飽和分光によるリチウム原子スペクトルの超微細構造の測定

第一理学系
物理学科（レーザー分光物理学研究室）
芳地 堅司

はじめに（１）飽和分光法とは レーザー出力を二つのビームに分割し，各々試料媒質中を互いに逆向きに通過させる．一方のビーム(飽和光)は，他方（プローブ光）よりはるかに強度を高くしておき，また振幅変調をかけておく．飽和光とプローブ光のどちらも同じ分子のグループと相互作用できる場合には，媒質はプローブ光に対して透明になる．これが起こるのはレーザー周波数が遷移周波数とちょうど一致し，レーザー光がそのビーム方向の速度成分をもたない分子によって吸収されるときに限られる．これらの条件下で，プローブ光も振幅変調を受けるようになる．レーザーの周波数をスペクトル線の中心から外すと, 飽和光によって飽和される分子群とプローブ光は相互作用することができないので, プローブ光の振幅変調は起こらない.

（２）リチウム原子スペクトルの超微細構造

リチウム原子とは原子番号３，原子量６．９４０．同位体の質量数は６（存在比７．４２%)，７（存在比９２．５８%）の金属です．１８１７年スウェーデンのＪ．Ａ．Ａｒｆｖｅｄｓｏｎによりペタル石から発見され，名称は石を意味するギリシャ語（ｌｉｔｈｏｓ）に由来する．物理的性質は，銀白色のやわらかい金属で融点１８６℃，沸点１６０９℃でまた固体単体中最も軽い物質です．化学的性質は，乾燥した空気中室温ではほとんど酸化されず，酸素中２００℃以上で燃えて酸化リチウムとなります．また，室温で水と反応します．原子半径は１．２２５Åで，イオン半径は０．６０Åです．市販品は線，リボンに加工されたものか,ショットにしたものです．空気による酸化を避けるため石油, パラヒィン,油中に浸して保存します.

アルカリ金属の単体をブンゼン灯の炎の中に入れれば，リチウムの場合であると深紅色の炎を発します．そして，この着色した炎を分光器を通して見ると，それぞれ特徴のあるスペクトル線を示す．その波長は,６７０８Å(赤)，６１０４Å（橙)，４６０３Å(青)，４１３２Å，３９１５Å(紫)です．このリチウムのスペクトル線を発振波長が約６６００～６８００Åの半導体レーザーを用いて分析する事が,この実験の目的です.

（３）研究の具体的内容

［１］実験器具

①光学素子

Ｌ：レンズ

Ｍ：ミラー

ＰＤ：フォト・ダイオード

ＦＰ：ファブリ・ペロー共振器

偏光板

音響光学素子

ビーム・スプリッター

チョッパー

②測定機器

半導体レーザー

ロックインアンプ（ＳＲ５１０）

X掃引き用アンプ

プリアンプ

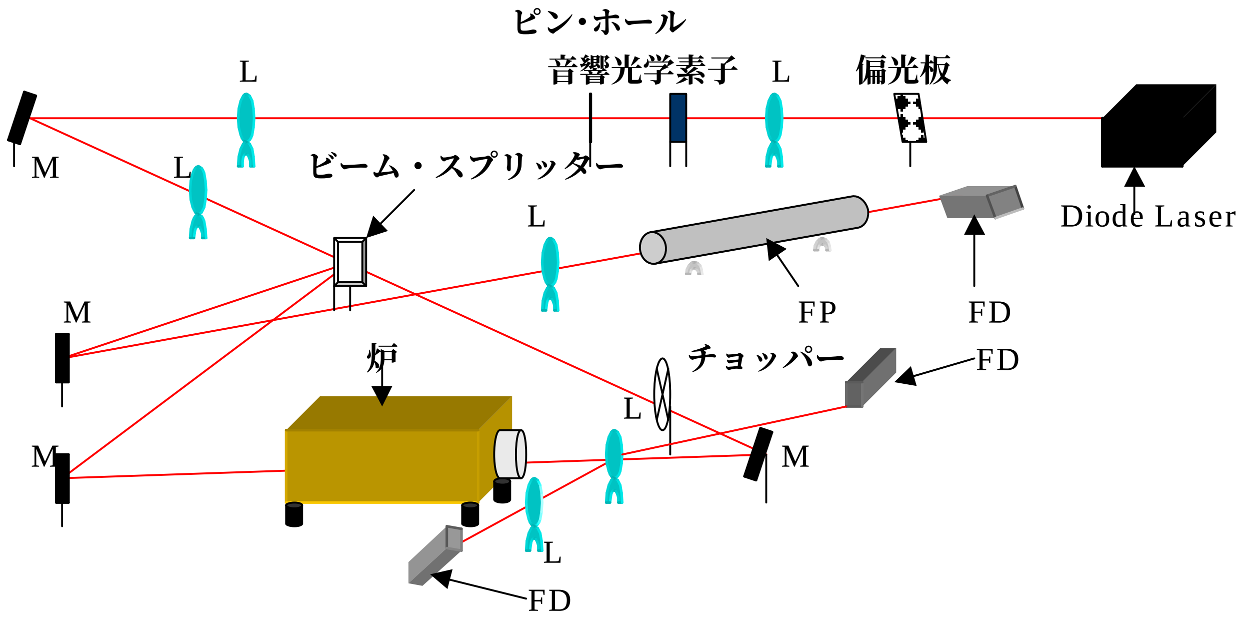
コンピューター

ヒートパイプ（炉）

真空ポンプ

温度計

［2］測定装置



［3］測定結果

図１～図９に測定結果を示します.

630A01.XY　AD Ch.1 Probe 420℃ abs

630A03.XY　AD Ch.2 FP3GHz

630A05.XY　AD Ch.3 reference

図１．透過光と吸収光の強度．ファブリ・ペロー干渉計．

図２．透過光と吸収光を $y=-\log_{10}((I_1[x]I_2[0])/(I_2[x]I_1[0]))$**と理論計算した曲線**.

図３．図２の第１番めのｐｅａｋを理論計算した曲線.

図４．図２の第２番めのｐｅａｋを理論計算した曲線.

図５．図２の第３番めのｐｅａｋを理論計算した曲線.

—— 630A09.XY　Lock-IN 384℃peak1

· 630A10.XY　AD Ch.2 FP300MHz

図６．第１番目のｐｅａｋの超微細構造.

—— 630A13.XY Lock-IN 384℃peak2

· 630A14.XY AD Ch.2 FP300MHz

図７．第２番目のｐｅａｋの超微細構造.

—— 630A15.XY Lock-IN 384℃peak3

· 630A16.XY AD Ch.2 FP300MHz

図８．第３番目のｐｅａｋの超微細構造.

図９．第１～第３番目のｐｅａｋの超微細構造.

［４］データ解析

図１の吸収曲線で，^{7}Li と ^{6}Li の存在比は，^{7}Li が９２．５８%，^{6}Li が７．４２%となっており，^{7}Li の存在比が大きいので吸収の量も多いといえます．この実験を通して，原子の同位体の存在を肌で感じる事ができました.

図３～図５の理論計算は，吸収スペクトルがガウス型の分布曲線で近似できる事が知られており，その式は $y=a*\exp(-(x-b)/c)^2+d$ で与えられる．この理論式より半値幅が計算により求められ，半値幅は$\Delta_{\delta 1/2}=2c\sqrt{\log((2a/(a-d))}$ となります．修正されたガウス分布より求めた半値幅$\Delta_{\delta 1/2}$は$\Delta_{\delta 1/2}=2\omega_0\,(2K_BT\ln 2/mc^2)^{1/2}$ で与えられます．この式より，T が計算でき $T=(mc^2/2K_B\ln 2)(\Delta_{\delta 1/2}/2\omega_0)^2$ となります．ここで K_B はボルツマン定数です.