

物性研だより

第3卷
第2号

1963年6月

目 次

物性研の研究室紹介の終了に当つて	武 藤 俊之助	1
研究室紹介		3
○本田研究室	本 田 雅 健	3
○中田研究室	中 田 一 郎	6
研究室だより		9
○ <i>Tetrahedral Anvil Apparatus</i>	箕 村 茂	9
○企業とX線結晶学と	秋 本 俊 暨	15
研究会報告		17
○「金属磁性薄膜」研究会(その2)	近 角 聰 信	17
○「金属における相転移」	辰 幸 田 康	31
共同研究中間報告		42
○「パルス高磁場を用いた光物性」	菅 野 晴	42
○「極低温での光電導」	神 前 熙	44
研究会予告		47
○「エネルギー変換と物性」	岡 田 利 弘	47
○「結晶成長」	山 本 美 喜 雄	49
物性研ニュース		57
サ ロ ン		50
○ヨーロッパの思い出	豊 沢 豊	50
○強誘電的相転移	山 田 安 定	54
レ タ ー		56
○IBM 7090 のための結晶解析用 プログラムについて	桜 井 敏 雄	56

東京大学物性研究所

物性研の研究室紹介の終了に当つて

～創設期の終りにある物性研の現状について～

武 藤 俊之助

「物性研だより」発刊以来、所内各研究室及び共通実験室の第一次紹介が本号をもつて一応終るので結びの言葉を何か書けという編集委員長の御依頼で筆を採つた次第です。勿論これで所内の研究室紹介が終るというものではなく適当な時期に、所内研究室の第二次紹介が始まることであろうと思はれるので、私の文章は第一次紹介と第二次紹介との間のつなぎの役割を果すべきものと了解しています。

もともと物性研だよりの意図する所は、一応物性研究所がお世話をしているものの、全国の物性研究者が共通の立場で放談できる場を提供すること、またこうした場での意見の交換を通じて全国の物性研究者の協力を密にする機縁を作りたいということであつたわけです。

全国の各種研究機関の紹介が行われているのも、物性研及び基研の研究会報告が掲載されるのも、またサロン欄において種々の立場から意見を述べ合うのも、皆前述の趣旨に外ならないわけです。編集委員長の苦労は並大抵のものではないと思いますが、「物性研だより」を育成していくのに、もつとも必要なのは全国物性研究者の強力な支援です。ということをもう少し露骨にそして具体的に述べれば編集委員長より原稿を依頼された場合には、快く承諾して遅滞なく寄稿されること或は原稿依頼がなくても積極的に寄稿する行動的支援が望ましいわけです。

大変前置きが長くなつて申訳ないが、この機会に物性研の全般的現状を報告しようと思います。周知のように物性研は昭和32年3月発足したわけですが、その後立地問題にからむ予期しない障礙が発生したため建築は二三年立遅れてしまい、他方研究部門の整備は学年進行としては認められず毎年文部省、大蔵省と折衝をくり返すわけで、その間正直なところ不安の連続であつた次第です。昭和37年度において第一次計画である20部門が配置されるに到つた時には内心ホットしたのが実相です。結果だけを見ていると順調に伸びてきたように見えますが実情はそう簡単なものではなかつたのです。建築は昭和37年度で一応主棟が完成する予定であつた所、土地使用にからむ対米折衝が難行したために工事着手は昭和38年度に繰り越さざるを得ない仕儀になつて現に工事が進行していることは周知の通りです。尙設備費は昭和38年度2億円が認められ、これをもつて第一次計画は完了というわけです。この設備費は、非晶体、誘電体（昨年度配置されたもの）の整備完了、昨年来未了の設備そして当初計画の内で残された設備の整備に充当されるのが主要な内容です。現在一応整備を完了した研究室においては已に研究活動を活潑に展開しているし、他方準備中の研究室においては鋭意整備に没頭しているというわけで、この間の事情は「物性研だより」に記載された物性研研究室紹介にも十分窺われることです。このようなわけで、物性研全体として見ると、現在未だ跛行的状態にあるというのが実情です。省みると

二三年前、内部の整備が相当程度跛行的状態にあつた時、共同利用研究所の使命の一環としてまだ不満足な方式ではあつたのですが外來研究員を受け入れたり、短期研究会を始めたりして予算的にも所内事務労力の点からも省みて思うに任せず、従つて外來研究者の期待に十分に添い得ず他方その結果前述の跛行状態を更に複雑化してしまい、諸々方々に甚だ不満足な要素を残して、進まなければならぬ時期があつたのです。これを可能な限り早く収束せしめる方策を検討しつゝも、実現に必要な予算は毎年毎年の折衝に待たねばならないので、端的に言えば、常に不安に悩まされつゝ進んできたのが過去の実情であつたといえます。比較的早く整備を終つた研究室だけを見ておられた人々にとつてはこの間の事情を推察されることは一寸難かしかろうと思います。こうした迂回曲折を経てきた物性研も昭和38年度を迎えて漸く第一次計画を収束し得る段階に辿りついたということが出来ます。以上のような実情を披露したからと言つて、私は「物性研より」のサロン欄に記された種々の批判や要望に対しての弁解をしているわけではなく、否むしろ物性研をより良く育成してゆくために善意の批判なり要望はどしどし出していただきたいしむしろこれ等は大いに歓迎する所であります。併しそれはそれとして一応この機会に物性研の近い過去及び現在の実情を赤裸々に紹介したまでです。

兎も角も昭和38年度には研究部門の第一次計画の整備及び建築主棟の工事を完了する予定になっています。勿論環境整備関係の工事は、一部東京都と折衝を要するものもあるので多少の工事は残るであろうし、建物保守に必要な恒常的仕事がこれに代つて増加するものと考えられます。かくして所謂創設期を脱する昭和39年度以降は物性研としてもつとも重大な時期に進むわけです。本研究所の設立の趣旨を具体化すべく、その目標に向つてもつとも有効な努力をいたすべき時期であると思います。実際この時期における成果如何は、更に次の躍進への可能性を卜するものと言えましょう。これは何も物性研に限つたことではなく、およそ研究所といふものは、創設期を脱して後の数年間の研究活動がその研究所の消長を支配する場合が極めて多いのです。従つてこの時期こそ、個々の研究者の創意にもとづく研究の活潑化に支えられた基盤の上に、豊かに実る実質的な共同研究の育成に全力を注ぐべき時期であると考えます。そしてこれを中心にして共同利用研究所に課せられたる、種々の研究活動が一層活潑化し、こうした過程の中からこそ自然発生的に物性研の第二次発展計画が生れ、これが実現を目指して第二期の発展期に躍進していくことだろうと考えます。

兎も角もこれ迄は初期の目標を目指して創設に全力を注いできたわけですが昭和39年以後は第一次計画を完了した後の転換期を迎えることになります。而も研究所の消長はかかる転換期における成果如何にかかっていることを思う時、昭和38年度における物性研の置かれた地位の重大さに対して所内外の皆さんの自覚を強く訴えたいのです。創設の仕事を終らうとしてホットしておるべき時ではなく、本当の仕事が正に始まろうとしていることを強調したいのです。こうした基本的问题についての意見が本誌上を賑わすよう強く希望しています。

研究室紹介

本 研 究 室

本 雅 健

「無機物性」というのが、従来の「非晶体」部門の新しい呼び名となる予定である。整然たる 20 部門をほこる物性研の末子的存在として非晶体なるものが店開きをしたのが昨年半ば以降 である。「物性研究分野において興味ある物質の開発」を目的として設置されたものであるが、生れる前から非晶体なる当座の名前になつていて少しがちがついている。意のある所はたしかに この看板によつてもあらわされているかも知れない。しかし中田研の内容によつてもあきらかな ように、単結晶の作製というテーマとはおよそ正反対になつてしまつたのは皮肉である。開店早々改名を考えねばならぬというはどうやらこの部門の性格であるかも知れない。物性研究の蔭 になりがちなもとにその研究材料となつている物質がある。将来を見越すとき、この研究材を 広く開発してゆくことを心掛けておかなければ到底新分野を開拓してゆくことができないと反省 され、未開拓分野の開発という意味を含めて『非晶体』といみじくも命名されたものであろう。 精神は同じ所にありながら、結晶生長という問題が重要なテーマの一つとしてとりあげられ中田 研がこれを受持つことになつてゐる。未開拓分野は他にもある。本田研なるものは別な面でその一部を cover しようというわけである。多くの研究材料は化学的にみれば無機化合物に属する。 無機化学的な方法で結晶生成以前に興味ある物質を提供して貰いたいというのがこの研究室の生 れた動機であろう。新名称は非晶体のように精神を誤つてはいないが、方法を主にして「無機物 性」なるものに落着いた。無機とは無機化学的な見方、手段という意味で、所謂有機物も取扱う ことは何のさまたげともならない。

さて勿論無から有を生ずることを願うのは無理な話であり無暗な要請には答えることはできな い。しかしながら新しい学問は非常に屢々既製の学問の境界から生ずる。水と油のような状態で も御互いの立場を理解し合つて discuss してゆく内には新しいものが出来上つて来る事を 期待してよい。何處に大きな将来の芽が生ずるか仲々にわかには判断し難い。それにしても研究 室はまづ無機化学の仕事が可能なよう整備されなければならない。この研究室ははなやかな理 論やたのもしい装置より前に、多分に現実的でなければならない。まず我々は実験室に空気と水 と電気ガスとそれに人間の手を揃えたい。日本の現実はやはり立派な床の間に不潔な台所の家庭 にて育てられて來ている。黄塵萬丈の都に雨露をしのぎつつ、 $10^{-9} g/g$ といつた微量を取扱うと

いうのは無謀な曲芸にすぎない。無機化学者にとつては水とは手許のコツクをひねると間違いなく出てくる蒸溜水である。断続常ならざる井戸水ではない。電気時計の針は四六時中地球の運行と共に廻転すべきものであり、人間も之と表裏一体に動くべき筈である。これらの基礎条件を積極的に満足させるよう努力した上で次の *step* が考えられる。

(客観的にみて稍々欧州風な実験室を夢見ているのかも知れない。テレビはなくても、水道の出口は必ず人間の眼の如く二つあり昔から温水の出ない家のないのが欧州である。主観的にはフランクリン時代の米国、西部劇のカリホルニアの開拓者精神は之と別にとりあげられなければならない。彼等は現在精巧なカメラではなくとも車のふれ合わない道路を民衆のものにしてはいるが。)

さて近代的な無機化学の技術としてはやはり核科学的なものが浮んで来る。安定同位体、放射性同位体の両方を駆使することのできる施設が動いておれば、合成、調製、分離、分析、といった化学的な手法が発揮できると考えられる。現在設置したばかりのもの及び設置予定のものは次のようなものである。安定同位体の測定用として固体試料用質量分析計を用意する。英國AEI (Associated Electrical Industries Limited) 社製、通称 Metro politan-Vickers の MS-5型と称せられる (イオン流の径 30 cm、偏向角 90°、表面電離方式) 同位体存在比測定用質量分析計が本年中に納入予定となつてゐる。本機は我が国では、はじめての最大規模のものとなる筈でその活用が種々期待される。Li より超ウランに至る迄殆んどの不揮発性物質が cover される。正常運転後はさしあたつては、実験室における物理化学的反応による同位体効果、濃縮同位体を利用する極微量分析 (希釈分析法による) 等に利用できるであろう。放射性核種のように安定同位体をトレーサーとして利用する途が広い。放射性同位体の分は一応二つにわけて低レベル検出器と半導体検出器 (Solid State Detector 又は Silicon Detector) の両方を手がけてみることにしている。前者はやはり微量物質の検出用であつて、0.1 dpm の β 線を測ることが出来る筈であり、国内の技術をこの線迄、国際級に迄、もつてゆく努力は払う必要がある。現在の国内のレベルがこの 1/5 に感度がおちていることは一驚に値する。後者の方はいうまでもなく固体物性研究の所産の一つであり、米国で非常な勢いで研究利用されている検出器である。我が国では基礎はとも角応用面でかなりおくれているものと判断されるが、応用と同時にもつと基礎的に実験的にも研究してみる価値がありさうに考えられる。いづれも之等は日本の役所的能率のよきでぼつぼつという所で、本所の RI 実験室と協力して進めてゆく予定である。前者はレベルをあげる意味で特注として国内に発注すみであり、後者はまず Nuclear Data の 512 チャネル波高分析器と共に先進国の人々を入れる

ことからはじめる事になつた。

まだ具体的ではないが、一段落して次のようなものも考慮されて来る可能性があると考えている。我が国では相変らずかなり遅れてはいるが、現在の希土の如く、超ウラン元素の化合物を真面目にとりあげられることは考えられないであろうか。Berkeley のとりあげ方とちがつた物性研らしい何かが出て来る可能性があれば面白い。超ウランに限らず He^3 や Fe^{57} がそうであるように他の分離された同位体、carrier free の同位体がとりあげられる可能性もある。他の一つは宇宙を source とする材料である。現に我々が手にしているものは宇宙物質の極く限られたものである。地球をとつてみてもその極く僅か千分の一程度の手に届く部分が材料の原料となつてゐる。入手しうる宇宙の試料はそろそろ増加する傾向にある。

高温高圧、低温低圧、のほか放射線、磁場、電場に加えて 10^9 年の桁に及ぶ反応時間は、太陽系を場とするだけでも非常に広汎といつてよい。勿論本所の超高圧部門はその一つの積極的な例であるが。

夢のような話はしばらくおくとしても可能性は多々あり勉強次第では伸ばしてゆけるたのしみがある。それにしても、外国で散々経験はして來ているものゝ、はじめの内は頼りない感じである。“隣はなにをする人ぞ”的なアパート暮しでは面白い問題は御互に拾えないことに留意したい。末つ子の、全体の 5 % にあたるこの部門がダークホース的優等生になるか異端の劣等生になるかそれは当の担当者とその周囲の責任になるであろう。

終りに本田研の現状は助手が未定（公募中であり近々に決定の筈）、技術員に東京教育大学出身の下村和子がおり、また上記 R I 実験室に技官として姫江絹子を責任者として迎えたので、研究の一部を遂行する上に協力を得ている。

中 田 研 究 室

中 田 一 郎

非晶体部門は固体物理の分野において興味ある物質の合成、開拓および単結晶育成を目的としてつくられ、昨年出発したばかりである。この部門の名称は都合によつて近く「無機物性」と変更される予定であるが、そのいきさつについては本田研究室の紹介欄に説明があるはずであるので、ここでは省略させていただくことにする。ボスの本田教授は昨年10月に着任され、小生はその少し前に本研究所に移つて、部門をつくるための相談や事務的連絡などを行つていたのであるが、部門開設以来なお日も浅く、まだ研究室整備の段階にある。もつとも形だけはなればでき上つているが、まだ魂は入つていない。現在のところ魂について、いろいろと考えているところである。

当研究室は上にあげた、いくつかの目的のうちの単結晶育成の方を分担することになつているが、考えてみると物性測定に使用する単結晶は種類が非常に多い。しかも、個々の試料については、どの研究室もおそらく必要にせまられて、いろいろと育成に努力しているものと考えられるから、それらを、ここでまた総合的にとりあげるような研究室を、限られた人員とスペースで作ることは、無意味であり、不可能もある。そこで範囲を絞つて、高融点物質のうちで金属酸化物の一成分系および二成分系の二三のものを単結晶に育てることと、それらを高温高圧条件において処理し、状態変化を調べることを中心にしてスタートすることにした。単結晶を作る方法としては、ベルヌイ法、ブリッジマン法、フラックス法、水熱合成法をとり入れる計画である。

ベルヌイ法の酸水素焰を用いてやる方式は技術的にも、よく開拓されており、ルビーなどの生産に広く用いられている。しかし、焰の温度がせいぜい3000°C程度であるので、融点の高いジルコニア、ペリヤ、マグネシアなどの融解には十分ではない。われわれは少し欲を出してプラズマジェットの高温ガスを用いた方式を開発しようと考え、現在、通研の館野晴雄氏と共同で炉の建設を進めている。プラズマを利用すれば5000°C程度は容易に得られるが、そのかわりに技術的な難点もあり、使いこなすにはかなりの時間がかかるものと思われる。

水熱合成の分野では、水晶に関してはこれまでにも多くの研究が重ねられていて、新らしく加えることもなさそうである。最近ではルビーなどのアルミナ単結晶をはじめとして、酸化バナジウム、酸化鉛、マグнетタイト、硫化亜鉛などの結晶が育つようになつている。とにかく、この方法によれば、いろいろのものを育てることができることはわかつたが、成長条件のデータはまだ不十分である。熔融法の場合にくらべて比較的低い温度で結晶が育つので良質の結晶を得

られやすい特長はあるが、育成に1月程度かかるので、データを集めるという点では能率が悪い。また、欲を出して大きな結晶を作ろうとすると、巨大なオートクレーブが必要となり、大学の研究室では、なかなか手におえないものとなつてしまう。われわれは一応、成長条件の研究を目的にした小型のオートクレーブを数個用意し、パラレルに運転して実験の能率を上げたいと考えている。

ベルヌイ法では短時間のうちに大きな結晶が育つのであるが、融点まで上げるために格子欠陥はどうしても多くなる。この結晶を高温高圧炉を用いて熱処理することによって、欠陥や成分比をある程度制御することができる。このような制御について研究するために10,000気圧で1,700°Cまでの条件を与えることのできる内熱式高圧容器を製作中である。容器の寸法は内径40mm、長さ約200mmで、電極を挿入して処理中の電気抵抗変化などを外部より測定することができる構造である。この型のものは、カプセル方式の水熱合成装置として使用することもできるので、許されるものならば二三基設けたいところである。なお、高圧実験は所内の超高压部門との共同研究として計画している。

高温高圧炉とは別に有機単結晶を作るためのブリッジマン炉を設備した。これまでにやつてきたアントラセン単結晶の研究のため、および、さらにいろいろの有機単結晶の育成を目的としたものであり、当所、分子部門、界面物性部門などと共同して有機結晶を開拓してゆくつもりである。

結晶育成炉として予定しているものは、以上のようなものである。なお酸化物結晶を作る場合に厄介な問題として、化学量論よりのずれとか、原子価の変化などが入つてくる。酸化バナジウム、酸化鉛など、種々の原子価のものが現われるために複雑であると同時に、興味ある物質である。一般的にみて、こうした物質をうまく扱うためには、温度、圧力条件に対する詳しい状態図が必要になる。たとえば酸化鉛であるが、これは多種類の酸化物となる。この物質は半導体、誘電体として興味ある物質であり、融点も800°C程度で実験するには手ごろであるから、研究対象として予定に入れている。

結晶成長からはかけはなれた問題になるが、単結晶育成の際に高温を取り扱う機会が多くなるので、この領域の物性の基礎的研究を平行したテーマとして考えている。もちろん、非常に巾の広い分野であるので、まず電気伝導からはじめないと考えている。酸化物は室温では一般に絶縁体であるが、高温では電気伝導のよくなるものが多い。伝導機構の点で、一般によく知られている半導体や硫化物などとはかなり違つており、NiOのようなnonband conductionと分類されるようなものもある。さきにあげたアントラセンは有機物質で、有機半導体に属している。

るが、室温では半導体というよりは、半絶縁物とよばるべきものである。この伝導機構が最近になつてだんだん明らかになつてきて、 n o n -band 型に分類されるべき特徴をもつていてることがわかつた。金属酸化物と有機物質では結合様式は全然違つているが、電気伝導からみると似ている面があるということは面白いことである。この型の伝導は未だ究めつくされているわけではない。また、この分野に属する物質は種類が豊富であり、今後の発展が期待されるものと考えられる。

研究計画について、想像を主とした話になつてしまつたが、以上の線に沿つてやつて行く予定である。なお、4月から東京工大より安永均が助手として、またお茶の水出身の尾山桂子が技術員として就任し、研究のメンバーも一応そろい、本格的にスタートすることができるようになつた。ほかに学習院大学の石原裕が留学研究員として参加して、有機半導体の研究を行つている。

単結晶育成は、どの物質をとり上げても長い年月にわたる研究を必要とするものであり、同時に多くのものをとり上げようすることは無理な相談である。所の内外の皆さんのお意見、御協力のもとに共同利用研究所の研究室としての成果を上げるように努力したいと思つている。

主な装置

1. プラズマジエット炉（整備中）

電源容量 25 KW

温度 2000~4000°C

2. 有機結晶用ブリッジマン炉

使用温度 約400°Cまで

温度制御 ±0.01°C

3. 水熱合成炉（外熱式）（予定）

500°C 2000気圧

4. 内熱式高圧炉 （予定）

1700°C 10,000気圧

5. 中型電磁石

1.7トン、7cm間隔で約12,000ガウス

6. シンクロスコープ、メモリスコープ、万能顕微鏡、その他

研究室だより



Tetrahedral Anvil Apparatus

物性研 超高圧部門

箕村 茂・秋本俊一

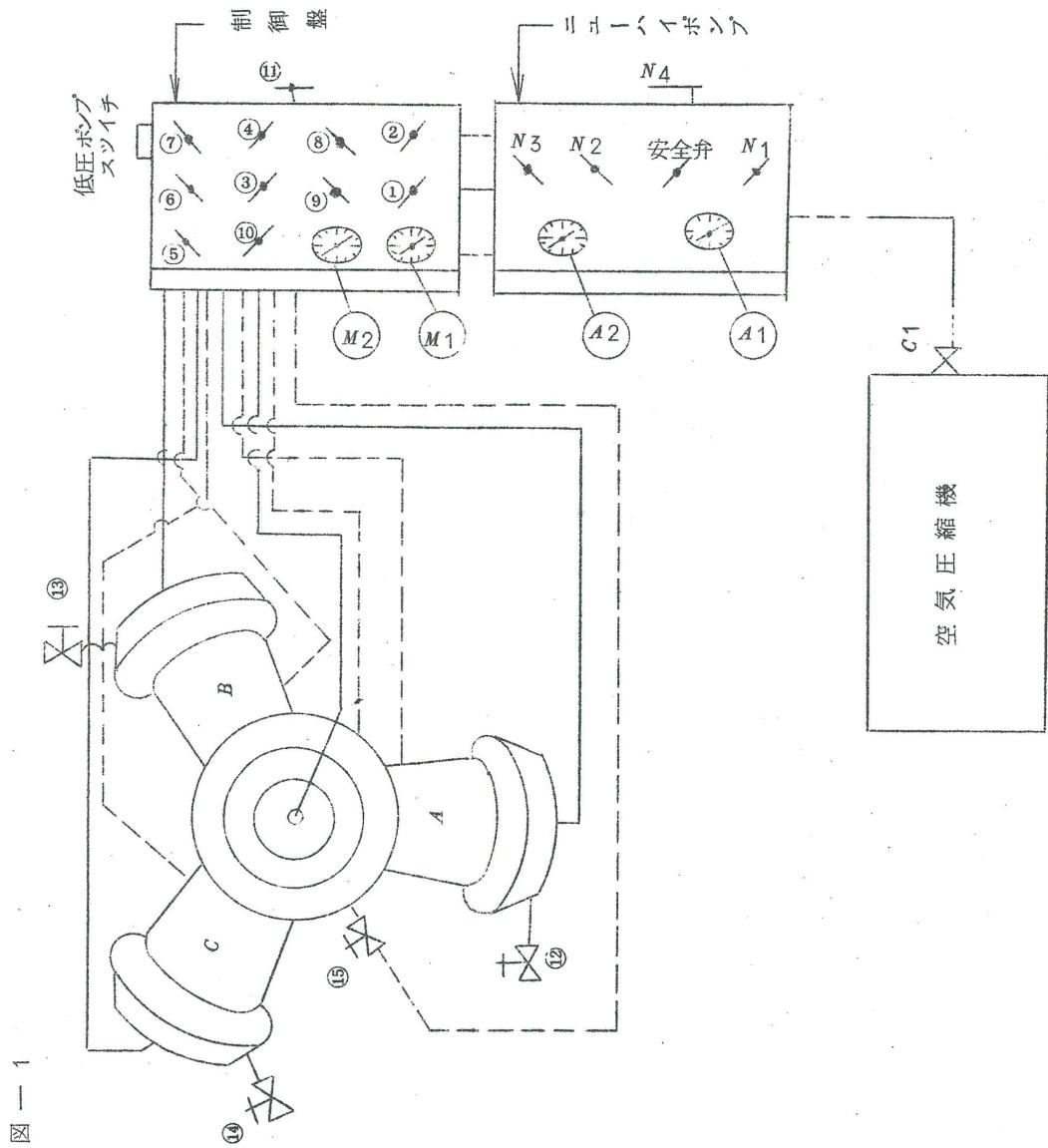
昭和38年2月12日総重量約15tonのTetrahedral Anvil型超高圧高温発生装置が運び込まれ、装置の据つけ、調整と検収試験を行いましたので、本誌の物性研研究室だよりの欄をかりて、1. 装置発注の経緯 2. 装置の説明、および 3. 試験結果などについて報告したいと存じます。

1. 装置発注の経緯

今日圧力80-100Kbars、温度3000°C以上で常用されている超高圧高温発生装置としては1955年General Electric Co.のT.C.Hallらによつて開発された高压ベルト装置、1958年同氏がBirmingham Young大学に移つて開発されたTetrahedral Anvil Apparatus。1958年Carnegie InstituteのBoydあるいはUCLAのG.C.Kennedyによつて開発されたピストンシリンダー型装置およびNBSのO.U.Huttonによつて発展されたバケツ型Tetrahedral Anvil Apparatusなどがあげられる。これらの装置の能力について1960年Bolton Landing, New Yorkで開催された高圧研究の会議で討論されProceeding in Very High Pressure Researchに報告されている。その後の発展についてはG.E.R.H.Wentorf編Modern Very High Pressure Techniques.(1962)に詳論されている。最近発表された論文および筆者の見聞などを総合すると、発生可能な最高の圧力と温度は高压ベルト装置で180Kbars、3600°C Tetrahedral Anvil Apparatusで100Kbars、3000°C およびピストンシリンダー型装置で80Kbars、3000°Cの程度である。

1960年物性研に超高圧部門が新設されて、鈴木平氏らが中心になつて超高圧高温発生装置の設備計画がすゝめられた。当時この種の装置の輸入も可能な状態であつたけれども、将来の国産開発のねらいもあつて国内の大メーカーに交渉した結果、三菱原子力工業株式会社を通して新三菱重工業株式会社神戸造船所で本体を、三菱金属鉱業株式会社大井工場で焼結WCのアンvilを発注することに決定した。いわば本装置は三菱系会社の総力によつて完成したもの

のと云える。三菱では先づ本体の5分の1のモデルを試作し、種々のテストの経験を得て、本体の設計に着手し、2年2ヶ月の歳月と約2,600万円の経費をかけてこゝに完成した次第である。



図一1

2. 装置の説明

本装置は低圧側の油圧 2000 Kg/cm^2 で全荷重 1000 ton のピストン・シリンダー4ヶを正四面体の頂点から中心に向つて6本のボルトと12ヶのターンバツクルで組立てた本体とピストンラムの頭に電気絶縁して取りつけ焼結WCのアンヴィル部およびピストンを作動させる 2000 Kg/cm^2 の油圧ポンプ系の三部からなつている。図1は本装置の系統図を示したものである。

本体のピストンの直徑は約 250 mm 、シリンダーの外經は 600 mm で下部3ヶのピストンのストロークは 4 mm 、上部ピストンのストロークは 80 mm となつてある。本体の高さは約 2.5 m で正四面体の一辺は約 2 m である。本体の工作および組立の精度が重要なポイントの一つで、進行するピストンの中心線が正四面体の頂点から共通の中心点に向う線に一致していなければならぬ。

アンヴィル部は *Pyrophyllite* の正四面体試料に接する焼結WCの主要部分とこれをジャケットし底面を水冷する特殊鋼部よりなつてゐる。焼結WCのヘッドは正三角形平面で一辺 44 mm および 20 mm の大小2種類の大きさのものを設備している。大型アンヴィルのサイズは ($160 \phi \times 120 \text{ mm}$) である。一辺 20 mm の正三角形ヘッドのアンヴィル部の断面を図2に示しておく。焼結WC部を上下に分割し、(一辺 44 mm の正三角形ヘッドの焼結WCは分割していない) 消耗を上部だけの最小限度にとどめようとのねらいである。低圧側と高圧側のピストンの面積比は大型アンヴィルで50倍、小型アンヴィルで240倍である。

超高压発生のアンヴィル材としての焼結WCは圧縮強度が高いもの程優れており、発生圧力の限界を決定する最も重要なポイントである。今日ではG.E.社の *Carboloy Grade 999* が一番広く常用されている。しかし三菱金属鉱業ではこのものは未開発で *Carboloy Grade 883* あるいは $44A$ 相当の *Diatitanite HT 20* が最高の圧縮強度で、物性研のアンヴィルはこれで作られている。現在 *Grade 999* 相当のものは現場を参考にして研究開発中である。これは *binding reagent* として $3\% Co$ をWCに均一に混合して焼結したものである。現在のものは $6\% Co$ を混合している。焼結WCの特徴として圧縮強度は高いけれども *bending strength* は比較的低い。この理由からアンヴィルのセンターリングが発生圧力の限界に明確に影響する。

油圧ポンプ系は先づ空気コムプレッサーで 15 Kg/cm^2 の圧縮空気を得てこれでニューハイポンプ系を作動し、空気圧の約250倍の油圧を発生させ最高 2000 Kg/cm^2 の油圧でピストンを圧縮方向に進行させる。ピストンを戻すときには別にトロコイドポンプで発生させた 20 Kg/cm^2 の油圧を使用する。

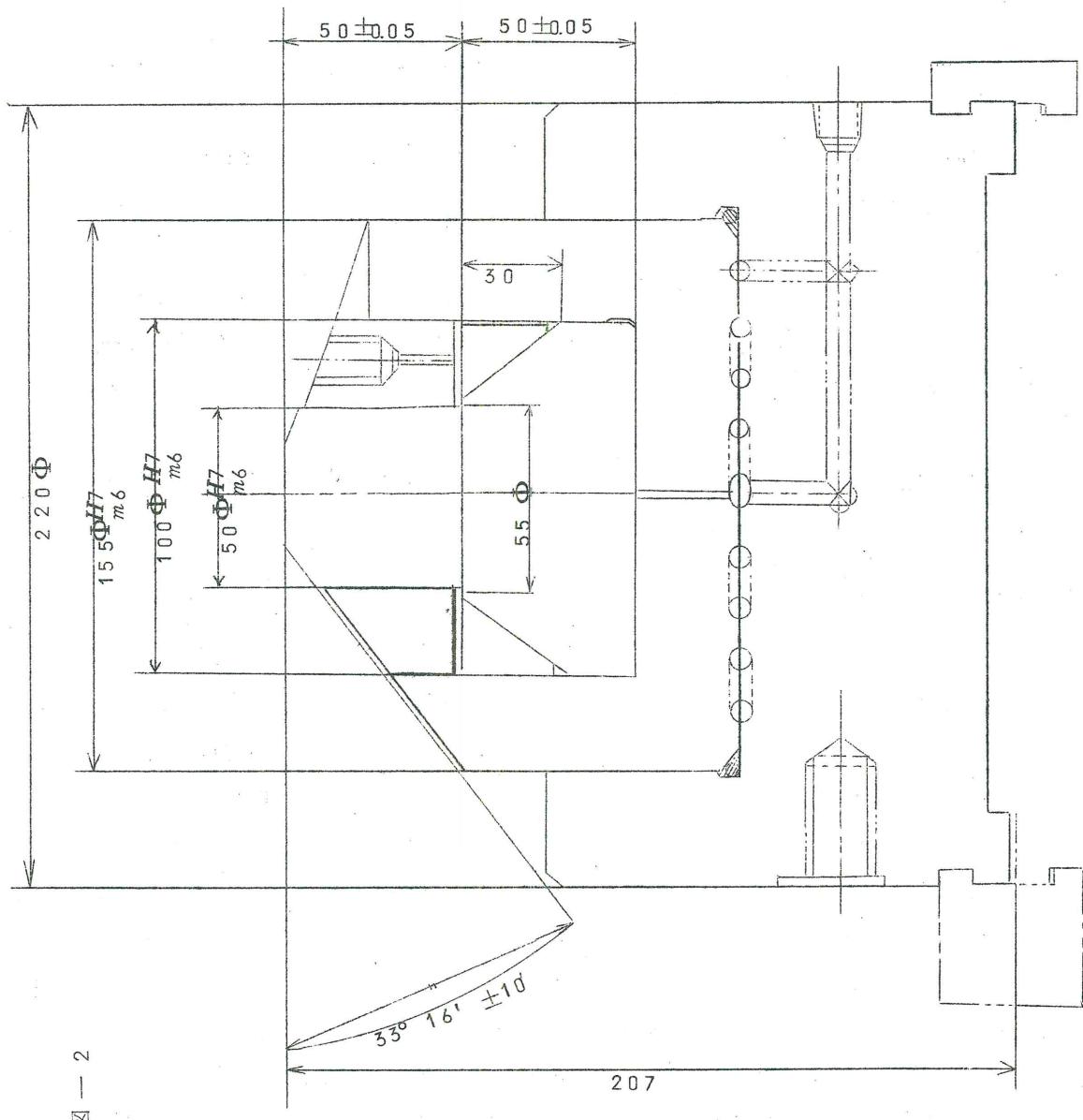


图 — 2

本装置の作動に際しては4ヶのアンバイルをSynchronizeさせることが今一つの重要なポイントである。ピストンラムに夫々ダイヤルゲージを取つけこの読みを記録し、ピストンシリンドーの低圧側バルブを順々に開閉をコントロールしてピストンの進行を $1/100\text{ mm}$ の精度でSynchronizeさせている。ダイヤルゲージの基準は4ヶのアンバイルを完全に接する点をとつている。

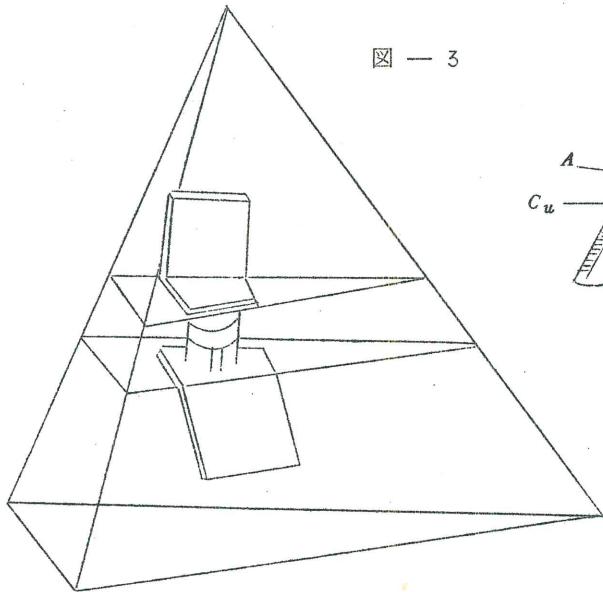
3. 試験結果

前項で本装置の発生圧力の限界に直接に影響する重要なポイントを三つ述べたがこれをまとめると次の通りである。

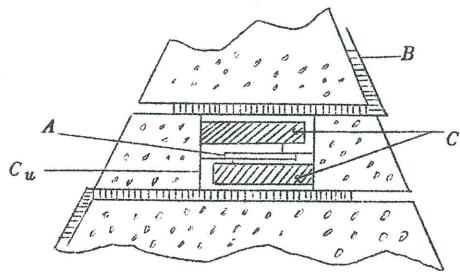
- a 焼結WCのアンバイル材の機械的性質特に圧縮強度
- b 4ヶのアンバイルのセンターリング
- c 4ヶのアンバイルの作動におけるシンクロナイゼイション

Diatitanit HTi 20 の Compression strength のデータがなく昨年12月三菱金属鉱業の大井工場と三菱原子力工業大宮研究所で本体の大型アンバイルの $\frac{1}{5}$ サイズ ($32\phi \times 22$ ヘッドの正三角形一辺 8.8 mm) のアンバイルの圧縮試験を実施した。試験結果は次の通りである。平均荷重 44 Kbars 下でアンバイルは Yield し始めた。アンバイルヘッドの凹みを精密測定し約1時間の荷重で中心部の凹みの深さは 8 \AA に達した。平均荷重 80 Kbars で凹みの深さは更に進行し、1時間の荷重で 35 \AA に達し破壊した。上下アンバイルの中間に Bi 試料を Pyrophyllite でサンドイツチしたもののはさみアンバイル中心部の発生圧力を抵抗変化から測定した結果、平均荷重の約2倍を示した。去る2月上旬新三菱重工業神戸造船所で本体の現地検査を行つた。一辺 20 mm の正四面体の銅試料を加圧し低圧側油圧を 2000 Kg/cm^2 に数時間保持し、 1000 ton プレスの能力をテストした。この際ストレーンメーターでボールドやシリンドーの外周の伸びを精密測定した。本体のピストンラムに大型アンバイルを取付け Pyrophyllite の四面体試料を低圧側油圧 700 Kg/cm^2 まで加圧した。Pyrophyllite 中に Bi 試料をいれ圧力による Bi の相転移における抵抗の急激な変化を測定した。図3は Bi 試料部を図4は抵抗—圧力曲線を示している。 25 Kbars 下の Bi I-II の転移は低圧側油圧 600 Kg/cm^2 で認め、発生圧と荷重の関係は高低両ピストンの比(50倍)に近いものであつた。

本装置を物性研に設備して以来、本体に小型アンバイルを取付けて圧力と温度の検査試験を試みた。常温で 25 Kbars 下の Bi-I-II の転移は低圧側油圧 130 Kg/cm^2 で認め、発生圧と荷重の関係は大型アンバイルとは同じであつた。低圧側油圧を 500 Kg/cm^2 まで数

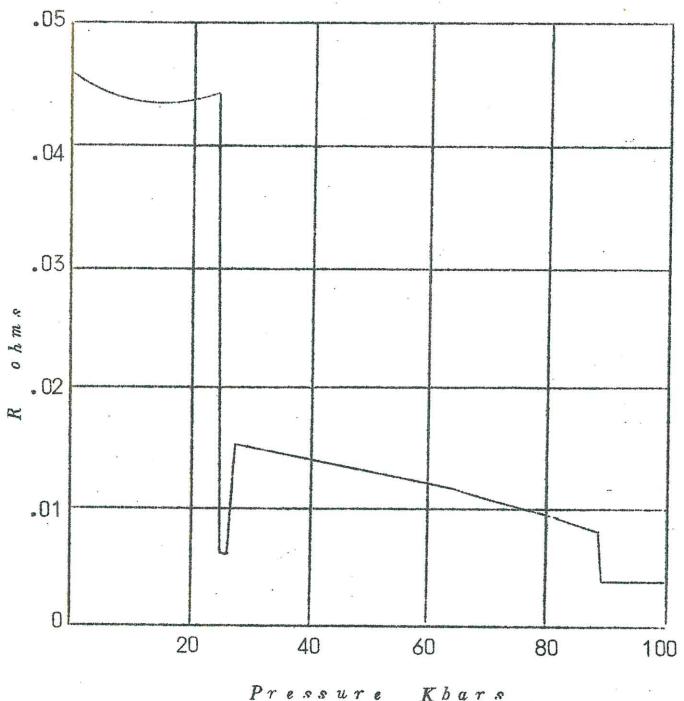


図—3



図—4

分間加圧すると、アンヴィルは *yield* を起しヘッドの中
心部に 8° の凹みを認めた。
油圧を 700 kg/cm^2 まで加
圧しても 88 Kbars 下の Bi
V-VI 転移を認めなかつたけ
れども抵抗一圧力曲線から発
生圧力が 70 Kbars に達し
ていたことが推定された。発
生圧一荷重の関係が直線であ
れば油圧 700 kg/cm^2 で、
 1.34 Kbars の圧力発生が
予期される筈である。油圧
 700 kg/cm^2 における発生
圧は油圧の 100 倍でピスト



ン比の 240 倍からみると急速に減少していることが認められた。これには *Pyrophyllite* の塑性変形が原因している。上記の試験によってアンヴィル 2ヶにクラックを認めた。

*Pyrophyllite*中に $3\text{mm}\phi \times 4\text{mm}$ の*Graphite*ヒーターをいれ油圧を 130kg/cm^2 に加圧した状態で加熱試験を実施した。ヒーターの中心部とアンヴィル面に接して熱電対をいれ 1500°C までの温度を測定した。ヒーターの中心部を 1500°C にするには 2Volts , 240Aの電流を必要とし、温度の安定度は極めて良く($\pm 3^\circ\text{C}$) *Pyrophyllite*の熱絶縁も良かった。(アンヴィル面の温度 120°C) 電流を切ると数秒間で常温まで冷却され *quench* の効力も優れていることが認められた。

企業とX線結晶学と

電気通信研究所 新 関 嘉 一

過日、私のX線結晶学の恩師 M. J. Buenger 教授が来日されたとき、某民間会社の開発室の依頼で、『新しい産業と結晶学』という講演をされたことがある。誰が考えても難しい題目で、果してどうなることかと、仲介者の私の方が気をもんでしまつたが、さすがに米国一流の結晶学者であり教育者である教授は、彼の得意とする一分野『相転移の機構論』を中心として、窯業、冶金、製薬その他の産業の基礎になる結晶学の諸成果について見事に *improvised* された。その見識には大変に感服したものの、私がここ数年とりくんでいる課題、つまり、『電気通信研究所をその一例とするような、合目的性の強調される企業の研究所にあつて、X線結晶学者はどのようなvisionをもつて働いてゆけるのか』に対する明瞭な回答は得られなかつた。

思うに、それは当然のことであろう。X線結晶学、そのなかでも結晶構造解析を専攻する人々にとつては、新しい物質の構造を決めること自体が、意義がありまた面白いのである。過去においてその結果の有用性が見出され産業の基礎知識の中にとりいれられたのは、その研究者達とは別の場所と時間とにおいてであつた。基礎と応用との交流が云々される現代でも、本質的にはその事情は変わらない、と私は思う。例えば、Bell研究所の Dr. Geller とその協力者の仕事をとりあげてみよう。彼等の仕事は、構造解析までをふくめて、諸大学の水準とくらべて何の遜色もない。彼等のとりあげる結晶は、当然、物性的に特色のある物質の一群ではあるが、それが直ちに新しい材料や部品と結びつくものではない。いいかえると、それは academicな意味での

基礎的な仕事なのである。では何故に、大企業である Bell の研究所でそのような研究が続けられているのか。回答として、いろいろと難しい原則論が考えられるけれども、私には、至つて単純明快な次のことが本質的なものではないかと思われる。すなわち、『新物質の絶えない流れが研究所自体の中から生れていること』、新物質の山と、X線回折装置と、計算機とをかかえて一室にこもるX線結晶学者の姿を想像するのは、余りにも安易なことであろうか。しかし、それに近い姿で研究をなさしめ得る大企業にはやはり人類の Pioneer としての開発精神が感じられる…………私達の作り出そうと努めて至らぬものが。新物質だけは、黙つて坐つていては棚から落ちてはこない。

現実に我国の企業の中で働いているX線結晶学者は何人もいるだろうが、その人々は其所では恐らく、いわゆる Lone Wolf であろう。追跡と整理とにあけくれる仕事の中では構造解析は殆んどできない。もちろん有識の指導者達の助言はある。“固体物性と構造との結びつきがある。構造化学がある。”と。“そして物性は材料に、材料は部品に、部品は方式に、方式は企業の新しい発展と利益につながる”企業体の有用な一員でありたいと思いながら、企業目的と、自分の学問的な関心とを結ぶであろう、その霧の中の迷路を辿つているうちに、ふと顧りみて、己れのX線結晶学者としての知識と能力との消衰に気づいて愕然とする……そんなことにはなりたくない。

そうまでも企業体の中にあつてX線結晶学に固執するのは何故か、という疑問もあるだろう。身についた学問に対する執着もあり、郷愁もある。しかし一番強い要因は、量、質ともにその成果の停滞している我国の構造解析の分野としては、小さくとも大事にしたい拠点としてあり、また上に Bell を例として描いた結晶学の開花を待つための胞子となりたいからである。“その花を開かせて企業は死にはしない”と私は思う。

けれども、私達はやはり Lone Wolf の自滅の道を辿つてはいけないと思う。討論と友好の場が、その企業体の中になければ、それはどこかに見出さなくてはならない。その意味からも、私は物性研結晶IIの齊藤先生からいただいた、構造解析の雑誌会えのお誘いを嬉しく思う。そして更に多くの同好の方々の参加も呼びかけて、この拙文を結びたい。

研究会報告

「金属磁性薄膜」研究会（Ⅱ）

各種の薄膜

金属蒸着膜の構造

東北大金研 渡辺 伝次郎

真空蒸着によって $NaCl$ 単結晶劈開面上に *epitaxial growth* させて作った面心立方金属単結晶薄膜を中心として、主として透過電子顕微鏡によって観察された薄膜の構造に関する従来の研究結果を述べた。先ず単結晶薄膜を成長させるために必要な下地 $NaCl$ の最低温度 (T_c) が、 $NaCl$ を大気中で劈開したか、蒸着直前に真空中で劈開したかによって非常に異なり、真空中劈開で実験を行った最近の小川研（東北大・金研）の結果によれば、 T_c は従来の値よりも Ag で $150^{\circ}C$ 、 Au で $120^{\circ}C$ 、 Cu で $250^{\circ}C$ 、 Ni で $270^{\circ}C$ 程度低くなり、*epitaxial growth* にて下地表面の吸着ガスが何らかの役割を果していることを述べた。次いで Ag 、 Au 、 Cu 、 Ni 等の単結晶薄膜には双晶、積層不整、転位等の格子欠陥が数多く含まれるが、それが電子顕微鏡像上で如何なるコントラストを示すかを述べ、更にそれらの欠陥が膜成長の過程で形成されることを示す二・三の実験例を紹介した。

更に最近誘導磁気異方性の測定を開始した Ni 及び $Ni-Fe$ 合金単結晶薄膜の透過電顕像を示し、膜厚及び組成によって膜構造が変化することを述べた。（磁気測定の結果は先日高橋氏が紹介した。）即ち膜厚 500 \AA の Ni 膜には双晶及び積層不整が数多く存在するが、膜厚が 1000 \AA の Ni 膜では双晶も積層不整も見られず転位のみが存在する。一方 Fe を含む合金膜になると膜厚 1000 \AA でも薄い場合と同様に双晶、積層不整が頻繁にみられる。これらの欠陥の様相は膜を $600^{\circ}C$ で 2 時間焼鈍しても殆ど変化しない。しかし $800^{\circ}C$ に加熱すると双晶、積層不整はなくなり、ポリゴニゼイションを起して副結晶粒界に配列した転位のみが見られるようになる。かような膜構造の変化に対応して磁気異方性がどのように変化するかは今後の研究課題になるであろう。

電着金属薄膜

津屋昇

東北大金研

上原康男

電着ペーマロイ薄膜に関して膜の構造、静的磁気特性、磁区構造およびスイッチング特性等について、これまでの研究結果を中心におよそ次の項目について述べた。

- (1) 組成に対する H_c の変化
- (2) 膜の構造 *X-ray diffraction*
- (3) 磁区構造
- (4) 膜の組成 *micro analysis*
- (5) 膜厚に対する H_c の変化
- (6) 高周波領域における磁気特性 帯磁率の変化
- (7) 強磁性共鳴
- (8) スイッチング特性

H_c の極小は $\delta 8.1.5 Ni - 1.8.5 Fe$ の組成で得られる。この極小成分より *Fe rich* な膜と *Ni rich* な膜では磁気特性が非常に異なっている。その相違の原因是 λ の符号がこの 2 つの膜で相反する点にあることが、膜に *stress* を与えた場合の磁区模様ならびに磁気履歴特性の変化から指摘できる。膜には銅基板の研磨溝にそって結晶の成長が起るものと考えられ (*Micro analysis* の結果その他から)、そのための *shape anisotropy* による容易軸は研磨方向と一致する。一方、膜には研磨方向に *tension* が働いていることが前記 *stress* の実験よりわかり、 λ の符号が異なるため *magnetoelastic* な *anisotropy* による容易軸は *Fe rich* な膜と *Ni rich* な膜では 90° 方向が異なる。両膜で磁気特性の異なるのはこの為であると考えられ、 λ の重要性がわかる。

膜厚にに対する H_c の変化を調べてみると、電着膜で抗磁力 H_c は *Neel* の式 $H_c \propto d^{-n}$ に従って、膜厚と共に指數関数的に変化する。指數 n は基板表面の研磨溝の粗さには無関係であるが、膜の物理的状態に依存し、例えばサッカリンを浴に添加して膜を生成すると n は 0.73 から 1.13 に変化する。この n はまた組成によって変化し、*Fe rich* な膜ではほど一定値となるが、*Ni rich* な膜では *Ni* の増加と共に次第に小さくなる。このような現象を理論的に解明するためには、

Néel の式に *magnetoelastic* な項をとりいれて再検討する必要がある。また、このような実験が蒸着膜についても行われることが望ましい。

磁化容易軸と直角方向に直流バイアス磁場 H_{dc} を加えながら、容易軸方向の微小交番磁場によって磁化を振らせると、 $H_{dc} = H_k$ のところで磁化はもっとも不安定な状態となって容易に回転を起しやすくなり、帶磁率が極大を示す。 H_{dc}/H_k に対する帶磁率の変化を *local* な異方性の分布を円状と仮定して理論計算した結果、異方性磁場の最大分布角度を 20° とすると実験結果 (wire にて $80\text{ Ni} - 20\text{ Fe}$ 薄膜を磁場中電着した試料) と一致する。またこのようなバイアス磁場下の系で、 H_{dc}/H_k に対する *resonance frequency* ω_0 を理論的に求めることができ、 $H_{dc} > H_k$ より $H_{dc} > H_k$ のところで ω_0 の周波数で *resonance* が 2 回起ることが予想できた。

また、 9500 Mc における強磁性共鳴の実験結果から、膜内の *isotropic* な *stress* σ , *anisotropic* な *stress* σ_u より単軸異方性常数 Ku を求めた。

このほか、 1 msec と 10 msec の駆動パルス磁場を用いて、パルス磁場の大きさに対する *switching time* この変化について述べた。 10 msec のスイッチングでは駆動パルスの減少と共にては小さくなるが、 1 msec の場合には Z は $40e$ 程度の磁場まで殆んど変わらない。

フェライト薄膜の製法

東芝中研 千葉 健

フェライト薄膜の製法を

I 直接法 (フェライトからフェライトへ)

II 間接法 (フェライトでないものからフェライトへ)

の 2 つに大別してその各々について考えられる製法を列挙すると以下の様になる。希望のフェライトが出来るかどうかの可能性を与える因子で参考となるものを括弧内に挙げて置く。

I 直接法

- 1) 研磨法
- 2) 仮焼フェライトの塗布
- 3) 真空蒸着法 (蒸気圧、熱解離)

4) カソードスパッタリング法

II 間接法

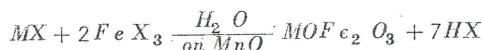
A 金属薄膜の酸化 (以下金属薄膜の作り方)

- 1) 壓延法
- 2) 真空蒸着法 (蒸気圧)
- 3) カソードスパッタリング
- 4) 気相成長法 (蒸気圧、熱解離)
- 5) 電着法 (標準単極電位)

B 化合物の化学変化

- 1) 加水分解
- 2) 水酸化物の脱水酸化
- 3) 気相成長法 (蒸気圧、熱解離)

最後に挙げた II B 3) は我々の試みている方法で次の様な反応式を利用して MgO 単結晶 (100) 面上に $NiFe_2O_3$ その他の単結晶薄膜を得ている。



但し MX は金属のハライドを示す。

(以上)

パネル討論

司会 小川四郎

薄膜の構造に関する知見を深くする為にパネル討論を行ったが、便宜上電着膜と蒸着膜とに大別し、又必ずしも磁性薄膜に限定せず広く論じた。

A 電着膜について

渡辺 (東北大金研) は Cu 単結晶上に電着した Ni 薄膜を電子回折で調べた結果について報告した。 Cu の (110)、(100) その他の面上に小さな電流密度で電着すると下地に対して平行成長した単結晶膜が得られ、頻繁に双晶が生じていること、及び $Ochcrane$ は薄い間は下地と殆んど同じ格子常数をもつ Ni が得られると報告しているが、その後の小川研の測定

では格子常数は場合によってバラつき必ずしも Cochrane の様には結論されないこと等を述べた。

寺島（電通研）は実用的な見地からは電着膜が *memory core* としてより適當な性質をもつことを述べ、パーマロイ電着の際の問題点、即ち 80% Ni 合金膜を得る為の電着電流密度について又膜厚による組成の変化について論じた。特に後者については厚い膜では略 80% Ni のものが得られる浴組成でも 1000 \AA 以下では甚だしく Ni 含有量が減少する事を報告した。

沢田（東北大・工・金工）は電着膜の異方性を研究する際に下地の磨き疵が非常に影響を及ぼすこと、即ち磨き疵に平行な方向では磁気履歴曲線はより矩形的であり、電解研磨によって疵を除いても板をロールした際のロール方向が優越方向になる事等を報告した。四方八方から *swage* した試料であると方向性の少いものが得られた。

以上の報告の後、活発な討論が行われたが、特にパーマロイ膜の組成が厚さの減少と共に著しく変化する点、電着膜内の歪力、非常に厚く電着した場合の表面の凹凸等について議論が集中した。

B 蒸着膜について

能勢（金材技研）は ferrite 蒸着膜について述べたが、特に Ni ferrite をつくる場合、Zn を入れて $Ni_{1-x} Zn_x Fe_2 O_4$ とした方がより容易に生成することを F.M.R、X 線回折、電子線回折で見た。フラッシュ蒸着後 700°C で 30 分間酸化焼結させると完全なスピネルができる。磁化は酸化時間に対して極大をつくる。又 300 \AA 位で bulk と同性質を示す様である。

次に金原（東大・工・応物）は抵抗体としての薄膜について電気的性質を調べた結果を報告した。抵抗体として用いる場合の障害は膜作成後の抵抗の不安定な変化にある様である。

Cr-Ni、*Cr-Si*、*Cr-Pd* 等の材料が考えられる。尚 *Au*、*Ni*、*Fe*、*Cr* 等の薄膜の上を鋼鉄球を打らせる際、疵をつくる為の球に加える最少の荷重を測定し膜の強度を測定した結果について述べた。

上田（名大・理・物理）は金属の微粒子を蒸着でつくる甚だ興味深い研究を発表した。W 線条より *Au*、*Al*、*Fe*、*Ni* 等をアルゴン中で蒸発して炭素薄膜につけるのである。アルゴン気圧を $1 \sim 5.0 \text{ mmHg}$ に変化し数 $10\text{ \AA} \sim \mu$ 程度の大きさの微粒子を得た。蒸発源と下地との距離は数 cm である。電子顕微鏡で観察すると微粒子の形はものによって異なり、又 *Au*、*Al* 等では微粒子が互に離れて存在するが、*Fe*、*Ni* では数珠玉状につながっている。

以上の報告の後に討論が行われたが、特に金属微粒子の作成法は新しい*idea*であるので今後の応用について活発な意見が交された。

高速磁化反転

パーマロイ薄膜の保磁力の周波数依存性

日立中研 斎藤延男

磁気ケル効果による磁化ヒステリシス曲線観測装置を試作し、パーマロイ薄膜の保磁力を測定した。周波数範囲は直流から、 10kc 迄で、振幅は最大 40oe 迄である。用いた試料は真空蒸着で作った約 $2,000\text{\AA}$ の約 $80\%Ni$ のパーマロイであり、下地はカバーガラスであり、蒸着時に約 100oe の磁場を印加し、その方向に磁化容易軸を有する。異方性磁場は約 3oe である。測定は容易軸方向に各周波数の sine 波の磁場を印加して行なった。

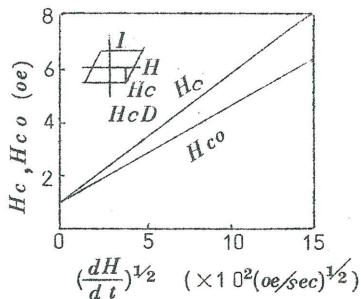


図1 パーマロイ薄膜の保磁力の変化
線が得られる。

測定結果は磁化が反転する時の印加磁場の変化速度の平方根を用いて整理すると図1のような直線が得られる。即ち周波数変化、振幅変化に関してこのようなデータの整理を行なうと1本の直線上に測定点が集まる。ここで H_c と記述したのが保磁力で磁化が0になった時の印加磁場で、 H_{cd} と記したのは磁化が変化し始める時の印加磁場である。 H_{co} についても図1に示した如く同様の直

この実験結果を説明するためには、磁壁の運動方程式として慣性項を無視した式

$$\beta \frac{ds}{dt} = 2Is(H - Ho) \quad (1)$$

を用いる。ここで s は磁壁移動距離、 Is は飽和磁化、 β は制動をあらわす係数である。ここで印加磁場 H は一定速度 a で変化するとして $H - Ho = at$ を(1)式に代入して時間 t で積分する。

初期条件として $t = 0$ で $s = 0$ とする。

$$\beta s = \frac{Is}{a} (H - Ho)^2 \quad (2)$$

平均磁化が 0 になるまでの磁壁の移動距離を ΔS とすると

$$H_c - H_o = \sqrt{\frac{\beta \Delta S a}{I_s}} \quad (3)$$

となり、保磁力 H_c と磁場変化速度 a の平方根とは直線関係になる。

2 次元の磁性体で、飽和していく磁壁のない部分に逆磁区が生長する場合、逆磁区の面積は S^2 に比例するであろう。従って磁化の変化量も S^2 に比例するであろう。磁化が $-I_s$ から変化するとして、 A を比例定数として

$$I + I_s = (AS)^2$$

である。これを(2)式に代入すると

$$I + I_s = \left(\frac{A I_s}{\alpha \beta}\right)^2 (H - H_o)^4 \quad (4)$$

となる(図2)。 H_c で接線をなして $I = -I_s$ との交点の磁場を H_T とする。解析的に直ちに

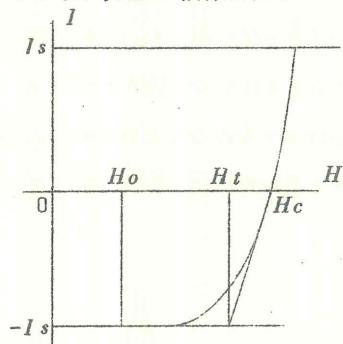


図2 (4)式による磁化曲線

$$\frac{H_t - H_o}{H_c - H_o} = \frac{3}{4} \quad (5)$$

が得られ、図1の H_{cd} として測定したものは装置の縦軸の雑音のために H_T に近いものを測定していたと考えられる。図1は(5)式を満足している。又図2に示したような磁化曲線が、 I_{kc} のサーチコイルを用いた BH ルーパにより実測された。

図1の勾配より $\frac{\beta \Delta S}{I_s} = 3.5 \times 10^{-5} \text{ Oe sec}$ が得られる。パルス磁場でのスイッチング実験条件では反転が磁壁で行われる領域では(1)式より

$$\frac{1}{t} = \frac{2 I_s}{\beta \Delta S} (H - H_o) \quad (6)$$

が得られ、この ΔS と(3)式の ΔS が等しいとすればわれわれのデータから $\frac{2 I_s}{\beta \Delta S} = 5.7 \times 10^4 (\text{Oe sec})^{-1}$ が得られる。Olson, Pohm* の 82% Ni パーマロイ膜のスイッチングのデータではこの値は 1.6×10^4 であり、3倍の開きがあるが、大体一致すると見るべきであろう。

* Olson, Pohm: JAP 29 274 (1958)

"Normal" パーマロイ薄膜の Slow switching

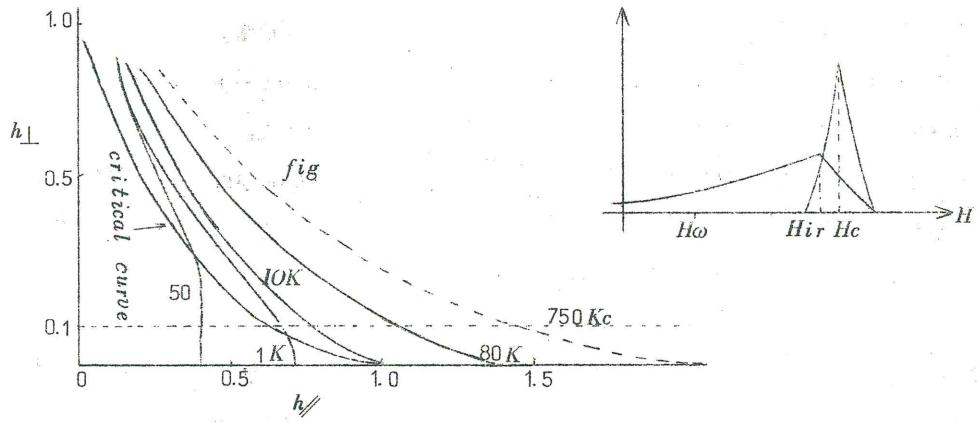
a) a.c 磁場

広大理後藤道太

$H_c \sim 1.5 \text{ oe}$ 、 $H_k \sim 4 \text{ oe}$ 、厚さ $1,000 \sim 1,500 \text{ \AA}$ の film ($80\% Ni - 20\% Fe$) について $a.c$ 磁場による逆転機構を検討する。 $a.c$ 磁場は直流的変化から最高 1 MC まで振幅は一定で 20 oe である。逆転は磁場の変化中に完了するから、 dH/dt に関与する。実際には $a.c$ 磁場の dH/dt がほど一定の範囲内で測定しているから dH/dt はほど H_0 (振幅) と f (周波数) の積に比例する。従って H_0 を変えて f をかえても同じであるが大きい dH/dt をうるには f をかえる方が技術的に容易である。

$a.c$ 磁場は film の容易方向と任意の角度で加えるものと、静的な横磁場をかけておいて容易方向に加える 2 通りについて行った。

実験は① powder pattern の観察、② $\Delta R - H$ 、 $\Delta R - t$ 、③ $B - H$ 、 $B - t$ 、④ $B - H$ 、 $B - t$ の観測による。直流的磁場変化では磁気的測定は困難であるが ΔR は高い精度で測られ、且 powder pattern の観察に併用すれば磁化の過程に対応する pattern をみることが出来る。かくして ΔR は f の全域にわたり測定している。又 B の測定は 10 Kc 以上ではやっていない。



観測される $\Delta R - H$ ループから ΔR がピークになる磁場を H_{ir} で表わす。これは急激に逆転を始める磁場 (不連続逆転をはじめる磁場) とみなされる。 H_{ir}/H_k の値を容易方向成分、直角方向成分で示すと図の様になる。ここで角度をかえても横磁場を加えても同じ磁場成分の所で不連続変化を起し始める。その点での ΔR は殆んど同じであり、pattern も同じになる。即ち不連続逆転そのものの機構は、磁場の加え方に依らず同じである。次の特徴は h_i の小さい所で

は $h//$ (或いは $H \parallel r$) の f 依存性は大きく $h\perp$ の大きいところでは小さい。今 1 つの特徴は f が小さいときには *critical curve* の内側にも測定点があるが f が大きくなると段々外側に出てこの場合、10KCあたりから高い所では全部外に出る。内側での逆転は勿論、外側でも依然として *boundary* の移動によつていることが $4R$ から明らかである。しかも *boundary* の移動する間でも非逆転磁区内で連続的な回転を起している。この様な回転は特に *critical field* をこえると急にその進み方が鈍り、*locking* の働きが急に強くなる。これは $H \parallel k$ の分散があるからで少くともその角度分散があるということは $4R$ から確かめられる。

boundary の移動であればその速度と dH/dt の関係が得られる。今磁壁数が不变で速度は *excess field* \propto 比例すると仮定すれば速度即ち逆転時間 t の逆数は $(dH/dt)^{\frac{1}{2}}$ に比例するが低周波側では $(dH/dt)^{\frac{11}{2}}$ の関係が得られ、ほどこの様なモデルに従っていることが明らかにされる。この時の磁壁は *film* の端部にある逆磁区のうち、*film* \propto 固有の磁区が優勢に伸びる (*Bloch type* の磁壁) ものと推定される。この関係は 図 の *critical curve* の内側で成立っており、外側の点に対応しては $(dH/dt)^{\frac{15}{2}}$ に比例する関係をうる。これは *critical field* をこえる為新しく逆転磁区が発生し磁壁数が増大することは勿論であるが、*driving force* の増大 (*locking* に絡んだ問題で尚検討を要するが) 等を考えねばならない。いづれにしてもこのときの磁壁は *Bloch type* よりか *cross tie* 又は *Neel type* \propto 近いものと考えられる。この様な判断は $h\perp > 0.4$ でみられる *pattern* から類推してなされる。

$\frac{1}{t}$ と dH/dt の関係と本質的には同じであるが、*switching curve* を描くことも出来る。この場合パルスの時と同様に第 1 の領域、第 2 の領域と分れその遷移点が 図 の *critical curve* \propto 交る附近で、上述の結果と同一である。Gyorgy らは第 1 の領域を磁壁移動、第 2 の領域を *nonuniform rotation* と区分したが少くとも第 2 の領域を *nonuniform rotation* と区分したが少くとも第 2 の領域においても 10^{-7} sec 程度の逆転時間範囲内では *boundary* の移動が主体である。

Normal 薄膜の Slow Switching

b) パルス磁場

広島大理 野 村 基 之

交番磁界でスイッチングの実験を行う場合には磁界は逆向きから連続的に増加し、スイッチングは磁界が変化する途中で完了するが、そのときのスイッチングは磁界の変化速度 dH/dt に依存する。従来のパルス磁界の実験では、立上り時間は一応無視されていたが、我々の今までの交番磁界によるスイッチングの実験結果から判断すると、立上り時間とスイッチングタイムとが同程度の長さになってくると立上り中から逆転が開始する効果が現われ、さらにスイッチングタイムが短かくなると磁界が立上り中に逆転が完了することさえ期待されるようになり、立上り時間は無視できなくなる。

我々は交番磁界のスイッチングの実験の場合と似た条件にするために、パルスに逆向きにバイアス磁界を加えておいて実験を行った。

測定器の関係（シンクロスコープのレスポンスタイムが $6 m\mu s$ でおそい）で、逆転時間が長い領域での実験しかできないので、パルスが切れてから次のパルスが出るまでの長い時間でスイッチングの実験を行った。

立上り時間はパルスの両端でそれぞれ $0.5 m\mu s$ と $2.0 m\mu s$ であるが、 $2.0 m\mu s$ で立上るパルスで逆転をおこさせてスイッチングカーブをかくとカーブは逆転時間が $100 m\mu s$ 付近からねてくる。立上り時間は $2.0 m\mu s$ であるが磁界が H_c をこえてから一定値に達するまでには確かに長い時間を要し、立上り時間と逆転時間とが同程度になってきて立上り時間と逆転時間とが同程度になってきて立上り時間の効果が現れている。これに反して $0.5 m\mu s$ の立上りをもつ側のパルスで測定すると立上りの効果は現れていない。

パルス磁界と交番磁界で測定してスイッチングカーブをかくと傾向は同じで、どちらの場合も同じ機構すなわち全体を通じて *domain boundary* の移動によっている。

"Normal" パーマロイ薄膜の Slow Switching

c) まとめ

広島大理 辰本英二

磁化の変化は、磁場の変化が早くなると追随し難くなるので、 a, c 磁場で逆転させる場合、 a, c 磁場の周波数又は振巾を大きくして磁場変化速度 (dH/dt) を大きくすると抗磁力 (H_c) は大きくなる。それについて、磁化の変化が急速になり始める磁場 (H_{ir}) も又大きくなる。

我々の *film* で容易方向を例にとると、 H_{ir} 或いは H_c が H_k の 3 倍程度までも大きくなると言うのは、磁壁移動による磁化変化が、 dH/dt が大きくなるにつれて、その磁場変化に追随しなくなることと、同時に *film* に H_k の分散があることから回転に対する *locking* が生じ *simple rotation model* から期待される不連続回転が起り難くなり、*locking* されながら回転する *non-uniform* な連続的回転しか起り得ないことになる。

ΔR の測定結果は、逆転時間が $\approx 10^{-7} \text{ sec}$ までの領域の磁化逆転の主体は磁壁移動によることが明らかになった。磁壁移動が主体であると言うのは H_{ir} 或いは H_c が大きくなって逆転時間が短くなるにつれて、全逆転に前述の *locking* されながら回転する連続的回転の寄与が段々と大きくなることを意味している。しかしながら、*switching curve* の始めから第 1 の曲りまではもとより、その次の領域 (*switching time* $\approx 10^{-7} \text{ sec}$ まで) も亦磁壁移動によるもので、*non-uniform rotation* の如き機構によるものではない。

switching の実験的立場からの問題点の 1 つは不連続回転を起させることができるかどうかにあるが、それは 1 つにその様な性質をもつ *film* が得られるかどうかにかかっている。 H_k の分散の極めて小さいものにそれを期待できるが 1 体现在までにその様な *film* が作られているかと言うと、否定的である。少くとも我々の使用した *film* には殆んど期待できない。例えその様な *film* が作られたとしても、その不連続回転の *switching time* は短く現在使用されているパルスではパルスの立上り時間中即ち磁場の立上り中にその逆転は完了する可能性がありパルス磁場で起きたことにならず観測を誤らすことになる。従って立上り時間が zero であれば話は判るが、有限の立上り時間をもつパルスであれば立上り時間が *switching time* に対して無視できる領域の *switching* に対してのみ有効であり、同程度になれば逆転の解析を複雑にする。これに対して dH/dt が一定の磁場変化中に起させると、*switching time* の遅いものから速いもの迄一貫して測定でき、しかも逆転の始る磁場並に終る磁場を知りうる利点もある。パルスにせよ磁

場の立上りを利用するにせよ、 ΔR の測定は、磁化が回転によるか磁壁移動によるかを区分出来る利点をもつ。しかし *switching time* が早くなると B の測定と同様に困難になるが、 B の測定より技術的には容易らしい。

パーマロイ薄膜の困難軸方向スイッチング

電気通信研究所 山 中 馥

パーマロイ蒸着薄膜の困難軸方向駆動磁場によるパルス応答を、線路放電形パルス発生器で駆動する平行平板形ストリップ線路と雑音消去回路を付加したサンプリング・オシロスコープを用いて測定した。装置の全分解時間は駆動パルス前縁において 0.4×10^{-9} sec、後縁において 0.6×10^{-9} sec である。一方、Landau-Lifshitz 方程式の粘性流体近似解からスイッチ時間計算し、測定値と比較した。測定系の分解時間を補正したスイッチ時間（駆動パルスの印加時から応答パルスの頂点まで定義）は駆動パルス前縁において約 0.8×10^{-9} sec、後縁において約 0.9×10^{-9} sec であった。計算値は非常に良い近似をあたえることはできなかった。

駆動パルス後縁においては、磁化の回転方向の動搖による応答電圧の分散を観測した。これら異方性の角度分散を測定することができる。

また二重パルスによる応答電圧の推移から異方性の振巾分散を測定できるが、この場合には薄膜微少部分の相互作用による測定値の乱れが大きい。

回転磁化モード

東北大学電気通信研究所 小野寺 大

磁性薄膜が一軸異方性をもち、单一磁区よりなると考え磁化回転モデルによって解析すると 5 つの型の磁化反転の過程をもつことがわかる。即ち i) 静磁場 H_{\perp} により磁化の安定平衡方向が駆動磁場 H_s 方向と同方向に並ぶため磁化に働くトルクが零となり回転が起らなくなるもの、 ii) 磁化が 360° にわたって回転するもの、 iii) 磁化の回転範囲が 180° 以内のもの、 iv)

磁化の安定点は $H_s = 0$ で確かに 2 つあるが、そのある一方から他方に一旦磁化が移動した後は如何なる H_s によっても前位置に磁化を戻すことの不可能のもの、V) H_{\perp} が大きいため $H_s = 0$ で磁化の安定点は 1 つとなり所謂スイッチング動作の不可能のものである。

以上の 5 種の磁化反転過程のうち、IV) は現在迄その存在が明らかとされていなかったものである。又この型と類似のものが H_{\perp} と H_s の方向が直交しない場合にも理論的に期待される。

ヒステリシス・スコープを用い、この特殊な磁化反転過程の存在を証明するための実験を行なった。この磁化反転による履歴曲線の形は正或いは負、いずれの磁場によっても一方の安定点から他方への磁化移動は示すが、その逆の移動はないものである。このため励磁磁場として正負交互に変る交番磁場をつかったのではこの型の履歴曲線は見ることができない。我々は単発励磁パルスを使用し、ヒステリシスをメモリー・スコープ上に画かせ観測することによってその存在を確めることができた。

バーマロイ薄膜の磁化逆転過程

東大理 佐藤 武郎

蒸着バーマロイ薄膜 (4200 \AA , $H_k = 4.5 \text{ oe}$, $H_c = 1.9 \text{ oe}$) の磁化逆転を longitudinal prick-up を用いて観測した結果、三種類の逆転過程が存在していることが分つた。第一の部分はシグナルの先端に現われる 10^{-9} sec の order のもので H_s を大きくするとこの部分が支配的となる。この部分は rotation によるものである。第三の部分は 10^{-6} sec の order の長く尾を引く部分でこれは edge に undate された逆磁区が wall motion によって成長する過程と考えられる。

第二の部分は 10^{-8} sec の order のもので、第一の部分に続いて出現する再現性の悪いものであり、一種の wall motion が起っていると考えられる。これは ripple の存在のため回転の critical field が場所によって異り、先に回転した部分と残っている部分とが作る stray field のために残っている部分の回転が妨げられ、境界に出来た wall の移動によって逆転が行われるものと考えられる。

以上の三つの部分のどれが支配的になるかは H_s の大きさによって変り、又これらは共存しているのであるから switching time の定義には注意を要する。

スピニ波共鳴

最近のスピニ波共鳴について

金材技研 能勢 宏

1958年 Kittel の予言に始まった磁性膜のスピニ波共鳴は、直ちに Seavey & Tannenwald ('58) にて 80 Ni-Fe 合金膜にて実証された。引続いて Ni、Cu-Ni 合金、Pd-Ni 合金、Co、Ni-Fe 合金、Fe 等の種々の試料にて研究が行われた。これらの研究の意義は交換積分の値が任意温度で直接的に求められる事、従ってその温度変化および組成変化の研究にまで発展した事にある。

所が最近になり Kittel の簡単な理論に対して種々の精密化が行われている。理論的には既に Pincus ('60)、Soohoo ('61) の解析があるが極く最近 Portis も試みている。実験的には宇佐美 et al. ('61)、Kooi et al. ('61)、Wigen et al. ('62) に続き広田が行っている。これらの主な問題点は膜表面の spin の pinning 機構にある。著者の Ni ('60) の実験例では、主に磁性膜の非再現性のために、種々の条件下の膜を多数測定しないと本質を見誤る事があるので注意が肝要と思われる。

薄膜のスピニ波共鳴

松下電器 広田 栄一

Ni 及び Ni-Co 合金蒸着薄膜のスピニ波共鳴の実験と、スピニ束縛機構及びスピニ波のモードについて論じた。Ni 薄膜のスピニ波の解析から交換積分は Kittel の様に膜面の両端でスピニが束縛されているとすると $J \sim 1.3 \times 10^{-14} \text{ erg}$ となる。一方 Foner^{*} によれば $J \sim 4.0 \times 10^{-14} \text{ erg}$ であるからこの差異は、この実験で励起されているスピニ波が Kittel 模型ではなく、一端が束縛され他端は自由であるスピニ波が励起されているとすれば、 $J \sim 5.2 \times 10^{-14} \text{ erg}$ となる。従って著者の実験は此の様なスピニ波が励起されると推定される。又外部静磁場を膜の法線方向から傾けると或る臨界角でスピニ波が消えて強磁性共鳴吸収のみが観測される。この

現象はスピンの束縛が膜の一端に局在した応力の層が出来ているとすれば説明される。即ち、この臨界角以外の角度では膜の本体が共鳴状態に在っても、この応力の局在した層は共鳴状態にならないから境界面でスピンは交換相互作用で束縛される。又丁度臨界角では膜の本体とこの層も一緒に共鳴状態に在り境界面でのスピンの束縛が消えスピン波は立たなくなる。又角度がこの臨界角に近くなると束縛もゆるくなるので、スピンのモードが変る。この様な事情を考慮して、 Ni 、 $90 Ni - 10 Co$ 、 $70 Ni - 30 Co$ 合金薄膜のスピン波共鳴を説明した。尚交換相互作用が *bulk* の値とやゝ異っているが、これは上記の層の形成の為に有効膜厚が減少したと考えられる。この差から表面層の厚みは 100 \AA 程度であろうと推定される。この実験に使用した薄膜は真空度： $2 \sim 5 \times 10^{-5} \text{ mmHg}$ 、蒸着速度： $200 \text{ \AA/min} \sim 500 \text{ \AA/min}$ 、厚み： $1000 \text{ \AA} \sim 2000 \text{ \AA}$ 、蒸着基体：顕微鏡用カバーガラス（厚み～ 0.2 mm ）、蒸着温度：室温～ 150°C 、垂直入射法によって製作した。スピン波共鳴の実験からこの膜は膜面内に等方的な略、 $10^{10} \text{ dyne/cm}^2$ の *tensile stress* がある。又 *g*-因子は Ni 、 $90 Ni - 10 Co$ 、 $70 Ni - 30 Co$ で各々 2.2 、 ~ 2.0 、 ~ 2.0 である。

* S. Foncr and E. D. Thompson : J. Appl. phys. 30, 229S (1959).

「金属における相転移」研究会

世話人 幸田成康

金属の相転移に関する研究には、いわゆる物理的なものから冶金工学的なものまで、かなり、内容・取扱い方の異なったものが含まれる。そのため、同じ相転移を扱いながら異なった学会・分科会で研究発表するという様に、各分野の交流が少ない現状である。そこで相転移関係の研究者が集まって、各分野の研究状態、問題点について話し合うことは、研究を発展させる上にぜひ必要なことで、これが本研究会のねらいであった。本研究会では相転移の問題を

I 規則格子合金の電子構造

II マルテンサイト変態と積層欠陥

III 初期時効の諸問題

の3部門に大別し、38年3月1～2日にわたり、物性関係から会社の工学関係の人まで多数集

まって熱心な討論が行なわれた。

I 規則格子合金の電子構造

(1) 長周期規則格子合金の電子構造

東北大金研 小川四郎

里および *Toth* によって発表された長周期規則格子の安定性に関する理論の紹介である。これは、1961年の国際磁気結晶学会の際に里さん自身講演され、その後も引き続き論文として発表されている⁽¹⁾。まず、AB型の一次元的長周期規則格子 CuAu IIについて理論を展開し、後にこれをA₃B型の一次元及び二次元的長周期構造にまで拡張した。

従来 CuAu II合金に異なった原子価をもつ元素を添加すると、その *anti-phase domain* の周期が著しく変化することが知られていた。また里および *Toth* は蒸着薄膜で電子回析法により、この効果をさらに系統的に調べた。これらの事実をもととして、この種の長周期規則構造を安定化する可能な原因のうち、最も重要な因子は *Brillouin zone* 境界における自由電子のエネルギーの減少であることを指摘した。CuAu I の第1B.Z. は (001) と (110) 面でかこまれる。1原子あたり1個の価電子を含む *Fermi* 面は (001) 面をこえ、第2B.Z. にはみ出しているが、(110) 面ではその近傍に存在する。長周期構造 CuAu IIでは (110) B.Z. の分裂がおこるため、*Fermi* 面はその内側又は外側の境界と交わることになる。これによる *Fermi* 面の歪をあらわす因子を *t* とすると、この面内に含まれる1原子当りの電子数 *e/a* は

$$\frac{e}{a} = \frac{\pi}{12} \frac{1}{t^3} \left(2 \pm \frac{1}{M} + \frac{1}{4M^2} \right)^{3/2}$$

で与えられる。こゝに *M* は *domain* 内の単位胞の数である。*t* を 0.95 とすると非常によく実験結果と一致することを示した。

しかし、上式は *M* を決定する第0次近似と考えられるべきものであって、その他の因子、例えば *anti-phase domain* 境界のエネルギーあるいは格子歪のエネルギー等を考慮する必要があり、この点は定性的議論しかなされていないことが指摘された。また *e/a* が変化しても、実験精度内で *M* が不变である例もあり、今後の検討が望まれた。なお、理論の大筋には関係ないが、エネルギーギャップの計算にミスがあることが指摘された。

- (1) *H. Sato & K. S. Toth, Phys. Rev.* 124 (1961) 1833, *Phys. Rev.* 127
(1962) 469, *J. Phys. Soc. Japan*, 17 Supplement B-II (1962), 262.

(2) 規則格子変態と輸送現象

名古屋大学 工 野 口 精一郎

規則格子の電子構造を輸送現象、特にホール効果の測定により研究した。規則格子ができるこ^トによって新しくできた Brillouin Zone が Fermi 面の近くにあるときには、かなりの電子構造の変化がある。一原子当りの荷電子数が比較的小い規則格子合金では、変形された Fermi 面のうちで carrier が hole としての性質をもつ部分の増加することが推測される。事実 Cu_3Au 、 Cu_3Pd では、ホール定数が規則格子形成によって正の方向に著しく変ることが観測されている。 $CuAu_3$ についても同様の変化が予想されるにもかかわらず、測定結果は殆んど変化していない。これは新しい $B.Z.$ の形成が充分でなかったものと推測される。また一次元的長周期規則格子 Ag_3Mg では、ホール定数の変化の向きが反対であるが、長周期構造と関連して今後の検討が望まれた。電子数が 2 と考えられる $Mg-Cd$ 系の規則格子 (Mg_3Cd 、 $MgCd$ 、 $MgCd_3$) のホール定数もまた、規則化により正方向に変る。これらの場合は、電子数の少い系のように簡単に電子構造の変化を議論することはできない故、より直接的な各種の測定によらねば定量的な議論ができないことが指摘された。

II マルテンサイト変態と積層欠陥

(3) $Au-Cd$ 合金におけるマルテンサイト型変態について

大阪府立大 中 西 典 彦

Univ. Illinois C.M.Wayman

4.75 at % の Cd を含む $Au-Cd$ 合金は高温で $CsCl$ 型の規則格子 β 相であり、これを除冷すると約 60°C で β' (*orthorhombic*) に変態する。しかし、この変態は、変態点より若干上の温度に急冷するとか、変態点直上の温度に 1 週間以上保持するかして冷却した場合には阻止され

て、代りに *stoichiometry* の近い合金 ($49 \sim 50 \text{ at \% Cd}$) に見られる $\beta \rightarrow \beta''$ (*trigonal*) なる変態を行なう。本研究は変態のこの奇妙な挙動を明らかにするため、色々な加熱、冷却を行なって電気抵抗変化を調べ、 $\beta \rightarrow \beta'$ あるいは $\beta \rightarrow \beta''$ 変態が生ずる条件を追求した。その結果によれば、 β'' の方が安定で $\beta \rightarrow \beta''$ は *isothermal* な変態、 β' は準安定で $\beta \rightarrow \beta'$ は *athermal* な変態であると考えた方がよく、また急冷の効果は急冷によって生じた格子欠陥が β'' 相の核形成を助けると考えて良く説明される。

(4) $Cu-Al$ 系 2 元合金のマルテンサイト型 変態における規則化反応の拘束性

大阪府立大 三谷 裕康 中西 典彦

高温 β 相 (B,C,C) から β' マルテンサイト (その構造は次の講演(5)で述べられている) への変態過程を問題としている。 β を $5^\circ\text{C}/\text{min}$. 以上の速度で冷却する時、 $\beta \rightarrow \alpha + \gamma_2$ なる共析反応は阻止されて、途中 β_1 (Fe_3Al 型規則格子) なる中間相を経て β' に変わる。この変態を、鋳造式料について、示差熱膨脹試験により調べたところ、急冷 ($> 500^\circ\text{C}/\text{min}$) では $\beta_1 \rightarrow \beta'$ 変態で膨張し、緩冷 ($< 150^\circ\text{C}/\text{min}$) では収縮する。また顕微鏡組織は急冷の時稻妻模様で、緩冷の時は粒状組織を呈するというように、変態が冷却速度に支配されることが分った。これらの結果から、 $\beta \rightarrow \beta_1 \rightleftharpoons \beta'$ 変態が β_1 の典型的規則格子濃度 (25 at \% Al) に拘束され、緩冷の場合には規則化反応中に Cu_3Al の *ordering domain* を形成し、その後の冷却で生ずる β' マルテンサイトの濃度に局部的変動がおこりうることが分った。

(5) $Cu-Al$ 合金におけるマルテンサイト の結晶構造と格子欠陥

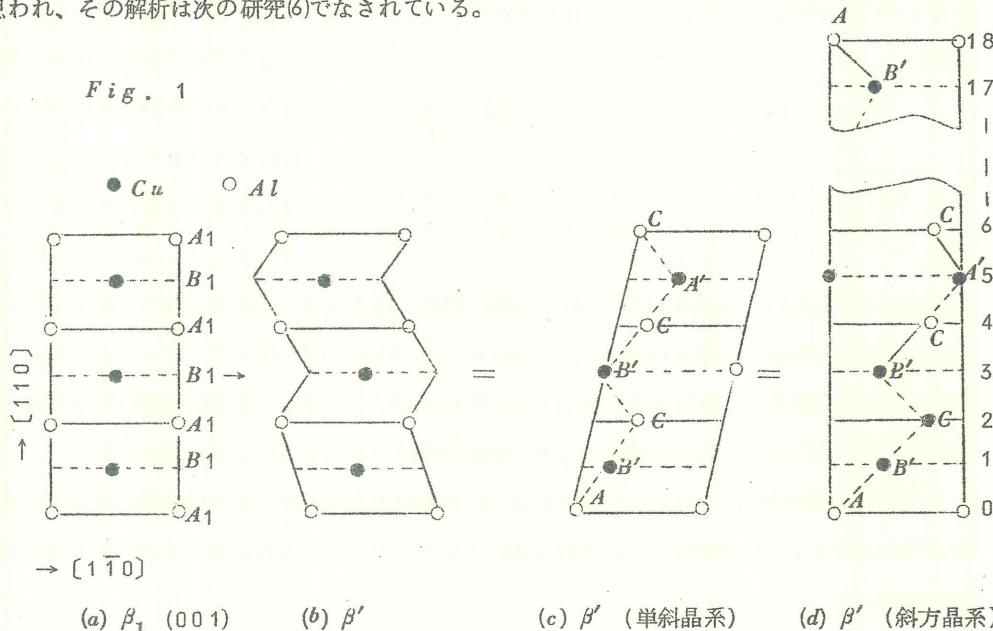
阪大産研 西山善次 梶原節夫

$Cu-11.7 \text{ wt. \% Al}$ 合金について β' マルテンサイトの結晶構造を、電子顕微鏡による直接観察とその制限視野廻折を用いて決定している。

β_1 は、Fig. (a) に示すように、2種類の (110) β_1 面 A_1 、 B_1 が交互に重ったもので、

変態に際してはこの面に平行に $[1\bar{1}0]$ β_1 方向に shear して close-packed lattice を作ると考えられる。shear の方法に色々あるが、 β' の電子回折像を見ると、close-packed plane の間隔の 3 倍に相当する所に回折斑点が現われるので、図(b)の様に 3 枚毎に反対方向に shear すると考え、か super lattice は保存されているとすると 6 層の周期をもつことになる。この構造は図(c)、(d)の如く、单斜晶系、または 18 層の斜方晶系として扱うことができ、実際の回折像と比較的良く一致している。若干の喰い違いは、変態の際生じた積層欠陥によるためと思われ、その解析は次の研究(6)でなされている。

Fig. 1



(6) Cu_3Al におけるマルテンサイト変態に伴う

Stacking Fault Probability の求め方

大阪市立大 理 柿 木 二 郎

前報の西山、梶原によって提出された β' マルテンサイトの結晶構造モデルは、観測された回折像をよく説明し得たが、完全ではなく、附加的な積層不整の存在することが推測された。この問題に対して、従来柿木が展開してきた層状不整格子による回折強度の理論的取扱い方法〔例え

ば、仁田勇監修、X線結晶学、下巻（丸善）参照]を応用し、その *stacking fault probability* を求め、実測と満足すべき一致がえられることを示した。すなわち、西山、梶原の提出した標準的整構造の単位格子は、斜方晶系として、 $AB'C\ B'CA'\ CA'B\ A'BC\ BC'A\ C'AB'$ の 18 層の *stacking* を単位とする。（前報 Fig.1 (d)）これは三枚の積層が次にくる *stacking* に影響を与える（層の影響度=3）場合である。正順、逆順を考慮に入れた *stacking* の順序によれば、 hch' の 18 層となる。一般的には c, h, c', h' の 4 つの可能な *configuration* が考えられ、それぞれのつながり合う確率を次のようにきめる。（但し $\omega_1, \omega_2, \omega'_1, \omega'_2$ は存在確率）

		ω_1	ω'_2			ω'_1	ω_2		
		c	h'			c'	h		
ω_1	c	α	$1-\alpha$	ω'_1	C'	α'	$1-\alpha'$	的ないくつかの構造に対する回折強度及びその分布を出し、実験と比較すると、 $\alpha=0$ 、	
ω_2	h	β	$1-\beta$	ω'_2	h'	β'	$1-\beta'$	$\beta=0, \alpha'=\alpha, \beta'=0$	

の場合が比較的よい一致を与える。これが hch' 順序に外ならない。実測との一致をよくするため $\beta=1$ [C *fault*を入れ逐次近似法で、あらためて β を求め、以下次々にパラメーターをふやして最終値に到達することができた。結論としてこの方法で、このような複雑な積層不整構造の確率因子を求めうること、また非常にするといい散漫散乱がおこりうることが強調された。

また *Swan* 及び *Warimont* による *Paterson* 流の解釈では実測との一致は得られないこと、その後の彼等よりの私信では 22 層の層状構造を考えており、こちらの結果と近いことなどが議論された。

(7) *Fe-Ni* 合金のマルテンサイトにおける 格子欠陥と X-線廻折の Peak Shift

阪大産研 佐藤進一 西山善次

マルテンサイトとオーステナイト地との結晶学的関係や格子欠陥と母格子との関係を知るには、一ヶ一ヶのマルテンサイトについてそれらの関係を知る様な実験が望ましい。この研究では *Fe-3.06%Ni* 合金について、大きくて少數のマルテンサイトを作り、それぞれのマルテンサイト周りのオーステナイトにマイクロビームをあて、先ず格子関係を調べ、次に *back* の位置でマ

ルテンサイトの廻折写真をとり、 $\{310\}_{\alpha'}$ 、 $\{211\}_{\alpha'}$ 斑点1つ1つの peak shift を調べた。その結果、peak shift は stacking fault のみでは説明できず、主軸方向への格子の伸び、縮みが重要であることが判った。すなわち、 a 軸方向に 0.14 %の縮み、 b, c 軸方向に 0.07 %の伸びを仮定すると peak shift の大体の傾向を説明でき、これにて更に $(\bar{1}12)\alpha'$ 面にて stacking fault を考えると良く一致することが判明した。

(8) Bainite 変態には Martensite 的変態の要素があるか。

阪大産研 西山善次 清水謙一

bainite 変態とは、鋼をオーステナイト領域から冷却して A_1 点以下の温度に保持した際に生ずる恒温変態のことであるが、これには upper bainite (保持温度が高い場合) と lower bainite (低い場合) の2種類がある。この研究では、これらの bainite 組織と同じ温度で焼戻したマルテンサイト組織とを透過電子顕微鏡により観察し、比較検討して bainite 変態の機構を推定している。結論を記すと、lower bainite も upper bainite 変態も共に最初過飽和のフェライトがマルテンサイト的に生じていると考えて良く、前者ではフェライト内に積層不整が生じ、その面にてセメンタイトが析出してくる。また後者では積層不整はなさそうで、フェライト内に多数の転位が見られ、セメンタイトはオーステナイトとの境界にて析出してくると考えられる。

III 初期時効の諸問題

(9) 炭素鋼の焼戻しに於ける炭化物の析出について

大同製鋼研究所 江口 勇

0.35 %C を含む炭素鋼の 930°C から水焼入れし、種々の温度にて焼戻した時の析出状況を電顕で観察している。100°C 附近では小さな板状の ϵ 炭化物 (e.p.h.) が見られ、350°C 附近では板状セメンタイトが代って現われる。しかし、300°C 附近では炭化物が全く見られない時があり、これは ϵ 炭化物が一度再固溶して板状セメンタイトに代るためで、時効性 Al 合金に

見られる *GP* 層の復元現象と似ていて興味深い。焼戻し温度が 450°C 以上になると地の中に *subboundary* ができ、この部分の炭化物は凝集して粒状セメントイトを形成する。またこの板状から粒状セメントイトへの移行を、直接電顕内で加熱しながら観察し、転位の運動が粒状セメントイトの形成に重要であることを結論している。

(10) 析出初期における格子欠陥と原子の挙動の *Kinetics*

原子力研 藤田英一

析出現象を、例えば急冷によって凍結された過剰原子空孔が適当な温度で集合化してゆく様に、溶質原子が単独に分布していた状態から集合化してゆく過程と考え、化学反応速度論的な考え方でその *kinetics* を求めている。析出過程を、核生成の過程と核成長の過程にわけて考えると、核生成の過程は次の式で近似される。

$$\frac{dm}{dt} = nK'$$

ここで m は析出粒子の濃度、 t は時間、 n は析出原子の濃度、 K' は反応常数である。また核成長の過程は、 N を一ヶの析出粒子に含まれる析出原子の数とすると、

$$-\frac{dn}{dt} = nmK \quad mN = 1 - n$$

で表現される。この両式から出発して得られる *kinetics* は、Fe-C(又は N) 系の C (又は N) の析出による電気抵抗、内部摩擦の変化と非常に良く一致している。この様な析出過程の取扱いは、従来の析出理論に現われる概念、核の臨界の大きさ、濃度のゆらぎ、析出物の周りの濃度勾配と云った考えを含んでいない点に注目すべきである。同じ様な取扱いを、析出が原子空孔の拡散に支配され、かつ原子空孔が消滅してゆく場合、転位線へ析出する場合等へも適用して、それぞれの場合の *kinetics* を求めている。

(11) 時効における原子空孔の挙動

東大工 橋 口 隆 吉

最近の時効研究の中心的話題の一つである溶質原子と原子空孔の結合を取扱ったもので、 $Al-Cu$ ($1.7 \sim 3.9 wt.\% Cu$)⁽¹⁾ $Al-3.8 wt.\% Cu-0.025 wt.\% Sn$ 、⁽²⁾ $Al-Sn$ ($0.015 \sim 0.025 wt.\% Sn$)⁽³⁾ $Al-Si$ 合金について一連の研究を行なった。一般に時効性 Al 合金を固溶体領域から急冷して室温附近で時効すると、急冷によって凍結された過剰原子空孔によって拡散が促進され、急速に溶質原子の *cluster* ($G-P$ 層) が形成する。こゝでは先ず $Al-Cu$ について、色々急冷温度を変えて、*cluster* の形成速度を電気抵抗変化から測定し、 Cu 原子空孔の結合エネルギーを約 $0.2 eV$ と求めた。ところでこの合金に Sn を微量添加すると、*cluster* の形成は遅くなることが知られている。この理由を、 Sn と原子空孔の結合が Cu と原子空孔の結合よりも大きいため、*cluster* 形成になる Cu と結びついた原子空孔が減少したと考え、 $Al-Cu-Sn$ 合金について実験を行ない、 Sn と空孔との結合エネルギーを $0.4 \sim 0.6 eV$ と推定した。さらに直接 $Al-Sn$ 系で実験を進め、その結合エネルギーが $0.4 eV$ であることを確めた。

$Al-Si$ 系の研究は進行中のものであるが、 $250^\circ C$ での高温時効の速度が、急冷後と急冷後過剰原子空孔が回復した後とで、同じであること、しかし直接 $250^\circ C$ に焼入れ、時効した時はかなり遅くなること等興味ある高温時効の性質が報告された。

(1) *Acta Met.* 10 (1962) 607, (2) *Acta Met.* 9 (1961) 1076

(3) 格子欠陥国際会議 (1962, 9月, 京都)

(12) $Al-Cu$, $Al-Zn$ 合金の低温時効に及ぼす

Mn, Sn の影響

大阪市立大理 太田 陸奥雄

前報と同じく、溶質原子と原子空孔の結合に着目して、初期時効に及ぼす第三元素添加の影響を調べている。試料は $Al-3 wt.\% Cu$ に $0.7 wt.\% Mn$ を添加したもの、 $Al-10 wt.\% Zn$

IC 0.03 wt. %Mn、0.01 wt. %Sn を夫々添加したもので、cluster 形成を電気抵抗変化より調べ、さらにその組織（転位ループの形状等）を電顕で直接観察している。 $Al-Cu$ IC Mn を添加すると、わずかに初期時効の速度は減少するが、前報の $Al-Cu-Sn$ の場合と異なって余り大きな影響はない。また $Al-Zn$ IC Mn を添加した場合も同じで、やはり Mn の影響は小さく、Mn と原子空孔の結合エネルギーは 0.06 eV 以下と推定された。一方 $Al-Zn$ 系 IC Sn を添加すると、 $Al-Cu-Sn$ の場合と似て初期時効は著しく遅れ、Sn と原子空孔の結合エネルギーがかなり大きいことを示す結果が報告された。

(13) 第三元素を含む $Al-Cu$ 及び $Al-Ag$

合金の時効に及ぼす塑性変形の影響

村上陽太郎 河野修
京大工 小松伸也

時効に及ぼす第三元素の影響、さらに塑性変形の影響を実験的に調べている。試料は Al -4 wt. % Cu IC Zr, Ti, Be (0.3~0.4 wt. %) を夫々添加したもの、 Al -20 wt. % Ag IC Zr (0.4 wt. %) を添加したもので、硬度、電気抵抗、X線を用いて、時効過程を調べた。

その結果によると、~0.1 at % の第三元素を Al -4 % Cu IC 添加すると、G-P 層の成長は遅れ、その影響は $Zr > Ti > Be$ の順に大きい。また時効の活性化エネルギーを求めたところ、加工せぬ場合は第三元素添加の有無にかわらずどの合金も ~1 eV 程度である。加工後では、第三元素を含まぬ合金では ~0.5 eV になるが、第三元素を添加したものでは余り変化はなく、~1 eV であった。これは、微量第三元素が加工の影響を screen する様に働くためと考えられた。

(14) $Al-Cu$ 合金の初期時効に及ぼす塑性変形の影響

東北大金研 松浦圭助 幸田成康

Al -4 wt. % Cu 合金に見られる溶質原子の cluster 形成に塑性変形がどの様な影響を及ぼすかを、転位と原子空孔の濃度を考慮して検討している。過飽和固溶体を液体窒素中で数% 変形

し、室温附近で時効して *cluster* 形成を電気抵抗変化から調べたところ、初期の *cluster* 形成は変形によって促進されるが、後期の *cluster* 成長に対応する段階はむしろ抑制されることが分った。促進効果は、活性化エネルギー ($\sim 0.5 \text{ eV}$) の点等から変形によって作られた原子空孔によることが結論された。また変形によって後期の成長が抑制されるのは、転位密度が増加したため原子空孔の *life time* が短縮したためと考えられ、このモデルに立って、転位が *at random* に分布する時と *cell* 構造をとる場合について形成可能な *cluster* の大きさが計算され、実際 *X* 線で観測されている結果と大体合うことが指摘された。

話の概要をまとめるにあたり、平林真氏と松浦圭助氏に御助力を頂いた。こゝに厚く謝意を表する。

共同研究中間報告

パルス高磁場を用いた光物性

菅 野 晓

発足したばかりと思っていたこの共同研究も、もう半年以上（昨年8月発足）を経過していました。吾々の半年間程の貧しい経験がどれ程お役に立つか疑問ですが、これから共同研究をお始めになろうとする方々の御参考迄に、吾々自身の反省も兼ねて、経過報告をしたいと思います。

この研究の最初の目的は、極大値が 300 kOe 位で巾 1 msec 程度のパルス磁場のピーク附近でパルス巾 $\sim 10\text{ }\mu\text{sec}$ 程度の連続スペクトルを持ったパルス光を与えて、高磁場下の固体吸収スペクトルを調べようということでした。このような実験をやってみたい希望は5年前からもたれて居り、この共同研究が発足する迄に Bell 電話研で具体的に計画がおし進められた経過があったのですが、測定がはじまる迄には至って居りませんでした。私が物性研に来てから再び東大物理教室の昔なじみである青柳、三須両氏にこのような実験計画を話しました所積極的な興味を示され、パルス磁場発生用のコンデンサーを購入する資金さえ調達すれば何とか物理教室で実験が出来そうだという結論に到達したのが昨年春頃だったと思います。それから、あれやこれやでこの計画の具体化に頭を痛めている所に丁度物性研共同研究の募集が発表されましたので、これ幸とこれに応募したのが事のはじまりです。

私の所属する研究室は理論ということで実験をするスペースも設備もありませんので、同部門の実験研究室に所属する井口さんにお願いしてこの共同研究に加って頂きました。今振り返ってみると私のアメリカばけを恥かしく思うのですが、応募した時はひどく呑気で、もしこの共同研究が採用されるならそれに必要な最低予算は自然についてくるものと漠然と考えていました。後で述べますように私達の場合は、非常に幸運にも所内のいくつかの研究室の御好意で現在迄計画を進めることができたのですが、裏返えしてみればそれだけ他の研究室に迷惑をかけたわけで、共同研究に応募する時にはもっと慎重でなければならないと反省している次第です。共同研究の為の予算の枠は有限でしかも少額ですから、既存の設備を使うことが器具やお金を持寄って新しい装置を作る共同研究でなければ今の所不可能ではないかと感じています。

私達の場合井口さんの提案にしたがってはじめは予算を申請しないことにしたのですが、小林（浩）研と田沼研からパルス磁場発生用のコンデンサーと実験をするスペース、塩谷研から明か

るぐ分散の大きい分光写真器を提供して下さるとの申出がありましたので一度に最大難問が解決し計画が滑り出しました。パルス光のトリガー装置は井口研の予算で、*delay* 装置は矢島研、井口研、エレクトロのいずれかにある手すきのオシロに内蔵されているものを、液体窒素用金属マホービンは星埜研のものを使わせて頂きました。あの出費は青柳、三須両氏の所属する東大理小穴研、桑原研それと私の所でまかなって居りましたが、実験が進むにつれてどうにもならなくなつて 8 万円程共同利用の校費を出してもらいました。

共同研究計画は相当継続期間に関し制約がありますから、研究がスタートすると同時に 4 ヶ月分位のスケジュールをたて、なるべくそれに従つて仕事を進めることにしました。昨年 8・9 月は磁場コイルの設計、パルス光源の設計、10 月は必要器械の発注に使い、それらが出来上り実験が始ったのは 12 月 11 日でした。正月休みは青柳、三須両氏が学生実験の義務から解放され（平常は週 3 日位来所）連日大いに頑張った結果 1 月 14 日にはルビー結晶 *B* 吸収線の 140 kOe に於ける美しいゼーマン効果の写真が撮れお祝いに 1 ケ 40 円の洋ナマを食べました。ルビーの吸収線については私達低磁場をかけた経験がありますので、テストの意味を持った最初の実験として取上げた次第です。其後磁場の強さも次第に上り、何とかコイルやマホービンを破壊した末、現在では銅線コイルを *Be-Cu* 合金円筒の中におさめた 250 kOe を出すものが安定に働いて居ります。ルビー *R.B* 吸収線の 250 kOe 迄のゼーマン効果は今年 5 月 7 日に一応実験を終えることが出来ました。ルビーの仕事以外に 2 月下旬から 3 月にかけて *CdS* の *magneto-optical effect* を調べるつもりでその予備実験を挿入しました。

前にも述べましたようにルビーの仕事は装置のテスト実験で、これから半導体、金属等の *magneto-optical effect*、磁性体光スペクトル（特に反強磁性体）の高磁場効果などの本格的実験にとりかかる所です。幸い 4 月に開かれた共同利用専門委員会と所員会で期間延長と 27 万円程の校費使用が認められましたので、*magneto-optical effect* の実験に是非必要な液体ヘリウム温度での測定装置と、400～500 kOe を目標にした *Be-Cu* 合金コイルの製作を急いでおります。多分 6 月中旬頃からこれらの装置を使った新しい実験がスタートすることでしょう。今迄はコイルを液体窒素に浸していたのですが、液体窒素の中に少量含まれる酸素によると思われるファラデー回転が高磁場で非常に大きい（数十度）ことがわかりました。高磁場におけるファラデー回転の研究も面白いことでしょう。最近井口研の原田、大東両氏はペリレン結晶に高磁場をかけてスペクトルを調べて居られます。

はじめに予算のことばかり書きましたが、当り前のことながら、もっと大切なのは共同研究のメンバーが共通の非常に強い興味を持ち続けることです。特に外部から来られる人には色々 neg-

ative に働きかける要素が多いのですから標準以上に仕事をやりやすくする機構を作つておかなければならぬと痛感して居ります。人間の能力を結集するむずかしさを考えたら多少の出費は安いものでありませんか？

中間報告を終るに当つて、色々な面で御援助頂いた東大物理の小穴先生、それから所内の多くの研究室の皆様にお礼を申上げたいと思います。多少の気疲れを除けば、共同研究は非常に楽しいものだというのが私の卒直な感想です。

極低温での光電導

物性研 神 前 熙

表題の共同研究は東北大上田正康、池沢幹彦両氏と私達の研究室とで昨年10月から本年1月までの間に行われたものである。

絶縁体結晶の光電導の問題となる素過程は次の2つである。

- 1) 光量子によって結晶中に電子或は正孔の *free carrier* がつくられる過程。実験で測る量は *free carrier* 生成の量子効率 η である。
- 2) *free carrier* が結晶中を動き廻る過程。測定される量は *Schubweg per unit electric field* w_0 で、 $w_0 = \mu\tau$ 、 μ は易動度、 τ は寿命と考えられる。

極低温で実験することの意味

- 1) 量子効率 η は一般に *phonon* に助けられる部分を必ず含んで居るので極低温で測れば *phonon* を媒介としない部分のみを顕著にとりあげて観測することになる。
- 2) *Schubweg* の方でいえば、易動度 μ については *phonon scattering* は死んで通常 *impurity scattering* が支配する温度領域に入つて居る。寿命 τ の方は格子欠陥による捕獲で止まるので極低温の実験では最高純度の結晶が特に要求される。充分な純度を得ることに成功すれば *phonon scattering* を抑えた意味が有効に作用して帶構造を詳しくしらべる為の色々の実験方法を適用する方向に進むことが可能となつて来る。

この研究では $1.2 \sim 4.2 \text{ }^{\circ}\text{K}$ の温度で対象としては *KCl* の *F* 中心からの自由電子をえらんだ。上でのべた2つの問題点をこの特別な例にあてはめてのべてみると次のようになる。

1) 問題とする温度では照射すると単色光の光学遷移に対応した励起状態と伝導帯の底とのエネルギー差 ΔE の大きいものは抑えられ $\Delta E \approx 0$ の遷移だけが有効であると予想される。F 中心の基底状態からの遷移は光吸収帯の名前でいうと F . K . L₁ . L₂ . L₃ の順に高い励起状態へとうつる。つまり ΔE はこの順に小さくなり特に L 吸収帯のモデルが正しいとすれば L の遷移は $\Delta E \approx 0$ の条件を満足することが期待される。

2) mobility μ は少くとも F 中心自身の存在による中性不純物散乱は覚悟しなければならないが実状では普通の高純度結晶（例えば Harshaw）では散乱の緩和時間 τ_s は $\frac{1}{\tau_s} = \frac{1}{\tau_F} + \frac{1}{\tau_z}$ となり、 τ_F (F 中心による散乱) よりも τ_z (他の格子欠陥による散乱) の分だけ短くなっている。捕獲の寿命 τ についても事情は全く同様で τ_F よりも著しく短い τ を与えるのが普通である。（以上のいろいろの τ はむしろ厳密には $\tau \sigma$ (σ : 散乱と捕獲の断面積) といった方がよい。）私達の研究室で得られた zone-refined KCl では τ_x は τ_F に比べて著しく長いので F 中心濃度を減少すれば τ は長く従って w_0 を充分長くすることが出来る筈である。

以上を要約して高純度結晶の極低温での測定という点がこの研究の重点であり特色である。

実験方法、装置としては従来私達の用いて来たもの (JPC 22 309 (1961)) と同じ原理であるが He 温度以下を目指としたので可成りの改造を行った。極低温測定に特有な実験上の問題点とその対策を次にしるしておく。これらははじめ予想しなかったものもあってかなりの努力のち解決されたもので将来他の実験にも役に立つことと思う。

1) 単色光照射強度の問題。4°K以下の測定では試料を液体ヘリウム中に浸しガラスデュワーを用いるのが最も能率的である。紫外光を試料にあてるには透明石英ロッドの全反射を利用するのが最も有効である。光パイプの長さが 70 ~ 80 cmになると金属面の反射は紫外光に対しては実際上使用不可能となる。実験条件では光源は Xenon アーク 500 W (牛尾)、之を石英レンズで分光器の入力スリットに集中する。この方法で分光器として日立 EPU-2 A を用い少くとも 250 mμ までは有効な光量子数を充分に確保することが出来た。光照射側にはネサコートの石英板を用い電極をブロックする石英板 (0.1 mm t) は石英管をブローアーることで得られる。

2) 光伝導測定のノイズ、難問の第一であった。測定の際には $\frac{1}{10}$ 秒の光パルスによる誘起電荷をエレクトロメーターで観測するのであるが、この際測定電荷を伝えるリード（所謂 sensitive lead）が塞剤（電気的に絶縁体である）と接触することを禁ずることが最も大切な点である。この注意を怠ると要求されるノイズ 10^{-15} クーロンに対して約 1000 倍の

ピーク値をもつノイズが極めて不規則的にみられる。この対策としては極低温用同軸コード(東京特殊電線)を *sensitive lead* に使用することによって始めて目的を達した。勿論寒剤中にに入る部分の接続などには上の原則を守るように注意を払う必要がある。

3) 高電圧対策。量子効率 η を求めるには *Schubweg* ($= Ew_0$ 、 E :電界) を試料の厚さと比べられる位にして光伝導の *saturation* を起させる必要がある。このため充分な E を得るには少くとも $1,000 V$ 程度の電圧を試料にあたえることが要求される。ヘリウムガスの最小放電開始電圧は $200 V$ の程度である。この値は *Paschen* の法則での意味で平行板電極に対してのものである。今の場合液体ヘリウムの方は全く関係なくそれと接触しているヘリウムガスの部分即ちクライオスタットから外へのリードの取出し口の所に問題がある。之はかなり *severe* で窒素ガスに比べて (pd) *optimum* (p : ガス圧力、 d : 電極間距離) の値がヘリウムガスではかなり大きいことが原因である。特に液体ヘリウムを減圧使用する装置では充分注意しないとえ高電圧用ハーメチックシールを用いても $500 V DC$ 位で放電を起す程である。即ち高電圧用ハーメチックシールのガラスの部分をヘリウムガスで置換した状態は全く危険だということになる。

之らの実験上のトラブルの解決に時日を費して充分多くのデータをとるに至らなかつたが之らの諸問題はほぼ完全に解決し得たし、またその後の実験によって最初の予想乃至期待も充分実現されることが出来た。スペースの都合上実験結果の詳細については別の機会にゆずりたい。

研究会予告

「エネルギー変換と物性」研究会

エネルギー直接変換は、われわれが効率よくエネルギー資源を活用するうえで重要な課題であり、その学理と技術は現在鋭意研究されており、原子力の解放に続いて次のエネルギー革命を引き起こそうとする形勢にあり、例えば熱電発電、熱電子発電、太陽電池、電磁流体発電、燃料電池等の諸方式が研究開発の途上にある。これらの具体的諸方式の個々の進歩のため、また、エネルギー変換という問題を統一的に取り扱う指導原理を究め、新しい変換方式の探究のためには、多方面の研究者が有機的に連絡することが望ましい。

この度の研究会には、従来エネルギー変換を研究している。またはこれに関心をもっている応用科学者と、純粹に物性を研究している者の有志が参加し、前者の側よりエネルギー変換一般、および具体的諸方式の解説ならびに物性論的に検討すべき問題点の提出があり、後者の側より提出された問題点に対する物性論の現段階よりの見解が述べられることが予定されている。特にこの研究会を契機としてエネルギー変換の物性論的側面よりの研究が進展し、この技術が質的に発展する発端になれば幸である。

世話人の方で予定しているこの研究会の予定内容を記すと、

1. エネルギー変換の意義
2. 物理学的立場よりの考察
3. 化学的（生物的）エネルギーの変換に関する一般論
4. エネルギー変換の具体的方式の解説と物性論的に検討すべき問題の提出
(熱電変換法、熱電子変換法、光電変換法、その他の固体の物性を利用する変換法、電磁流体発電、燃料電池、その他の気体、液体の物性を利用する変換法。)
5. エネルギー変換諸方式における作動物質および附属構成物質の物性論的立場よりの考察
(一般的半導体、半金属の熱電的性質、遷移元素を含む半導体の熱電的性質、熱電子放射体の物性、電磁流体発電に用いられる物質の物性、燃料電池に関連する物性的問題)
6. 総括

であり、それぞれについて、参加者の間で予め分担用意された話題およびそれを緒としての討論

がされる筈である。

このように技術と密接な関係をもつ主題について、その技術の基礎を物理学的に、特に物性論的に検討し、その発展に役立たせようとする物性研主催の研究会は、今までに余り類例がなかつたかも知れないが、この「エネルギー変換」に関心をもつ応用科学者と純粹物性研究者とが積極的に研究会に参加されることを希望する。期日は38年7月上旬、参加者数は約40名を予定している。

世話人 高橋秀俊(東大理) 押田勇雄(学習院大理)

向坊 隆(東大工) 関口忠(東大工)

岡田利弘(九大理)

物性研連絡者 田沼静一

物性研短期研究会「結晶成長」

結晶成長に関する研究会を下記のとおり開催致します。参加希望者は提案者まで御連絡下さい。

研究会名 結晶成長

日 時 7月11日(木)、12日(金)、13日(土)、3日間

場 所 東大生研第1会議室

内 容 高温高圧下の結晶成長、水熱合成法、超微粒子結晶、高分子結晶、化学反応
と結晶成長、*whisker*、*etching*、*twin*、結晶成長に関する問題点、その他。

内容はかなり広がっておりますが、結晶成長に関するはじめての研究会で
もありますので、広い分野にわたって問題点を討論したいと考えております。

提 案 者	東北大金研	山 本 美喜雄
	東大生研	野 崎 弘
	東大物性研	鈴 木 平
々		中 村 輝太郎
々		中 田 一 郎

サロント



ヨーロッパの思い出

物性研 豊沢 豊

「物性研だより」へ、ヨーロッパから何か面白いニュースを寄稿するようにとの、前編集長からのお達でしたが、いざあらたまつて何か書こうとしても中々まとまらないもので、もうばつばつ時効にして頂けるだろうと思って帰ってきましたら、現編集長からとうとう『御用』ということになってしまいました。今さら逃げるすべもないでの、少しづつ思い出しながら、又他の方が既にどこかで書かれた事 (*Semiconductor Conference, Color Center Conference* のことなど) との重複はなるべく避けて書く事にします。

御存知のように、ドイツの大学は、古い伝統を誇る *Universität* と、理工系中心の比較的新しい *Technische Hochschule* (文学、社会科学なども含みますがこれはどうしてもお添え物といった感じです。医学部はありません) の二本建です。西ドイツ南西部 *Baden-Württemberg* 州の首府 *Stuttgart* にも、このような *T.H.* (ティー・ハーと呼ぶ) があって、物理関係としては、*Erstes Physikalisches Institut, Zweites* クラス, *Institut für Theoretische und Angewandte Physik* の3つの研究所があり、第一のものはどちらかといふと古典的色彩が強いのですが、第二のものは *Pick*を中心とする有名な *color center* の研究グループ分子結晶をやっている *Wolf* なども属していて中々活発です。第三のものは、前任 *Fuess* 教授引退の後、*Schottky* の弟子で *Erlangen* にいた *Haken* が三年前に引きついたもので、私が 1962年4月から1年間滞在したのはこの研究所です。主として、*Haken*を中心とする理論グループ、それに *Pick, Wolf* とそのグループに接触しました。恰度時を同じくして、*Laser* の実験をやっている *Bell Telephone Lab.* の *Kaiser* (この人はもともとドイツ人ですが) も、*Haken* の招待で一年間来していました。なお *T.H.* の隣りに *Max-Planck Institut* があり、金属塑性関係の *Seeger* がここの一派と、*T.H.* の中にある *Institut für Festkörperforschung* を兼任しています。*Pick, Haken, Wolf, Seeger* は何れも最近日本を訪問しましたから、おなじみの方も多いと思います。

物理関係の学部学生は、このような色々の人から講義を受けるわけですが、特定の *Institut* に属するようになるのは大学院に入ってからです。一つの *Institut* には原則として一人の *Professor* がいるだけで、中々絶大な権力をもっています。うまくゆけば非常に特色ある *school color* ができますが、やはり弊害も少くないそうです。北ドイツの *Bochum* という町に

全然異なったシステムの民主的な大学を作ろうというプランがありますが、賛否両論共、軽くには割切れないものがあるようです。学生は一般に礼儀正しく、秩序を重んじますが、その反面、批判精神にかけては日本の学生に及びません。

私の義務は、週に一度大学院の講義をすることでしたが、夏学期は不純物伝導、冬学期はグリーン函数の応用と、かなり特殊な題目をえらびました。言葉は、最初と最後だけを何とかドイツ語で体裁をつけ、中間はずつと英語でやるというキセル方式をえらびました。

西ドイツには、外国から来る人々のために、*Goethe Institut* というのが国内方々にあって、ここで二ヶ月程スバルタ式訓練を受ける（日本人はゲーテ収容所と呼んでいます）と、大体不自由なくドイツ語を話せるようになるそうですが、私はそのような時間的余裕を与えてもらえず、又家族ぐるみ収容所に入るわけにも行かないで、娑婆にて少しづつでも実地に当ってみることにしました。所が、だんだんわかってきたことなのですが、ドイツには、いわゆる標準語が、生きた言葉として実在するわけでもなければ、又小学校教育などで標準語に統一しようという意慾もなく、従って我々が覚えたのは *Schwaben* 語あります。

似たようなことは、政治・文化全般に関していくことで、各州が地方自治権を相当大幅に持っていて、ボン村の中央政府にはさ程の集権力がありません。生活にも慣習にも、又人々の気質にも、地方色・封建色が強く残っています。始めのうちは、これはえらく田舎へ来たぞ、と思いましたが、ドイツの色々な地方（いわゆる大都会といわれる所も含めて）をまわってみて、その変化に富んだ地方色には驚いたものです。

このことは、戦前のドイツを戦後の西ドイツの相違を理解する上にも重要な要素です。かっての仇敵関係から見れば信じられない最近の親仏ムードは、アデナウアーの個人プレーもさることながら、もともとフランス文化の影響を強く受けたライン地方あってのことです。宗教についても、プロテスタントとカトリックの割合が地方によって随分ちがいますが、その対立感情も強く、たとえば *München* を首府とする *Bayern* 州では、プロテスタントは要職につけない程度です。このことはやがて、東西ドイツ統一に関して現在の西ドイツ人が持っている考え方にもつながってゆきます。もともとばらばらであったものを、たまたま戦前には統一されていたかうと、それにもどす必要がどこにあるか、というわけです。

まわりの国々を旅行してみると、夫々のお国ぶりばかりでなく、それらの中でドイツという国がどういう立場を占めているかがよくわかります。ナチへの恐怖が消えたかと思うと、今度はその経済的発展の脅威にさらされることになったわけです。ドイツ人の技師は威張っているが、彼等がいないことにはどうにもならない、と口惜しがる人もいました。どこの国へ行っても外国の

車の中ではドイツ・ナンバーが圧倒的に多く、又北イタリヤにはドイツ語が浸透している等、ドイツの国内にいると何もかもばらばらに見えたものが、一步外へ出ると急に一つの国に見えて来るから不思議です。

実際彼等は勤勉だし、物事をやる時は全く徹底的にやります。しかし一方、利口さという点ではイギリス人に一步ゆずり、又（抽象的なものは別として）造形美に対するセンスでは、フランス、イタリヤに比べるまでもなく、何か致命的な欠陥があるような気がします。彼等がモダニズムの極致だと誇る建築物をみても、少しもピンと来ません。経済の繁栄や社会の安定と、文学芸術の面での沈滞とは、何か因果関係があるのでしょうか。

夏休みにはイギリスに渡り、*Exeter* の半導体国際会議に出席した後、*Oxford, Cambridge* を訪れました。伝統というものが、現在の研究活動にどういう役割をもっているか、断片的にでも見たいというのが目的でした。*Oxford* で *Elliott* のいる *St John's College* の staff の会食に仲間入りをし、*Cambridge* で *Mott* が master をしている *College* の学生のカクテルパーティーに仲間入りできたのは、年令層のちがう人々の意見をきけるという点で幸運でした。

若い *generation* は、イギリスのおかれている現在の危機に相当神経質になっています。

Old generation ならとてもいまいと思われるような ばばばした自國批判もやります。古色蒼然とした *Cavendish Laboratory*, そこの廊下にかかけられた *J.J.Thomson, Ruth-erford* 始め歴代の大所長の名前の最後に連ねられた *Mott* 現所長の名は、さすがに何となく小さく見えました。

7月末から3週間、*Scotland* はさいはての町 *St Andrews* で、"Polaron and Exciton" というテーマで夏の学校がありました。*Scotland* 大学連合主催で、毎年場所とテーマをかえてやっているもので、前年度の久保先生の名講義は今も人々の記憶に残っているようでした。今年は *Dingle* (*cyclotron resonance* の提唱者)、*Kuper* (低温、多体問題)、*Green* とその各夫人、それに町の名士夫人連と、まさに大学をあげ、家をあげ、町をあげての *hospitality* につい *escape* の機会も逃してしまいました。大将格は *Fröhlich* でしょうが、*Pines, Elliott, Haken, Schultz* …となかなかにぎやかでした。学生 (大学院から通常の研究者まで) は全ヨーロッパから 60 人程、内イギリス人は半数に少し足りない位でした。

Polaron については、今はもう発表済みの *Feynman* 等の *mobility* の計算と、*Platzman* が報告と、実験家として唯1人参加した *Brown* の、*AgBr* の *polaron* の *cyclotron resonance* の話が、その時としては目新しいものでした。*Brown* 先生、各理論の比較紹介や実験の方法のことばかりに時間を費やし、とうとう質問の時間になってから誰かがたまりかねて、「所で測定

値は？」と尋ねる段になってやっと値をのべたのは、いかにもこの人らしい慎重さでした。

Path Integral の講義をたのまれた Feynman は、St. Andrews IC では night club はないそうだがと、いとも鄭重に招待をことわったそうです。私は、polar づいている一同に、*acoustical* の重要性をぶつという、あまのじゃくの役目をおわされました。*Exciton*については、特にこの時新しいことが報告されたわけではありませんが、来し方をふりかえり、Rochester 会議の折、未だ皆が林先生や Gross の $Cu_2 O$ の実験に半信半疑でいた頃から見れば、はるけくも来たものだという感を深くしました。私ももっとしぶとく *exciton* の実験結果を追求していたら、というようなことも考えました。

後に Strasbourg IC Nikitine をおとづれたとき、彼と Elliott や Haken との間に、實に數数接触があったのを知りました。Elliott の奴計算ちがいばかりしてやがる、などとボヤきながら、それでも彼は理論屋を無類に頼りにしています。Elliott にした所が、Nikitine 先生の結晶、純度はどうかな、と首はかしげているのかも知れませんが、肝心のものはつかんでいます。

色々な場所を訪れ、その歴史を思い、その現在の姿をみた時、いつも感じたのは、彼等の文明のムンムンするような人間臭さでした。或る時にはそれがヒューマニズムという形をとり、或る場合には血なまぐさい闘争となってあらわれたのでしょうが、「自然」という非情の対象とともにむ科学者の執念にも、この人間臭さが一杯でした。

以上、断片的な思い出を順序もなく書きならべましたが、既にノルマを二枚も超過しましたので、この辺で筆をおくことにします。

強誘電的相転移

阪大理 山田 安定

昨年11月から、嘱託研究員として物性研に滞在し、斎藤研究室で星埜、渋谷両氏が行って居られた強誘電性物質の転移についての研究をお手伝いして大変有益に勉強させていただきました。その時の研究の一端をお話したいと思います。

亜硝酸ソーダ $NaNO_2$ は、常温附近で強誘電性を示しますが、 $165^{\circ}C$ のキュリー点の近傍で X 線回折像をしらべて見ますと、正常ラウエ点以外に鋭い極大を与える異常反射が見られます。¹⁾

その様子は丁度、磁性体の 1 つの反強磁性的安定相として注目されつゝある、磁気モーメントのスクリュー構造をもつた相からの中性子回折像と非常に似ています。事実、キュリー点直上の X 線反射強度を解析しますと、 NO_2 基の揃う電気的双極子が、一種“スクリュー的”な配列をもつているとしてよく説明されました。但しこの場合、双極子の方向をかえる事は、イオン基自身の空間的な方向をかえる事になり、一般的には隣接イオンとの接触による反撥ポテンシャルが増大しますので、实际上イオンがスクリュー的にならぶ事は不可能で、“すきま”の工夫が丁度都合のよい、常温での安定位置と、それから 180° 回転した位置丈が許される方向となり、その 2 つの状態への統計的分布が場所と共にサイン函数的に振動している——という意味で「スクリュー」という言葉を使ったに過ぎません。これは異方性エネルギーが非常に大きい時の磁気的スクリュー構造と同じだと云ってもいゝのでしょうか。とにかく現象論的な取扱いでは、強磁性イジング模型が適用できると思われました。そこで、芳田、三輪氏²⁾の磁性体スクリュー構造に対する取扱いを拝借して、強誘電相→長周期をもつ反強誘電相→常誘電相という温度変化を、熱力学的にし自由エネルギーを比較して説明する事を試みました。この場合、交換積分という量を、上に述べた 2 つの安定状態間のエネルギー差 (*Bragg-Williams* 近似での秩序エネルギー) でおきかえれば議論は殆んど磁性体の場合と平行に進める事が出来ます。只、一寸興味深く思った事は、第 1 近似として秩序エネルギーの体積による変化を無視しますと、3 つの相の出現と転移の次数は実験事実に合いますが、秩序度の温度変化などを定量的には到底説明できず、2 次近似として秩序エネルギーの体積に対する依存性を入れますと、秩序度の温度変化、転移点でのその温度勾配、異常膨脹などを定量的に説明できた事です。数式の上では、1 次近似では自由エネルギーを秩序度 S で展開した時、 S^4 迄で止めたのに対し、2 次近似では歪みの効果で S^6 迄とる必要が

ありました。先年、野村氏³⁾は、この物質の誘電的諸性質を研究して、自由エネルギーを形式的に自発分極の大きさで展開した時、実験結果を説明するためには 6 次の項迄計算に入れる必要がある事を指摘して居られますが、私共の計算ではその展開の各項の係数の物理的な意味づけを行い、且つ 6 次の項まで無視できない必然性が、主として秩序エネルギーの体積依存性にあるとした訳です。とにかく、これで種々の実験結果が比較的きれいで説明された事から、分子又はイオン基の向きに関する秩序無秩序型の強誘電的相転移を、分子場近似でのイジング模型で取扱ってもそう見当ちがいでないのではないかと思われます。

所で、イオン変位型の強誘電体（チタン酸バリウム等）について、Cochran⁴⁾は、一寸違った観点から相転移を眺めています。即ち、上に述べた現象論的取扱いのように 2 つの相の自由エネルギーの比較から転移点を出そうというのではなく、一方の相のイオンの振動状態の安定性を追求して、ある振動モードの振巾が発散するところで転移が起るという考え方だと理解されます。これは単なる妄想にすぎないかも知れませんが、秩序無秩序型転移についても同じような考え方をする事が出来そうにも思えます。Klein, Tisza⁵⁾によれば、磁気的相關をあらわす量のフーリエ変換、 $\lambda(q)$ (q は逆格子空間のベクトル) が、強磁性体に対しては $q = 0$ で最小、反強磁性体では $q =$ (逆格子格の中点) で最小となって居り、転移点では、それぞれ最小値を与える q のところで $\lambda(q) \rightarrow 0$ となるという事ですが、再びこのアノロジーが誘電体について成立つとすると、 $NaNO_2$ の場合の $\lambda(q)$ は、 q が丁度“スクリュー相”的周期に相当する q_0 のところで最小となって居り、転移点で $\lambda(q_0) \rightarrow 0$ となるのではないかと思われます。イオン変位の場合には、 $\lambda(q)$ は正に格子振動の分散関係で、Cochran の説明と対応がつく訳ですが、イオン基の向きに関する相關の場合の $\lambda(q)$ がどういう物理的意味をもつのかは余り明確ではありません。只、この量が電気分極のゆらぎと関係するので、実験的には異常反射のまわりの強い散漫散乱を解釈するのに都合がよさそうに思います。

終りに、物性研に滞在中、直接御指導戴きました星埜先生はじめ、斎藤研究室の皆様と、終始示唆的とんだディスカッションをして戴いた三輪氏に、誌上をかりて深く謝意を表します。

References

- 1) S.Tanisaki; J.Phys.Soc.Japan 16 ('61) 490
- 2) K.Yoshida H.Miwa; J.Applied Phys.32S ('61) 8 等
- 3) S.Nomura; J.Phys.Japan 16 ('61) 2440
- 4) W.Cochran; Adv.Phys.9 ('60) 387
- 5) M.Klein L.Tisza; Phys.Rev.76 ('49) 1861

レ タ ー

IBM 7090 のための結晶解析用プログラムについて

理研 桜井 敏雄

IBM 7090 が最近数台国内に輸入され使用できる様になって来ましたが、下記の結晶解析用のプログラムカード及びその使用法が物性研究所結晶部門（斎藤又は細谷）と理化学研究所結晶物理研究室にあります。

ERFR-2 Sly, Shoemaker, Van den Hende

3次元ブーリエ合成 (ペターソン、Fo - Fc 合成を含む)

ERBR-1 Van den Hende

構造因子最小自乗法 (等方性熱振動対角近似)

これ等のプログラムは三菱原子力工業研究所の高橋修一郎博士、打越肇氏及び同社計算所の莊田勝彦課長等の御協力でテスト済みで大体の計算時間は

ERFR-2	反射数	分割数	計算時間	印刷時間
	1792	60×60×30	9/100 時間	60/100 時間

ERBR-1	反射数	原子数	サイクル	計算時間
	2220	113	5	13/100 時間

なお外に ORFLS (Busing, Levy Martin, 異方性、最小自乗法) ORABS (Wehe, Busing, Levy, 吸収補正) のプログラムがあり近くテストの予定です。

物性研ニュース



人事について

昇任 助手 坪 村 宏 37.1.1.16 (大阪大学助教授基礎工学部)

昇任 助手 渋 谷 巍 38.5.1 (京都大学助教授原子炉実験所)

編 集 後 記

- 今回をもって、物性研の研究室紹介は一応終りました。来号からは「研究室だより」として各研究室のその後の消息を順次掲載する予定です。
- 昨年公募いたしました共同研究計画（物性研だより、2巻2号、P.39）のその後の発展の状況を時々報告することに致しました。
- 物性論研究がなくなった今日、レフェリーなしで気軽な投稿ができるのは「物性研だより」だけとなりました。学問の話しでも何でもどしどし御投稿下さい。
- Letters の投稿を募ります。400字詰原稿用紙2枚以内、2・3行の簡単な御意見でも結構です。横書、原稿に所属機関を明記して下さい。
- 原稿送り先、御連絡先は次のとおりです。

東京都港区麻布新竜土町十番地

東京大学物性研究所図書委員長 斎藤喜彦

- 投稿原稿の〆切 奇数月 10日
- 発行予定 偶数月 20日

