# 2-6　ガン効果素子の圧力効果

日本電信電話公社　電気通信研究所　纐田喜代志　　小平邦夫

1．まえがき　　ガン効果素子の応用として，種々の発振器，増幅器，および機能素子が考えられているが，その圧力効果を利用した素子については殆んど研究がなされていない。　ここでは，バルクの負性抵抗特性に及ぼす静水圧の影響を電子計算機を用いた2端子反射形増幅器の特性の圧力変化を計算した。　また nl 積大なるガン効果素子に一軸性応力を印加したときに生ずるスイッチング作用について考察し，従来のトンネル・ダイオードを用いた感圧スイッチに比べて大きな出力が期待されることがわかった。

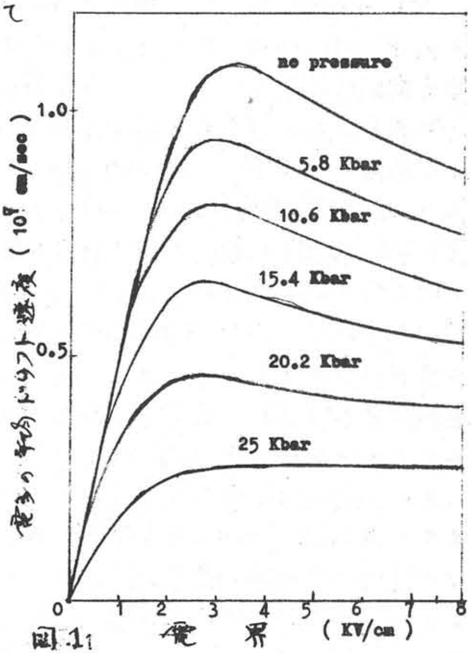

図 1

2．数値解析、　　ガン効果の圧力依存性については，最近 Wasse 等[1]が行なった静水圧印加の実験と Pearson 等[2]が行なった静水圧および一軸性応力効果の研究等がある。　我々はまず室温における電子の移動速度の電界依存性に及ぼす静水圧の影響を $\frac{\partial \Delta}{\partial P} = -10.4\times10^{-6}$ eV/bar を仮定して計算した。$\mu_L = 5000$ cm²/V.sec, $\mu_V = 100$ cm²/V.sec, $\tau_T = 2\times10^{-12}$ sec, $\alpha = 60$ として求めた結果を図1に示す。移動速度の極大値の圧力依存性を Wasse 等の実験結果と比較すれば，20 kbar まではよい一致を示すがそれ以上ではずれを生ずることがわかった。静水圧の影響は20 kbar 以下では移動速度の極大値附近で最大であり，オーミック領域ではこれに比べて無視しうる程度に小さい。　　図1を用いて2端子反射形増幅器のコンダクタンスを求めた結果を図2に示す。計算に用いたパラメータは試料の長さ L=200μ，電子濃度 $n_0 = 1\times10^{13}$ cm⁻³，平均電界強度 3.0 kV/cm である。負性コンダクタンスのピークは圧力印加と共に低周波側に移動し，その値は10.6 kbar 附近で最大となることがわかる。　負荷コンダクタンス $G_L = 0.25$ mho/cm² を仮定して求めた増幅度の圧力依存性を図3に示す。増幅度のピークは図2と同様圧力印加と共に低周波側にずれるが，これは電子のドリフト速度が圧力によって減少することに対応している。　　アインシュタインの関係式より求めた熱運動（電子の）による拡散係数の圧力依存性を図4に示す。この結果より図1，

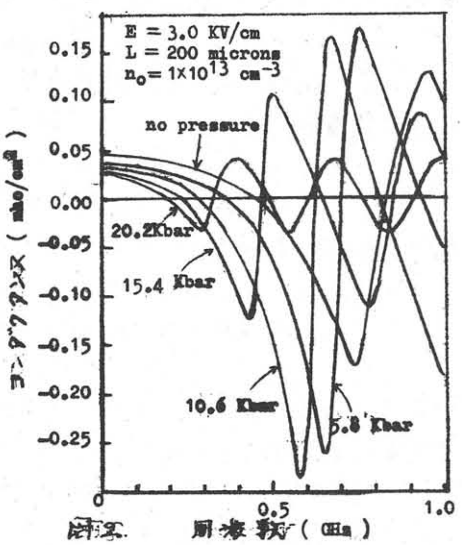

図2

図2，図3において無視された拡散効果は圧力印加と共に減少することがわかる。

以上の解析により，2端子増幅素子の増幅度は静水圧により大きな変化をうけるばかりでなく，その動作中心周波数が大幅に変化することがわかった。同様な効果は増幅器のみならず発振器に対しても生ずることが期待される。

3. ガン効果を用いた感圧スイッチ

G.L. Pearson 等[2)]の一軸性応力の研究によれば，<100>方向の応力がもっとも大巾な臨界電界値の低下を示している。<100>方向の一軸性応力効果はむしろ静水圧効果よりも高い圧力感度を示す。　ガン効果を用いた一軸性応力による感圧スイッチとして，つぎのような動作が考えられる。図5にスイッチング動作を示す。ドメインが走行する場合のガンダイオードの電圧—電流特性を曲線Aで示す。これに圧力を加えるとその特性はBのように変化する。今ダイオードに直列に負荷を入れ，臨界値直前Qにバイアスし，圧力を加えるとピーク電流 $I_M$ は $I_{pm}$ へ減り，Q点はP点へ飛び，そのため負荷抵抗には約 $\frac{1}{8}(I_M-I_{pm})(V_p-V_Q)$ の出力が得られる。ちなみにガン発振器用の導波管にマウントされたサンドウィッチ構造のダイオードに<100>方向に圧力を加えてみるとスイッチングの出力電圧が観測された。尚負荷はガンダイオードの場合臨界電圧の約10倍までかけられるので，高いスイッチング出力電圧が得られる。又臨界電界が圧力によって低電界側へ移行することと臨界電界 $E_{th}$ 附近がもっとも圧力に敏感であることを特徴としている。それ故，圧力によりガン効果素子の動作中心周波数，増幅度，出力レベルを可変できる。

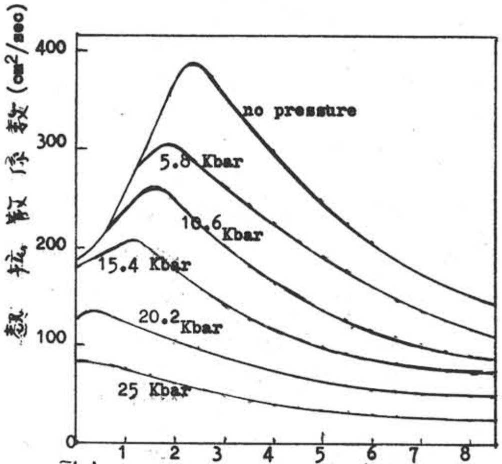

図4

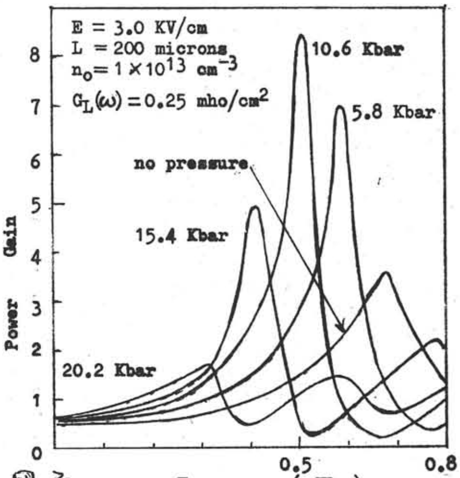

図3

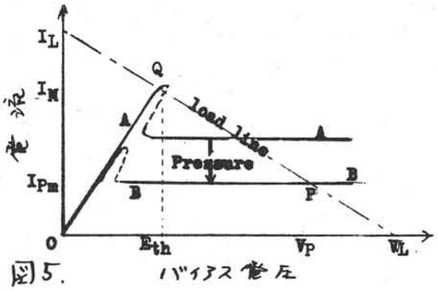

図5

又圧力のみでなく光によりガン効果の特性を大巾に変えることも出来るので，圧力と光の効果の組合せによって，ガン効果素子を用いたトランスジューサも考えられる。

最後に御指導賜りました小島電子部品部長，当半導体部品研究室の今井室長，二井調査役に感謝致します。

1) M.P. Wasse et. al; Solid-State Electronics, Vol. 19. P601, 1966
2) G.L. Pearson et.al.; IEEE Trans. ED-13 . No1 . P63, 1966