

電電公社 武蔵野電気通信研究所 縄田喜代志, 池田睦夫

すなわち、アバランシェダイオードの小信号および大信号動作解析が多くの行われてきたが、高調波発振特性についての実験結果を説明するには至らなかった。この原因としてはアバランシェ現象に於ける強い非線形性に基くと思われる<sup>1)</sup>。そこで我々は、大電流領域でのアバランシェダイオードの高調波の実験を試みた。さらに、基本振動作での実験ではダイオード自身の負性コンタクトが大きいと思われるため、低インピーダンスの回路を製作して試みた。

ダイオードとその素子特性、 $p^+n-n^+$ 構造は、 $n$ 領域の不純物濃度  $1.5 \times 10^{16} \sim 2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ  $3.0 \sim 1.3 \mu\text{m}$  の  $n$  層をもつ  $n-n^+$  Si Epiダイオード<sup>2)</sup> にボロンの浅い拡散 ( $1.6 \mu\text{m} \sim 0.5 \mu\text{m}$ ) を行い、成形した。降伏時電圧は  $4.3 \sim 9.25 \text{ V}$  ( $I_R = -10 \mu\text{A}$ ) であり、 $C-V$  測定から  $n=2$  である。高調波測定のため  $n$  層は

$1.5 \sim 0.8 \mu\text{m}$  と出力最大にする試料群と比較的厚くとした。一般に、 $10^{17} \text{ cm}^{-3}$  の高濃度の試料では空乏層が  $0.3 \sim 0.7 \mu\text{m}$  程度に厚い。また、Si の 2 次元化の mean free path は  $800 \text{ \AA}$ <sup>2)</sup> と比較的厚い。アバランシェ領域の幅の空乏層幅に対する割合が高濃度にはほぼ一定である。平均長形接合では  $n \cdot l_d = \frac{e}{4} E_m$  と近似的に表わされる。また、トンネル効果は  $Si$  で  $10^6 \text{ V/cm}$  の電界以上で起るので、ダイオードの  $n$  層の厚さは  $nW < 10^{13} \text{ cm}^{-2}$  と厚い。

実験、Fig. 1 はダイオードの直径を変えた場合の発振周波数の変化を示す。skin effect の影響があるが、ダイオードの容量は小さく同じ周波数が高くなる。 $R_{\text{ext}}$  は  $CW$  動作時の  $I-V$  特性の  $dV/dI$  から求めたものである。Fig. 2 は  $n$  層の電極の直径を変えた場合である。このようにダイオードの電極附近の構造によっても周波数が Lock されるため、ダイオード附近 ( $\lambda/8$  以内) に Local cavity が存在し、外部の共振器と同調性といえない特徴がある。この結果高調波には程々大きくなる。また、アバランシェダイオードはサセアンプの素子特性を左右し、外部回路の影響が大きい。Fig. 3 は出力が 2nd mode で最大にするようにしてからサセアンプの共振器を移動させるとその高調波出力が同時に得られた。つまり、Fig. 4 には同一のウエハに約  $1 \mu\text{m}$  と  $0.5 \mu\text{m}$  の拡散を行なった試料について、

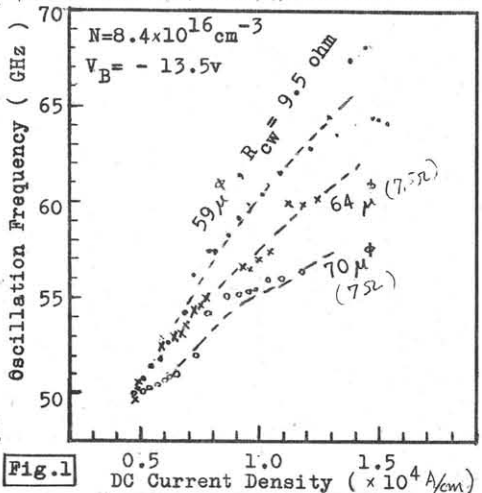


Fig. 1

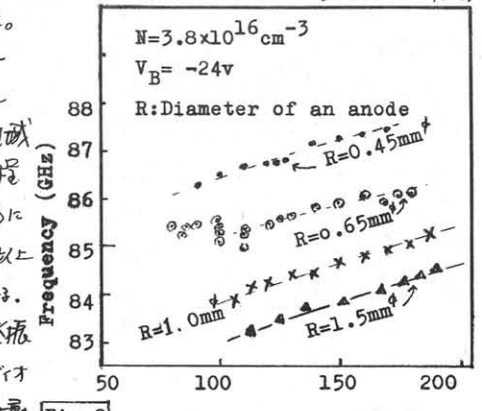


Fig. 2

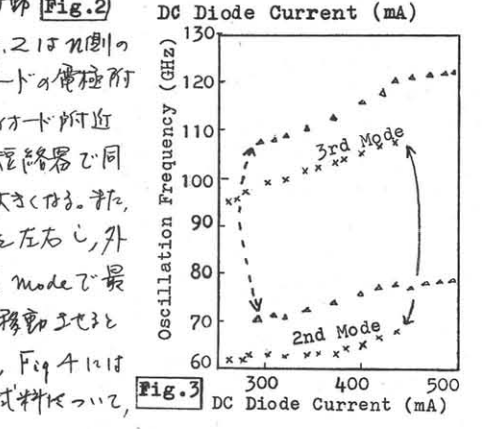


Fig. 3

高調波の特性を示す。

測定は 1st,

2nd Modeは

Fi-band 導波管マウントで,

3rd, 4th

modeは W-band 導波管マウントで, 単一 Mode だけしか生じない状態; 100 band の周波数計とカトオ

フィルターを用いて行った。

また, これらの試料の

出力特性を Fig. 5 に示す。このように高調波の出力が

かなり得られる原因は 明月によらば「いかに」大信号動作の解析では, 基本波附近での直性コンタクトレス

が大きい, 高調波では非常に少ない。しかし 実際の大信号動作 ( $J_0 = 10^7 \text{ A/cm}^2$ ) では高調波でもかなり計算値より大きいと思われる。一般に, アバランシェダイオードの 1/2-ゲ

ルの実数部  $G_d / (G_d + B_d)$  は  $G_d$  が最大に近づくと高い。周波数では  $G_d \ll B_d$  であるため,  $B_d$  の影響が非常に大きくなる。これ故, サセポランスの影響を抑え, 1st インターダンス回路での測定が必要になる。それによって  $G_d$  の周波数特性の詳細が定性的に可能になる。我々はダイオードと同程度までインターダンスを下げた回路を試作し実験を行った。Fig. 6 にその測定マウントの写真を示す。50Ω のマイクロ

ケーブルから直接 50Ω マイクロストリッパ線路へ出力を取り出し, 24 のリッパ形インピーダンス調整器で導波管へ導波管へ導波管へ測定を行った。その結果, 基本波で導波管マウントと同程度の出力が得られ (34 GHz で

66mW), 高調波で (54 GHz で 10mW) は発振出力が低下する。これは基本波での  $G_d$  が大きく, 高調波には同程度

小さくなることによると思われる。尚, 他ダイオードでは 43 GHz で 20mW が得られ, この種のマイクロストリッパ構造の発振器 (コリ), 固体発振器の小型化への道通いが得られた。

1) Snapp et al; Int. Electron Devices Meeting Oct. 1968, 2006

Ohmori et al; Proc. of 2nd Conf. on Solid State Devices, Tokyo, P135, 1970

2) Shockley; Solid-state Electronics, Vol. 2 No 1, P35, 1961

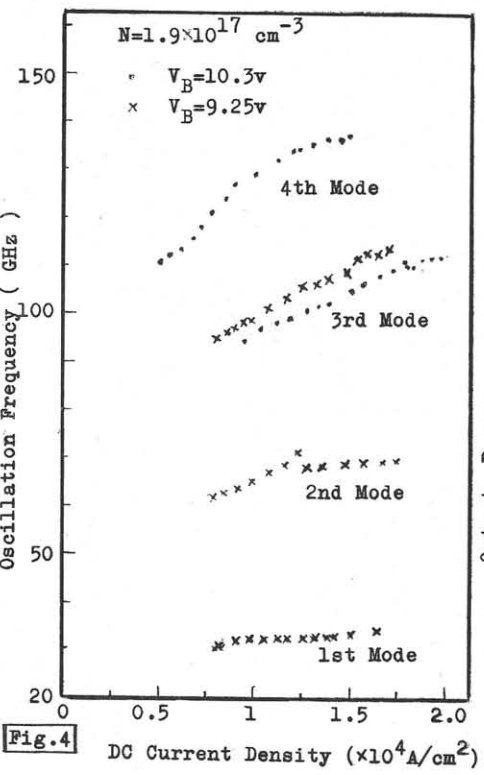


Fig. 4

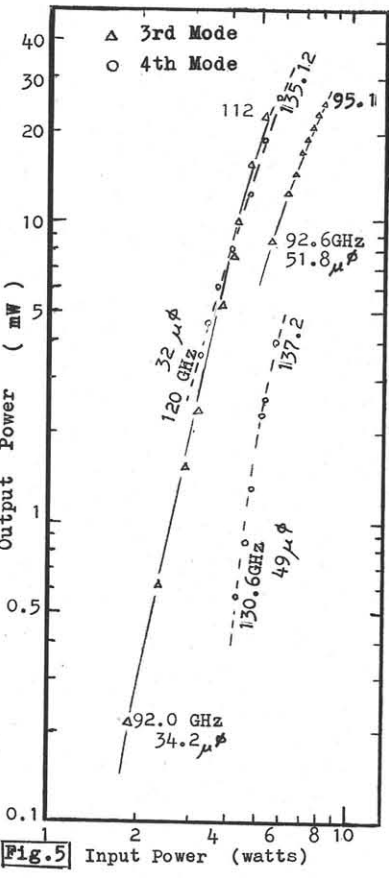


Fig. 5

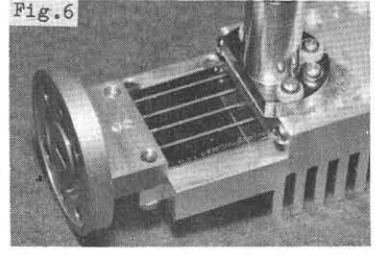


Fig. 6