



Title	サイクロトロン共鳴と励起子
Author(s)	大山, 忠司
Citation	大阪大学低温センターだより. 1974, 5, p. 2-3
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/5056
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

“サイクロトロン共鳴と励起子”

教養部 大山忠司

ゲルマニウムやシリコンの様な半導体においては低温で光励起された電子と正孔はクーロン引力によりその大部分が結合状態を作りいわゆる励起子と呼ばれる準粒子を構成し $10^{-5} \sim 10^{-6}$ s の間、準安定状態として存在することはよく知られている。この励起子の密度が高まるにつれて励起子間の相互作用により励起子分子或は電子一正孔液滴の生成、更にはボーズ・アインシュタイン凝縮？等多彩な変化が予想される。我々の研究室ではこの高密度励起子系に関する研究を 35 GHz のマイクロ波及び遠赤外レーザーと磁場とを組み合わせた磁気光効果及び電流磁気効果等から追求しているのでその一端を紹介したい。

先ず温度は液体ヘリウム温度以下に限るとして励起子濃度の比較的低い領域で興味ある現象の一つに電子一励起子散乱の問題がある。これまで格子振動や不純物による散乱問題に関してはかなりの実験や理論が報告されているが励起子による散乱に関しては励起子が準安定粒子であること等の困難さの為にほとんど調べられていない。我々は時間分割型サイクロトロン共鳴の方法で共鳴線幅の解析から先ず実験的にこの散乱確率の大きさを見積ることが出来た。励起子は電子と正孔がクーロン力で結びついた一対の複合粒子であるから見かけ上は水素原子モデルで良く理解される中性不純物と類似している。しかしつつ大きく異なる点は中性不純物の場合には電子あるいは正孔を捕えている不純物イオンの質量が電子や正孔に比べて非常に大きく完全に静止していると考えられるのに対して、励起子の方は電子と正孔の質量が同程度の為に電子との散乱問題を厳密に解くためには三体問題として取り扱わなければならぬので非常に難しい問題であり今後の課題である。実験結果は正孔がマイナスイオンに捕えられたアクセプターと電子がプラスイオンに捕えられたドナーとの散乱の中間の大きさで幾分ドナーに近い値を示しているのは電子間の交換効果の影響によるものではないかと思われる。

次に励起子濃度が高くなり励起子間の相互作用が強くなると複合粒子であるボーズ粒子としての統計的振舞いに従うか、あるいはフェルミ粒子としての多体的效果を反映するかの興味が出る。前者はボーズ・アインシュタイン凝縮に連なるし、後者は電子一正孔液滴と呼ばれる相への相転移の問題となる。ゲルマニウムやシリコンについてこれまでボーズ・アインシュタイン凝縮に関する報告はなされていないし我々の所でもそれらしい現象は見出していないがシリコンについてはまだ可能性が残されている様に思う。我々はゲルマニウムをキセノンランプ又は YAG レーザーによるパルス光で励起して 35 GHz のマイクロ波の透過を調べた。2 K 以下では通常のサイクロトロン吸収線以外にかなり幅の拡い吸収が観測

された。これは電子一正孔液滴による吸収として解釈される。即ち液滴は濃度 10^{17} cm^{-3} の電子一正孔プラズマとなっているので通常はマイクロ波は侵入せずほとんど反射されてしまうが磁場の存在の下では電子及び正孔のサイクロトロン運動とプラズマとが結合して、特定の磁場の値で共鳴的に電磁波が侵入し吸収される領域があり前述の吸収はこの計算とよく一致している。通常のサイクロトロン共鳴吸収も同時に観測されることからこの様な条件の下では電子、正孔、励起子から成る気相に対応した部分と、電子一正孔プラズマ状の液相に対応した部分が共存している状態になっているものと思われる。更に電磁波の周波数を高める為に遠赤外レーザーを用いて同様な試みを行ない、この場合にはプラズマ周波数とレーザーの周波数が同程度で磁気プラズマ共鳴と呼ばれる共鳴線が観測されるので液滴に関する更に詳しい情報が得られつつある。この液滴の生成・消滅及び安定性については電子と正孔のエネルギー状態、つまりバンド構造と直接関係するために一軸性のストレス等を加えることによってバンド構造を変え、それが液滴の状態にいかに寄与するかということも興味ある現象である。我々の現在までの実験では一軸性ストレスは液滴の蒸発効果を激しくし不安定にするという結果が得られている。この様に高密度励起子の問題は物質のバンド構造や多体効果を含む複雑な現象として目下半導体分野の興味ある研究テーマの一つとなっている。

***** 表紙写真説明 *****

100キロガウス・2セクション・スプリット型超電導マグネット

昭和47年度科学研究費によって工学部に設置された、共同利用を目的としてすでに4つのグループが利用を行なっている。

最大発生磁場(4.2K) 106.5 kG, 有効内径 26mm

マグネット外径 250mm, 高さ 348mm

クライオスタット 深さ 1300mm, 所要液体ヘリウム 28ℓ, 蒸発量 平均 1ℓ/h

外側線材 Nb-Ti 多芯合金線、内側線材 Nb₃Snテープ。

4方向に光学窓付、レンズ等の取付も可能、内側マグネットを取りはずすと、内径 140mm の50kGマグネットとなる。