室温から200°C程度の温度領域においては、2次元核生成を伴う層状成長が起こると考えられるが、強度振動が持続する最適温度が清浄面の180°Cに対し、銀吸着面では140°Cと低下しているのが見られる。また銀吸着面における成長中のRHEED観察を行うと、表面は銀による4×2構造が維持される。さらにTRAXSにより表面付近の元素分析を行うと表面層中の銀の量が成長中一定になることから、銀原子は降り積もるGe原子とおきわりながら常に最表面に存在することがわかる。またRHEEDスポットの形状解析を行うと、凹凸のある表面においてはその平均核間距離を見積ることが出来る。2次元核生成が表面のGe原子の拡散に支配されると仮定し、平均核間距離の温度依存性から拡散の活性化エネルギーを求めるとき、銀吸着表面の方が清浄面より低いことがわかる。即ち、表面修飾した銀原子の役割は、Geの成長中常に最表面に位置し、飛来するGe原子の表面拡散を促進することにより、Geの低温成長を可能にすると考えられる。

「エピタクシーにおけるRHEED強度の振動の理論」

山梨大教育 川村 隆明

反射電子回析（RHEED）は分子線エピタクシー（MBE）の成長制御と成長機構の解明に欠かすことのできない手段になっている。ここでは強度振動と成長機構についての関係を、Si(100), Ge(111)のホモエピタクシャル成長について解析した結果を述べた。解析にはSolid-on-solid模型に基づくモンテカルロ・シミュレーションを用いた。その結果以下の点が判明した。

- 1) Si(100)ではダイマー列の形成という表面内の規則性が成長機構の重要な要素である。この規則性は低温では顕著にならないためRHEEDは単原子層周期の振動を示し、高温では二原子層周期の振動を示す。
- 2) 回復過程におけるRHEED強度変化もこの規則性を使って説明できる。
- 3) Ge(111)ではいわゆるダブル・レーヤーの各層の結合様式と安定性の違いによって、低温と高温とで異なる周期を示す。

エピタクシー成長機構の解明にこのシミュレーション法とRHEED強度振動を組み合わせる方法は有力なものであると考えられる。

C₆₀の構造と成長

三重大・工 斎藤 弥八

ガス蒸発法によって作製した炭素煤からベンゼンあるいはトルエンを用いてC₆₀, C₇₀等のフランを抽出したあと、クロマトグラフィーによってC₆₀(99.9%)およびC₇₀(98%)を分離した。

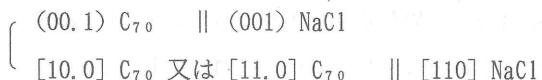
精製したC₆₀およびC₇₀を用いて、(1)溶液成長(ベンゼン, トルエン)により得られた結晶、並びに(2)真空蒸着(下地NaCl(001), 霧囲気10⁻⁶Torr)により作製した薄膜の構造、組織、形態等を電子顕微鏡法により調べ、次の結果を得た。

(1) 溶液成長

ベンゼン溶液から成長したC₆₀結晶は積層不整をもつh c p構造($a=10.0\text{\AA}$, $c=16.4\text{\AA}$)であるが、トルエン溶液から成長したものはf c c構造($a=14.2\text{\AA}$)が優勢であった。一方、C₇₀はトルエン溶液から成長してもh c p構造($a=10.7\text{\AA}$, 17.0\AA)が優勢であった。

(2) 真空蒸着

室温のNaCl(001)上に成長したC₆₀薄膜は200~400Åのグレインから成り、f c c構造をもっていた。これに対して、C₇₀薄膜はh c p構造をもち、下地に対して次の方位関係をもって成長することがわかった。



エピタクシャル成長過程における表面構造と電気伝導

東大理 長谷川 修司

単原子層程度の金属が吸着したSi(111)表面の電気伝導が、その吸着表面構造や吸着金属のエピタクシャル成長の様式によって著しく影響を受けることを見いだした。

Si基板を温室に保ったまま、その上にAu, Ag, Al, Ga, Inなどを蒸着しながら、その途中過程での構造の変化をRHEEDで観察し、同時に4端子法によって電気伝導度を超高真空中で「その場測定」した。例えば、AgをSi(111)-7x7清浄表面に温室でゆっくり蒸着していくと、7x7-RHEEDパターンが次第に弱まって消滅するまで電気抵抗は大きな変化を示さないが、その後、繊維構造のパターンを示しながらAg薄膜が層状に近い形で成長するにしたがって抵抗が急激に減少し始めた。一方、Si(111)- $\sqrt{3}\times\sqrt{3}$ -Ag構造を前もって作っておいて、その表面に温室でAgのエピタクシャル成長様式と電気抵抗の変化が全く異なる。蒸着開始直後に抵抗が大きく急激に減少し、その後、ゆっくりと抵抗が減少していった。RHEEDパターンは、 $\sqrt{3}\times\sqrt{3}$ 構造のパターンが殆ど変化せず、Ag微結晶のリングパターンが現れ、3次元的なAg微結晶が成長していることがわかった。

このように、表面電気伝導は、下地表面の構造に著しく影響を受けることを発見した。この現象は、下地 Si 表面でのフェルミ準位のピニングのちがいによって表面空間電荷層内のキャリアの増減に差異が生じていることによると思われる。また、金属蒸着量が多くなると、成長した金属薄膜を介した電気伝導が効いてくるので、エピタクシャル成長様式に依存した電気伝導を示すと考えられる。このような測定は、ショットキー障壁の形成過程など、表面・界面での現象の基礎的な理解につながると期待できる。

GaAs / Si エピタクシーにおける Si 表面と成長過程

筑波大学物質工学系 川辺 光央

GaAs on Si のエピタクシー成長は応用のみならずヘテロエピタクシーの視点からも興味深い研究対象である。すなわち、格子不整合および熱膨張係数の差による歪と転位、無極性半導体上にエピタクシー成長した極性半導体に発生する anti-phase boundary および sublattice 方位の決定機構などへテロエピタクシーにおける問題点の多くを包含している。ここでは、sublattice 方位の決定機構について、これまでの研究結果を含めて最近の結果を紹介する。

ダイマー列が一方向に揃っている微傾斜單一ドメイン Si(001) 面上に GaAs を成長させると成長条件により GaAs 表面の As ダイマーの結合方向が異なることがわかっている。すなわち單一ドメインの基板では Si ダイマー結合がステップに平行となっているが、これに対し As ダイマーが垂直な場合と平行な場合がある。当初これは Si-GaAs 界面で Si-As 結合となるか、Si-Ga 結合となるかで決まるとしていたが、我々は Si 上に As を一層付着させただけで二種類の表面構造、すなわち 2x1 と 1x2 の互いに 90° 回転した構造となることを見い出した。Si(001) 2x1 上に As が付着し、Si-Si ダイマー結合を切断して As が入り込み As-As ダイマーが生じると Si(001) : As は 1x2 構造となる。異なる成長条件でこれが 2x1 となるためには、表面最上層の Si が一部離脱再付着して Si(001) 2x1 表面より一原子層下の Si 層に As が結合していないければならない。400°C 以下の低い温度で約半数の Si 原子が移動することは考え難かったが、最近第一原理による計算から O. L. Alerhand らは、As ダイマーの結合方向がステップ端に平行な相の方が垂直な相より安定であることを示した。表面 Si 離脱の活性化エネルギーを求めるなどによりこのモデルを確認する必要がある。

GaAs (110) 微傾斜面上の GaAs/A_xGaAs MBE 成長中のステップ構造

大阪大学 産業科学研究所 中島 尚男

(111) B 方向に 6° 傾斜した GaAs (110) 面上に GaAs/A_xGaAs 超格子を MBE 成長すると、量子細線状の構造が形成される。これは成長中に巨大ステップができ、そのステップ端の (111) A 面上と、(110) 面上で A_xGaAs の組成が異なることに起因していると考えられる。

(111) A, (111) B, (110) 面をもつメサ構造上にAlGaAsを成長し, EPMAおよびカソードミネンスで組成を調べた。その結果、組成に面方向依存性があることが判明した。また、MBE成長中のRHEED観察から、AlGaAs成長中では、600°C位の温度を境として高温では2原子ステップが形成され、低温では巨大ステップが形成されることがわかった。この2原子層ステップから巨大ステップへの転移温度は、成長速度、III/Vフラックス比にはほとんど依存しないことも合わせて明らかになった。一方、GaAsおよびAlAsの成長中では温度によらず常に2原子層ステップが形成されることも判明した。したがって、巨大ステップの形成は混晶の効果と考えられる。この巨大ステップの形成と組成の面方位依存性の現象を用いると、量子細線構造が自然に作製できると期待される。

ファンデルワールス相互作用によるエピタキシー

東大・理 小間 篤

ヘテロエピタキシャル成長においては通常、格子整合条件が物質の組み合わせに大きな制約をもたらしているが、我々は層状物質の劈開面のようにダングリングボンドを持たない表面上で、ファンデルワールス力のみを介してヘテロ成長させる場合には、50%以上の格子不整合があっても良好なヘテロ成長が可能であることを明らかにした。この成長法（ファンデルワールス・エピタキシー法）では、基板結晶とその上にヘテロ成長する結晶の結晶軸は完全に揃うが、格子定数は界面で急峻に変わり、成長膜の格子定数は界面の第1層からその物質に固有の値をとる。ファンデルワールス・エピタキシー法はきわめて多用な物質間のヘテロ成長に応用できる。すなわち、SeとTeのような擬1次元物質間、遷移金属ダイカルコゲナイト(TX₂)をはじめとする各種層状物質（擬2次元物質）間で、格子整合条件の制約を受けることなくヘテロエピタキシャル成長が可能である。またダングリングボンドを有する3次元物質基板上でも、適当な原子によってダングリングボンドを終端して、疑似ファンデルワールス表面化することにより、この上に各種層状物質をファンデルワールス・エピタキシャル成長できることも判明した。ファンデルワールス・エピタキシーは更に、従来あまり試みられていない有機超薄膜のヘテロ成長にも有用であり、最近MoS₂基板上のC₆₀超薄膜のヘテロ成長にも成功した。

MOCVDによるナノメータ選択成長

東大先端研 荒川 泰彦

量子細線・量子箱などのように面内にナノメータオーダーの寸法を有する構造を作成する結晶成長技術を開拓することは、結晶成長の新しい試みとして興味あるのみならず今後新しい量子効果デバイス実現をはかるうえできわめて重要なことである。われわれは有機金属気相成長法(MOCVD)における選択成長を用いて量子細線・量子ドットの作成をはかり、その光物性を明らかにした。量

子細線の作成プロセスとしては、まず電子ビーム描画装置を用いて形成した SiO_2 細線パターン上に MOCVD 選択成長をおこない、非常に鋭い V-溝を結晶成長により形成した。さらにその中に GaAs と AlGaAs の結晶成長レートの面方位依存性の違いを巧みに利用し量子細線を実現した。作製された GaAs 量子細線は一辺が 200 Å 程度三角形状断面をもっている。これは、一辺 140 Å 程度の正方形断面を有する量子細線とほぼ等価である。量子細線が実際に形成されていることは蛍光発光、励起蛍光、フォトルミネッセンスなどの測定を通じて実証することができた。

さらに同様な手法を用いて埋め込み型量子ドット構造の作成も行い、1000 Å 程度の寸法を有する GaAs ドット構造を得ることができた。

今後は選択成長メカニズムをより深く理解することにより、さらに量子細線の寸法を小さくするとともに、量子細線の高密度化および界面ラフネスを抑制する手法を開発する予定である。

光を用いたエピタキシャル成長のその場観察—表面光吸収法（SPA）—

NTT 基礎研 小林 直樹・堀越 佳治

結晶の原子配列を 1 原子層ずつ制御するには、エピタキシャル成長の最中に結晶成長の速度を 1 原子層以下の精度でモニターすることが必要です。また、成長の雰囲気が、超高真空あるいはガスであろうと、安定して観察できることが要求されます。その為に、成長表面の光反射を用いた新しいその場観察技術、表面光吸収法（SPA (Surface Photo-Absorption)）の研究を進めています。

この研究では、p-偏光のブルースター角入射を選んでやることにより、表面吸着原子（あるいは分子）と下地原子面との間で形成される化学結合の光吸収を、選択的に取り出すことに成功しました。この方法により、1 原子層の成長速度の制御が可能になったばかりではなく、スペクトルを測定することにより吸着原子を特定することも可能になりました。さらに、吸着分子が表面で分解していく様子も観察できることが確認されています。SPA により、より高品質な結晶の開発が進むとともに、高度に制御された原子層構造を持つデバイスの開発が期待できます。

Si (111) 上の Ag の成長過程に及ぼす H の影響

阪大・工 尾浦 憲治郎

Si (111)-7×7 清浄表面に原子状水素を飽和吸着させてから Ag を蒸着すると、水素がない場合と比べて、Ag は大きく異なる成長過程をとって成長し、Ag (111) のエピタキシーが強く促進されることについて述べた。実験は、高速 (MeV) および低速 (keV) のイオンビーム法を主とし、表面の水素吸着量の絶対値を in-situ に測定しながらエピタキシー過程を追跡できる点に特長がある。

また、このような表面水素のエピタキシー促進現象のメカニズムを探る目的で、Agのモノレヤー吸着層($\sqrt{3} \times \sqrt{3}$ -Ag)に原子状水素を室温～100°Cで吸着させる実験を行った。その結果原子状水素は清浄表面とは同量吸着し、同時に、モノレヤル吸着していたAg原子が凝集してAg(111)クラスタが消失して、元の $\sqrt{3} \times \sqrt{3}$ -Ag吸着層が回復すること等が明らかになった。

参考文献

- 1) K. Sumimoto et al., Phys. Rev. Lett. 66(1991)1193.
- 2) K. Oura et al., Surf. Sci. 230(1990)L151.
- 3) M. Naitoh et al., Surf. Sci. 242(1991)152.
- 4) K. Oura et al., Surf. Sci. 254(1991)L460.

μ -RHEEDによるGaAs成長のその場観察

光技研つくば研究所 片山 良史

GaAsのMBEおよびMOMBEによるエピタキシー中の表面の微視的な構造を μ -RHEED法により、in situかつリアルタイムで観察した結果をVTRの映像を用いて報告した。

μ -RHEED観察に用いた実験装置は、直径約20mmに絞った電子ビームによる走査型反射電子顕微鏡(SREM)像を1秒に50コマ集録できる観測機能を備えたMBE/MOBIE装置である。研究会では、①GaAsのMEモードでのエピタキシャル成長中に生じるGaのドロップレットの生成・消滅、ドロップレットの運動の様子、また3次元核成長した島が成長中断(GaAs雰囲気中での数十秒間のアニールに相当)によって消滅し平坦化する様子、②表面に微細パターンを作りつけたGaAs基板上へのGaAsのMOMBE成長の際、基板とは異なる微小なファセットが形成される様子、③InAsのMBE成長中におけるヒロックの形成などの実時間観察の例を報告し、Gaが表面に到着してから結晶に取り込まれるまでの拡散距離の大きさ、成長中断による表面の平滑化等について議論した。

酸化物超伝導体薄膜エピタクシーの最近の展開

宇都宮大学・工学部 大矢 銀一郎

YBa₂Cu₃O_y(YBCO)等酸化物超伝導体薄膜のエピタキシャル成長機構に関する最近の研究成果をいくつか紹介した。概要は以下のようである。

(1) 反応性蒸着法によるYBCO(001)薄膜のSrTiO₃(100)基板(680°C)上の成長機構は、RHEED線の強度振動観察を基に、単位胞のC軸長を単位厚とする層状成長であるとみられている。〔京都大学、寺嶋らによる〕

一方、YBCO(001)スパッタおよびレーザー蒸着薄膜の場合には、STM表面構造観察により、SrTiO₃およびMgO(100)両基板上の薄膜に～10⁹/cm²の螺旋転位が観測される。このこ

とを基に、薄膜には成長初期に螺旋転位が導入され、これを媒介として単位胞のC軸長を単位ステップ高とする渦巻成長が生じていると考えられている。[IBM, Schlossらによる]また、SrTiO₃(110)基板上にはYBCO(110)薄膜が成長する。STM表面構造観察の結果、この薄膜の成長機構はYBCO(001)薄膜のそれとは異なることがわかった。[著者らによる]

(2) レーザーMBE法によるBi₂Sr₂CuO₆(001)薄膜のBi₂Sr₂CaCu₂O₈(001)単結晶基板(640°C)うえでの成長の場合も、RHEED振動観察を基に、単位胞相当厚を単位とする層状成長が生ずると考えられている。さらに同方法により、Bi₂Sr₂Ca_{n-1}Cu_nO_{2n+4}(n=1~4)(001)薄膜はサブユニットセル層毎に層状成長可能であると報告されている。[大阪大学、川合らによる]

「酸化物超伝導体(YBCO)薄膜表面モフォロジーと基板結晶」 講演概要

NTT LSI研究所 宮澤 信太郎

YBCOを電子デバイス、特にSIS構造応用する場合に不可欠と考えられる平滑表面・界面をもつYBCO薄膜を成長させる上で、エピタキシャル成長を実現することが必須であろう。そのためには、基板となる結晶の選択が重要である。“エピタキシャル”にも意味するところは様々ではあるが、ここでは厳密に結晶成長の立場から基板結晶を探索するうえで、(1)格子定数の整合性、(2)熱膨脹係数の整合性、(3)結晶構造の類似性、(5)高温から低温にかけて構造変態が無い、といった基本的項目があげられる。特に(1)は薄膜成長温度における整合性に着目すべきである。

種々の複酸化物の調査から、希土類ガレートを候補とし、NdGaO₃単結晶を引き上げ育成し、~700°Cでの格子不整合は0.3%を確認したNdGaO₃は結晶性も従来基板のSrTiO₃より格段によい。この基板上にレーザ蒸着法によりYBCO薄膜を成長させて、薄膜の品質を調べた結果NdGaO₃上のYBCOの結晶性はSrTiO₃上のそれに比較して格段に良いことが確認された。

薄膜の成長初期過程を知るためにSrTiO₃とNdGaO₃基板上に約20ÅのYBCOを堆積して原子間力顕微鏡(AFM)により観察した。結果は、SrTiO₃では三次元的な粒状成長を、NdGaO₃上では高さ12Åの基本ユニット長をもつ二次元島状成長をしている様子が得られた。前者はVolmer-Waber方式、後者はStranski-Krastanov様式であることを示唆しており、格子整合性の良い基板では厳密な意味でのエピタキシャル成長が期待できる。この成長様式の違いは約2000Å厚の薄膜表面のモフォロジーの観察からも裏付けられた。なお、表面観察には電界放射型高分解能SEMの使用が不可欠であることを付記しておきたい。

MBE法によるBi系高温超伝導薄膜のin-situ成長

東大・工・物理工学 内野倉 國光

高純度オゾンを使用するBi系高温超伝導体のMBE法による薄膜成長について報告した。MgO, SrTiO₃を基板とした場合の成長条件, RHEED観察, 成長した薄膜の諸性質について述べた。

さらに, Bi系高温超伝導体の特徴的な構造である, b軸方向への不整合変調構造に対するsingle domainの薄膜の成長の試みを行った。その方法は他のグループが既に行っている, 斜研磨面あるいは斜劈開面を用い, 面上のステップを利用する方法ではなく, 基板の面の異方性を利用して, 平坦な面の薄膜でしかもsingle domainにしようとするものである。具体的には歪んだペロブスカイト構造を持つ(Y, Nd)AlO₃を基板を用い, その上にBi₂Sr₂CuO_y薄膜を成長させた。RHEED観察により, まだ完全にsingle domainではないが, 大部分が基板のb軸が薄膜のa軸に, 基板のa軸が薄膜のb軸にそろうように成長することがわかった。これは基板との整合の悪い方向に, 薄膜の変調構造が選択的に成長することを意味している。

酸化物超伝導体のエピタクシーとその表面の界面

阪大・基礎工 小林 猛

本講演では酸化物高温超伝導体YBCOのエピタクシーに関して次の2項目について最近の研究成果を述べる。第1はエピタクシーの母体になる基板MgO結晶の表面処理と超薄膜エピタクシャルYBCOの特性の相関, そして第2はUHV-LLED, RHEEDを用いたエピタクシャルYBCOの表面安定性である。

市販の鏡面研磨MgO基板のRHEEDパターンはスポットティまたは高々ストリークであり, LLEDでは蹠んだスポットである。CLパターンには微小析出物による発光点が散在する。基板表面が凸凹であるばかりか, 亜粒界や不純物による不均質媒体であることが判る。1000°CのアニールによりRHEEDは0~2次ラウェゾーンの回折像をクリアに示した。4nmの超薄膜エピタクシャルYBCOは基板MgOのプリアニール効果を強く反映した。すなわち, アニールの有無によりT_{co}=50Kの超伝導薄膜, そして絶縁的な薄膜になった。基板に磷酸ウェットエッティングを軽く施すとエピタクシは45°C回転したNCSL(近対応格子)になった。

高圧反応性マグネトロンスパッタで成膜したエピタクシャルYBCO薄膜はUHVアニール(400~500°C)により清浄表面を呈することがLLED観察によって判った。TEMにより表面終端がCu-O1次元チェーン面であることも判明している。この清浄面は酸素ガスに対して非常に安定であったが, 窒素ガス(~10⁻⁵Torr)には敏感でありLLEDパターンを失った。清浄表面が飽和水蒸気にも大変に不安定であることが判明した。

ダイヤモンドエピタキシャル膜の表面構造

住友電工(株)伊丹研究所 築野 孝・藤森 直治

マイクロ波プラズマCVD法によりホモエピタキシャル成長したダイヤモンド(001)表面について大気中でのSTM観察を試みた。ダイヤモンドは一般的には絶縁体であるがCVD成長したダイヤモンドは導電性を有し、STM観察が十分可能であった。その結果、原子オーダーの像が得られダイマー列が全面にわたって観察された。これはRHEEDで観察される 2×1 構造に対応するものである。

STM像で特徴的なことは、単独のダイマー列が1段下のテラス上に伸びだしているのが見られた点である。このことから、(001)上でダイヤモンドの成長はダイマー列の伸長によって起こっていると考えられ、Si(001)のMBE成長と強い類似性が認められる。

ダイヤモンド(111)表面と水素原子との相互作用

東京大学・生産技術研究所 光田 好孝

ダイヤモンド単結晶(111)面は、原子の0.05原子層程度の吸着で、 (2×1) から (1×1) 構造へ相転位を起こすことが判明した。1380Kにおいても、95%以上ダンギングボンドをもった (1×1) -sp³構造を維持されている。1450Kまでのアニールにより全てのD原子が脱離し、その後においてのみ (2×1) 再構成が起きた。水素吸着および表面構造はAESにより感度よく判別でき、これはLEEDおよびTDSの結果と対応した。熱脱離はD₂分子として起こり、1300K近傍を中心として脱離した。以上から、ダイヤモンドのCVDにおける水素原子の働きは、(111)面を (1×1) 構造に維持しsp³混成軌道の成長を促進することは、妥当である。

立方晶窒化ホウ素(C-BN)表面でのダイヤモンドエピタクシャル成長

青学大・理工 犬塚 直夫

ダイヤモンド下地表面でのエピタクシャル成長には多くの結果が得られ始めている。しかし、異種下地表面でのエピタクシャル成長についてはほとんど報告がない。筆者らが試みた幾つかの下地において、エピタクシャル成長が観察された材料としては、Ni、立方晶窒化ホウ素(C-BN)があげられる。ここでは特にC-BN表面でのエピタクシーの概略について述べる。

高圧下で成長させた直径500μm程度のC-BN単結晶粒子を下地として用いた。成長方法はメタンと水素混合気体を用い、直流放電プラズマCVD法によった。

C-BN(100)面においては、成長初期に島状構造が観察され、粒子間の接合、連続膜の形成の過程をたどることが見出された。成長したダイヤモンド膜の表面は極めて平坦であった。

C-BNの(111)面にはホウ素からなる面と窒素からなる面がある。これは最近ラザフォード散乱法と結晶の形態を用いて決定された。ホウ素面にはエピタクシャルにダイヤモンド膜が成長

する。しかし、その表面は(100)面と比べると平坦ではない。

一方、窒素面には全くダイヤモンドが成長しないことが明らかになった。但し、窒素面のステップ、傷の部分にはエピタクシャルに成長していることも観察された。

水素原子による表面の未結合手を終端しながら成長を進める現在のダイヤモンド成長法においては下地表面原子と炭素原子の結合の強さが重要な役割をはたしていることがわかる。

良く制御された状態での成長を可能にすること、更に原料気体の選択により低温成長を可能にすることなどにより更に多種下地表面でのエピタクシーが実現できると考えられる。

物性研究所談話会

日 時 1991年11月21日(木)午後4時～5時

場 所 物性研究所Q棟1階講義室

講 師 J. D. Thompson

(所属) Los Alamos National Laboratory

Los Alamos, NM USA

題 目 Heavy-Electron Materials with Low Carrier Density

要 旨: Although mixed-valence materials with small semiconducting gap, e.g. SmB₆ and YbB₁₂, have been known for a long time, interest in these low carrier-density compounds has been overshadowed by that in heavy-electron metals based on Ce and U. Recent experiments at Los Alamos have shown that Ce₃Bi₄Pt₃ is a Ce-based compound with properties similar to YbB₁₂ and have helped to revise interest in these materials. Results of experiments, including transport, thermodynamic, neutron scattering and doping studies, will be discussed. In addition, the properties of a new compound YbBiPt, which appears to be a semimetal but with a huge electric specific heat (8J/mol.K²), will be reviewed. It is clear from work on these two materials that much remains to be learned about strong electronic correlations in low carrier-density system.

日 時 1991年12月11日(水)午後4時～5時

場 所 物性研究所Q棟1階講義室

講 師 J. D. Tholence

(所属) CRTBT CNRS Grenoble France

(低温研究所 仏国立科学研究中心 グルノーブル フランス)

題 目 MACROSCOPIC QUANTUM TUNNELING IN FERROMAGNETIC PARTICLES

要 旨: Quantum tunneling is expected to take place on a macroscopic scale, provided that dissipative interactions with the rest of the world are small enough (A. J. Leggett). It has been observed on Josephson junctions, and must exist in other systems, particularly magnetic (ferro or antiferro) particles. We present here experimental evidence that the relaxation rate of the magnetization of previously saturated ferromagnetic particles of Tb_{0.5}Ce_{0.5}

Fe_2 evolves from a thermally activated regime (Arrhenius law observed above $\sim 3\text{K}$) to a quantum tunneling regime (temperature independent) below $T_c \sim 0.5\text{K}$. T_c varies as the square root of the field in which the relaxation is studied. Since the particles are of rather large size (150\AA) they can contain one domain wall and the magnetic volume which relaxes corresponds better to the tunneling of these domain walls. In smaller particles (40\AA) of FeC, the tunneling of the total moment is observed below $T_c \sim 1\text{k}$. Both experimental and theoretical progress are needed to well understand this new features.

日 時 1991年12月13日(水)午後4時～5時
場 所 物性研究所Q棟1階講義室
講 師 Professor George Williams
(所属) Department of Physics, University of Utah
題 目 NMR and NQR in Copper-Chalcogenide Amorphous Semiconductors, $\text{Cu}_x(\text{As}_2\text{S}_3)_{1-x}$ and $\text{Cu}_x(\text{As}_2\text{S}_3)_{1-x}$
要 旨：アモルファス半導体 $\text{Cu}_x(\text{As}_2\text{S}_3)_{1-x}$, $\text{Cu}_x(\text{As}_2\text{S}_3)_{1-x}$ はCuが4配位で入るため, x を増加させることによって, カルコゲナイト系アモルファス半導体からテトラヘドラル系アモルファス半導体に変化する興味ある物質である。本講演では, NMR, NQRの実験から得られたCuの役割を中心にお話し下さる予定である。

物性研ニュース

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

極限物性部門 極限レーザー 助手 1名

2. 研究内容

本研究所では、松岡、黒田、渡部、末元の4所員を中心とするグループで、極限的性能をもつレーザーの開発と、これを使った物性研究を行っている。

本公募の助手には、レーザーの特質あるいは光の量子的性質を生かした新しい固体物性の研究を行うことが要請される。

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4年1月16日（木）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 5004, 5022

9. 注意事項

極限物性部門極限レーザー助手応募書類在中、又は意見書在中の旨を朱書きし、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 3 年10月29日

東京大学物性研究所長

竹 内 伸

本年3月東京大学物性研究所をご退官される先生の記念講演会を下記のとおり開催いたしますので、ご来聴くださいますようご案内申し上げます。

また、講演会終了後、先生を囲んでの記念パーティーを計画しておりますので、ご参加頂ければ幸いです。

物性研究所

退官記念講演会

日 時 平成4年3月16日（月） 13:30～

場 所 東京大学生産技術研究所 第1会議室（3階）

○ 所長挨拶

○ 森垣和夫 「結晶からアモルファスへ—私の半導体研究30年—」

業績紹介 松岡正浩

○ 山田安定 「構造相転移—固体の中の革命—」

業績紹介 藤井保彦

記念パーティー

開宴時間 記念講演会終了後（17時00分頃から）

場 所 物性研究所第1会議室（2階 上記講演会会場の真下です）

東京大学麻布キャンパス（物性研究所・生産技術研究所）

場所 東京都港区六本木 7 丁目22番1号

電話 (03)3478-6811



地下鉄（千代田線） 「乃木坂駅」下車 4分

地下鉄（日比谷線） 「六本木駅」下車 7分

◎印 地下鉄出入口

人事異動

1. 研究部

(転出)

所 属	職・氏名	発令日	異動内容
理論部門	助手 明 楽 浩 史	3.12.1	北海道大学助教授工学部へ

(休職等)

所 属	職・氏名	発令日	異動内容
極限物性部門 表面物性	助手 山田 太郎	3.12.16	休職期間更新 (4.9.16まで)

(転入・採用)

所 属	職・氏名	発令日	異動内容
中性子回折物性部門	助教授 藤井 保彦	4.1.1	筑波大学教授物質工学系より
新物質開発部門 研究技術室 (物質開発室)	技官 磯部 正彦	4.1.1	採用

2. 事務部

(昇任)

所 属	職・氏名	発令日	異動内容
総務課	共同利用掛研究 協力主任 吉田 修子	4.1.1	中性子回折物性部門より

(配置換)

所 属	職・氏名	発令日	異動内容
総務課	共同利用掛共同 利用主任 鈴木 光江	4.1.1	共同利用掛主任より

Technical Report of ISSP 新刊リスト

Ser. A

- No. 2475 Silent Central Modes of the Super Ionic Conductor LiKS₀₄ by Means of Hyper-Raman Scattering. by Shik Shin, Yasuhisa Tezuka, Atsushi Sugawara and Mareo Ishigame.
- No. 2476 Alternating Change of Allowed and Forbidden Optical Transition in Si_{2m}/Ge_{10-2m} Supperlattices with (001) Stacking. by Minoru Ikeda, Kiyoyuki Terakura and Tamio Oguchi.
- No. 2477 Electronic Spectral and Wavefunction Properties of One-Dimensional Quasiperiodic Systems: A Scaling Approach. by Hisashi Hiramoto and Mahito Kohmoto.
- No. 2478 Field-Induced Magnetic Phase Transition and Magnetostriction in ErCo₃, HoCo₃ and Nd₂Co₇ Single Crystals. by Mikhail Bartashevich, Tsuneaki Goto and Masahiro Yamaguchi.
- No. 2479 Thermal Expansion and Elastic Anomalies in La (Fe_xAl_{1-x})₁₃ Amorphous Alloys. by T. H. Chiang, Kazuaki Fukamichi and Tsuneaki Goto.
- No. 2480 Intrinsic Pinning and Dissipation at High Current Density in Epitaxial Thin Films of YBa₂Cu₃O_{7-y}. by Y. Iye, T. Terashima and Y. Bando.
- No. 2481 Hidden Z₂xZ₂ Symmetry Breaking and the Haldane Phase in the S=1/2 Quantum Spin Chain with Bond Alternation. by Mahito Kohmoto and Hal Tasaki.
- No. 2482 Mn²⁺ Internal Emission and Excitonic Emission of MBE-Grown Cd_{1-x}Mn_xTe-Dependence on Substrate Temperature and Magnetic Field. by Hiroyuki Akinaga, Kôki Takita, Shojiro Takeyama and Noboru Miura.

- No. 2483 Optical Properties and Dynamical Behaviors of Localized and Bound Excitations in MBE-Grown Cd_{1-x}Mn_xTe (x=4%). by Hiroyuki Akinaga, Kôki Takita, Satoshi Sasaki, Shojiro Takeyama, Noboru Miura, Takeshi Nakayama, Fujio Minami and Kuon Inoue.
- No. 2484 Experimental and Theoretical Investigation of the Pre-Peaks at the Ti K-Edge Absorption Spectra in TiO₂. by T. Uozumi, K. Okada, A. Kotani, O. Durmeyer, J. P. Kappler, E. Beaurepaire and J. C. Parlebas.
- No. 2485 NMR and NQR Studies of a Semiconducting Compound U₃Ni₃Sb₄. by Tetsuo Ohama, Hiroshi Yasuoka, Toshiro Takabatake, Shun-ichi Miyata and Hironobu Fuji.
- No. 2486 M₂S-HTSC III Conference Summary "Mechanisms and Thoris". by Hidetoshi Fukuyama.
- No. 2487 Theory of Hot-Electron Transport in Strong Magnetic Fields. by Shoji Wakahara and Tsuneya Ando.
- No. 2488 Transport Properties of High T_c Cuprates. by Yasuhiro Iye.
- No. 2489 Braid Groups, Anyons and Gauge Invariance (On Topologically Nontrivial Surfaces). by Yasuhiro Hatsugai, Mahito Kohoto and Yong-Shi Wu.
- No. 2490 New Molecular Superconductor, β -[(CH₃)₄N][Pd(dmit)₂]₂. by Akiko Kobayashi, Hayao Kobayashi, Akihito Miyamoto, Reizo Kato, R. A. Clark and A. E. Underhill.
- No. 2491 Complementary Roles of the Co 2p X-ray Absorption and Photoemission Spectra in CoO. by Kozo Okada and Akio Kotani.
- No. 2492 On Dimer Pairing Mechanism of Superconductivity. by Masatoshi Imada.

編 集 後 記

今回は原稿が少なく心配していましたが、〆切間際に集まつて安心しました。物性研の将来計画に対する所内外の議論が活発になってきましたが、物性研だよりがその一助となれば幸いです。

なお、次号の締切りは2月10日です。

渡 部 俊太郎
内 海 渉

