法政大学学術機関リポジトリ

HOSEI UNIVERSITY REPOSITORY

PDF issue: 2024-12-27

MOSFET特性の自動測定

WASHIZU, Genichi / HARA, Tohru / 原, 徹 / 鷲頭, 源一

(出版者 / Publisher)
法政大学工学部

(雑誌名 / Journal or Publication Title)
Bulletin of the Faculty of Engineering, Hosei University / 法政大学工学部研究集報

(巻 / Volume)
28

(開始ページ / Start Page)
101

(終了ページ / End Page)
131

(発行年 / Year)

https://doi.org/10.15002/00003883

1992-02

(URL)

MOSFET特性の自動測定

鷲頭源一*•原 徹**

Measurement of MOSFET Peformannce

Genichi WASHIZU* and Tohru HARA**

Abstract

Fundamental characteristics of MOSFET is measured by automated measuring system employing GP—IB interface. This paper describes a program of therse measurements, $I_D = V_D$ and $I_D = V_C$ characteristics can be plotteed and threshold voltage, transconductance and on resistance of FET can be determed. This system is very useful to the oxperiment for students in electrical engineering departmennt.

§ 1. はじめに

1種類のキャリアのみを利用したユニボウラトランジスタは、半導体の電界効果によって動作するところから電界効果トランジスタ(Field Effect Transisitor)と呼ばれている。このうちで最も多いものが、MOS-FETであり、その特徴は極めて優れた特徴を持っている。先ず、消費電力が極端に少なく、雑音に対して変動しにくいため、多少電源が変動しても誤動作せず安定性が高い、雑音特性が良く環境に支配されなく、高周波領域動作も可能である。又、耐放射性も大きく、混変調歪が少ない。

このため、MOSFETトランジスタは省エネルギー化、システム機器の長小型化が進につれ、クロウズアップされた素子である、又、製造上、工程が単調なことからチップ面積に与える欠陥の影響は低いため微細加工が容易で、低価格であり、アナログやデバイスの集積回路や特に大規模な集積化が可能であり、LSIの主力は、MOSFETで作られる現状であり主要な素子である。今回、MOSFETの I_D - V_D 特性、 I_D - V_G (V_T) 特性の測定を行い、基本特性を理解することを目的とした。

^{*}電気工学科電気電子

§ 2. 基礎理論

2.1 MOSFET (MOS電界効果トランジスタ) 構造、動作原理

MOSFETはMOSダイオード構造を絶縁ゲートとして用い、ゲートに加えた電圧によって半導体内に生じる反転層内の電荷によって、ソース、ドレイン間の導電路に流れる電流を制御するものである。逆転層の電荷による導電路はチャネルと呼ばれる、反転層の電子によってチャネルが構成されるトランジスタをn-ch形、正孔によってチャネルが構成されるトランジスタをp-ch形と呼ぶ。

Fig.1にn-chMOSFETの構造を示す。

n-chMOSFETは、P形基板を用い、ソース、ドレイン領域は n^+ 領域で形成される。基板に対してゲート電圧 $V_G>0$ を印加し、半導体表面に電子を誘起する。これにより、半導体表面の電子濃度が基板 P形半導体の正孔濃度より高くなった場合、反転層が形成され、ソース、ドレイン間が低抵抗層となる。ドレインにドレイン電圧 $V_D>0$ をかけ、チャネルを走行するキャリア(電子)を取り出すことでドレイン電流 $I_D>0$ が流れる。P-chMOSFETでは、n形基板を用い、ソース、ドレイン領域は P^+ 領域で形成される。 $V_G<0$ を印加し、反転層(キャリアは正孔)が形成され、 $V_D<0$ をかけることにより、 $I_D<0$ が流れる。

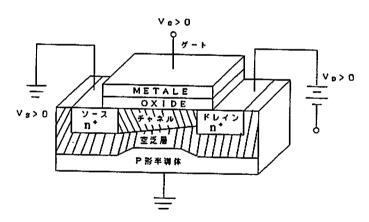


Fig. 1 n-chMOSFET構造

2.2 MOSFET In-Vn特件

MOSFETの I_D-V_D 特性は、ドレイン電圧 V_D の変化によるチャネルの状況の変化により、線形領域、ピンチオフ、飽和領域となる。各領域のドレイン電流 I_D をゲート電圧 V_D の関数として示す。

2.2.1 線形領域 (V_p<<V_c-V_r)

n-chMOSFETの場合を例にする。

ゲート電圧 $V_c>0$ をかけ、反転層が形成されている状態を考える。 $V_p>0$ で十分小さく、 F_i

g.2に示す表面電界Ex<<Ezで等電位面が表面に平行だと仮定する。Fig.2に於ける微小区間dx では、基板の電位を $V_c(x)$ とすると、実効的に $V_g-V_c(x)$ の電圧が印加されたことになり、表面に誘導される伝導キャリアの表面密度 $Q_1(x)$ は、しきい値電圧 V_T 、ゲート容量 C_{ox} とすると、

$$Q_{I}(x) = -C_{ox} [V_{G} - V_{T} - V_{C}(x)]$$
(1)

となる。この電荷 Q_1 が、微小電界 E_x によってドリフトし、チャネルを電流が流れる。チャネル電流 I_D は、チャネル幅w、電子移動 μ とすると

$$I_{D}=WQ_{I}(x) \mu E_{X}$$
 (2)

となる。電界Exは、チャネルの表面電位をφsとすると

$$E_{x} = -\frac{d \phi_{S}}{d_{x}} = -\frac{d V_{C}(x)}{d_{x}}$$
(3)

となる。

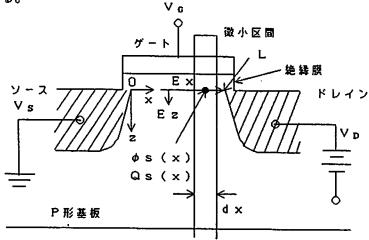


Fig. 2 n-chMOSFET諸量

(1)、(2)、(3)、式より(4)式が導ける。

$$I_D = W C_{OX} (V_G - V_T - V_C (x)) \mu \frac{d V_C (x)}{d x}$$
 (4)

これを、X=0からLまで積分する。

$$\int_{0}^{L} I_{D} d x = \int_{0}^{UD} WC_{OX} (V_{G} - V_{T} - V_{C} (x)) d V_{C} (x)$$
(5)

$$x=L$$
のとき $VC(x)=V_D$
 $x=O$ のとき $VC(x)=O$

よって(5)式より(6)式が得られる。

$$I_{D} = \frac{1}{2} \times \frac{W}{L} \mu C_{OX} [2 (V_{C} - V_{T}) V_{D} - V_{D}^{2}]$$
 (6)

2.2.2 ピンチオフ $(V_p = V_c - V_\tau)$

ドレイン電圧 V_D を段々に増加していき、ドレイン領域に接するチャネルの右端の誘導電荷 Q_1 (L) = 0 となる状態をピンチオフという。ピンチオフのとき、ドレイン電圧 V_D 、ドレイン電流 I_D は、次のようになる。

$$V_{D} = V_{G} - V_{T} \equiv V_{P} \qquad V_{P} : \text{ピンチオフ電圧}$$
 (7)

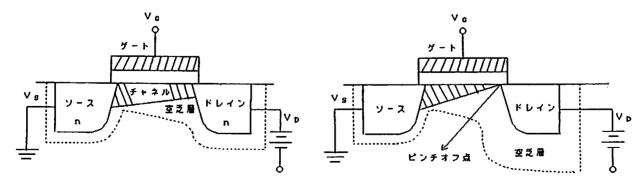
$$I_{Dsat} = \frac{1}{2} \times \frac{W}{L} \mu C_{OX} V_{P}^{2}$$
 (8)

2.2.3 飽和領域 (Vp>Va-Vt)

ドレイン電圧を増加し、ピンチオフ後、 $V_D>V_P$ では、 $Q_1(L)=0$ となる点P(ピンチオフ点) がx<1、となる。 $V_D>V_P$ では、ピンチオフ点、ドレイン間にはチャネルは形成されず、負の 伝導電子は存在しないので、(6)式は意味を持たない。

ピンチオフ点、ドレイン間には空間電荷領域が広がり、ドレインから表面に、ほぼ平行に電気力線が走り、伝導電子はドレインに直ちに吸収される。よってこの空間電荷領域は I_D を規制せず、ピンチオフ後、 $I_{DS * 1}$ の一定値を保つ。

以上より、Fig.3に、線形領域、プンチオフ、飽和領域に於けるチャネルの状況を示す。



線形領域 V D < V G - V T

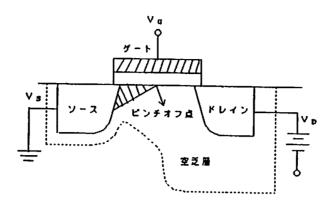


Fig. 3 飽和領域V_n>V_n−V₇ 助作時の線形領域、ピンチオフ、飽和領域 に於けるチャネル及び空乏層の状態を示す

線形領域、飽和領域でのドレイン電流式を示し、MOSFET In-Vn特性をFig.4に示す。

$$I_{Deat} = \frac{1}{2} \times \frac{W}{L} \mu C_{OX} V_{P}^{2}$$
 飽和領域 (10)

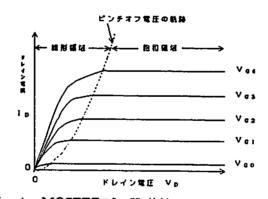


Fig. 4 MOSFETのI p-Vn特性

線形領域、ピンチオフ、飽和領域の区分

2.3 しきい値電圧

しきい値電圧は、ドレイン電流がトランジスタのオフ状態の洩れ電流レベル以上となるゲート 電圧である。この値を求める式は、

$$V_{T} = 2 \Psi_{B} + \frac{(2 \epsilon_{0} \epsilon_{S} q N_{A})^{1/2} (2 \Psi_{B})^{1/2}}{C_{OX}}$$
(11)

但し、 $\Psi_B = kT/q\ln(N_A/n_1)$:フエルミレベル N_A 電子密度である。

これより、V_Tの値は半導体の種類とそのドーピング強度によって決まるΨ_B、N_A及び、単位 面積当りの酸化膜容量C_{ox}に依存することが分かる。上式はシキイ値電圧の最も単純な表現であ る。実際の場合は酸化膜中に、電荷が存在することを考えて、その時のV_{FB}(フラントパンド電圧)をゲート電圧に与える必要がある。

$$V_{PB} = -\frac{1}{C_{OX}} Q_{SS}$$
 (12)

Qss: 固定表面電荷密度

結局、しきい値電圧Vでは次のような形に補正される。

$$V_{T} = \Phi_{MS} = \frac{1}{C_{OX}} Q_{SS} + 2 \Psi_{B} + \frac{(2 \epsilon_{O} \epsilon_{S} q N_{A})^{1/2} (2 \Psi_{B})^{1/2}}{C_{OX}}$$
(13)

MOSトランジスタでは、しきい値電圧 V_{τ} を V_{τ} >0だけでなく、 V_{τ} <0にすることも可能である。ここで、 V_{τ} >0という特性を示すものをエンハンスメント形という。ゲート電極の真下の基板の表面を、イオン打ち込み法等を利用して、チャネルドープしておくと、ゲート電圧 V_{c} が負であってもキャリアが存在するためにドレイン電流 I_{D} が流れる。つまり V_{τ} <0の特性を示す。このようなものをデプレション形という。Fig.5に、MOSトランジスタのエンハンスメント形、及び、デプレッション形、しきい値特性を示す。

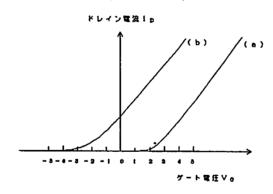


Fig. 5 MOSトランジスタのしきい値特性 (a)エンハンスメント形 (b)デプレッション形

2.4 相互コンダクタンスgm

デパイス特性として重要な役割を果たす相互コンダクタンスgmは、次式で定義する。

$$g m = \frac{\Delta I_D}{\Delta V_G} \mid_{V_D - \overline{E}}$$
 (14)

従って、線形領域、飽和領域でgmを求めると、次のような式を得る。

$$g m = \frac{\Delta}{\Delta V_{o}} \left[\frac{W \mu C_{ox}}{L} \left\{ (V_{o} - V_{r}) V_{o} \frac{1}{2} V_{o}^{2} \right\} \right] = \frac{W \mu C_{ox}}{L} V_{o} ($$

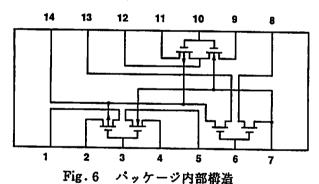
$$g m = \frac{\Delta}{\Delta V c} \left\{ \frac{1}{2} \times \frac{W \mu C_{OX}}{L} (V_G - V_T)^2 \right\} = \mu C_0 \frac{W}{L} (V_G - V_T) \quad (\text{@} \pi \text{@} t)$$
 (16)

相互コンダクタンスgmは、定義からも分かるように、信号の増幅度を示すものである。これは、ゲート電圧 V_{α} を変化させた場合のチャネルのコンダクタンスを示すもので、これによりドレイン電流 I_{D} の大きさが左右されるので、MOSトランジスタの基本的性能を示す重要な因子である。又、このgmは遮断周波数及びスイッチング速度を比例の形で直接支配する因子であると同時に、電流駆動力を示すものであることからも重要である。尚、gmは $\sqrt{I_{Dsat}}$ に比例するので、バイポーラトランジスタのように電流を増してもgmはそれほど大きくはならない。

§ 3. 測定

3.1 測定試料

試料として、市販されているパッケジされた東芝のアルミゲートCMOS[TC4007UBP]を用いた。Fig.6に試料構造を示す。



NMOSとして (Souce-Drain, 4.5ピン、Gate 3ピン、Bulk 7ピン) PMOSとして (Souse-Drain, 1.2ピン、Gate 3ピン, Bulk 14ピン)を使用した。Fig.7に試料の断面図を示す。

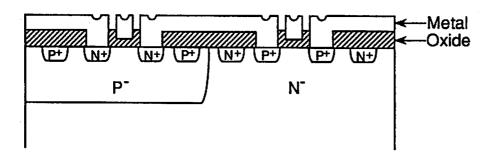


Fig. 7 メタルゲートMOS断面図

3.2 使用機器

表 1 使用機器

機器名	型名	会社名
コンピュータ	PC-9801m	NEC
LCR メータ	YHP-4275A	YHP
デジタル マルチメータ	TR6843	タケダ理研
DC,電源	TR6150	タケダ理研
XY レコーダ	MP-2000	グラフテツク

3.3 測定システム

 I_D-V_D 特性測定、及び、 I_D-V_G 特性測定プロックダイアグラムをFig.8に示す。

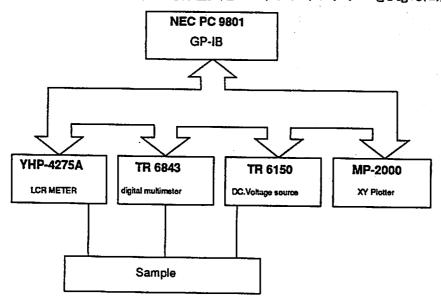


Fig. 8 MOSFETのIp-Vp、Ip-Va測定プロックダイアグラム

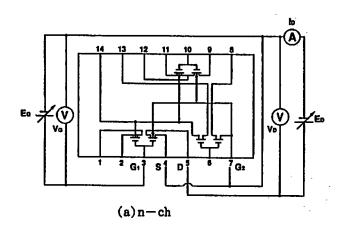
3.4 測定方法と測定回路

3.4.1 I_D-V_D測定

次の要領でドレイン電流ードレイン電圧特性の測定を行う。

先ず、コンピュータPC-9801にLCRメータ、電圧源、電流計を接続する。試料を試料台に接続し、電圧 V_{D8} をn-chの場合 $0 \sim 3$ [v]まで0.1 [V]ステップで又、p-chの場合 $0 \sim -3$ [V]まで-0.1 [V]ステップで変化させて、そのときの電流 I をVG=0、1、2、3、4 [V] (p-chでは $V_G=0$ 、-1、-2、-3、-4 [V] 各々の場合において測定する。

測定されたデータは、画面上にプロットされる。又、X-Yプロッタに V_{DS} を横軸、 I_D を縦軸にとってプロットされる。Fig.9に(a)n-ch、 I_D-V_D 測定回路、(b)p-ch、 I_D-V_G 測定回路を示す。



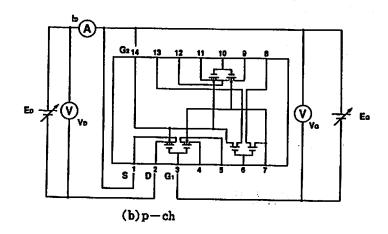


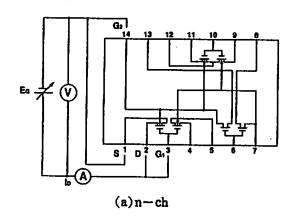
Fig. 9 (a),(b)Ip-Vp测定回路

3.4.2 Ip-Va測定

次の要領でドレイン電流ーゲート電圧特性の測定を行う。

 I_D-V_D 測定と同様に、測定機器及び、試料を接続する。電源電圧 V_G を、n-chの場合 0 [V] から0.01 [V] ステップ、p-chの場合 0 [V] から-0.01 [V] ステップで電流 I_D が10 [mA] 流れるまで変化させて、その時の電流 I_D の変化を見る。

測定されたデータは、画面上にプロットされる。又、X-Yプロッターに V_{G} を機軸、 I_{D} の平方根をとったもの($\sqrt{I_{D}}$)を縦軸としてプロットする。Fig.10に(a)n-ch、 I_{D} - V_{G} 、測定回路、(b)p-ch、 I_{D} - V_{G} 測定回路を示す。この回路はドレインとゲートが共通に接続されており常に飽和領域で動作するようになっている。



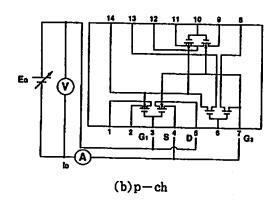
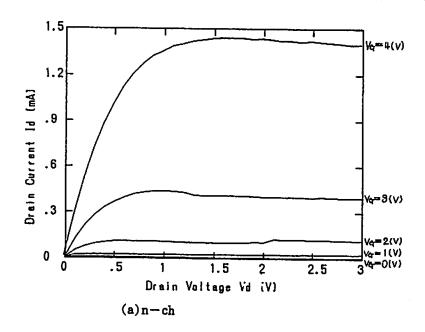


Fig.10 (a),(b)Ip-Vo测定回路

§ 4. 測定結果

4.1 I_D-V_D測定

(§ 3. 測定)の項で述べたようにして、n-chにゲート電圧 V_G を $0\sim 4$ [V]、ステップ 1 [V]、p-chにゲート電圧 V_G を $0\sim -4$ [V]、ステップー1 [V]、と各々5 種類、変化させた時のドレイン電圧 V_D に対するドレイン電流 I_D との関係を測定する。Fig.11に特性を示す。



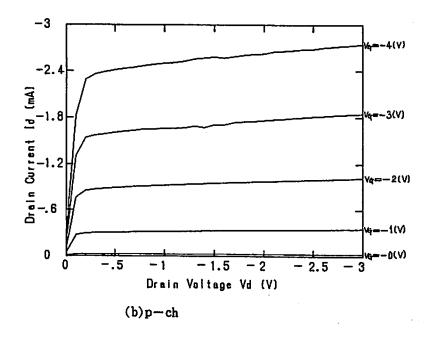
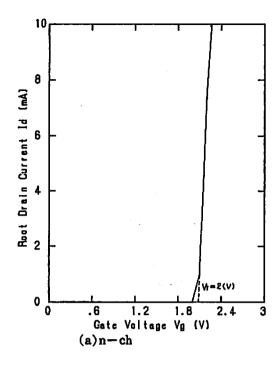


Fig.11 (a),(b)I_D-V_D特性

4.2 I_D-V_G測定

(§ 3. 測定)の項で述べたようにして測定した、 V_0 に対する $\sqrt{|I_D|}$ との関係をFig.12にしめす。 この曲線に接線を引くことにより、しきい値電圧 V_7 を求めた。この結果、n-chでは、 $V_7=2$ [V]、p-chでは、-0.4 [V] と言う値が得られた。



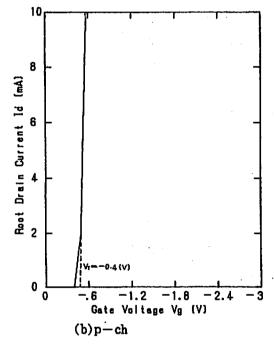


Fig.12 (a),(b)Ip-Vo特性

§ 5. 結論

今回の測定で次のような結論を得た。

 I_p-V_p 特性に於て、n-chMOSFETよりも、p-chMOSFETの方が低電圧で飽和し、立ち上がりが良く優れた飽和特性が得られた。これは、n-chのキャリアである電子の移動度よりもp

-chのキャリアである正孔の移動度の方が値が小さいためである。

n-ch、p-chの特性はピンチオフ後、飽和領域に於てドレイン電流 I_p は一定値に近く理想的な飽和曲線となった。

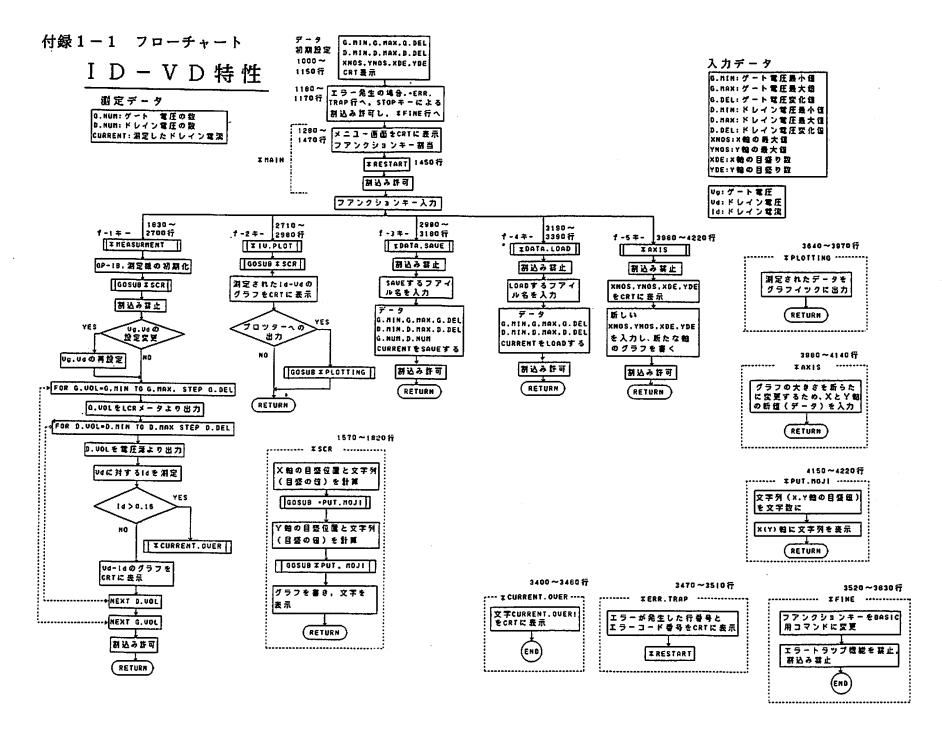
Fig.12 I_p - V_g 特性から、n-chの場合 2 [V]、p-chの場合-0.4 [V] のしきい値電圧 V_7 の値を得た。又相互コンダクタンスgmは、n-chの場合0.08 [mS]、P-chの場合0.16 [mS]、そして抵抗Rは、n-chの場合12.5 [k Ω]、P-chの場合6.25 [k Ω] の値が得られた。

以上のように $I_D - V_D$ 特性、 $I_D - V_G$ 特性、及び、しきい値電圧 V_T 、相互コンダクタンスgm、抵抗Rを数式的に把握し理解できた。

尚、付録として、我々が開発したMOSFETの $I_D - V_D$ 特性、及び $I_D - V_C$ 特性の測定用プログラムを記載しました。

参考文献

- 1) 鷲頭 源一: Silicon compilerに於ける、CMOS-ICを用いたInverter circuit の電気的伝 達特性を自動特性program操作方式に依る特徴の把握について、法政大学研究経過報告集第9号、PP10~12、(1987年)
- 2) 垂井康夫:半導体デバイス、(電気学会)オーム社発行、PP145~152
- 3) 古川静二郎:半導体デバイス、(電子情報通信学会)コロナ社発行、PP 1 53~158
- 4) 岸野正剛:半導体デバイスの基礎 (オーム社) オーム社発行、PP178~179



字数を求め、 X (Y) 軸に文字列を表

レンジ

付録1-2 自動測定プログラムの説明

In-Vn測定

行番号 ファイル名 ゲート電圧, ドレイン電圧の初期設定, 1000~1015行 画面上のグラフ及びプロッターのグラ フの大きさの設定。 1 1 6 0 ~ 1 1 7 0 行 エラー発生にした場合のエラー行番号, エラーコード番号の表示、ストップキ - による割り込み許可。 1280~1440行 メニュー画面をCRTに表示し、ファ ンクションキーの割当。 1470~1560行 割り込み許可し,フアンクションキー 入力まち。 X軸とY軸の目盛りを求めCRTにグ 1570~1820行 ラフを表示。 1830~2080行 GP-IP, 測定器の初期化, 設定、ゲート電圧、ドレイン電圧の設 定値をCRTに表示し、設定値の変更 2100~2670行 ゲート電圧をLCRメータから出力。 ドレイン電圧を電圧源から出力に、 レイン電流を測定し、CRTにプロツ トする。 0.16 [A] 以上流れると測 定を中止する。 2710~2970行 測 定 さ れ た デ - 夕 (ド レ イ ン 電 流) を C R T 及びプロツタ - にプロツトする 2990~3180行 測定されたデータをSAVEする。 3 1 9 0 ~ 3 3 9 0 行 SAVEされたデータをLOADする 3 4 0 0 ~ 3 4 6 0 行 CURRENT OVER! & CRT に表示し、測定を中止する。 3 4 7 0 ~ 3 5 1 0 行 エラー発生の行番号とエラーコード番 号をCRTに表示し測定を中止する。 3 5 2 0 ~ 3 6 3 0 行 フアンクションキーをBASICコマ ンドに変更し、エラートラップ機能を 割り込み禁止、測定を終了する 測定されタデータをグラフィックに出 3640~3970行 力しグラフを書かせる。 3 9 8 0 ~ 4 1 4 0 行 グラフ(X軸Y軸)の大きさを新たに 変更するためにX軸とY軸の新値を入 力。 4 1 5 0 ~ 4 2 2 0 行 グラフ(X軸とY軸)の文字列(目盛 りの値)を表示するための文字列の文

示する。

1460 FOR I=1 TO 5:KEY(I) ON:NEXT I

```
付録1-3
1000 ' PC-9801用
1010 '
       MOS-FET
1020 ' I_{D}-V_{D} Chracteristic
1030 ' 自動測定プログラム Ver1.0
1050 G.MIN=1!:G.MAX= 4!:G.DEL= 1
1060 D.MIN= 0!:D.MAX= 3!:D.DEL= .1
1070 DIM DCURRENT(500, 10), ID(500, 10), PLOT(500, 10)
1080 XNOS=3:YNOS=.001:XDE=6:YDE=5
1090 CXSPAN=360:CYSPAN=260:
                                                     '軸の長さ
1100 PXSPAN=1800: PYSPAN=1400:
                                                     'プロッター軸の長さ
1110 XOFS=240: XMAX=XOFS+360: YMIN=5: YOFS=YMIN+260:
                                                     '軸のOFFSET値
1120 XSCL=360/XNOS:YSCL=-260/YNOS:
                                                     '軸のスケールの長さ
1130 PXSCL=1800/XNOS:PYSCL=1400/YNOS:PX0FS=500:PY0FS=500
1140 '
1150 SCREEN 3,1:CONSOLE 0,25,1,1,0:CLS 3
1160 ON ERROR GOTO *ERR.TRAP
1170 STOP ON: ON STOP GOSUB *FINE
1180 ISET IFC: ISET REN: CMD DELIM=0: CMD TIMEOUT=5
1190 LOCATE 0,15:PRINT "プロッターに出力しますか。(y/n)":PLOT$=INKEY$
1200 IF PLOT$="n" THEN PLOT$="N"
1210 IF PLOT$="y" THEN PLOT$="Y"
1220 IF PLOT$="N" THEN *MAIN
1230 IF PLOT$="Y" THEN PRINT @4;"H" ELSE 1190
1250 *MAIN
1260 '
1270 CLS 3:LOCATE 0,2
1280 LINE (20,40)-(180,220),,B
1290 PRINT
1300 PRINT
1310 PRINT "
               [ Function key ]"
1320 PRINT
1330 PRINT "
              (F·1) MEASUREMENT"
1340 PRINT "
              (F-2) I-V PLOT"
1350 PRINT "
              (F·3) DATA. SAVE"
1360 PRINT "
              (F·4) DATA.LOAD"
1370 PRINT "
              (F·5) AXIS"
1380 PRINT "
              (STOP) END"
1390 CONSOLE 20,5:LOCATE 1,14:CLS 1
1400 KEY 1,"MEAS"
1410 KEY 2,"PLOT"
1420 KEY 3,"SAVE"
1430 KEY 4,"LOAD"
1440 KEY 5,"AXIS"
1450 *RESTART
```

```
1470 ON KEY GOSUB *MEASUREMENT.*IV.PLOT.*DATA.SAVE.*DATA.LOAD.*AXIS
1480 YPOS0=0:YPOS=4
1490 LOCATE 7, 15: COLOR 2: PRINT "INPUT FUNCTION !!": COLOR 7
1500 BEEP 1:FOR I=0 TO 50:NEXT I:BEEP 0
1510 '
1520 *WAITING
1530 '
1540 GOTO *WAITING
1550 '
1570 *SCR
1580 '
1590 LOCATE 1,14:CLS 3
1600 FOR I=0 TO XDE
1610
       XLINE=XOFS+360/XDE*I
1620
       LINE(XLINE, YMIN)-(XLINE, YOFS), 7
1630
       PRTX=XLINE-9:PRTY=YOFS+4
1640
       PRT$=STR$(XNOS/XDE*I)
1650
       GOSUB *PUT.MOJI
1660
       BEEP 1:BEEP 0
1670 NEXT I
1680 FOR I=0 TO YDE
       YLINE=YOFS-260/YDE*I
1690
1700
       LINE (XOFS, YLINE)-(XMAX, YLINE), 7
1710
       PRTX=XOFS-35:PRTY=YLINE-4
1720
       PRT$=STR$(YNOS/YDE*I*1000)
1730
       GOSUB *PUT.MOJI
1740
       BEEP 1:BEEP 0
1750 NEXT
1760 LINE(XOFS, YMIN)-(XMAX, YOFS), 1, B
1770 '
1780 LOCATE 0,0:PRINT "FETId-Vd自動測定"
1790 LOCATE 49,18: PRINT "電圧 [V]"
1800 LOCATE 24, 6: PRINT "電":LOCATE 24, 8:PRINT"流":LOCATE 22,10:PRINT" [mA] "
1810 RETURN
1830 *MEASUREMENT
1840 '
                      GP-IBの初期化
1850 PRINT @17; "A2T3"
1860 PRINT @ 2; "V5L0L6"
1870 PRINT @ 7: "R5S1DLO"
1880 GOSUB *SCR
1890 '
1900 'MEASURE
1910 '
1920 FOR I=1 TO 5:KEY (I) OFF:NEXT
1930 LOCATE 0,18
1940 PRINT USING "G.MIN ##.#/G.MAX ##.#/G.DEL ##.##"; G.MIN; G.MAX; G.DEL
```

1950 LOCATE 0,19

```
118 平成4 (1992) 2 MOSFET特性の自動測定
     1960 PRINT USING "D.MIN ##.#/D.MAX ##.#/D.DEL ##.##"; D.MIN; D.MAX; D.DEL
     1970 CLS 1
     1980 LOCATE 0,20: PRINT "電圧の設定を変えますか。":Q$=INKEY$
     1990 IF Q$="Y" OR Q$="y" THEN 2010
     2000 IF Q$="N" OR Q$="n" THEN 2050 ELSE 1980
     2010 CLS 1:LOCATE 0,20
     2020 INPUT "ゲート 電圧 (G.MIN,G.MAX,G.DEL)",G.MIN,G.MAX,G.DEL
     2030 CLS 1:LOCATE 0,20
     2040 INPUT "ドレイン電圧 (D.MIN, D.MAX, D.DEL)", D.MIN, D.MAX, D.DEL
     2050 G.NUM=ABS((G.MAX-G.MIN)/G.DEL)+1
     2060 D.NUM=ABS((D.MAX-D.MIN)/D.DEL)+1
     2070 CLS 1
     2080 '----
     2090 'Vg CONTROL
     2100 J=1
     2110 FOR G.VOL=G.MIN TO G.MAX STEP G.DEL
     2120 '
     2130 'DC BIAS DATA FORMATTING
     2140
            IF G.VOL<> 0 THEN SHISUU=INT(LOG(ABS(G, VOL))/LOG(10)) ELSE SHISUU=0
     2150
             KASUU$=LEFT$(STR$(G.VOL/10^SHISUU),5)
     2160
             IF LEN(KASUU$)=2 THEN KASUU$=KASUU$+".00"
     2170 IF LEN(KASUU$)=4 THEN KASUU$=KASUU$+"0"
     2180
             SHISUU$=LEFT$(STR$(SHISUU),3)
     2190
            IF LEN(SHISUU$)=2 THEN SHISUU$=LEFT$(SHISUU$,1)+"0"+RIGHT$(SHISUU$,1)
     2200
             GATE.BIAS$="BI"+KASUU$+"E"+SHISUU$+"V"
     2210
             PRINT @17; GATE.BIAS$
     2220
             PRINT @17;"E":FOR K=1 TO 2000:NEXT
     2230
             LOCATE 1,14
     2240
             PRINT USING "電圧Vg= ##.# [V]";G.VOL:PRINT
     2250 · '
     2260 '----
     2270 'Vd CONTROL
     2280
             PRINT @2;"D+00.0000E"
     2290
     2300
             FOR D. VOL= D.MIN TO D. MAX STEP D.DEL
     2310
                D.BIAS$="D+"+STR$(D.VOL)+"E"
                PRINT @2:D.BIAS$:FOR F=1 TO 1000:NEXT
     2320
     2330 '
     2340 'Id MEASURE
     2350 '
     2360
               LINE INPUT @7; D. CURRENT$
     2370
               D.CURRENT=VAL(MID$(D.CURRENT$,3,10))
     2380
               IF D.CURRENT>. 16 THEN *CURRENT.OVER
```

2390

2400

2410

2420 2430

2440

DCURRENT(I,J)=D.CURRENT

PRINT USING "電圧Vd= ##.# [V]";D.VOL

PRINT USING "電流Id=##.##^^^ [mA]";DCURRENT(I,J)*1000

PLOT(I,J)=D.CURRENT

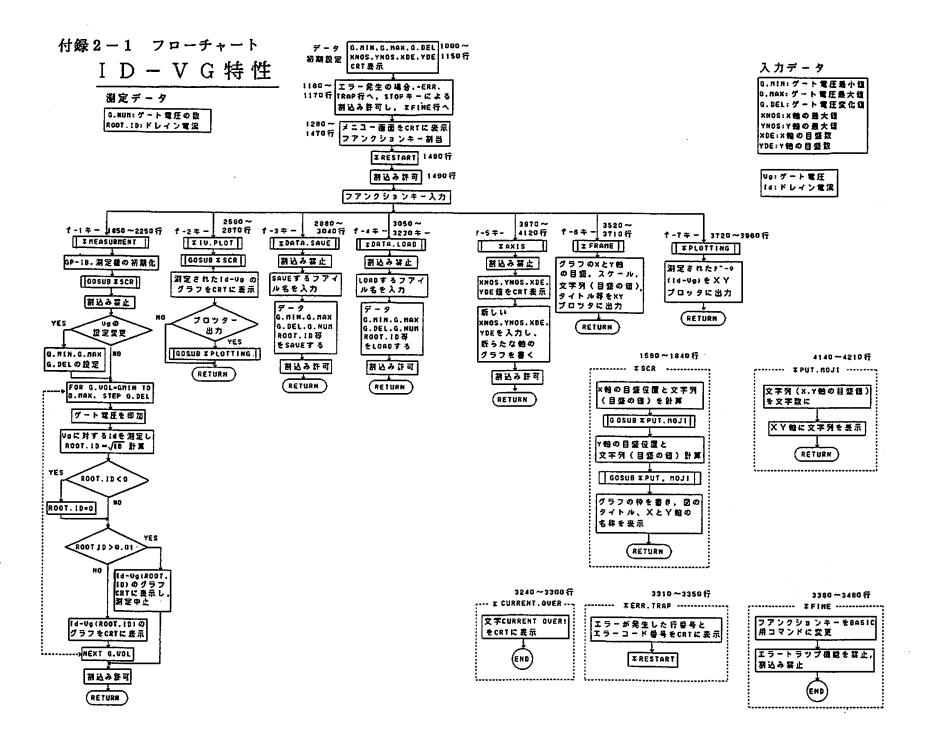
LOCATE 1,15

LOCATE 1,16

```
2450 '
2470
          IF XNOS>0 THEN GOTO 2530
2480
          XSCR=-XSCL*ABS(D.VOL)+XOFS
2490
          YSCR=-YSCL*ABS(DCURRENT(I,J))+Y0FS
2495
          IF I=1 THEN *PASS
2500
          XSCR0=-XSCL*ABS(D.VOL-D.DEL)+XOFS
2510
          YSCR0=-YSCL*ABS(DCURRENT(I-1.J))+YOFS
2520
          GOTO 2570
2530
          XSCR=XSCL*ABS(D.VOL)+XOFS
2540
          YSCR=YSCL*ABS(DCURRENT(I,J))+YOFS
2545
          IF I=1 THEN *PASS
2550
          XSCRO=XSCL*ABS(D.VOL-D.DEL)+XOFS
2560
          YSCRO=YSCL*ABS(DCURRENT(I-1,J))+YOFS
2570
          LINE(XSCRO, YSCRO)-(XSCR, YSCR),6
2580
          BEEP 1:BEEP 0:BEEP 1:BEEP 0:BEEP 1:BEEP 0
2590 '
2600 *PASS
2610 '
2620
          I=I+1
2630
       NEXT D.VOL
2640
       PRINT @17;"BI 0.00E+00V":PRINT @17;"E"
2650
       PRINT @2;"D+00.0000E"
2660
       J=J+1
2670 NEXT G. VOL
2680 FOR I=1 TO 5:KEY(I) ON:NEXT I
2690 CLS 1:RETURN
2710 *IV.PLOT
2720 '
2730 LOCATE 1, 14: CLS 1
2740 GOSUB *SCR
2750 FOR J=1 TO G.NUM
2760
       FOR I=1 TO D.NUM
2770
          D. VOL=D.MIN+D.DEL*(I-1)
2780
          IF I=1 THEN *PASS1
2790
          IF XNOS>0 THEN 2850
2800
          XSCR=-XSCL*ABS(D.VOL)+XOFS
2810
          YSCR=-YSCL*ABS(PLOT(I,J))+YOFS
2820
          XSCRO=-XSCL*ABS(D.VOL-D.DEL)+XOFS
2830
          YSCRO=-YSCL*ABS(PLOT(I-1,J))+YOFS
2840
          GOTO 2890
2850
          XSCR=XSCL*ABS(D. VOL)+X0FS
2860
          YSCR=YSCL*ABS(PLOT(I, J))+YOFS
2870
          XSCR0=XSCL*ABS(D.VOL-D.DEL)+XOFS
2880
          YSCR0=YSCL*ABS(PLOT(I-1, J))+YOFS
2890
          LINE(XSCRO, YSCRO)-(XSCR, YSCR), 2:BEEP 1:BEEP 0:BEEP 1:BEEP 0:BEEP 1:BEEP 0
2900
          BEEP 1:BEEP 0:BEEP 1:BEEP 0:BEEP 1:BEEP 0
2910 '
2920 *PASS1
```

```
2930
       NEXT I
2940 NEXT J
2950 IF PLOTS="N" THEN RETURN
2960 GOSUB *PLOTTING
2970 RETURN
2990 *DATA.SAVE
3000 '
3010 FOR I=1 TQ 5:KEY (I) OFF:NEXT
3020 CLS 1:LOCATE 1,20:LINE INPUT "セーフ"ファイル名を入力して下さい。";FILENAME$
3030 IF FILENAMES="" THEN 3150
3040 FILENAMES="A:\fi-V1\forall"+FILENAMES
3050 OPEN FILENAMES FOR OUTPUT AS #1
3060 PRINT #1, G.MIN, G.MAX, G.DEL
3070 PRINT #1, D.MIN, D. MAX, D. DEL
3080 PRINT #1,G.NUM, D.NUM
3090 FOR J=1 TO G.NUM
3100
       FOR I=1 TO D.NUM
3110
          PRINT #1, DCURRENT(I, J)
3120
       NEXT I
3130 NEXT J
3140 CLOSE #1
3150 BEEP 1:FOR I=1 TO 5:KEY (I) ON :NEXT:BEEP 0
3160 LOCATE 1,20: PRINT "
3170 RETURN
\pm 486
3190 *DATA.LOAD
3200 '
3210 FOR I=1 TO 5:KEY(I) OFF:NEXT I
3220 CLS 1:LOCATE 1,20:LINE INPUT "ロート"ファイル名を入力して下さい。";FILENAMES
3230 IF FILENAME$="" THEN 3360
3240 FILENAMES="A:¥I-V1\forall "+FILENAMES
3250 OPEN FILENAMES FOR INPUT AS #1
3260 INPUT #1, G.MIN, G. MAX, G. DEL
3270 INPUT #1, D.MIN, D.MAX, D.DEL
3280 INPUT #1,G.NUM,D.NUM
3290 FOR J=1 TO G.NUM
3300
      FOR I=1 TO D. NUM
3310
        INPUT #1,DCURRENT(I,J)
3320
        PLOT(I,J)=DCURRENT(I,J)
3330
       NEXT I
3340 NEXT J
3350 CLOSE #1
3360 BEEP 1:FOR I=1 TO 5:KEY(I) ON:NEXT I:BEEP 0
3370 LOCATE 1,20:PRINT "
3380 RETURN
3390 '---
3400 *CURRENT.OVER
3410 '
```

```
3420 ISET IFC
3430 LOCATE 1,20
3440 PRINT "CURRENT OVER !"
3450 END : GOTO 1150
3460 '----
3470 *ERR.TRAP
3480 '
3490 LOCATE 1,15:PRINT "ERROR IN"; ERL; " CODE No."; ERR
3500 EF=0:RESUME *RESTART
3510 '--
3520 *FINE
3530 '
3540 KEY 1,"load "+CHR$(34)
3550 KEY 2,"auto "
3560 KEY 3,"go to"
3570 KEY 4,"list "
3580 KEY 5, "run" + CHR$(13)
3590 KEY 6,"save "+CHR$(34)
3600 ON ERROR GOTO 0 : FOR I=1 TO 5:KEY(I) OFF:NEXT
3610 CONSOLE 0,25,1,1:COLOR 7:CLS 3:STOP OFF:END
3620 GOTO 1150
3640 *PLOTTING
3650 '
3660 PRINT @4;"M", PXOFS, PYOFS
3670 PRINT @4;"X",2,1400,YDE,40,0,"X",3,1800,XDE,0,40,"X",2,-1400,YDE,0,40,"X",3,-1800,XDE,40,0
3680 PRINT @4;"S50,Q40,"
3690 PXDE=XDE-1:PYDE=YDE-1
3700 FOR I=0 TO XDE
       PRINT @4;"M",1800/XDE*I+PXOFS-60,PYOFS-80,"P"+STR$(XNOS/XDE*I) @
3710
3720 NEXT I
3730 FOR I=O TO YDE
       PRINT @4;"M",PXOFS-130,1400/YDE*I+PYOFS-20,"P"+STR$(YNOS/YDE*I*1000!) @
3740
3750 NEXT I
3760 PRINT @4;"M", PXOFS+150, PYOFS+1400+50, "S60, Q50, PMOSFET Id-Vd Characteristics" @
3770 PRINT @4;"M", PXOFS+500, PYOFS-170, "S50, Q40, PDrain Voltage Vd [V]" @
3780 'PRINT @4;"M", PXOFS+600, PYOFS-250, "PVg ="+STR$(G.MIN)+" to"+STR$(G.MAX)+" step"+STR$(G.DEL)+" [
3790 PRINT @4;"M", PXOFS-150, PYOFS+200, "R900, PDrain Current Id [mA]" @
3800 PRINT @4;"R0," @
3810 PRINT @4;"J0," @
3820 PRINT @4;"J2," @
3830 FOR J=1 TO G.NUM
3840
       FOR I=1 TO D.NUM
3850
       D. VOL=D.MIN+D. DEL*(I-1)
3860
       IF XNOS>0 THEN 3900
       PXPLT=INT(-PXSCL*ABS(D.VOL)+PXOFS+.5)
3870
3880
       PYPLT=INT(-PYSCL*ABS(PLOT(I,J))+PYOFS+.5)
3890
       GOTO 3920
```



付録 2 - 2 自 動 測 定 プ ロ グ ラ ム の 説 明 I D - V G 特 性

ファイル名 ゲート電圧の初期設定、 CRT表示の 初期設定、画面上のグラフ及びプロッ ターのグラフの大きさの設定。 エラー発生した場合のエラー行番号. エラーコード番号の表示、ストップキ - による割り込み許可。 メニュー画面をCRTに表示し、ファ ンクションキーの割当。 割り込み許可し, フアンクションキー 入力まち。 X軸とY軸の目盛り位置と文字列(目 盛りの値)を計算しCRTにグラフ表 示。 GP - IB, 測定器の初期化、レンジ 設定、ゲート電圧の設定値をCRTに 表示し、設定値の変更。 ゲート電圧を、 電圧源から出力して, ドレイン電流を測定し、ドレイン電流 の平方根の値をCRTにプロットする。 ドレイン電流が 0.0 1 [A]以上流れ ると測定を中止。 測定されたデータ(ドレイン電流)を CRT及びプロツターにプロットする 測定されたデータをSAVEする。 SABEされたデータをLOADする CURRENT OVER! & CRT に 表 示 し, 測定を中止する。 エラー発生の行番号とエラーコード番 号をCRTに表示し、 ファンクション キーの入力まち。 ファンクションキーをBASICコマ ンドに変更し、エラートラップ機能を 禁止, 割り込み禁止, 測定を終了する グラフの X 軸と Y 軸の目盛り、 スケー 文字列(目盛りの値), タイトル 等をプロツターに出力する。 測 定 さ れ た デ ー 夕 (I p - V c) を プ ロ ツターに出力してグラフを書く。 グラフ(X軸Y軸)の大きさを新たに 変更するためにX軸とY軸の新値を入 力。 グラウ(X軸とY軸)の文字列(目盛

りの値)を表示するための文字列の文字数を求め、 X, Y, 軸に文字列を表

示する。

```
付録2-3
1000 ' PC-9801用
1010 ' MOS-FET
1020 '
       In-Vo Chracteristic
1030 ' 自動測定プログラム Ver1.0
1050 G.MIN=0!:G.MAX=10!:G.DEL= .1
1060 DIM ROOT. ID(500), PLOT(500)
1070 G.NUM=ABS((G.MAX-G.MIN)/G.DEL)+1
1080 XNOS=10:YNOS=.01:XDE=5:YDE=5
1090 CXSPAN=360: CYSPAN=260:
                                                    '軸の長さ
1100 PXSPAN=1400: PYSPAN=1800:
                                                    'プロッター軸の長さ
1110 XOFS=240: XMAX=XOFS+360: YMIN=5: YOFS=YMIN+260:
                                                    '軸のOFFSET値
1120 XSCL=360/XNOS:YSCL=-260/YNOS:
                                                    '軸のスケールの長さ
1130 PXSCL=1400/XNOS:PYSCL=1800/YNOS:PX0FS=500:PY0FS=500
1140 '
1150 SCREEN 3,1:CONSOLE 0,25,1,1,0:CLS 3
1160 'ON ERROR GOTO *ERR.TRAP
1170 STOP ON:ON STOP GOSUB *FINE
1180 ISET IFC: ISET REN: CMD DELIM=0: CMD TIMEOUT=5
1190 LOCATE 0,15:PRINT "プロッターに出力しますか。(y/n)":PLOT$=INKEY$
1200 IF PLOT$="n" THEN PLOT$="N"
1210 IF PLOT$="y" THEN PLOT$="Y"
1220 IF PLOT$="N" THEN *MAIN
1230 IF PLOT$="Y" THEN PRINT @4;"H" ELSE 1190
1250 *MAIN
1260 '
1270 CLS 3: LOCATE 0,2
1280 LINE (20,0)-(190,200),,B
1290 PRINT
1300 PRINT "
               [ Function key ]"
1310 PRINT
1320 PRINT "
             (F·1) MEASUREMENT"
1330 PRINT "
             (F·2) I-V PLOT"
1340 PRINT "
             (F·3) DATA. SAVE"
1350 PRINT "
             (F·4) DATA. LOAD"
1360 PRINT "
             (F·5) AXIS"
1370 PRINT "
             (F·6) PLOTTER. FRAME"
1380 PRINT "
             (F·7) PLOTTER. GRAPH"
1390 PRINT "
             (STOP) END"
1400 CONSOLE 20,5:LOCATE 1,14:CLS 1
1410 KEY 1, "MEAS"
1420 KEY 2,"PLOT"
1430 KEY 3,"SAVE"
1440 KEY 4,"LOAD"
1450 KEY 5,"AXIS"
1460 KEY 6, "FRAME"
```

1930 '

1950 LOCATE 0,18

1940 FOR I=1 TO 8:KEY (I) OFF:NEXT

```
1960 PRINT USING "G.MIN ##.#/G.MAX ##.#/G.DEL ##.##"; G.MIN; G.MAX; G.DEL
1970 CLS 1
1980 LOCATE 0,20:PRINT "電圧の設定を変えますか。":Q$=INKEY$
1990 IF Q$="Y" OR Q$="y" THEN 2010
2000 IF Q$="N" OR Q$="n" THEN 2080 ELSE 1980
2010 CLS 1:LOCATE 0,20
2020 INPUT "ゲート 電圧 (G.MIN,G.MAX,G.DEL)",G.MIN,G.MAX,G.DEL
2030 CLS 1:GOTO 1950
2040 '
2050
       LOCATE 1,14
2060
       PRINT USING "電圧Vbs = ##.# [V]";G.VOL:PRINT
2070 '-----
2080 'Vg CONTROL
       PRINT @2;"D+00.0000E"
2090
2100
       I=1
2110
      LINE INPUT @7;ZAP$:ZAP=VAL(ZAP$)
2120
       FOR G. VOL= G.MIN TO G. MAX STEP G.DEL
2130
          G.BIAS$="D+"+STR$(G.VOL)+"E"
2140
          PRINT @2;G.BIAS$:FOR F=1 TO 1000:NEXT
2150 '
2160 ' --- Id MEASURE -----
2170 '
2180
          LINE INPUT @7; ROOT. ID$
2190
          ROOT.ID=VAL(ROOT.ID$)
2200
          IF G.MAX>O THEN GOTO 2210 ELSE GOTO 2240
2210
          BUZZ=ROOT.ID-ZAP
2220
          IF BUZZ=<0 THEN BUZZ=0
2230
          GOTO 2270
2240
          BUZZ=ROOT.ID+ZAP
2250
          IF BUZZ>=0 THEN BUZZ=0
          BUZZ=ABS(BUZZ)
2260
2270
          ROOT.ID(I) = SQR(BUZZ)
2280
          PLOT(I)=SQR(BUZZ)
2290
          LOCATE 1,15
2300
          PRINT USING "電圧Vg= 排.#
                                             [V]":G.VOL
2310
          IF ROOT.ID=<0 THEN ROOT.ID=0!
           PRINT USING "電流Id= ##.##^^^ [mA]";ROOT.ID(I)*1000
2320
2330
          XSCR=ABS(XSCL*G.VOL)+XOFS
2340
          YSCR=YSCL*(ABS(ROOT.ID(I)))+YOFS
2350
          IF I=1 THEN *PASS
2360
           XSCRO=ABS(XSCL*(G.VOL-G.DEL))+XOFS
2370
          YSCR0=YSCL*(ABS(ROOT.ID(I-1)))+YOFS
2380
           IF ROOT.ID(I)>.01 THEN GOTO 2470
2390
          LINE(XSCRO, YSCRO)-(XSCR, YSCR),6
2400
          BEEP 1:BEEP 0:BEEP 1:BEEP 0:BEEP 1:BEEP 0
2410 '
2420 *PASS
2430 '
2440
          I=I+1
```

```
2450
       NEXT G. VOL
2460
       PRINT @17;"BI 0.00E+00V":PRINT @17;"E"
2470
          G.NUM=I
2480
          M=(YSCR-YSCRO)/(XSCR-XSCRO):Y=.01:II=I:X=G.VOL
2490
          XX=(Y-PLOT(II)/M+X)*(XSCL)+XOFS
2500
          YY=Y*(YSCL)+YOFS
2510
          LINE(XSCRO, YSCRO)-(XSCR, YSCR), 6:BEEP 1:BEEP 0:BEEP 1:BEEP 0
2520
       PRINT @2;"D+00.0000E"
2530 FOR I=1 TO 8:KEY(I) ON:NEXT I
2540 CLS 1:RETURN
2560 *IV. PLOT
2570 '
2580 LOCATE 1, 14: CLS 1
2590 GOSUB *SCR
2600
       FOR I=1 TO G.NUM
2610
          G. VOL=G.MIN+G. DEL*(I-1)
2620
          IF XNOS>0 THEN 2690
2630
          XSCR=ABS(XSCL*(G.VOL)+XOFS)
2640
          YSCR=ABS(YSCL*(PLOT(I))+YOFS)
2650
          IF I=1 THEN *PASS1
2660
          XSCRO=ABS(XSCL*(G.VOL-G.DEL)+XOFS)
2670
          YSCR0=ABS(YSCL*(PLOT(I-1))+Y0FS)
2680
          IF I=G.NUM THEN GOTO 2800 ELSE 2750
2690
          XSCR=XSCL*ABS(G.VOL)+XOFS
2700
          YSCR=YSCL*ABS(PLOT(I))+YOFS
2710
          IF I=1 THEN *PASS1
2720
          XSCR0=XSCL*ABS(G.VOL-G.DEL)+XOFS
2730
          YSCR0=YSCL*ABS(PLOT(I-1))+YOFS
2740
          IF I=G.NUM THEN GOTO 2800
2750
          LINE(XSCRO, YSCRO)-(XSCR, YSCR), 6:BEEP 1:BEEP 0:BEEP 1:BEEP 0:BEEP 1:BEEP 0
         BEEP 1:BEEP 0:BEEP 1:BEEP 0:BEEP 1:BEEP 0
2760
2770 '
2780 *PASS1
2790
       NEXT I
2800
          M=(YSCR-YSCRO)/(XSCR-XSCRO):Y=.01:II=I:X=G.VOL
2810
         XX=(Y-PLOT(II)/M+X)*(XSCL)+XOFS
2820
          YY=Y*(YSCL)+YOFS
         LINE(XSCRO, YSCRO)-(XX, YY),6
2830
2840 IF PLOT$="N" THEN RETURN
2850 GOSUB *PLOTTING
2860 RETURN
2880 *DATA.SAVE
2890 '
2900 FOR I=1 TO 6:KEY (I) OFF:NEXT
2910 CLS 1:LOCATE 1,20:LINE INPUT "SAVE. ファイル名を入力して下さい。";FILENAME$
2920 IF FILENAMES="" THEN 3010
2930 FILENAMES="A:\!I-V1\!"+FILENAMES
```

```
2940 OPEN FILENAMES FOR OUTPUT AS #1
2950 PRINT #1, G.MIN, G. MAX, G. DEL
2960 PRINT #1,G.NUM
2970
      FOR I=1 TO G.NUM
2980
        PRINT #1, ROOT. ID(I)
2990
      NEXT I
3000 CLOSE #1
3010 BEEP 1: FOR I=1 TO 8: KEY (I) ON : NEXT: BEEP 0
3020 LOCATE 1,20: PRINT "
3030 RETURN
3050 *DATA.LOAD
3060 '
3070 FOR I=1 TO 6:KEY(I) OFF:NEXT I
3080 CLS 1:LOCATE 1,20:LINE INPUT "LOAD. ファイル名を入力して下さい。";FILENAMES
3090 IF FILENAMES="" THEN 3200
3100 FILENAMES="A:YI-V1Y"+FILENAMES
3110 OPEN FILENAMES FOR INPUT AS #1
3120 INPUT #1,G.MIN,G.MAX,G.DEL
3130 INPUT #1.G.NUM
3140 COUNT=1
3150
     FOR I=1 TO G. NUM
3160
       INPUT #1,ROOT.ID(I)
3170
       PLOT(I)=ROOT.ID(I)
3180
      NEXT I
3190 CLOSE #1
3200 BEEP 1: FOR I=1 TO 8: KEY(I) ON: NEXT I: BEEP 0
                                                  "
3210 LOCATE 1, 20: PRINT "
3220 RETURN
3240 *CURRENT.OVER
3250 '
3260 ISET IFC
3270 LOCATE 1,20
3280 PRINT "CURRENT OVER !"
3290 END :'GOTO 1170
3310 *ERR.TRAP
3320 '
3330 LOCATE 1, 15: PRINT "ERROR IN"; ERL; " CODE No."; ERR
3340 EF=0:RESUME *RESTART
3360 *FINE
3370 '
3380 KEY 1,"load "+CHR$(34)
3390 KEY 2,"auto "
3400 KEY 3,"go to"
3410 KEY 4,"list "
3420 KEY 5,"run"+CHR$(13)
```

```
3430 KEY 6,"save "+CHR$(34)
3440 KEY 7,"print "
3450 KEY 8,"edit ."+CHR$(13)
3460 ON ERROR GOTO 0 : FOR I=1 TO 8:KEY(I) OFF:NEXT
3470 CONSOLE 0,25,1,1:COLOR 7:CLS 3:STOP OFF:END
3480 GOTO 1150
3490 ^{\circ} recretely the relative relative relative to the relative rel
3500 'PLOTTER GRAPH PLOT
3520 *FRAME
3530 '
3535 PRINT @4;"J1,"@
3540 PRINT @4:"M", PXOFS, PYOFS
3550 PRINT @4;"X",2,1800,YDE,40,0,"X",3,1400,XDE,0,40,"X",2,-1800,YDE,0,40,"X",3,-1400,XDE,40,0
3560 PRINT @4;"S50,Q40,"
3570 PXDE=XDE-1:PYDE=YDE-1
3580 FOR I=0 TO XDE
3590
                PRINT @4;"M",1400/XDE*I+PXOFS-60,PYOFS-80,"P"+STR$(XNOS/XDE*I) @
3600 NEXT I
3610 FOR I=O TO YDE
                PRINT @4;"M", PXOFS-130, 1800/YDE*I+PYOFS-20, "P"+STR$(YNOS/YDE*I*1000!) @
3620
3630 NEXT I
3640 PRINT @4;"M", PXOFS+20, PYOFS+1800+100, "S60, Q50, PMOSFET Id-Vg Characteristics" @
3650 PRINT @4;"M", PXOFS+300, PYOFS-170, "S50, Q40, PGate Voltage Vg [V]" @
3660 ''PRINT @4;"M", PXOFS+600, PYOFS-250, "PVg ="+STR$(G.MIN)+" to"+STR$(G.MAX)+" step"+STR$(G.DEL)
[V]" @
3670 PRINT @4;"M", PXOFS-150, PYOFS+360, "R900, PRoot Drain Current Id [mA]" @
3680 PRINT @4:"RO." @
3690 PRINT @4:"Jo," @
3700 RETURN
3720 *PLOTTING
3730 '
3740 PRINT @4;"J2," @
3750 J=0
3760 FOR I=1 TO G.NUM: J=J+1
3770
                G.VOL=G.MIN+G.DEL*(I-1)
3780
                IF XNOS>0 THEN 3830
3790
                PXPLT=INT(ABS(PXSCL*G.VOL)+PXOFS+.5)
3800
                PYPLT=INT(ABS(PYSCL*PLOT(I))+PYOFS+.5)
3810
                IF J=G.NUM THEN GOTO 3880
3820
                GOTO 3860
3830
                PXPLT=INT(PXSCL*ABS(G.VOL)+PXOFS+.5)
                PYPLT=INT(PYSCL*ABS(PLOT(I))+PYOFS+.5)
3840
3850
                IF J=G.NUM THEN GOTO 3880
3860
                IF I=1 THEN PRINT @4;"M", PXPLT, PYPLT ELSE PRINT @4;"D", PXPLT, PYPLT
3870 NEXT I
3880
3890
```

M=(PLOT(II)-PLOT(II-1))/(G.VOL-(G.VOL-G.DEL)):Y=.01:X=G.VOL

```
3900
        XX=((Y-PLOT(II))/M+X)*(PXSCL)+PXOFS
3910
        YY=Y*(PYSCL)+PYOFS
        PRINT @4:"D", XX, YY :PRINT @4:"H"
3920
3930 PRINT @4;"J0,"
3940 PRINT @4;"H"
3950 RETURN
3970 *AXIS
3980 '
3990 FOR I=1 TO 8 : KEY (I) OFF : NEXT I
4000 CLS 1:LOCATE 1,20:PRINT USING "X軸の最大値 ###.## [V]";XNOS
4010 LOCATE 1,21:INPUT "新しい値を入力して下さい。",XNOS:D.MAX=XNOS
4020 CLS 1:LOCATE 1,20:PRINT USING "Y軸の最大値 ###.## [mA] ";YNOS*1000
4030 LOCATE 1,21:INPUT "新しい値を入力して下さい。",YNOS:YNOS=YNOS/1000
4040 CLS 1:LOCATE 1,20:PRINT USING "X軸の分割数 ##";XDE
4050 LOCATE 1,21: INPUT "新しい値を入力して下さい。",XDE
4060 CLS 1:LOCATE 1,20:PRINT USING "Y軸の分割数 ##";YDE
4070 LOCATE 1,21:INPUT "新しい値を入力して下さい。",YDE
4080 CLS 1:XSCL=360/XNOS:YSCL=-260/YNOS:
                                                 '軸のスケールの長さ
4090 PXSCL=1400/XNOS:PYSCL=1800/YNOS
4100 LOCATE 1,20:PRINT "
4110 FOR I=1 TO 8 : KEY (I) ON : NEXT I
4120 RETURN
4140 *PUT.MOJI
4150 '
4160 AA=LEN(PRT$)
4170 FOR ZZ=1 TO AA
4180 PP=ASC(MID$(PRT$, ZZ, 1))
4190 PUT (PRTX+8*(ZZ-1), PRTY), KANJI (&H100+PP)
4200 NEXT ZZ
```

4210 RETURN