

# 1-4 プレナ型 GaAs バルク効果パルス素子の試作

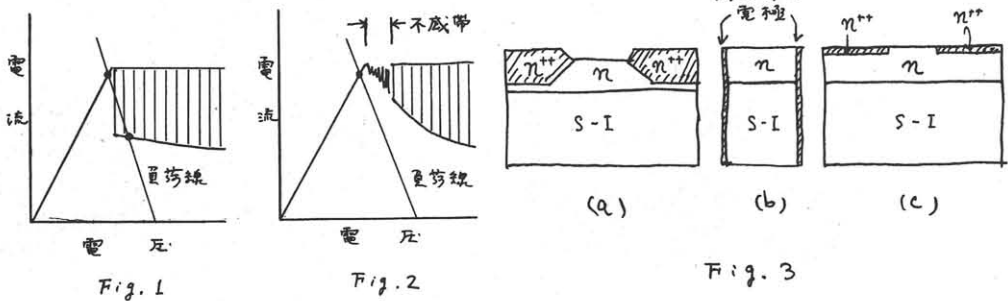
日本電気 中研 関戸健嗣 竹内 信  
 高山 洋一郎 長谷川 文夫  
 早川 喜道

GaAs のガン効果に附随する走行高電界ドメインの性質を利用して超高速のパルスの発生や再生、論理作用などの機能を行うパルス素子の可能性が従来提案されている<sup>(1)</sup>。このようなパルス素子では、ドメインが走行する電極間距離が  $\sim 100 \mu$  前後と比較的大きいこと、またドメイン制御のための附加電極が効果的に作用し得ること、などのために、その基本となる構造は半絶縁性 GaAs 基板の上にエピタキシャル成長された  $n$ -GaAs 層を用いるプレナ型構造が適しているとされる。

この論文では、前述した GaAs バルク効果パルス素子のうちで最も基本的なものであるパルス発生素子およびパルス再生(整形)素子をプレナ型エピタキシャル・ガンダイオードにより試作するに際して遭遇する技術的向題の検討結果、ならびに試作素子の特性が報告される。

狭パルス発生素子 (Narrow pulse generator) は、いわゆる  $n$  継が比較的大きいガンダイオードのスパイク状発振波形を利用するものである。パルス再生素子 (Pulse regenerator) は、Threshold 電圧よりわずかに低い電圧にバイアスされたガンダイオードに小振幅の入力パルスを加えることによって高電界ドメインをトリガーして電極間走行時間に相当するパルス中の矩形パルスを発生するものである。パルス再生素子では、従って、Threshold 電圧のすぐ上の電圧領域から peak-to-valley 比が大い  $coherent$  なガン効果発振が行われなければならない (Fig. 1 参照)。実際の素子では Threshold 電圧を越した直ぐ上のところに  $noisy$  な不安定性を示す電圧領域が存在する (これを不感帯と呼ぶ)。素子の動作結晶層に不均質性があれば不感帯中は広がるし、Fig. 2 に示すように端子電圧が Threshold 電圧に比べて充分高くない電圧領域では電流振動の振幅が小さい。このような素子では、ガン効果発振の波形がいかに良くてもパルス再生(整形)素子として用いることはできない。このように、パルス再生素子はパルス発生素子に比べてその技術的困難度がはるかに大きい。

プレナ型ガンダイオードでは  $coherent$  なガン効果発振も、数十 ns 中のパルス動作においてせえも得ることが難しい。その理由は、(a) 電極の形状が一般には完



全な平行対向面でないこと, ④ bulk/surface の比が小さく, 表面境界の影響を受けやすい, ⑤ 深い準位を含む半絶縁性基板が動作層側面に密着していること, などであると思われる。

**電極形状の効果:** プレート型素子の電極としては Fig.3 (a) の形状のもがよく用いられてきた<sup>(2)</sup>。実際に(100)ウエハに選択的液相再成長を行って得た素子の断面写真と Fig.4 に示してある。電極面は(111)面になっている。この形状のもでは coherent なガン効果発振が比較的得られにくい。

電極形状効果を調べるために, Fig.3-(b), (c) のような電極をもつ素子を作成した。エピタキシャル層は  $n \approx 2 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ ,  $t \approx 20 \mu$  の気相あるいは液相エピタキシャル層で, 電極間距離  $L \approx 100 \mu \sim 200 \mu$  である。(b), (c) の構造に依っては良いガン効果発振が比較的得られやすい。その理由は (b) では電極面が平行であること, (c) では電極の端部に電界集中が起るのでそこからメイン発振生箇所となりやすいと思われる。(b) の形状が coherency の点から言えば理想的であるが, これに近い形状は Fig.5 のようなメサエッチングにより得ることが可能である。Fig.6, Fig.7 に, Fig.3-(b) および (c) の素子で得られた発振波形を示す。Fig.7 の波形はやや乱れを帯びており, Threshold 電界も低めに出る。

**動作結晶層および基板:** 動作結晶層内部あるいは基板境界面に欠陥があれば高電界ドメインの通過の際, 局部的に高電界を発生して衝突イオン化を生じるであろう。Fig.8 にそのような波形の例を示す。イオン化によると思われる電流スパイクはオシロスコピーで現われているが, これはトラップ準位などの影響によると思われる。この素子の基板には Cr の precipitate と思われるものが顕微鏡観察の結果発見されている。半絶縁性基板はよく選別して使用する必要がある。

試作素子のパルス再生特性: 試作したプレート型ガンダイオードにより得られたパルス再生の結果の一例を Fig.9 に示す。Narrow pulse generator の場合には, パルス幅  $0.2 \text{ ns}$ , 繰返し  $1 \text{ GHz}$  のものを得ることができた。動作層は  $n \approx 2 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ ,  $t \approx 20 \mu$ ,  $L \approx 100 \mu$  である。電極はメサエッチング後  $n^+$  層を液相エピタキシャル法により形成した。

- 文献 (1) R. S. Engelbrecht, IEEE Journal of Solid-State Circuits, SC-3 (1968), No. 2, 210.  
 (2) K. Sekido et al, Proc. IEEE, 57 (1969), May.

