



Title	強磁場物性と分光学
Author(s)	堀, 秀信
Citation	大阪大学低温センターだより. 1982, 37, p. 10-13
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/11896
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

強磁場物性と分光学

理学部 堀 秀信 (豊中 4157)

最近いくつかの超強磁場発生法の技術開発が行われ、各種の観測技術の進歩と相俟つていわゆる強磁場物性と呼ばれる分野の発展が著しい。阪大では理学部超強磁場施設に於いて、通常の超強磁場発生法とは異なってマグネット及びその中の試料等の破壊を伴わない発生法を開発中で、現在約700kOeまで出せるものを実用化している。¹⁾ このマグネットシステムは手軽で使いやすく、内径が20mmと比較的大きく汎用性に富みHe温度での光学測定も可能となっている。

従来行われて来た強磁場物性の研究対象は、系が基底状態近くの現象についてのものが主流であった。これに対しエネルギーの高い励起状態が光学的研究の研究対象となってくるが、それは次の点で質的に異なった興味ある問題を含んでいる。たとえば励起状態を電磁波と粒子から成る複合粒子と考えた時、一種の不純物として存在し、濃度を変えやすい事、電磁波を交換してホストと相互作用する事、常に寿命を考慮しなければならないが、それが他方で系の状態を敏感に反映するプローブになり得、又もし励起子系がorderするなら通常のものとかなり異った性格を与えるだろう事、等々……である。

磁場が重要となる励起子のうちで我々が興味を持っているものに、一種の水素様原子である半導体励起子がある。有効質量が小さく誘電率の大きな励起子のうちには、数100kOeの磁場でLandauエネルギーがクーロンエネルギーより大きい“Atom”になるものがある。つまりその“Atom”では、まず磁場でエネルギー状態が決まり、クーロン相互作用は単に摂動として入ってくる。この問題はいわゆるRydberg-Landau転移として研究されて来たもので特に興味ある点は、どんなに磁場が強くとも、小さなクローン引力が磁場に垂直な成分に影響を与えるため、通常の電子ガスのLandau状態と異なったエネルギー構造を持つ事である。そのため強磁場下での励起子の分子結合や多体効果には電子ガスや、通常のAtomの性質から予想されるものとは異なった面が出て来るものと思われる。この研究は、今まで小さい項として無視されて来た反磁性項がどのように現われ始め、主役を演じて行くようになるかを調べる事で、そのエネルギー状態の決定と準位の移行の様子を知る事がまず重要な事であろう。我々は、まず強磁場分光システムの開発から始め、その応用として今まで強磁場が得にくかった事と検出装置の未発達により残されていた分光学に於ける典型的なスペクトルの観測を行った。その後、上記の励起子の研究とMagnon Side Bandの強磁場下の問題へと研究を進めている。

まず強磁場分光装置の事から紹介する。装置の詳しい具体的な点は文献1)を参照してもらう事にして、ここでは要点のみを示す。図1のブロック図に示してある通り、このシステムは、マグネットと光検出器であるOMA(Optical Multichannel Analyzer)及び光源を、パルサーにより所定の時刻に動作させる事で実現される。スペクトル観測は図1の Δt の間に行われこの間の磁場変化を1cm⁻¹以下のエネルギー変化におさえる。“強磁場分光技術”的特徴は、マグネット系の巨大パワー(～1MJ)の“重電”装置と高感度測定系の間のトラブルなどのように解決するかという点と、

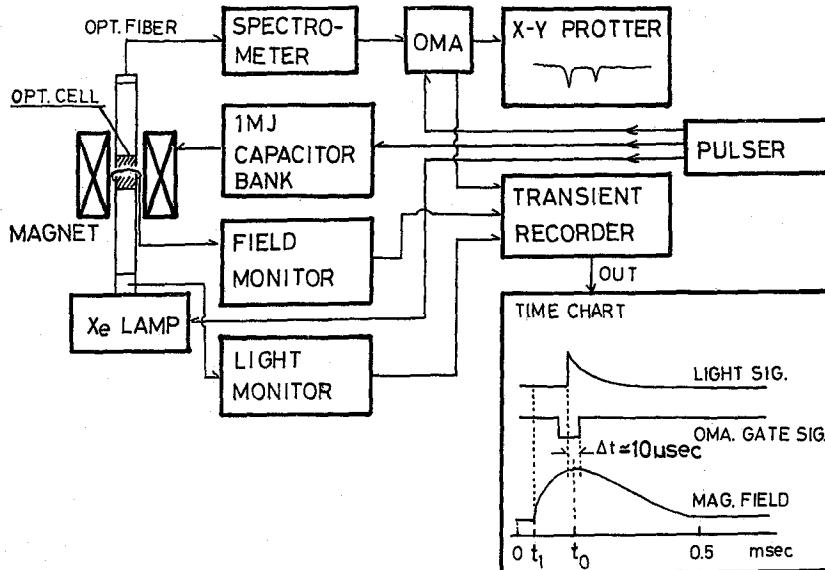


図 1. 実験装置のブロック図

光源と光学セルの部分は実験の目的によって変ってくる。
(色素レーザーや光学用 He デュワー等……)

観測時間が非常に短い事及び(安全性と他の実験とのマグネットの能率的使用のため)ファイバーケーブルで光を伝送する事等による光のロスに対する対策をどうするかという点にある。前者の対策として次の事が重要である。(1) アース系は各測定システム毎に取り共通のアースは取らない。(2) 電気信号は二重シールドケーブルで送り、トリガー系はなるべくフォトカップラーで結合する。(3) 電源は絶縁性の高いトランスとラインフィルターを通じて測定系に供給する。

後者の光学系への対策は次のようにした。(1) 光検出器はフォトマルとはほぼ同じ感度を持つ OMA を採用しデータ処理段階での精度も内蔵のマイクロプロセッサーで良くする。(2) 光源は検出時間の短い事を逆用し、必要な光量を短時間に集中させる事とし、パルス光源(色素レーザー又は Xe ランプ)を採用した。そのワット数は D.C. 的には得られない高いもので、それが可能としても試料を破損してしまう程のものである。

他の技術的な点で強調したい事は、He デュワーを作る際外形が 15mm 位で液体窒素槽を挟んで内径 6 mm 以上にするための細かな細工が可能な石英を材料に選んだ事である。なお光はデュワーの底のウインドーを通して導入する。

この装置を使った例題として、典型的原子スペクトルの Na の D 線、典型的固体スペクトルであるルビーの E 線について、パッシュエンバック領域を含む約 500 kOe までの強磁場スペクトルを観測した。いずれも大筋に於いて理論と一致している。しかし D 線の相対強度に反磁性効果や原子衝突では説明のつかない点が見つかり、⁽²⁾ 又 E 線では spin- 格子緩和と結びついた強度の強い温度効果が観測された。⁽³⁾ 実際のスペクトルの代表例を図 2 に示した。これは外部磁場と C 軸が平行な時のデータであるが、結晶場理論から予想されたすべての分裂成分を観測したのはこれが始めてである。

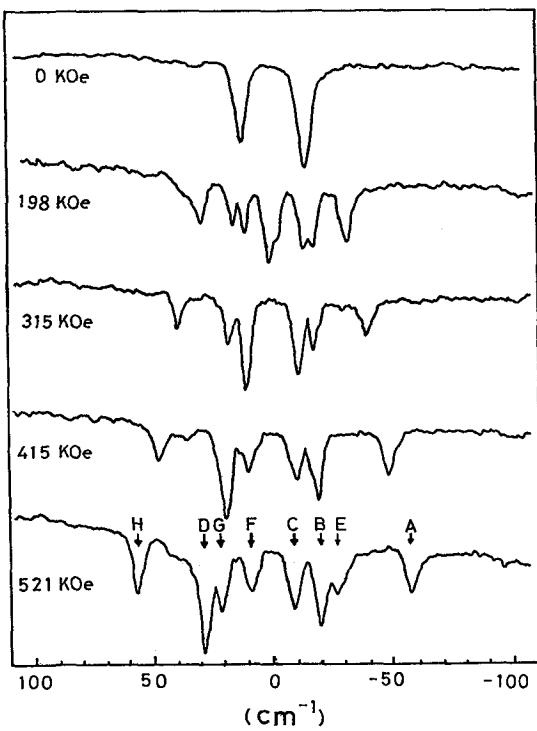


図2. ルビーのR線のスペクトル (C軸// H_0)
521 kOe ですべての分裂線が見えて
いる。

場の方が優先する Atom の状態になる事である。我々は現在準位の移行の問題を中心として研究を行い、各種の光学配置や偏光スペクトルの観測を通じて、有効質量や g 値等の基本量の決定と Rydberg 準位の移行に関するいくつかの結果を得た。図3に In Se のエネルギーと磁場のダイアグラムが示されている。スピン分裂についてのデーターは円偏光フィルターを使って得られた。Ga Se についても少し複雑にはなるがほぼ同じような結果となる。結果として重要と思われる事は、磁場のエネルギー依存性が低磁場側の2乗から高磁場側の1乗へ近づいて行っている事と、Lee 等⁽⁴⁾の理論を実験的に否定した事である。彼等の主張は「Rydberg 状態の各準位は磁場をどんなに大きく

強磁場下の励起子については、 $Rb_2 Co F_4$ の Magnon Side Band と Ga Se, In Se の励起子吸収について研究を行っている。Magnon Side Band については磁場による上下の分裂成分の勾配が異なる事が見い出され、それが今までの常識と非常に違う興味ある点である。これについては解析中の事や未発表の事もあるので別の機会に譲り、東北大の仁科グループと共同で行った Ga Se と In Se の励起子吸収についての結果を示す事とする。これ等の物質の特徴は、1s 状態の Landau エネルギーと Rydberg エネルギーの比が、Ga Se では 400 kOe, In Se では 270 kOe で 1 になる。それ以上の磁場では磁

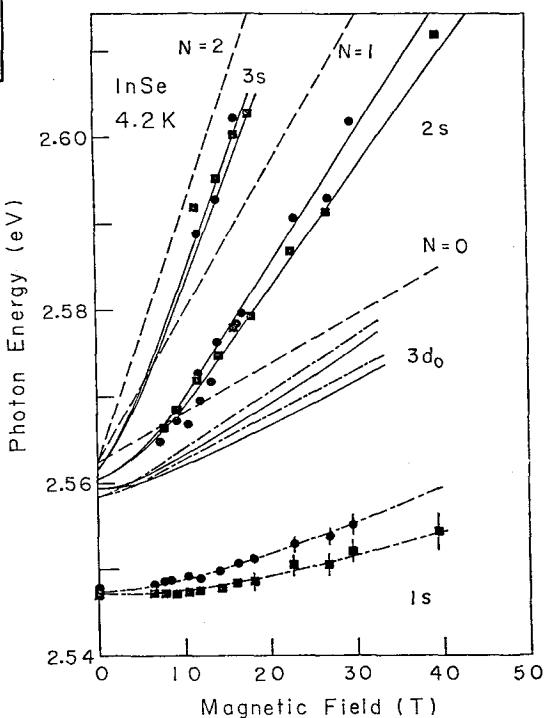


図3. In Se の Energy-Field ダイア
グラム $N = 0, \dots, \infty$ 等は伝導帶
の電子の Landau 準位
●印は右まわり、■は左まわり偏光ス
ペクトルのデータである。3d₀ 近
くの準位は Shinada 等の理論による。

しても、自由キャリヤーの最低のLandau 準位(図3中の $N=0$)に低エネルギーから漸近するだけで交差して上に出る事はない」という事で、我々の結論は伝導帯の中にも励起子準位が存在する事を意味する。

更に充分高い磁場での研究により1s状態についても同じ結論が得られるか、またそのすべての準位はどのようになるかを調べ、励起子分子、多体問題へと研究を進めたいと考えている。その際には螢光スペクトルの観測も有力な手段になるので現在その技術開発も行っている。

参考文献

- (1) 伊達宗行編：阪大強磁場 No 1 (1979).
- (2) H. Hori, M. Miki and M. Date : to be published.
- (3) H. Hori, H. Mollymoto and M. Date : J. Phys. Soc. Jpn. 46 (1978) 908.
- (4) N. Lee, D. M. Larsen and B. Lax : J. Phys. Chem. Solids. 34 (1973) 1059.