

n型 Si 単結晶基板の上に真空蒸着法を用いて半絶縁膜を形成し、その接合特性を検討した。蒸着系材料は、14.4 重量% TiO₂ と 85.6 重量% SiO₂ とをそれぞれ 80:20 mol% の比率で混合し、1400°C で焼結した酸化物であり、その主成分は f.c.c 構造をもつ Ti₂O₃ である。蒸着膜の電子顕微鏡像はフタナニ TiO₂ と同じ正方晶系を示し、その吸収係数から求めたエネルギー禁止帯幅 E_g は 3.1 eV であった。膜は n 型の導電性を示し、比抵抗は 10¹² Ω-cm である。

1042-cm の Si 基板の上に 1500 Å の半絶縁膜 (面積抵抗 10¹² Ω/□) を形成し Al 蒸膜電極を蒸着して、接合の V-I 特性を求めると整流比が 10² ~ 10⁴ の Photoconductive 特性を示した。図(1)。Si 基板をプラスバイアスに印加したとき流れる逆方向の暗電流は、10⁻⁶ A/cm² 以下であった。

順方向電流の電圧依存性については、ln I-V の目盛でプロットしたとき最も直線性が良く、電流は 0.05 < V < 1 の電圧領域で勾配の異なる 2 つの直線が表わされた。2 つの直線の交点は温度上昇に伴って電圧の低い方へ移る。この電圧依存性から、順方向電流については、同様の電界効果を示す Poole-Frenkel 効果と Schottky 効果を検討してみよう。電流 I は

$$I = I_0 \exp \frac{-e(\phi - \phi_F)}{kT} \dots \dots (1)$$

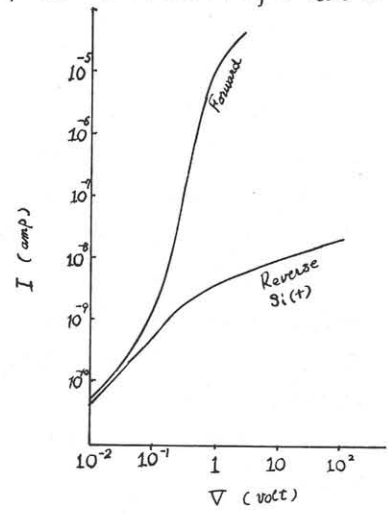
を表わされ、φ はポテンシャル障壁の高さ、Poole-Frenkel 効果は $\Delta\phi_{PF} = \left(\frac{e}{\pi\epsilon_0\epsilon}\right)^{1/2} \sqrt{E}$; ... (2)、Schottky 効果は

$\Delta\phi_{sc} = \left(\frac{e}{4\pi\epsilon_0\epsilon}\right)^{1/2} \sqrt{E}$... (3) であり、 $\Delta\phi_{PF} = 2\Delta\phi_{sc}$ の関係をもつ。種々の温度での直線の勾配を $\frac{e}{kT}$ 目盛でプロットすると、図(2)に示すように 2 本の直線を得、その勾配は、 1.2×10^{-4} 、 5.5×10^{-5} となり、 $\Delta\phi_{PF} = 2\Delta\phi_{sc}$ を満足している。

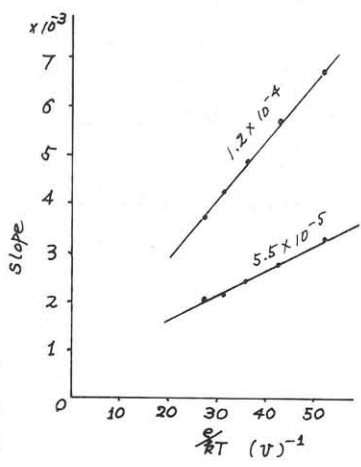
又、(2)、(3) 式の係数と、 $n^2 = \epsilon$ (膜の屈折率 $n = 2.4$) の成立する周波数の誘電率を代入して求めると実験値の約 1/2 となるが、膜の effective thickness が小さくなるためと考えられる。電流が 20 mA の電界効果によるものであると云えよう。即ち、電圧の低い領域では、半絶縁膜のトラップ準位からの電子の電界放出が支配的であり、電圧の増加、温度上昇で、半絶縁膜

一半導体の伝導帯のエネルギー差 ΔE_c を熱的に励起した電子が流れる。前者より $\Delta E_c = 0.43$ eV と、又、後者より $\Delta E_c = 0.3$ eV と得た。

逆方向電流は、低電圧領域では V² 特性を示すが、1V 以上では $\exp V^{1/2}$ の電圧依存性を



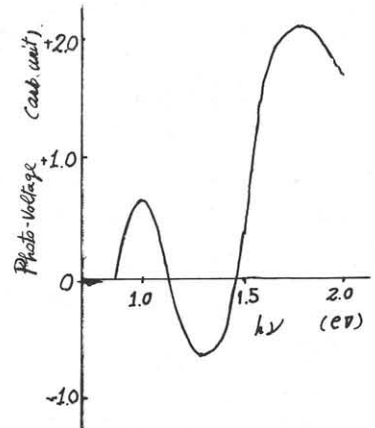
図(1) 電圧-電流特性



図(2) Δφ_{PF}, Δφ_{sc} の係数

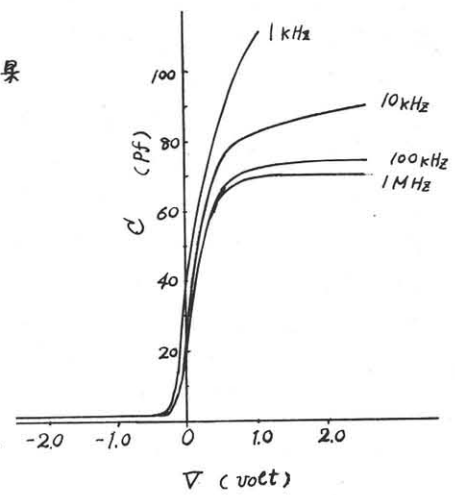
また、逆バイアスでは、Si側に空乏層が広がることから電流は空乏層での generation-recombination 電流と考えた。

接合の光起電圧は、光の波長を変えよこせによつて図(3)に示すようにその符号が反転することを観測した。符号は Al 電極の電位を基準にして示した。この実験結果から、接合に 2 つの符号の異なる内部電場が存在するところが予想される。Si 表面は、接合を形成した際に生じたアモルファス型のトラップが界面に局在するた電圧降下し、1500 Å の半絶縁膜において 2 つの電場をつくることを示す。接合の容量-電圧特性は、図(4)に示すように順方向バイアスでの外部交流電場(同軸線)の影響が大きい。容量は誘電損失率($\tan \delta$)の同軸線特性(図(4)、図(5))に示すように、低い同軸線では、半絶縁膜の双極子の配向分極の誘電率に依り、一方電場方向に回転するものに抵抗を受け位相の遅れを生じるた誘電損失が増加してゐる。同軸線が高くなるに依り双極子の外部電場への追従が出来なくなり結果は小さくなる。



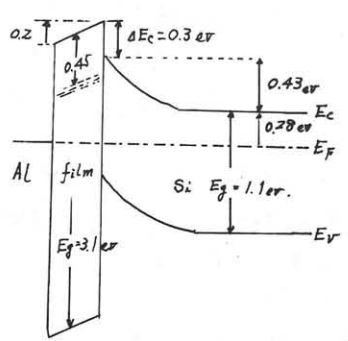
図(3) 光起電圧-光エネルギー特性

図(4)の C-V 特性の順方向バイアスから、Si 表面の電圧降下を求めた。C-V 特性曲線から、Si 表面の伝導帯が平坦に付いた状態での接合容量を求めよこにより電圧降下 0.46 eV を得た。又、逆バイアスでの C-V 特性、Al 上側の 0.46 eV を用いて、半絶縁膜の電圧 0.2 eV を得た。

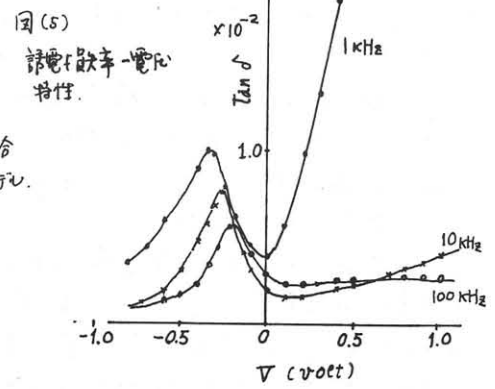


図(4) C-V 特性

以上の結果をまとめると図(6)に示すように半絶縁膜-半導体の接合のエネルギーバンド構造が描ける。このモデルを用いて、図(3)の光起電圧特性を 1.3 eV を理論光子の起電圧から、Si の価電子帯の膜の伝導帯への配位として説明出来る。



図(6) 半絶縁膜-Si 接合のエネルギーバンドモデル



図(5) 誘電損失率-電圧特性