



| | |
|--------------|---|
| Title | ヘリウム中で働く増巾器 |
| Author(s) | 西田, 良男 |
| Citation | 大阪大学低温センターだより. 1973, 3, p. 7-9 |
| Version Type | VoR |
| URL | https://hdl.handle.net/11094/9774 |
| rights | |
| Note | |

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

ヘリウム中で働く増巾器

基礎工 西 田 良 男

我々のグループでは、遠赤外領域の光吸収・光伝導やパルス光にたいする応答の測定を行っている。試料を液体ヘリウム温度につけて冷すので、光検出器も半導体ボロメーター、光伝導といった低温で動作するものを用い、同じデューワー瓶の中に組み込んでいる。ヘリウム用デューワーの底近くにある信号源から増巾器まで信号を導くとなるとリード線はどうしても1m近くなり、そのため数百pfの電気容量を生じて高周波遮断や、またリード線がアンテナになって誘導雑音を導き測定限界を狭めるという事態になる。これは光測定に限ったことでなく、信号源のインピーダンスが高い時には常に遭遇する問題である。室温ならばカソードフォロワー前置増巾器でインピーダンスを下げれば解決出来る。液体ヘリウム温度域で動作する簡便な増巾器があれば便利だという願いは、低温研究者の中に案外多いのではないかと思う。

この願いは、市販のMOS-FET(metal-oxide-semiconductor field-effect transistorの略)を使って簡単に叶えられる。低温でMOSFETが増巾器として使えるという報告は1968年頃から知られ、我が国では平井が先鞭をつけた。ここでは、東芝MOSFET 3SK35を用いて光伝導検知器のインピーダンス変換を試作した経験を述べる。

MOSFETの概念的な構造を図1に示す。実際の構造・原理は省略するが、D(drain)とS(source)の間を流れる電流 I_D がGS間の電圧(Gはgateと呼ぶ) V_{GS} で制御され、D、G、Sは丁度三極真空管のプレート、グリッド、カソードに対応している。静特性の代表例を図2に示す。幾つかの V_{GS} 値にたいし I_D と V_{DS} の関係を表す。4.2Kでは静特性が室温の形と相当異なるが、この位ならば増巾器を作るのに支障はない。幾つかを測定した経験から、室温で同じ特性をもつFETでも、4.2Kにすると素子毎に特性が異なるので、幾つかのFET(3SK35は1コ500円)を買い求めて低温で特性を調べ、適当なものを選択するという労は払わなければならない。3SK35は I_D の大きさにblue, green, orange, yellowに色別けされているが、Orange, yellowでは4.2Kで I_D が極端に小さくなるものがあり、blue, greenの中から選ぶ方が無難である。

これを使ったインピーダンス変換回路(ソースフォロワー)を図3に示す。点線で囲った部分が液体ヘリウム中につかっている。 R_L , r_s の抵抗は金属皮膜抵抗を用いた。カーボン抵抗は低温で抵抗値の増大または破損を来すので使えない。FETから左の部分は光伝導検知器(今は、Sbをドーブしたゲルマニウムで室温で比抵抗 $3\Omega\text{cm}$ のもの、 $120\mu\text{m}$ より短波長域の検知器)にバイアス電流を流す

ためのループで、 R_Q の中間端子は FET の動作点 V_{GS} を調整するためにつけてある。FET のソース抵抗は静特性を考慮して $10\text{K}\Omega$ に選んだ。使用条件における FET は、ドレイン抵抗（真空管のプレート抵抗に対応） $r_D = 60\text{K}\Omega$ ，相互コンダクタンス $g_m = 1.7\text{m}\Omega^{-1}$ ，増巾率 $\mu = 102$ となった。これらの値を使うと、理論的には出力インピーダンスは $Z_{out} \cong 1/g_m = 600\Omega$ ，利得 $G \cong 1$ となり，また入力インピーダンスはキャパシタンスを無視する範囲内では FET 自身の入力抵抗値で決り，非常に高い ($10^{10}\Omega$ 以上)。インピーダンス変換器としては打ってつけである。

実験的には、 H_2O レーザー $119\mu\text{m}$ のパルス発振波形を観測してみた。出力波形は約 $10\mu\text{sec}$ に亘って続くレーザー固有のスパイク構造を識別したので，応答時間は少なくとも $1\mu\text{sec}$ 程度になっていると考えられる。FET 増巾器の応答時間は多分もっと短く，この時間は FET の入力迄の回路で決っており，増巾器の限界を示すものではないと思う。他方，FET を使わずに直接光伝導レスポンスを観測した場合，応答時間は数 msec もの長さになる。応答を速くするために R_L を小さくすれば，必然的に信号は小さくなる。結果として，FET 増巾器の使用は，検出系の利得，帯域巾の積を大きくする利益をもたらすことがわかった。また誘導もかなり減らせることがわかった。

物理測定として，試料から出てくる情報は測定方法を工夫して出来るだけ有効に活用することにより，新しい研究の領域が広がるであろう。液体ヘリウム中の FET 増巾器もその小さな例と想いが，今後信号処理の方法にいろいろの Variation が試みられるであろう。低温 FET 増巾器の詳細については，平井・津田の解説（ヘリウム温度域での能動素子，日本物理学会誌 27 巻 5 号，P.398，1972 年）およびそれに引用されている文献を参照されたい。

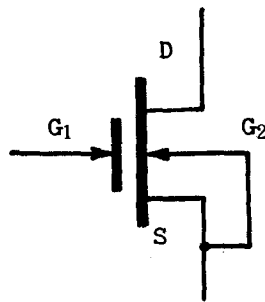


図 1. FET の概念図

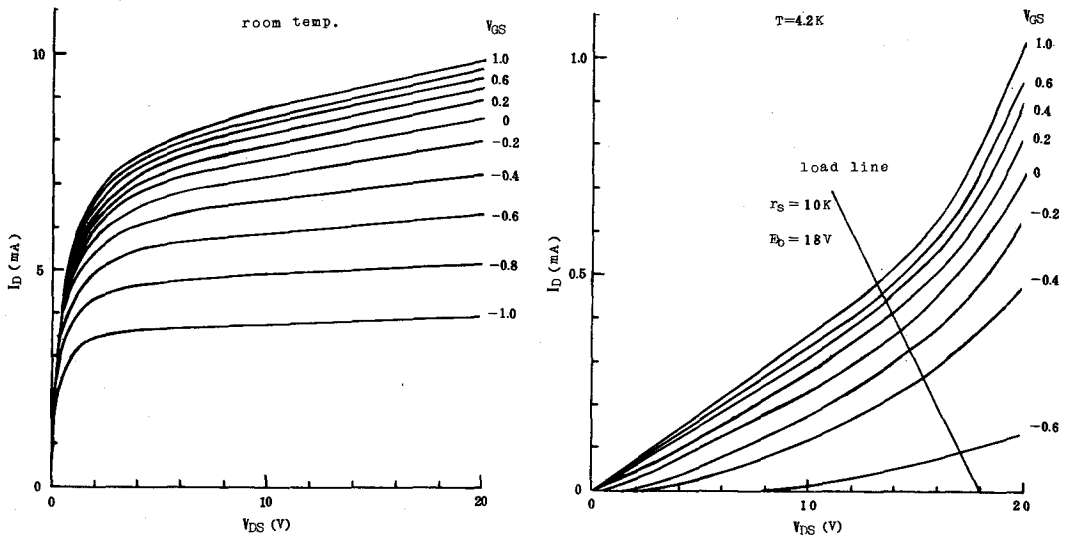


図2. 東芝3SK35(blue)の室温と4.2Kの静特性

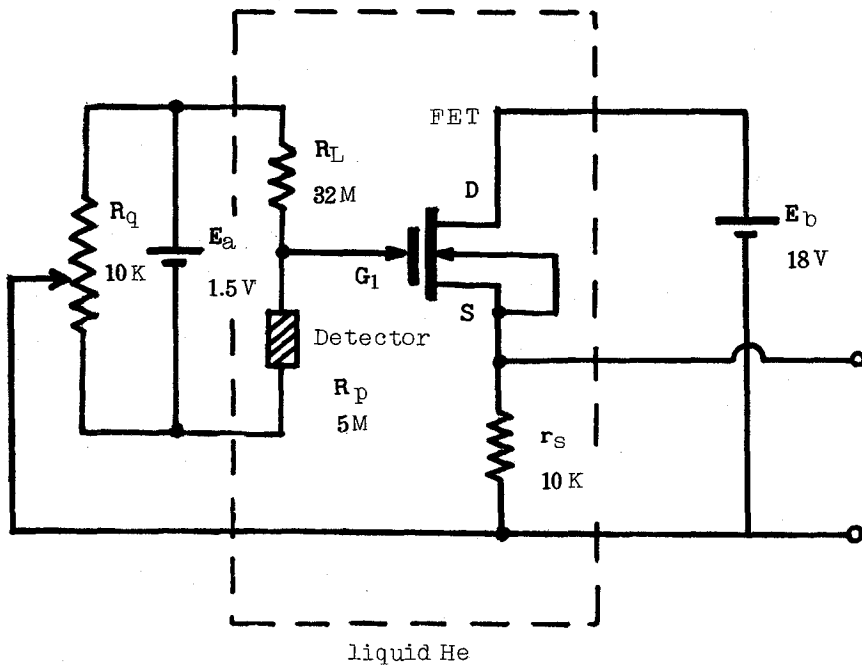


図3. 光伝導レスポンスにたいするインピーダンス変換回路