

# アイソエレクトロニックトラップ (isoelectronic trap)

水越 猛夫

間接遷移半導体であるガリウムリン(GaP)に不純物として窒素(N)をドーブした場合、窒素は同じ 族原子であるリン(P)と置き換わる。このとき、電気的には中性のままである。しかし電子のひきつけやすさを表す電気陰性度 ( 電気陰性度 ) は窒素のほうが大きい。このため、窒素原子の周辺では電子をひきつけやすくなる(電子トラップとなる)。このようにしてできるトラップをアイソエレクトロニックトラップという。

下図のように直接遷移半導体 ( 直接遷移半導体 ) では電子と正孔は他の影響なく再結合できる。しかし、間接遷移半導体 ( 間接遷移半導体 ) では、電子と正孔は格子振動(フォノン)の助けが必要である。このため、間接遷移半導体は発光が起こりにくい。

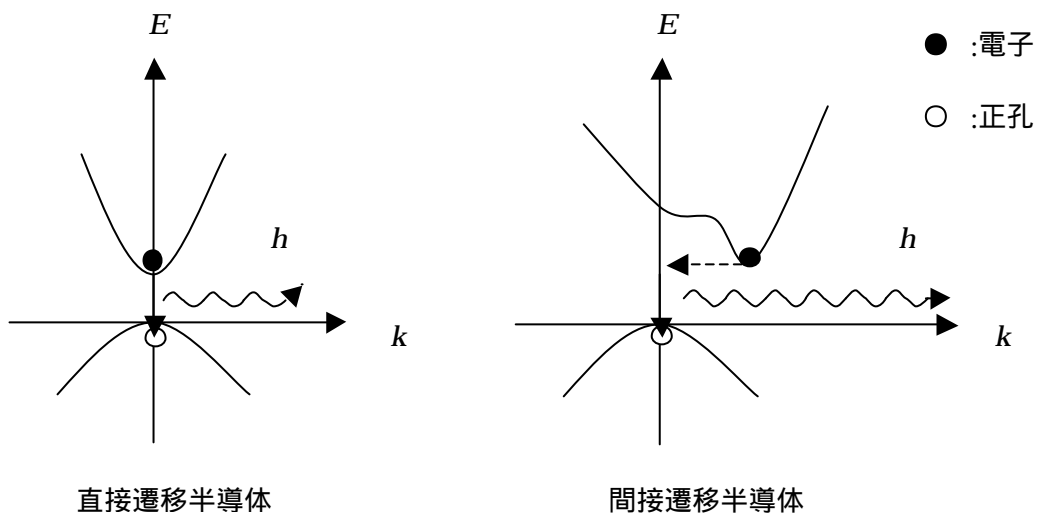


図 1 直接遷移半導体と間接遷移半導体

アイソエレクトロニックトラップの存在する間接遷移半導体では、図 2 の(A)のように伝導帯の底に電子トラップが存在し、そこに電子が捕まる。( B )

このとき、窒素原子が電子を捕まえる範囲は非常に狭い。このため、電子が捕まったとき、その電子の存在する位置  $x$  はほぼ決まる。

$$\Delta p \cdot \Delta x > \frac{\hbar}{2}$$

上の式は不確定性原理の式 ( 不確定性原理 ) である。

もし、位置  $x$  が確定できれば、運動量  $p$  の値を決めることができない ( 運動量  $p$  がどん

な値でもいい)ということの意味している。

また、運動量  $p$  と波数  $k$  には、

$$p = \hbar k$$

という関係がある。

これらのことより、位置  $x$  が決まれば、波数  $k$  はどのような値をとってもいいようになる。(C)

このとき、(D)のように電子と正孔は直接遷移半導体のように再結合ができる。このような遷移過程を擬間接遷移という。よってアイソエレクトロニックトラップのある間接遷移半導体はふつうの間接遷移半導体より効率よく発光できる。

これを利用して、GaP や GaAsP が発光ダイオードとして使われている。

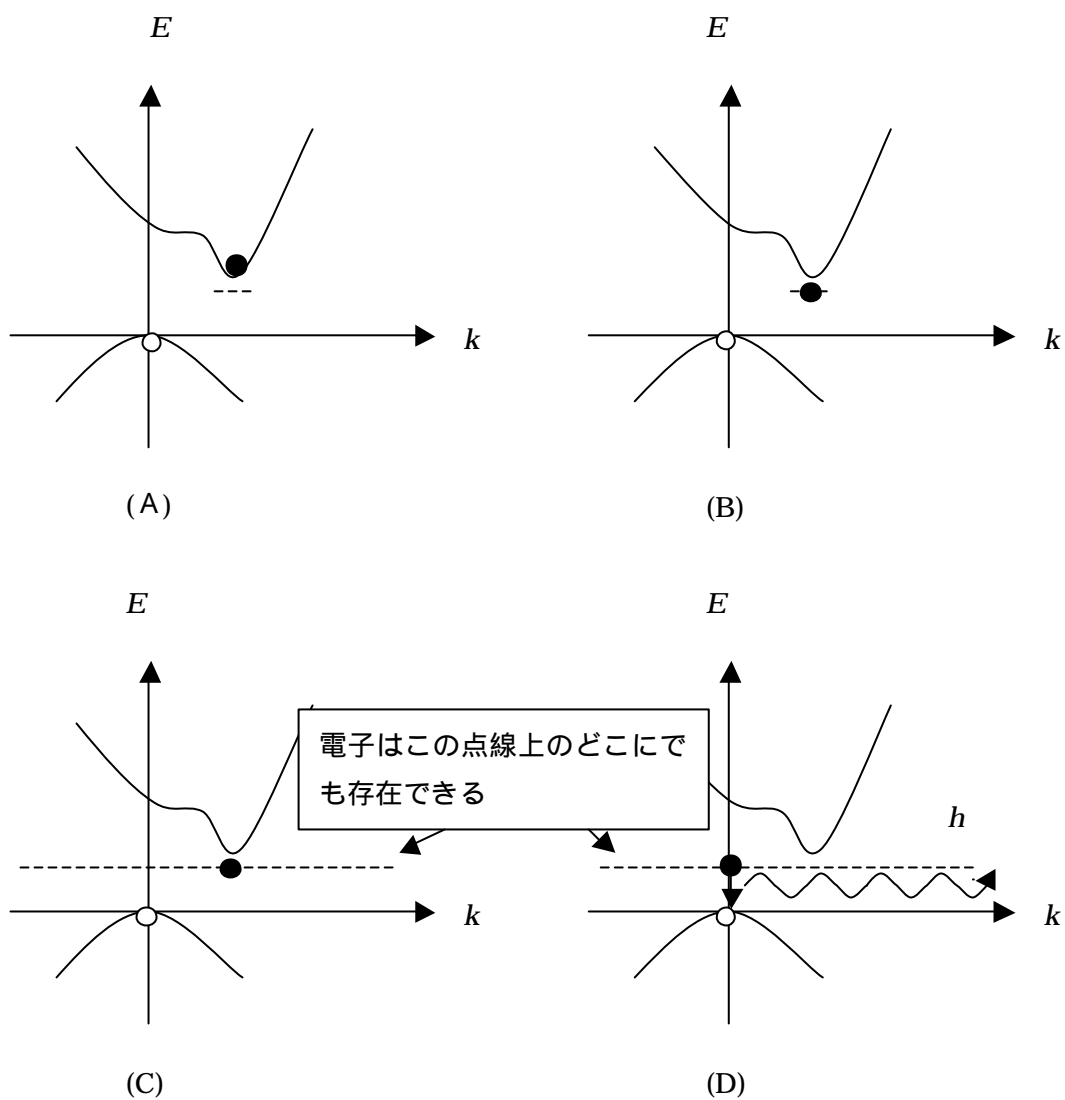


図2 アイソエレクトロニックトラップのある間接遷移半導体の遷移過程