

6-5 赤外分光検知 MOS トランジスタ

日立中研

片山良史, 小寺信夫, 小松原毅一

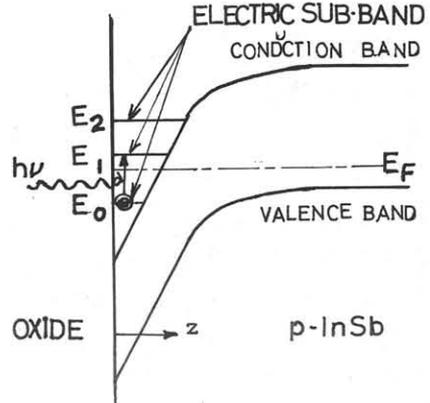
MOS トランジスタの反転層の光導電特性を利用して, 赤外領域で動作する tunable detector を製作した。この detector は, 光導電現象から赤外光を検知し, 波長の同調は MOS トランジスタのゲート電圧 V_G で行うので, 本質的に非常に高速の tunable detector になり得るものである。

基本原理・目的 MOS トランジスタの反転層のキャリア濃度 n_0 および電子エネルギー構造は, ゲート電圧 V_G で自由に制御できる。低温で, ゲート電圧 V_G をかけ表面を十分に反転させると, 表面反転層内のキャリアの de Broglie 波長が反転層の厚さより大きくなる。このような条件下では, キャリアの運動は反転層の厚さ方向 (z 方向) には第 1 図のように逆三角形のポテンシャルの中で量子化されて, そのエネルギーは離散的な値 E_0, E_1, E_2, \dots となる。半導体の表面に沿った残りの二次元についてはキャリアは自由に運動できる。この E_0, E_1, E_2, \dots は Electric Sub-band と呼ぶ¹⁾。異

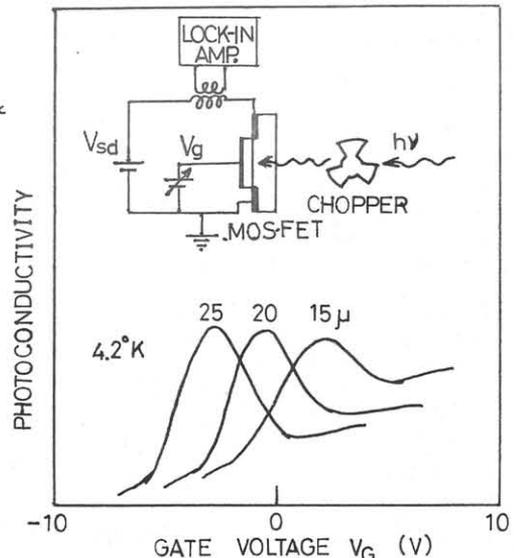
った Electric Sub-band にいる電子の電気伝導の特性は異²⁾。従って赤外光を当て, 下の Electric Sub-band にいた電子を上²⁾の Electric Sub-band に上げると, MOS トランジスタのソース・ドレイン間のコンダクタンス σ_s に変化が生じることが期待される。また Electric Sub-band の間のエネルギー間隔は, ゲート電圧 V_G によって自由に制御できるので, 赤外光の photon energy と Electric Sub-band の間隔のエネルギー差が等しくなったところで, σ_s の変化が最大になると期待される。

すなわち, MOS トランジスタのコンダクタンスの変化分 $\Delta\sigma_s$ から赤外光が検出でき, 変化がおこった際のゲート電圧 V_G から赤外光の波長が分る。第 2 図は, この MOS トランジスタの Tunable detector としての動作例である。

製法 半導体表面の量子準位 (Electric Sub-band) を利用する素子としては, Si や Ge のような多価半導体では, Electric



第 1 図 表面反転層の電子エネルギー構造 (Electric Sub-band)



第 2 図 分光検知の動作例

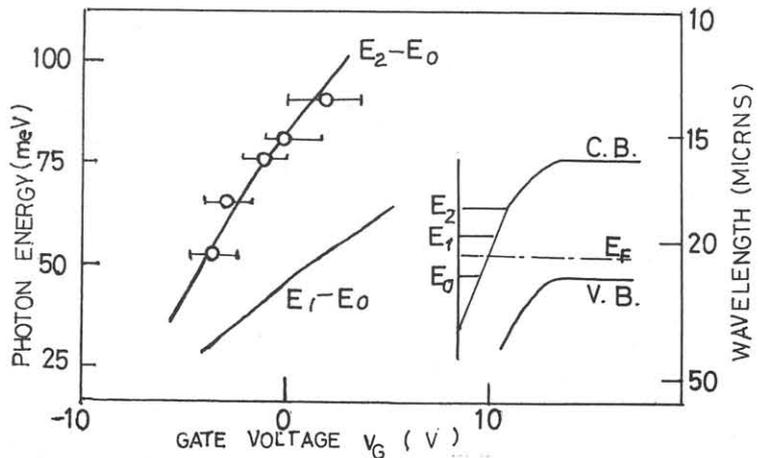
Sub-bandの構造が複雑になり適当でない。そこで、Electric Sub-bandの構造が単純で、かつゲート電圧 V_G により反転層内のキャリア濃度およびElectric Sub-bandを制御しやすい物質としてInSbを選んだ。p型InSb単結晶($p \sim 10^{13} \text{ cm}^{-3}$)の(111)面にグロー放電CVD法により SiO_2 をつけて絶縁膜とし、n-channel MOSトランジスタを作った。このMOSトランジスタの移動度は、4.2°Kで $10^4 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}$ 以上である。このMOSトランジスタでElectric Sub-bandが形成されていることは、磁気抵抗効果の測定により、第1図の E_0 および E_1 Sub-bandに付随したランダウ準位の群が観測されたこと²⁾により保証されている。

実験結果 InSb MOSトランジスタの赤外光に対する分光および検知の機能も調べるため、単色の赤外光をMOSトランジスタの反転層の部分だけに当て、^(4.2°K)光導電度を測定した。その結果、コンタクト $\Delta\sigma_s$ は、dark時より赤外光の照射時の方が小さくなる(負の光導電度)。この光導電度 $\Delta\sigma_s$ は、ゲート電圧 V_G の函数として、第2図の動作例にあるように、 V_G の低い側の極大とそのbackgroundから成っている。照射する赤外光の波長を変えると $\Delta\sigma_s$ が極大になる V_G は移動する。これを図示すると第3図のように赤外光の波長が短くなると(Photon energyが大きくなると)、 $\Delta\sigma_s$ が極大になる V_G は正の側へ移動する。同図には、Electric Sub-bandが V_G の函数としてどのように変化するかを合せて示してある²⁾。 $\Delta\sigma_s$ が極大になる点がこのElectric Sub-bandの曲線に一致していることは、この現象が最初に期待した機構によることを示す。このようにInSbのMOSトランジスタは赤外光に対するtunable detectorとして働く。

検討 tunable detectorと動作する波長範囲は、母体の半導体のバンドギャップとElectric Sub-bandが存在できる範囲によって限られるのでInSbのMOSトランジスタでは、 $10 \sim 50 \mu$ であり、適当に母体を変えると $5 \sim 100 \mu$ が可能である。波長の分解能 $\Delta\lambda$ はElectric Sub-bandの幅で制限され5%程度である³⁾。また波長の掃引はゲート電圧 V_G で行うので、1MHz程度の超高速で行うことが可能になり、分光測定が簡便化すると共に非常に高速化される可能性がある。

参考文献

- 1) F. Stern and W.E. Howard: Phys. Rev. **163**, 816 (1967)
- 2) Y. Katayama, N. Kotera and K.F. Komatsubara: to be presented at Int. Conf. Phys. of Semiconductors (Boston, 1970)
- 3) C. B. Duke: Phys. Rev. **168**, 816 (1968)



第3図 InSb分光検知MOSトランジスタの分光特性とElectric Sub-bandのゲート電圧依存性。