6-6　新しい能動超音波検出素子

電気試験所　早川尚夫，石黒武彦，高田進，御子柴宣夫，菊池誠

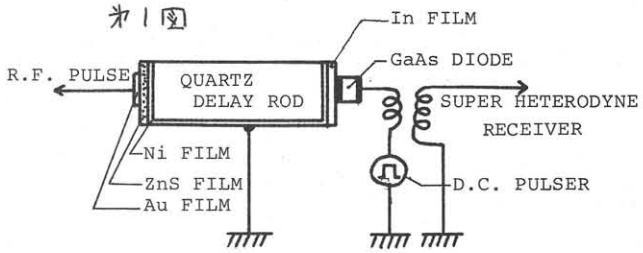
序　薄膜変換器と同程度の感度をもち、広帯域で動作する小型化された超高周波超音波検出器について報告する。電流振動を抑制したGaAsバルクの両端に高電界を印加すると，マイクロ波が増巾される。[1)2)] このようなGaAs素子を超音波検出器として用いた場合，高電界でバイアスされたGaAsに入射した超音波が，その圧電性を介してV.f.信号に変換され，それが負性伝導率により増巾されることを見出した。

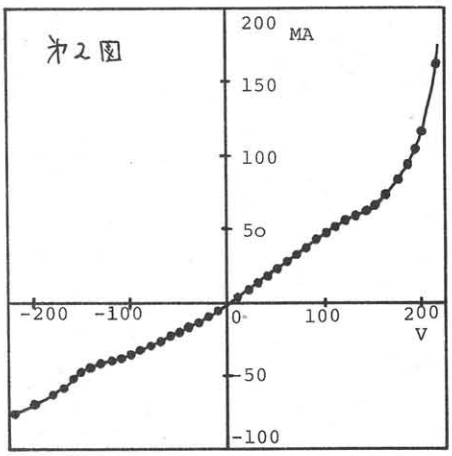
実験結果　実験に使用したGaAsはキャリアー濃度 $1\times10^{12}\,cm^{-3}$，移動度 6000 $cm^2/V\cdot s$ のn型結晶から切り出し，Au-Ge合金を蒸着し，約350°Cで約1分間熱処理してオーム性接触を作った。素子の寸法は，電極間距離 140μ，断面積 0.7 × 2.7 mm^2 とし，電界印加方向は，縦波超音波に対して圧電的に活性である<111>方向に選んだ。($nl\approx5.6\times10^{10}\,cm^{-2}$)。実験方法を第1図に示す。15 mm長 quartz delay rod の一端において ZnS蒸着膜によって発生された縦波超音波は，他端にIn膜でbondしたGaAs素子によって検出されるようになっている。GaAs素子は，巾 6～10μsec，くりかえし周波数 20Hz の直流パルスによってバイアスされ，発生したV.f.信号は高周波トランスを通して super-heterodyne受信器に導かれる。第2図にGaAs素子の電流電圧特性を示す。この図では quartz rod 側を陰極とした時を正方向としている。正負両方向ともバイアス電圧約100V附近で電流飽和を示している。第3図に，周波数 275 MHz の縦波超音波を素子で受信した場合の echo-height の電圧依存性を示す。正方向にバイアスした場合約5V附近から電圧の増加とともに振巾は増大し，電流飽和が生じるとーたん減少し再び増大する。一方，負方向にバイアスした時は，常に，正方向に比べて増巾度は低く，電流飽和以後の特性は図に示す如く異っている。実験は 200～700 MHz の周波数範囲の数点にわたって行なったがこの傾向は同じであった。第4図に 500 MHz の場合，0バイアス（lower trace）と，バイアス電圧 60V 下でのGaAs素子によって検出された echo pattern (upper trace) の例を示す。第5図に，反射法によって，スタブチューナーで整合をとりつつ，ZnS膜で検出した echo-heightと，超音波の励振強度，受信器の感度を同じ状態にしてGaAs素子(60Vバイアス下)で検出した echo-height の周波数依存性を示す。これによると，GaAs素子の検出能力は ZnS膜のそれにかなりよく追随していることを示し，この検出素子が広帯域で動作可能であり，検出感度は ZnS膜（挿入損失 35 dB at 400 MHz）と同程度であることがわかる。

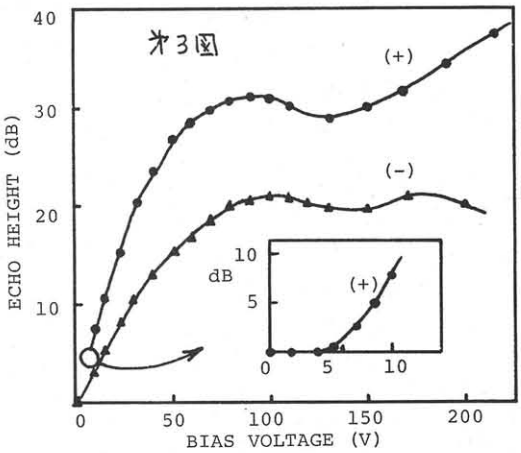
考察　電流振動を抑制したGaAsに高電界を印加した場合，負性伝導率をもつバルク中を伝播する空間電荷増大波の存在は既に確められている。[1)2)] ここに報告する現象は，素子の寸法から考えて超音波の増巾によるものではなく，電界の印加方向によって極性の存在することから考えて，素子の陰極に入射した超音波がGaAsの圧電性を介して空間電荷波を作り，それが負性伝導率をもつた媒質中を増大されつつ

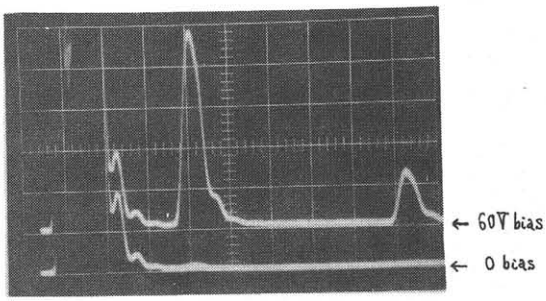
伝播することによるものと考えられる。このような進行波型増巾においては，増巾される周波数は電極間距離に依存せず，広帯域であることが知られている。また電磁波の増巾の場合は空間電荷波の励起が効果的でないことがその一つの隘路になっているが，本素子では，圧電性を介して超音波で空間電荷波が励起されるために，電磁波増巾の場合に比べて入出力の結合が効果的であると思われる。従ってこのようなGaAs素子は従来の厚み共振を利用した超音波検出素子に比べて，周波数選択性がなく，増巾作用をもつために薄膜変換器に相当する検出感度をもち，さらにマイクロ波領域の超音波の検出にも使用できると考える。

第1図

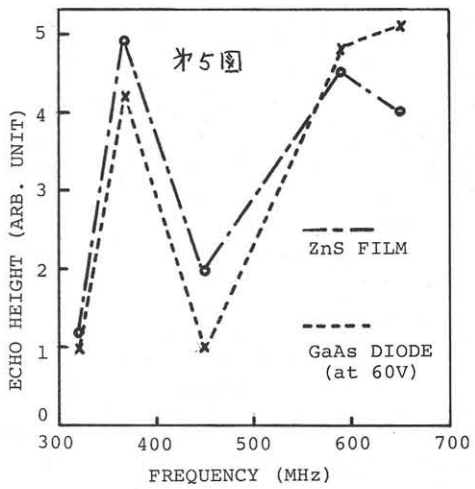








第4図　横軸 1μsec/div



文献

1) 小山，川面：電子通信学会全国大会 No. 672 (1967)

2) P. N. Robson, G. S. Kino, B. Fay : IEEE Trans. ED-14 No.19 (1967)