

7-1 Application of Radiation Enhanced Diffusion to Microwave Transistor Fabrication and its Design Optimization

東芝 半導体開発技術部
総研 電子部品研究所

山本 真一郎, 坂本 敏朗
造田 安民, 三村 勝一

序言: イオン打込法を半導体素子製造に応用することの種々提案され、実現されることが、^{1),2)} 我々は特に、³⁾ に依り提案された Radiation Enhanced Diffusion (以下 RED と略記) をマイクロ波小信号トランジスタに適用することに関し、最適設計という面から考察を行い、通常の構造に比し2桁程度の性能向上が見込めることが判ったので、その検討結果を報告する。

マイクロ波トランジスタの最適設計: マイクロ波トランジスタの最適設計を行うに当り、図1. に示すような等価回路を用いたが、最も困難な点は、エミッタ時定数 τ_e 即ち C_e (エミッタキャパシタンス) を正確に推定することであった。既に指摘されるところのように、マイクロ波トランジスタのように大注入の条件下で動作する場合、*neutral capacitance* が *dominant* であるが、⁴⁾ Morgan 等が与えている表示式と、トランジスタの通常の電流密度に関する表示式を組合せると

$$\tau_e = 2 \times \frac{U_b N_A W_b}{q D_n} \quad (1)$$

(q : 濃度勾配, N_A : ベース不純物濃度, W_b : ベース幅, D_n : 電子拡散係数, U_b : 接合電圧)

が得られ、マイクロ波トランジスタに要求される高い f_{β} を得るためには、狭いベース幅が、今迄理解されてきた以上に、非常に重要であることを示す水が、この式を確認するため、*Gummel* 法により *simulation* を行い、⁵⁾ 図2. に示す如く、 τ_e が、ほぼベース幅に比例すること判り、これは f_{β} の実測値を解析して得られた値ともよく一致した。これに基づき、RED を選択的に採用した構造について CAD を行い、得られる性能を推定した結果、図3. に示すような構造が最適であり、通常の構造に對し、 f_{β} が、約1.8 dB程度 MA が向上することが判った。

実測結果: トランジスタ試作に當り、 $f_{90} = 10 \mu\text{m}$, $t_{90} = 4 \mu$ 程度の V_{90} *wafer* (*Sb* doped 基板) を 900°C に加熱しつゝ、 450K , 400K , 300K , 250K V の打込電圧を変えてプロトン打込した後、 $2 \times 10^{13}/\text{cm}^2$ エミッタ領域に打込み、 800°C に *wafer* を保持しつゝ、矢張りプロトンを 100K , 150K , 200K , 250K の電圧を変えて打込み、エミッタ下に選択的に深い不純物濃度を有する1.7 μ 領域を形成した。

この *wafer* を用いて試作したトランジスタは、上述のような最適構造では無いが、性能を評価した。図4. に $C_c - I_c$, 図5. に $h_{fe} - I_c$ 特性を示す。意図した通り C_c が減少し、 h_{fe} fall-off 特性にも問題は無い。4 GHz での P_{90} が

5/1 版と違いは、 γ - σ - σ - σ 領域の Pt 拡散を今回は省略したので、最適化構造の素子の性能については当日述べる予定である。

謝辞: 本研究に当り、阿部、谷田、藤田、大村、倉田、金沢、小中、大坪の諸氏には、討論、ソフトウェア提供等、非常な御支援を頂きました。ここに深謝の意を表します。(本研究は、新技術開発事業団の委託開発の一部として行われたものである。)

参考文献

- 1) K. Fujinuma et al.: Proc. of the 1st Conf. on Solid State Devices, Tokyo, p.71 (1969)
- 2) R.W. Bower et al.: IEEE Trans. ED-15, 757 (1968)
- 3) T. Arie et al.: Proc. of the 2nd Conf. on Solid State Devices, Tokyo, p.16 (1970)
- 4) T.A. Dahler: NEREM Record, p.124 (1966)
- 5) S.P. Morgan and F.M. Smit: B.S.T.J., 39, p.1573 (1960)
- 6) M. Kurata: Proc. IEEE (Lett.), 58, p.485 (1970)

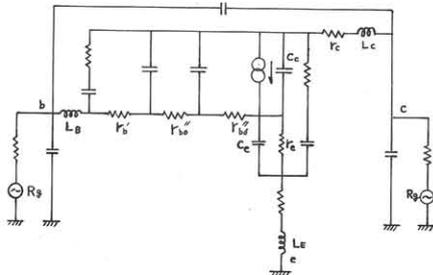


図1. マイクロ波トランジスタの等価回路

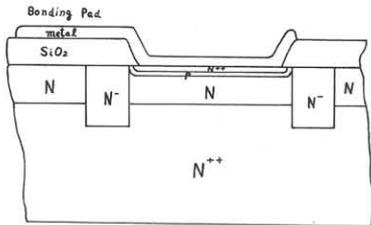


図3. REDを選択的に採用したトランジスタの最適構造

図2. ベース幅とエミッタ時定数の関係

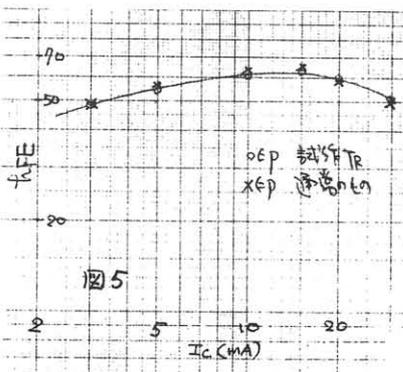
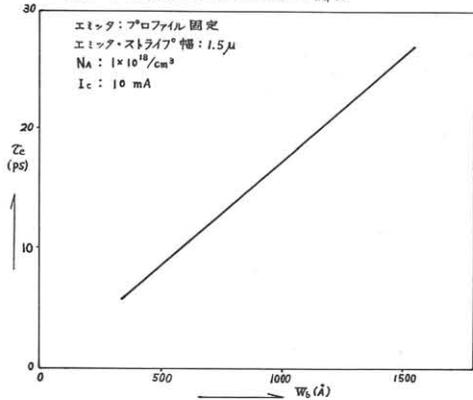


図5

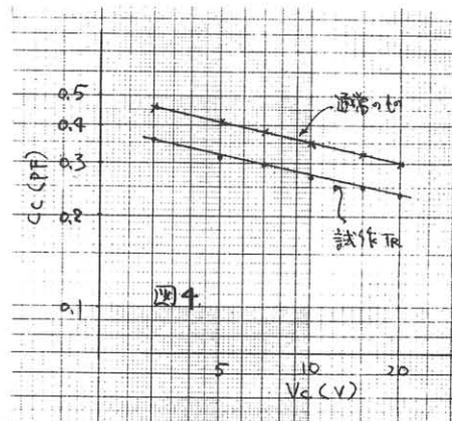


図4