

IMPATTダイオード発振器とその注入同期について

井 上 浩
 亀 井 孝之介

IMPATT-diode Oscillators and their Synchronization.

We measured the variation of frequency and amplitude with bias current, of IMPATT-diode Oscillators and the width of synchronization by signal Oscillators.

Hiroshi INOUE. Konosuke KAMEI.

1. 緒 言

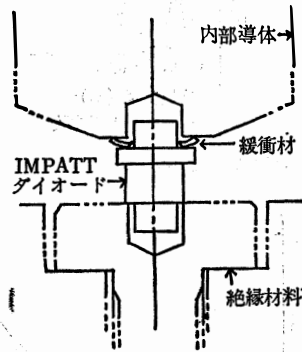
IMPATT ダイオード発振器はガンダイオードに比して使用電圧は高いけれども、バイアス電流が小さい利点もあり簡易なマイクロ波信号源として実用化が進んできた。しかし、この発振器は発振周波数が比較的变化し易いために、固定周波数発振器として使用するためには、超短波信号と同期を取り、いわゆる注入同期発振器として使用せねばならない。本文はこのために試作した空洞共振器に対する発振特性と注入同期の実験結果について報告したい。

2. 装 置

空洞共振器は可変長18cm程度の比較の長い空洞を用いて、同軸長 l の変化につれて同じ周波数の発振が3ヶ所位で起るようにした。同軸の外側の内径7cm、内

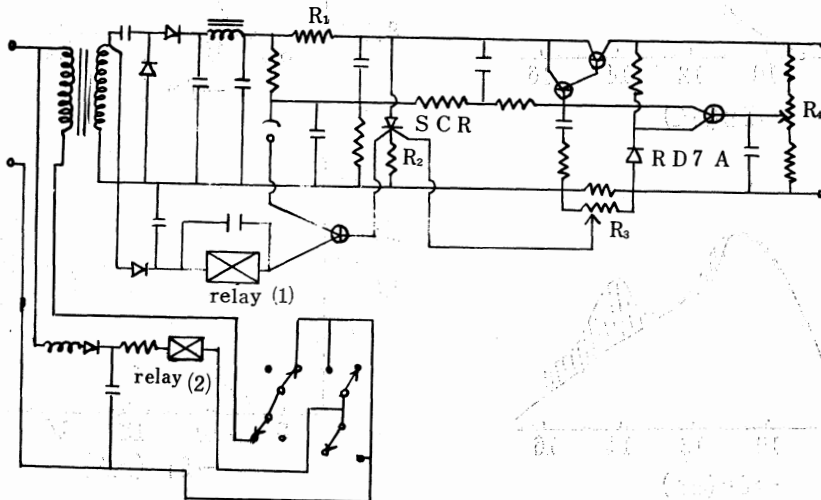
側導体の外径3cmの比較の太い同軸を用いた。ダイオードの保持部分の構造を図-1に示す。

図-1 同軸共振器へのダイオード取付



同軸共振器へのダイオード取付

図-2 過電流保護定電圧電源



過電流保護定電圧電源

使用したダイオードは Varian 製のものである。規格は66V, 22mAであって、過電流をきらうために定電圧電源装置として図-2のような構造とした。

すなわち普通の定電圧装置として55~85V D.C. を発生せしめ、これに過電流しゃ断装置を組合わせた。R₃に流れる電流が20mAを越すとSCRをgateして電源を短絡するとともにR₂に流れる電流を増巾して機械的継電器を動作させて、電源100Vを切るようにしておく。これを復帰させるには手でスイッチを

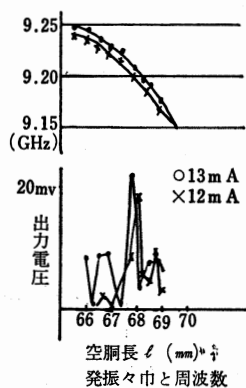


図-3 発振々巾と周波数

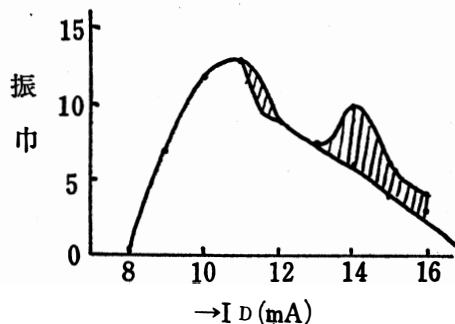
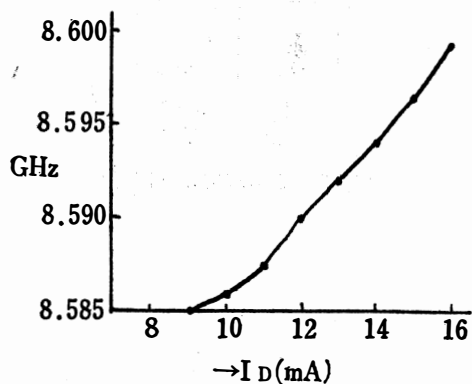


図-4 A

投入し直さなければならない。

3. 発振器特性

I_D の値を一定にして空洞長 l を変化した例を図-3に示す。

発振周波数は l とともに連続的に変化するけれども発振出力は相当のパラツキを示す。

次に l を固定しておいて、バイアス直流電流を変化したときの発振周波数、発振々巾の関係を図-4に示す。図-4 e 図においては発振周波数が不連続的に変化をきたしているが、この点において検波電流を検すると他の低い周波数成分が相当含まれていることが分

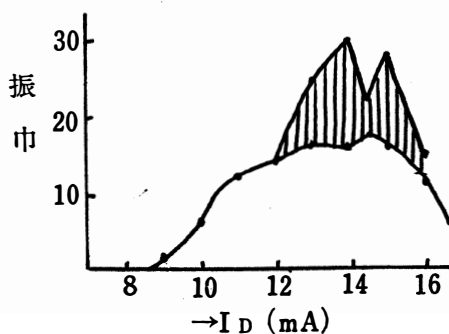
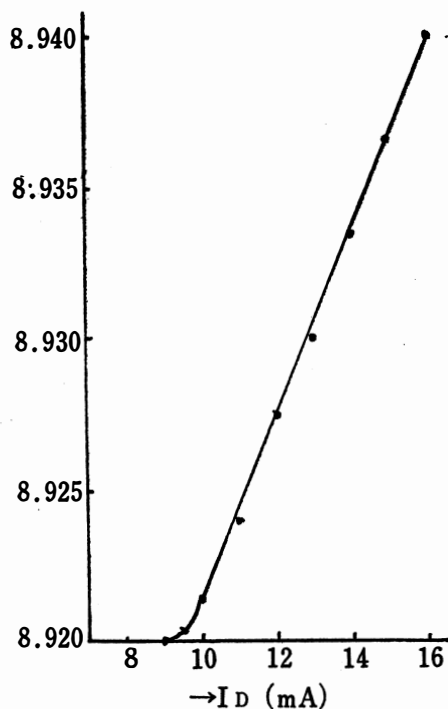


図-4 B

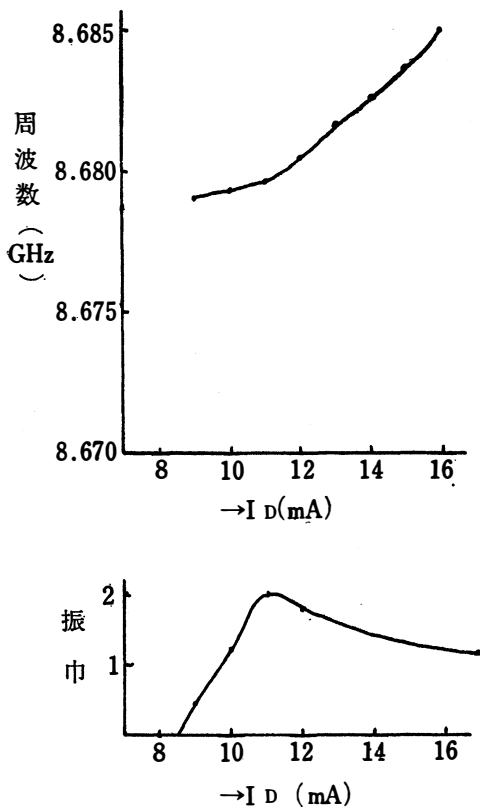


図-4 C

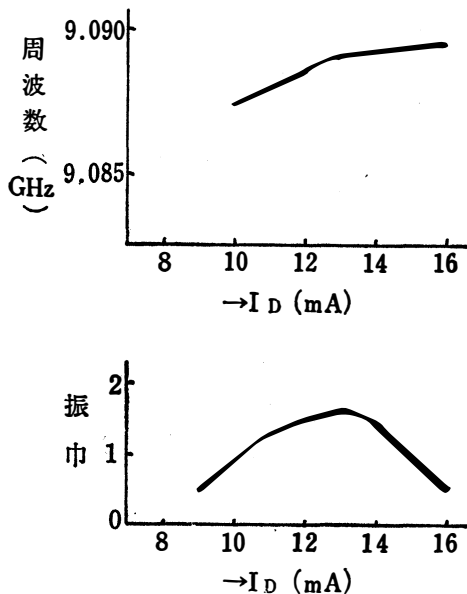


図-4 D

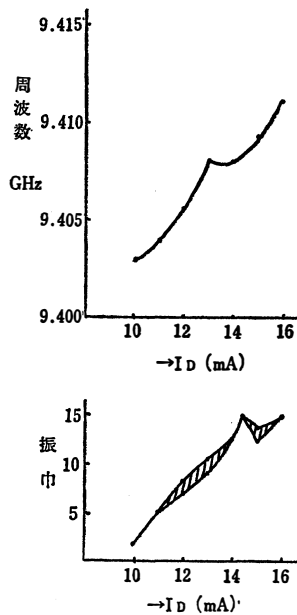


図-4 E

る。図中影線の部分はこの部分を表わしたもので、この I_D の 11 mA, 13 mA, 14 mA のときの検波電流波形を図-5 に示す。

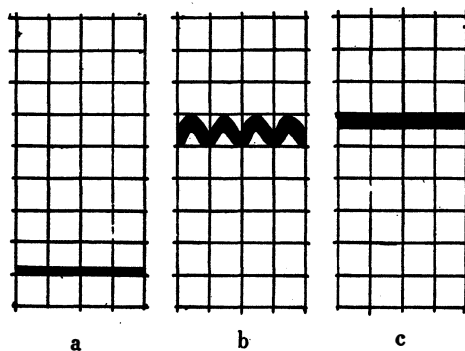


図-5

明らかに 5 MHz の振動が見える。このほか TRAP ATT 発振が起っているか否かは今後にまちたいと思ふ。

図-4 において発振々巾はダイオードにおける負性抵抗に比例すると考えてよく、また発振周波数はダイオードインピーダンスの虚数部によるもので、他の文献により電子計算機で計算された結果とほぼ同じ傾向をたどることがわかる。

4. 注入同期について

実験回路略図を図-6 に示す。

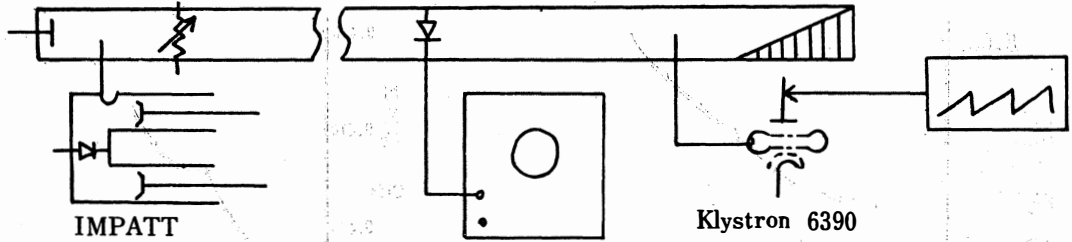


図-6

IMPATT ダイオードは空洞共振器に装置され、クライストロン6390の発振出力と導波管内で結合するようにする。クライストロンの出力調整には導波管への挿入長を変え、また整合用パットには減衰器を用いた。クライストロンの反射板電圧を鋸歯状波で掃引して発振モードのほぼ中央にダイオードの発振周波数がかかるように調整する。このとき

のような同期域図形をうることができる。図-7 a の上の曲線は同期域を示し、b 図は電源装置の電圧計の波形を示したもので、b, cはいつもaより拡大してある。次に注入した電力、発振電力と同期巾との実験を図-8に示す。

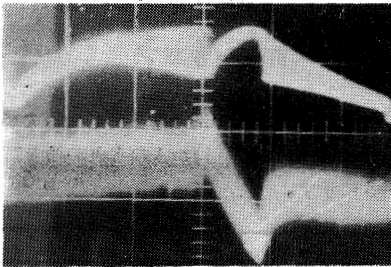


図-7 A

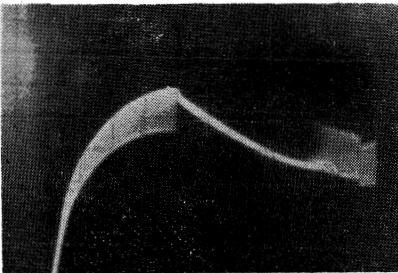


図-7 B

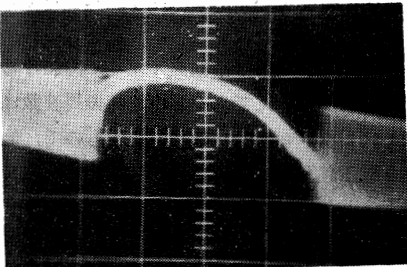


図-7 C

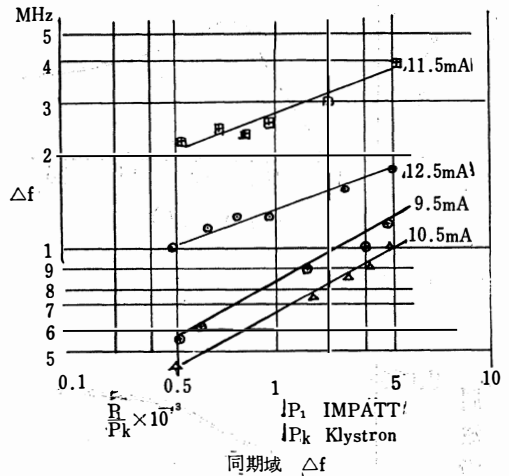


図-8

図中の値はダイオードに流れるバイアス電流の値を示したもので、これより

$$\Delta f \propto \left(\frac{P_1}{P_K} \right)^{\frac{1}{2}}$$

なる関係がほぼ成立つことが分る。この図を書直して電流と同期巾の関係を示すと図-9のようになる。

実際に使用するときには最適のバイアス電流値が存在し、この例では11.5mA程度がこの周波数付近においては、同期巾が最大となることがわかる。

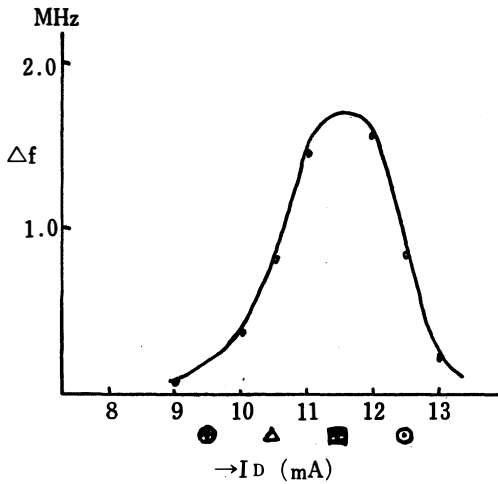


図-9

5. 注入同期の考え方

今空洞の θ を固定してダイオードの等価アドミタンスを $[G(i) + jB(i)]$ とおき、空洞の等価アドミタンスを $G_0 + jB_0$ とおく。図-4より発振々巾は合成コンダクタンス $G_0 - G(i)$ に比例するものとして発振々巾の電流による表示 $f(x)$ は実験結果より

$$f(x) = 13 + 2.2x - 0.12x^2 \quad (\text{図a})$$

$$= 20 - 1.25x^2 \quad (\text{図b})$$

$$= 2 + 0.27x - 0.133x^2 \quad (\text{図c})$$

$$= 1.6 - 0.1x^2 \quad (\text{図d})$$

発振周波数は $B_0 + B(i)$ によって決められるので $h(x)$ とすると実験結果より

$$h(x) = 8.587 + 0.0024x \quad (\text{GHz}) \quad (\text{図a})$$

$$= 8.93 + 0.003x \quad (\text{GHz}) \quad (\text{図b})$$

$$= 8.679 + 0.0012x \quad (\text{GHz}) \quad (\text{図c})$$

$$= 9.089 + 0.0003x \quad (\text{GHz}) \quad (\text{図d})$$

但し電流は振巾最大点の電流値より測定した電流でmAで測ったものである。 $f(x)$ の大きさは $x=0$ のときの発振々巾をmVで表わしたものである。

Harmonic balance法より見ると $h(x)$ からわかるように平均して見ると x の発振周波数への影響は少なくなり、結局同期域への影響は $f(x)$ の方が大きい。したがって適当な変数変換を行えば

$$\frac{d^2x}{dt^2} - f(x) \frac{dx}{dt} + \omega_0^2 x = 0$$

のような微分方程式に導くことができる。

$f(x) = \varepsilon_0 - \varepsilon_2 x^2$ とおき、強制入力信号と同期する発振周波数信号とが共存するときには

$$x = F \cos at + a(t) \cos (at + \varphi)$$

とおけるので⁽¹⁾同期域 Δf は

$$\Delta f = \omega_0 - \alpha = \varepsilon_0 \frac{F}{a_0} \sin \varphi_0$$

とおくことができる。 $\sin \varphi_0$ の最大値は1であるので、

$$\Delta f_{\max} = \varepsilon_0 \frac{F}{a_0}$$

図-5より ε_0 がバイアス電流値により変化するため Δf と I_D との間に共振関係を生じ、最適値が存在することになる。

6. 結論

IMPATTダイオード発振器の注入同期に関して実験的に考察したが、未だ不明の点もあるので更に研究を続行したいと考えている。

文 献

① 井上、川田：電気四学会北陸支部講演

昭和44年10月