

4 波 混 合 法 に よ る 分 光 理 論 (特にBloembergen Resonanceについて)

大阪市大・工 横 田 万 里 夫

4波混合法はいわゆる Coherent 分光法の一つでレーザー光と物質との相互作用をしらべるために重要な実験手段である。今光 1, 2, 3, を用いて 4 を発生させるとすると原子の基底状態を g , 励起状態を e, e' とすると図 1 のような過程が考えられる。この過程で波数ベクトルと振動数について次のような条件が必要である。

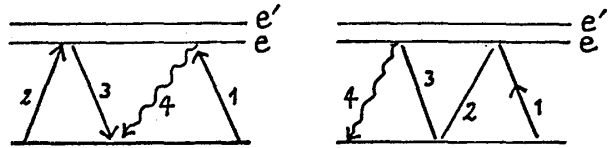


図 1

$$\mathbf{k}_4 = \mathbf{k}_1 + \mathbf{k}_3 - \mathbf{k}_2 \quad (1)$$

$$\omega_4 = \omega_1 + \omega_3 - \omega_2 \quad (2)$$

(1)は多原子系での空間的な位相に関して成立つ条件で過程の弾性, 非弾性には関係がない。
 (2)は全光子系を Coherent state で表したとき縮退した状態の線形結合で表現しうるための必要条件で過程の弾性, 非弾性には関係がない。Bloembergen Resonance は Pressure-induced extra resonance in four wave light mixing (PIER 4) の俗称で図 1 の左側のような過程の一種で, $\omega_1, \omega_2, \omega_3 = \omega_1$ で $\omega_4 = 2\omega_1 - \omega_2$ なる関係がある。この過程の特色は $\omega_2 - \omega_1 = \omega'_e - \omega_e$ のとき第 4 波の発生に共鳴現象がみられる。

更に(1)一般的にはこの現象は禁止されていて衝突による擾動のみがこの現象を生じうる。

(2)第 4 波は Coherent でその強さは 3 つの波の強さの積に比例している。

(3)又第 4 波の全強さは擾動原子の圧力に比例している。又一方非共鳴的な background は擾動原子の圧力に関係がない。

このような事を説明する為に Resolvent 法を用い全系を量子化し光子系には Coherent state を用いて議論した。その結果まず条件(1)は atom gas のしめる体積が有限のため厳密にはなりたらず, この不確定性が特色(3)を示すためには不可欠であることがわかった。又この現象をきめる最も重要なパラメータは Grnberg が示したように 2 つの励起状態の擾動原子の衝突できまる, エネルギー準位の相関である。

最終表現は Bloembergen の得たものとパラメータの極限において異なるものであるが, 実験

条件のなかではすべての特色を説明する。この表現の違いは外部擾動系の効果のとり入れ方が異なるため、Bloembergen 達の指摘した Resonance の原因は全く正しい。又この現象の理解のためには Back ground の役割が重要であり、弾性的な共鳴 ($\omega_1 = \omega_2$ で生じる) によって生じた第 4 波の不確定性によるすそが $\omega_2 - \omega_1 = \omega'_2 - \omega'_1$ のところまで及び (中心より数桁小さい) それが PIER4 を induce していることがわかった。

結局 PIER4 は induced Rayleigh 散乱の非弾性的な干渉効果であることがわかった。このように非弾性でも干渉効果が生じるのはレーザー光の Coherency のため Coherent 分光ならでは現象で発光原子の数の 2 乗に比例した共鳴 4 波が生じる。

半導体極微デバイスの非線型緩和

名大・工 沢 木 宣 彦

サブミクロン半導体デバイスでは活性領域やチャネル長等の大きさが、電子の平均自由行路長と同程度であり、電子の散乱現象にメモリー効果や、高電界下であることによる種々の非線型現象が現われる。我々は密度行列に対する運動方程式を電界下で解くことにより、電界印加直後の電子速度の緩和現象を調べた。化合物半導体を想定し、散乱形態には極性光学フォノンを考え、電子-格子相互作用による緩和は散乱行列を求めることにより考慮し、フォノン系は無限大の熱浴を仮定した。電子-格子相互作用は高次項 (多重散乱) を取り入れることにより従来の方法より精度を上げた。得られた結果は：

[1] 電子速度の時間変化は、単純な緩和型を示さず、振動成分を伴った、緩和振動の型を示した。この原因は、散乱が非弾性散乱であることによる。電子-格子相互作用による電子の自己エネルギーの実部が虚部に比して大きい程、振動成分が大きくなる。このことは非弾性散乱に対して、一定の緩和時間では現象の記述ができないことに対応している。

[2] 高電界下では、電子-格子散乱が瞬時に起るとする仮定はあやしくなる。電界により散乱中に生ずるモメンタムの変化が散乱確率を減少させる。この効果は散乱に伴うモメンタムの変化 ($\mathbf{q} = \mathbf{k}_f - \mathbf{k}_i$) が大きい程大きい。即ち散乱ポテンシャルが short range である程大きく、極性光学フォノンの如き小角散乱を主とするものでは小さい。

[3] 巨視的な緩和時間と同程度の超短時間では、散乱はマルコフ過程とはみなされずメモリー効果が現われる。電子速度の時間変化から得られた速度の自己相関関数 $\phi(t)$ は緩和振動型と