

日電公社 電気通信研究所 神戶 宏 隈部 建治 二井 理郎

〔序〕から効果によって増大する空間電荷波を利用した GaAs 進行波増幅器は、これまで二つの ohmic 電極を持つプレーナ型の素子について実験を進めて来た。最近、図 1 に示すように、素子の下側にさらに二つの ohmic 電極を設け、入力部、出力部の各々に縦方向の電圧を加えたところ、これまでの二電極の増幅素子に比べて、増幅利得および飽和出力は 20dB 以上増加するようになった。この現象はこれまで報告されていない新しい現象である。この四電極の増幅器は、進行波増幅器と二端子増幅器とを複合化した構造および特性を持つことから、その両方の増幅器の特長を持つ、単方向性で高利得、高出力の増幅器が実現できる。ここでは、この複合化増幅器についての測定結果を報告する。

〔実験結果〕実験に用いた n-GaAs 結晶は、ポートプロシによるもので、 $n_0 = 3 \times 10^{12} / \text{cc}$ ,  $\rho = 330 \Omega \cdot \text{cm}$  である。素子の構造の概略を図 1(a) に、素子の大きさを図 1(b) に示した。四つの ohmic 電極は Au-Ge-Ni を蒸着、合金化したもので、便宜上 1~4 の番号を付した。電極 1, 3 は入力側、2, 4 は出力側である。測定は中 10  $\mu\text{sec}$ 、繰返し 100 Hz のパルス動作で行った。また入出力は各マスタフによって整合をとっている。

まず縦方向の電極間に加えた電圧が利得および飽和出力にどのように影響するかを調べた。その結果を図 2 に示す。図 2 において、① は下側の電極 3, 4 を浮かしてこれまでの二電極の進行波増幅器の状態と同じにした時の入出力特性である。小信号利得は -20dB、飽和出力は約 0.1 mW である。

② は入力側の電極 1, 3 の間に 60V の電圧を加え、出力側の電極 4 を浮かした時の特性で、小信号利得は約 10dB 増加した。③ は電極 3 を浮かし、出力側の電極 2, 4 間に -60V の電圧を加えた場合で、利得は① に比べて約 12dB 増加し、飽和出力は約 18dB 増加して 7 mW となった。④ は入力側出力側共に縦方向に電圧を与えた場合で、小信号利得は 12dB となり、① に比べて 30dB 増加している。また、出力は、利得が 3dB 落ちる時点で 6 mW、利得 0dB で 10 mW、最大 20 mW であり、① に比べて約 20dB の増加である。

次に、出力電力の縦方向電圧に対する依存

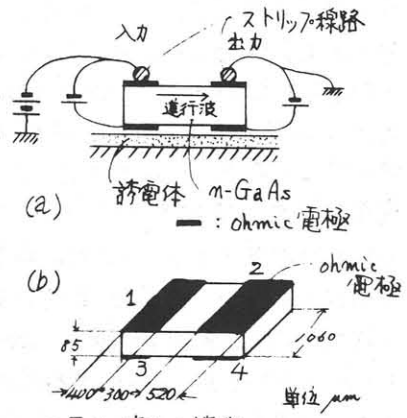


図 1. 素子の構造

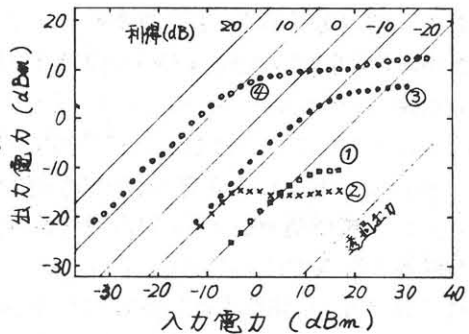


図 2. 入出力特性. 周波数 1.5 GHz  
 $V_1 = -270 \text{ V}$   $V_2 = 0 \text{ V}$   
 ①  $V_3 = -250 \text{ V}$  (浮),  $V_4 = -10 \text{ V}$  (浮)  
 ②  $V_3 - V_1 = 60 \text{ V}$ ,  $V_4 = -10 \text{ V}$  (浮)  
 ③  $V_3 = -250 \text{ V}$  (浮),  $V_4 - V_2 = -60 \text{ V}$   
 ④  $V_3 - V_1 = 60 \text{ V}$ ,  $V_4 - V_2 = -60 \text{ V}$

透過出力は電圧を加えない時の透過電力である。

性を調べた。図3はお力部の電極2,4間の電圧を60Vにし、入力部の電極1,3間の電圧に対するお力電力を示したものである。入力電力をパラメータにし、0.1mW, 1mWの場合を示した。前者は小信号入力とみなせる。後者は大信号入力であり、この時の出力は飽和出力とみなせる。図3からわかるように、+5V付近に利得、出力の最小値があり、正負共に電圧が増加するにつれて増加する。その変化の様子は正負の電圧に対して対称ではない。+20Vは、電極3を浮かした時の電圧で、この部分はこれまでの進行波増幅器の状態に相当する。±40V付近を境に出力の縦方向電圧依存性に変化が生じているが、これは縦方向の閾値電圧(電界一様として約30V)と関連している。図4は入力部の電極1,3の間の電圧を60Vにし、出力部の電極2,4間の電圧を変えた時のお力電力特性である。パラメータは図3と同様である。-10Vの時が、電極4を浮かした時の電圧である。利得、出力は-5V付近で最小になり電圧を正負で増加するにしたがって増加する。増加の中は約23dBである。入力側の場合と同様に閾値電圧と考えられる±40V付近で変化の様子が変わる。

〔検討〕以上の実験結果から、二端子増幅器を複合化するにより従来の進行波増幅器の特性は大幅に改善されることわかった。以下入力部、お力部について検討する。

(入力部) 従来の進行波増幅器では、入力部でマイ10波電界と電子流とが平行でないこと、電極下に閾値電界以下の部分があることにより、マイ10波と空間電荷波との結合損失が大きかった。複合化増幅器の入力部では縦方向電圧を印加すると、結合部の閾値電界以下の部分をなくし結合損失を減少させる。図3において電圧が±40V以上になると増幅利得が急激に増加するのはこのためである。入力部での結合損失を小さくすることは低雑音化にも関連している。

(お力部) お力部では、増大した空間電荷波がお力部の二端子増幅器を励振すると考えられる。従ってこの増幅器の出力は二端子増幅器の出力と同程度と推定される。空間電荷波により二端子増幅器を励振することは新しい試みである。この増幅器の構造においては横方向に進む空間電荷波が縦方向の空間電荷波を励振することになり、2次元の興味ある問題である。複合化増幅器の出力を増すためにはお力部の電極を大きくする方がよいが、縦方向に進む空間電荷波の水平方向への広がり速度で決まる上限があると思われる。この問題は今後実験的に研究していく。

以上入力部、お力部について考察したが、いずれも、複合化増幅器においては入出力部の二端子増幅器の振舞いが重要であり、そのインピーダンスの変化は増幅器の動作を支配する。二端子増幅器のインピーダンスは電子進行時間周波数で周期的に変化するため、この増幅器にもその周波数特性が表われる。また入出力部での二電極間のインピーダンスが負になった時の増幅器の安定性について今後さらに考察する必要がある。

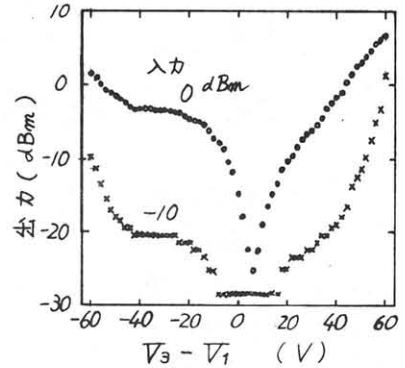


図3. 入力部縦方向電圧対出力  
周波数1.5GHz, 103×7は入力電力  
 $V_1 = -270V, V_2 = 0V, V_2 - V_1 = -60V$

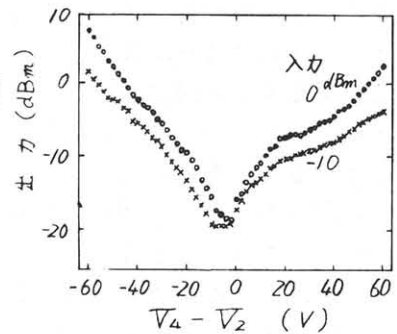


図4. お力部縦方向電圧対出力  
周波数1.5GHz, 103×7は入力電力  
 $V_1 = -270V, V_2 = 0V, V_3 - V_1 = 60V$