

1. 実験目的

FETの特性測定を行い、特性測定方法とその各値の意味を把握し、FETの動作原理を理解する。

2. 達成目標

1. J-FET（接合型電界効果トランジスタ）の動作原理を理解し、図を書いて説明することができる。
2. ソース接地におけるドレイン・ソース間電圧対ドレイン電流特性を理解することができ、特性のグラフを説明することができる。
3. 順方向伝達アドミタンス $|Y_{fs}|$ [S]（相互コンダクタンス g_m [S]）の測定方法とその意味を理解し説明することができる。

3. 実験原理

3. 1 概要

FETはトランジスタの一種で、2種類のキャリアを用いるバイポーラトランジスタとは異なり、1種類のキャリアを用いる。FETには二種類あって、接合型FET（Junction-FET）とMOS型FET（MOSFET、金属酸化皮膜FET）がある。今回の実験では、接合型FETの特性測定を行う。よってこの項で記述されるFETの原理は接合型FETのもののみとする。

図3. 1に示すように、FETは一つのPN接合から成る。バイポーラトランジスタのキャリアの流れはpn接合境界面に対して垂直であったが、FETではpn接合境界面に対して平行なキャリアの流れを利用している。

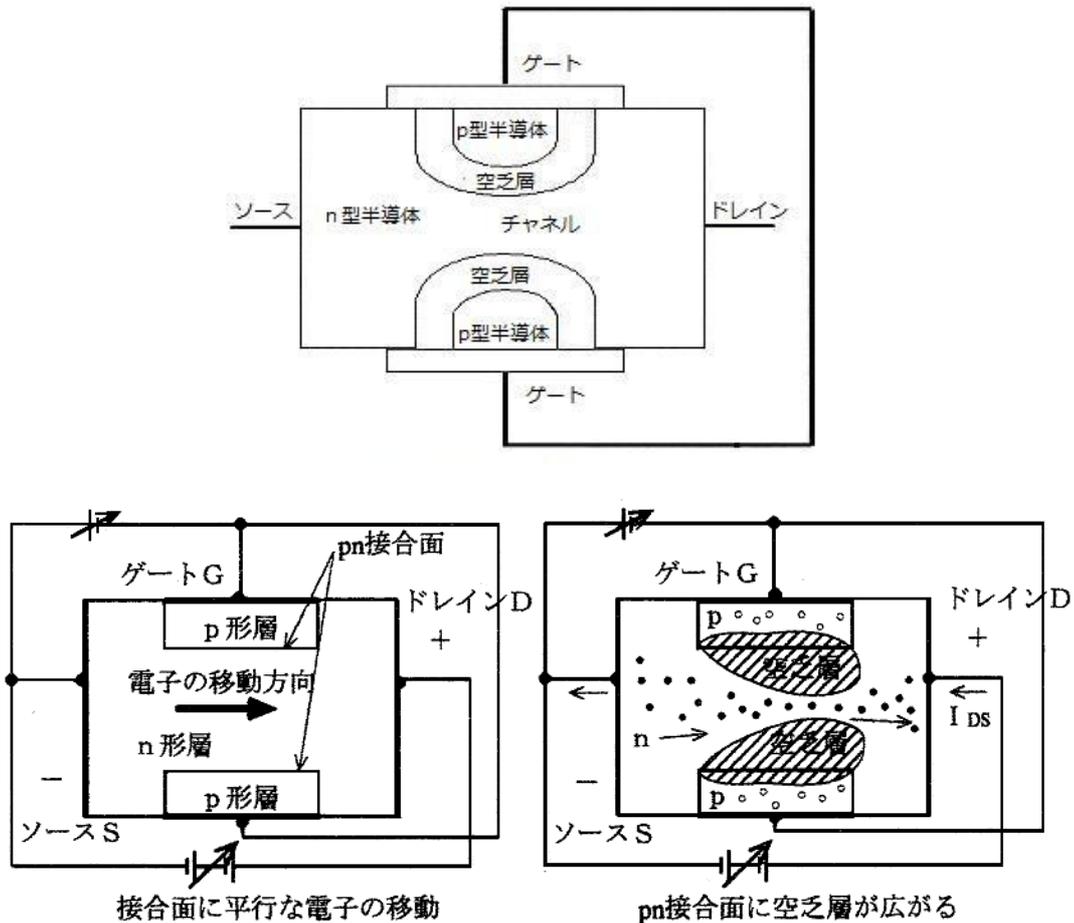


図3. 1 FETの原理図

n型半導体の両端に2つの電極があり、左側のソースSに対し右側のドレインDに5~10Vの電圧を加えると、ソース・ドレイン間のn型層に電界が発生し、n層の多数キャリアである電子はこの電界で加速され容易にソースからドレインに流れる。この流れに平行してp層のゲートG電極があり、図に示すようにソース電極に対してマイナスの電圧を加える（ドレインに対しては更に大きな負電圧になる）。pn接合面に注目すると、加わった直流電圧は逆方向であるから、接合面を通して全く電流は流れない。その代わり空乏層ができ、ゲート電圧を負にするほどに逆電圧は大きくなり、この空乏層が広がる特性が得られる。接合型FETでは、ゲートで発生する電界によって空乏層の大きさが変化してチャンネルの幅を買え、両端のソース・ドレイン間の電流が制御できる。

3. 2 順方向伝達アドミタンス

入力ゲート電圧 V_{DS} [V]を加えたとき、どのくらい出力電流 I_D [A]が流れるのかの割合を表す、増幅度に相当する性能指数を、順方向伝達アドミタンス $|Y_{fs}|$ [S]（相互コンダクタンス g_m [S]）と呼ぶ。出力電流と入力電圧の比であるため、出力電流と入力電流のような増幅率という言葉が使えないため、順方向伝達アドミタンス $|Y_{fs}|$ [S]という用語となる。

$I_D = |Y_{fs}| \times V_{GS}$
 が関係式である。単位は[S]（ジーメンズ）となる。よって、

$$|Y_{fs}| = \frac{\partial I_D}{\partial V_{GS}} \quad (V_{DS} = \text{一定})$$

で定義する。 V_{DS} 対 I_D 特性は、放物線

$$I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P}\right)^2 \quad (V_{DS} = \text{一定})$$

で近似できるので、

$$|Y_{fs}| = |Y_{fs0}| \left(a - \frac{V_{GS}}{V_P}\right) \quad \text{ただし、} \quad |Y_{fs0}| = \frac{2I_{DSS}}{-V_P}$$

のように表される。

$|Y_{fs}|$ [S]は、チャンネルに加わる電界およびゲート幅が大きいほど大きくなるが、飽和領域では V_{DS} に無関係として良い。

V_P : ピンチオフ電圧。 $I_D = 0$ のゲート電圧。

I_{DSS} : 飽和状態の平坦部分のドレイン電流。

3. 3 回路素子としての特徴

FETは、回路素子として以下の特徴を持つ。

- ・ゲート電圧 V_G に比例してドレイン電流 I_D が流れる増幅回路
- ・入力抵抗が極めて高く、1 [MΩ] ~ 100 [MΩ]となる
- ・低雑音である
- ・温度特性が安定している
- ・構造が簡単でIC素子に向く

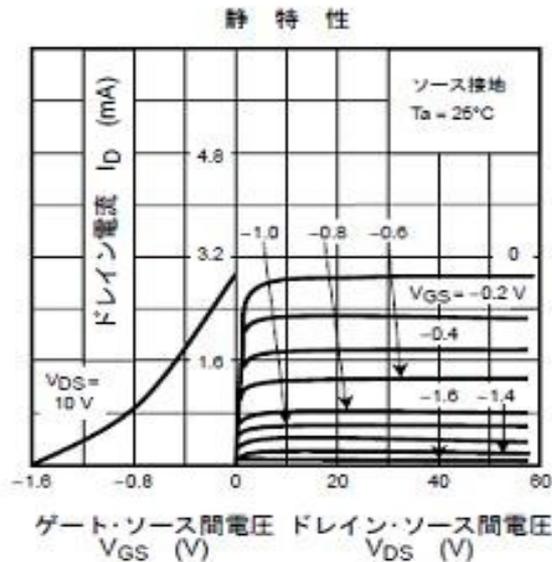


図3. 2 FETの特性曲線

4. 実験方法

4. 1 特性測定に用いるFET

今回実験に用いるFETは2SK30ATMである。

4. 2 $V_{DS} - I_D$ 特性測定 (ソース接地)

測定回路を図4. 1に示す。ここで、EGG、EDDは低電圧電源、 V_{GS} 、 V_{DS} はデジタルマルチメータ (直流電圧測定)、 I_D は直流電流計 (可動コイル形計器) である。

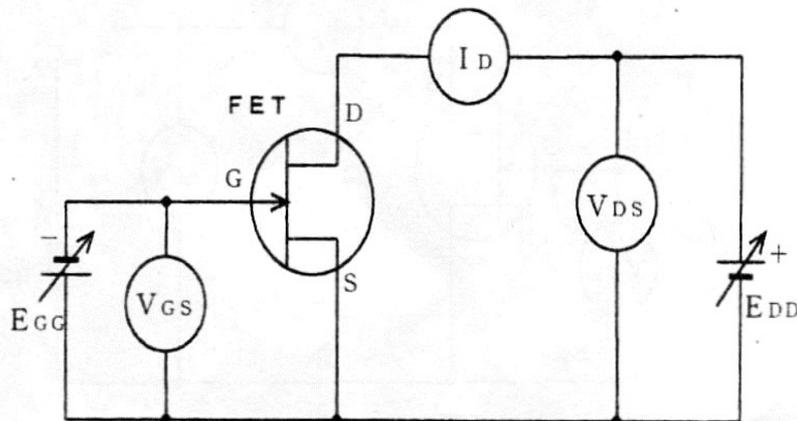


図4. 1 出力特性測定回路

a) V_{GS} をパラメータとして、出力特性を測定する。以下のような条件で測定する。

1. V_{DS} の変化範囲：0～30[V]

パラメータのゲート電圧 V_{GS} ：0、-0.2、～ (0.2間隔で) -1.6まで

2. V_{DS} の変化範囲：0～4[V] (低電圧領域の測定)

パラメータのゲート電圧 V_{GS} ：0、-0.2、～ (0.2間隔で) -1.6まで

b) $V_{GS} - I_D$ 特性 (入力特性) 測定 (ソース接地)

$V_{DS} = 10[V]$ 一定とし、 V_{GS} の変化範囲を0～-2.0 (0.1[V]間隔で変化)のときの I_D を測定する。

4. 3 I_{DSS} の測定 (ゲート・ソース短絡ドレイン電流の測定)

測定回路を図4. 2に示す。この測定回路により、 I_{DSS} を測定する。

$V_{DS} = 10[V]$ 、 $V_{GS} = 0[V]$ とする。

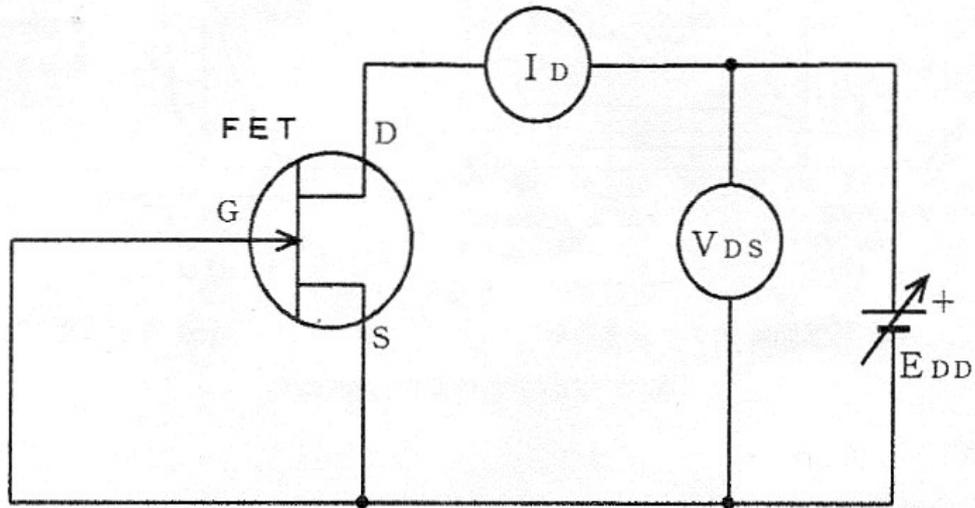


図 4. 2 I_{DSS} 測定回路

4. 4 ピンチオフ電圧 V_P の測定
測定回路を図 4. 3 に示す。

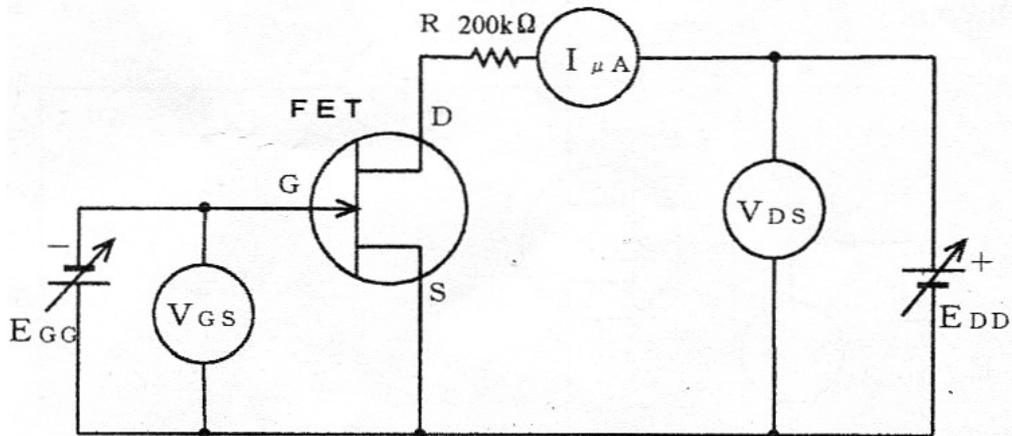


図 4. 3 V_P 測定回路

尚、 R は電流系の保護抵抗、 $I_{\mu A}$ は可動コイル型マイクロアンペア計。

$V_{DS} = 10[V]$ を与え、 V_{GS} を徐々に $0[V]$ に近づけていき、 $I_{\mu A} = 0.1[\mu A]$ となるとききの V_{GS} を測定する。

4. 5 順方向伝達アドミタンス $|Y_{fs}|$ [S] の測定
測定回路を図 4. 4 に示す。

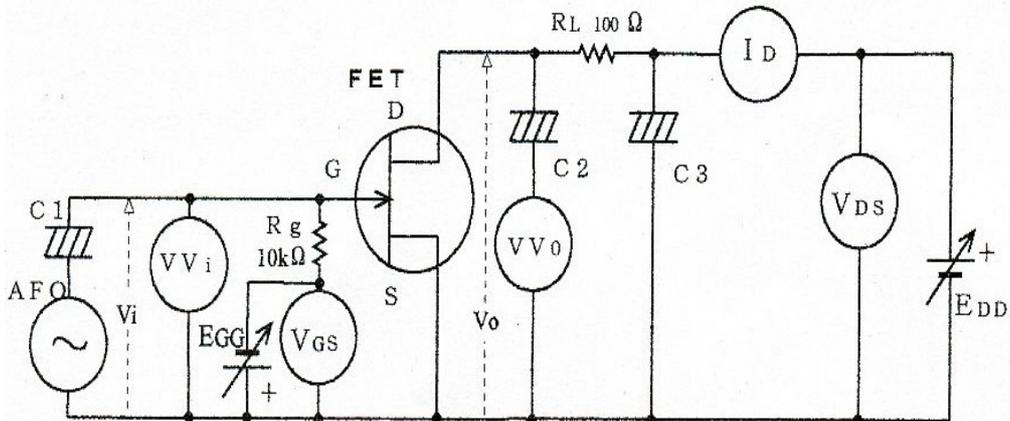


図 4. 4 順方向伝達アドミタンス $|Y_{fs}|$ 測定回路

ここで、 V_{Vi} 、 V_{Vo} は電子電圧計（交流電圧測定）、AFOは低周波発信機（1 [kHz]）、C1、C2、C3はバイパスコンデンサ（1 [kHz]の交流だけを通過させる）、 V_{GS} 、 V_{DS} はデジタルマルチメータ（直流電圧測定）、 I_D は直流電流計（可動コイル形計器）、 R_g はゲートの入力抵抗となり、 R_L は出力側（ドレイン）の負荷抵抗である。

低周波発信機の周波数を1 [kHz]とし、 $|Y_{fs}|$ の測定を行う。 $V_{DS} = 10[V]$ とし、 $V_{GS} = V_P \sim 0[V]$ まで可変することで、 I_D を変化させてAFOの出力、 $V_{i} = 0.1[V]$ を一定に保ち、各 I_D のときの V_o を測定する。