

日立中研*, 東京原子力研**

斎藤一敏*, 桜井直行**, 安達栄一*

1. 緒言

ミリ波ダイオードや赤外発光ダイオードなどGaAsを用いたデバイスの製造プロセス技術としてZnの選択拡散技術は重要である。拡散マスク作用を示すものとして知られているケイリン酸ガラス膜は横方向拡散が異常に大きい。ためfine patternの選択拡散を行うことが困難である。われわれはGaAsと比較的熱膨張係数の近いAl₂O₃膜に着目し、Al₂O₃膜のZnの拡散に対するマスク効果を検討した結果、良好な選択拡散マスクになることがわかったので報告する。

2. 実験方法

Al₂O₃膜中のZnの拡散係数(D₁)、表面濃度(C₀)、Al₂O₃膜とGaAs界面における偏析係数(m)、およびGaAs中の拡散係数(D₂)を図1に示すような1次元のtwo boundary Diffusion Modelを仮定して求めた。なお、D₁およびD₂は濃度依存性がないものとした。これらの仮定のもとで、しかもP-n接合の深さ(x_j)が浅いとすると、次の関係がなりたつ。

$$x_j/\sqrt{t} + r x_j/\sqrt{t} = -\text{定} \quad (1)$$

ここで $r = \sqrt{D_1/D_2}$ である。また、GaAsの表面濃度(C_s)は

$$C_s = \frac{2mrC_0}{m+r} \operatorname{erfc} \frac{x_0}{2\sqrt{D_1 t}} \quad (2)$$

で表わすことができる。したがって式(1)がより明らかなようにx₀とx_jがrが求まり、さらにD₂が既知であればD₁の値が求まる。また、C₀およびGaAsの拡散前のキャリア濃度が既知であれば、拡散マスクとなるに必要な膜厚、すなわちx_j=0となるようなx₀が、式(2)によってmの値を求めることができる。

以上のr, D₂, C₀, mを求めるために次のような実験を行なった。まずrおよびマスク効果をしるすために、種々の膜厚のAl₂O₃膜を鏡面に研磨された結晶(C_B = 1.5×10¹⁶cm⁻³)の(100)面上に形成した。Znの拡散は拡散ソースとしてZnAs₂をもちい、封管中を行なった。x_jの値は試料を3°~5°の斜め研磨を行ないステンエッチで拡散層を着色した後、光学顕微鏡によって測定して求めた。また、C₀およびGaAs中の拡散係数を検討するために、Al₂O₃膜を通して放射性的⁶⁵Znを拡散せしめAl₂O₃膜中のZn濃度とGaAs中のZnの拡散プロファイルを求めた。

3. 実験結果および検討

図2にAl₂O₃膜の膜厚と膜下に形成されるP-n接合の深さ(x_j)の関係についてしるす結果の一例を示す。図において拡散条件によっても異なるがx₀が小さくなるにしたがってx₀とx_jが直線性を示していることがわかる。したがって、x₀とx_jの関係が、式(2)によって容易にrの値を求めることができる。D₂の値は拡散温度650°C~800°Cの範囲において、x₀=0でのC_sを1~3×10²⁰cm⁻³として、

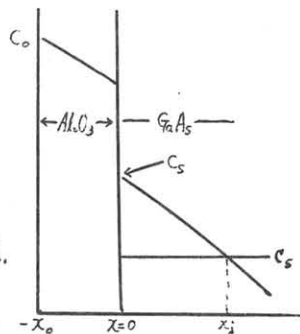


図1. Al₂O₃膜を通じたGaAsへのZn拡散における拡散モデル

χ_0 および G_B の値が求まった。表1に拡散温度650℃～800℃における γ , D_2 および $D_1 = \gamma D_2$ が求まる D_1 の値を示す。放射性 ^{65}Zn の拡散結果から求めた C_0 と、表1の D_1 , γ および拡散マスクとして必要な Al_2O_3 膜の膜厚 (例えば, 700℃, 16時間の拡散では $\chi_0 = 1.6 \times 10^{-5} \text{cm}$) から, $C_s = 1.5 \times 10^{16} \text{atom/cm}^3$ として式(2)によって求めた偏析係数 m の値を表1に示す。

表1の数値を検討するために Al_2O_3 膜 (500Å) を通して $GaAs$ へ700℃で24時間, 放射性 ^{65}Zn の拡散を行なった結果, $GaAs$ の表面濃度 C_s は $3 \sim 4 \times 10^{19} \text{atom/cm}^3$ であった。また, $GaAs$ 中の Zn の拡散プロファイルはほぼ補誤差関数にしたがい, 拡散係数は $7 \times 10^{-13} \text{cm}^2/\text{sec}$ であった。

図3に Al_2O_3 膜中の Zn の拡散係数 D_2 と温度の関係を示す。図から拡散係数と温度は

$$D_2 = D_0 \exp(-Q/kT)$$

の関係にあることがわかる。ここで, k はボルツマンの定数, Q は拡散過程における活性化エネルギー, D_0 は定数をそれぞれあらわしている。 Q および D_0 の値を図3から求めると $Q = 2.0 \text{eV}$, $D_0 = 4.0 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{sec}$ である。

Al_2O_3 膜中の Zn の拡散係数は拡散温度650℃～800℃の範囲においては, $GaAs$ 中の Zn の拡散係数に比較して $3 \sim 4$ 桁小さい。また, Zn の拡散に対してマスク効果のあるものとして知られているケイリン酸ガラス膜中の Zn の拡散係数に比較してほぼ2桁小さい。

Al_2O_3 膜を選択拡散マスクとしてもちい, 接合深さ5μの拡散において, 0.1μの Al_2O_3 膜で十分マスク作用のあることがわかった。

参考文献

- 1) 藤本正友, 山崎肇, 石田暁; 応用電子物性分科会報告 (1969) 13.
- 2) S. Horiuchi and T. Yamaguchi; Japanese J. Appl. phys. 1 (1962) 314.

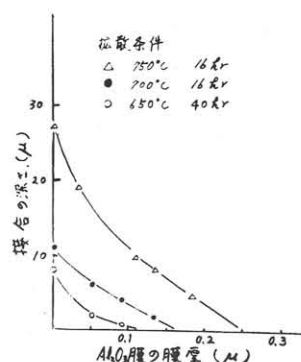


図2. Al_2O_3 膜の Zn 拡散に対するマスク効果

表1. γ , D_2 , D_1 , C_0 , m の値

温度(℃)	650	700	750	800
γ	2.3×10^{-2}	1.6×10^{-2}	1.1×10^{-2}	1.0×10^{-2}
$D_2 (\text{cm}^2/\text{sec})$	1.5×10^{-13}	7.0×10^{-13}	4.0×10^{-12}	1.5×10^{-11}
$D_1 (\text{cm}^2/\text{sec})$	8.0×10^{-17}	1.8×10^{-16}	4.8×10^{-16}	1.5×10^{-15}
$C_0 (\text{cm}^{-3})$		4×10^{21}		9×10^{21}
m		$\sim 10^{-2}$		$\sim 10^{-1}$

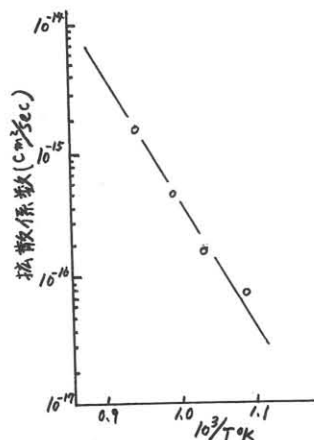


図3. 拡散係数の温度依存性