

2450型ソースメータを使用した ダイオードのI-V特性評価

はじめに

ダイオードは2つの端子を持った電子デバイスであり、一般に、一方方向（順バイアス）には電流を流し、逆方向（逆バイアス）には電流を流しません。しかし、ダイオードには、ツェナー、LED (Light Emitting Diode)、OLED (Organic Light Emitting Diode)、ショットキー、アバランシェ、フォトダイオードなど、さまざまな機能を持った数多くの種類があります。これら数多くのダイオードは、それぞれの電流-電圧 (I-V) 特性が異なります。ダイオードのI-Vテストは、パッケージのデバイスまたはウェーハ上のデバイスとして、実験室や製造環境下で行われます。

一般に、ダイオードのI-V特性評価には、感度の高い電流計、電圧計、電圧ソース、電流ソースが必要です。これらすべての計測器をプログラムし、同期し、接続するのは手間と時間がかかる作業であり、ある程度の大きさのラックや作業スペースも必要になります。テストを簡素化し、ラック・スペースを節約してダイオードの特性を評価するには、1台で電流と電圧の印加と測定が行える、ケースレーの2450型ソースメータが適しています。2450型は、ダイオード・テストに必要な、広範囲の電圧と電流 (10^{-11} A~1A) をスイープして印加、測定できます。これらの測定は、バスを経由して、または大型のタッチスクリーンでセットアップし、実行でき、結果はスクリーン上でグラフ表示できます。図1は、2450型を使用し、4線接続で入力に接続した赤色LEDに電圧を印加し、電流を測定した例です。



図1. 2450型ソースメータを使用し、赤色LEDのI-V特性を測定した例

このアプリケーション・ノートは、2450型ソースメータを使用し、ダイオードのI-V特性評価を行う方法について説明します。また、前面パネルのユーザ・インタフェースで測定値をグラフ化し、保存する方法、さらにバスを経由した自動測定方法についても説明します。

ダイオードのI-Vテスト

一般に、ダイオードのパラメータ・テストでは、広範囲の電流、電圧を印加し、測定する必要があります。例えば、順方向電圧を0~1V印加した場合、測定される電流レンジは 10^{-12} ~1Aになります。しかし、実際の振幅、I-Vテストの種類、抽出されるパラメータは、テストするダイオードによって異なります。LEDのテストでは印加する電流に対応した光度の測定が、ツェナー・ダイオードでは特定のテスト電流におけるクランプ電圧またはツェナー電圧の測定が必要になります。しかし、さまざまな種類のダイオードでも、共通のテスト項目が数多くあります。

図2は、代表的なダイオードのI-V曲線の例であり、順方向領域、逆方向領域、ブレイクダウン領域、さらに共通のテスト・ポイントである順方向電圧 (V_F)、リーク電流 (I_R)、ブレイクダウン電圧 (V_R) があります。順方向電圧テスト (V_F) では、ダイオードの通常動作範囲における特定の順方向バイアス電流を印加し、電圧降下を測定します。リーク電流テスト (I_R) では、逆電圧条件におけるダイオードの低リーク電流を求めます。このテストでは、特定の逆方向電圧を印加し、リーク電流を測定します。逆方向ブレイクダウン電圧テスト (V_R) では、特定の逆電流バイアスを印加し、ダイオードの電圧降下を測定します。

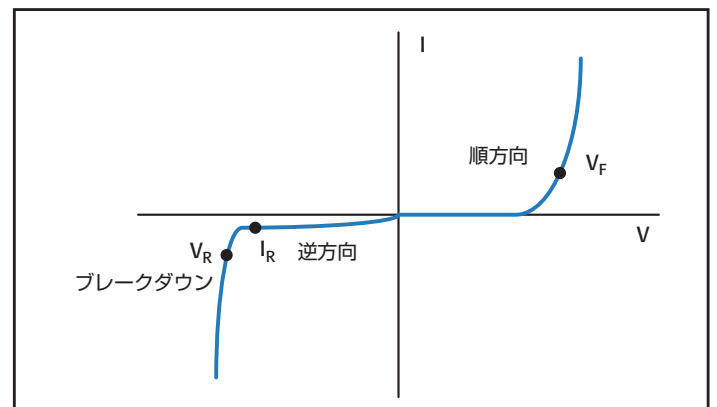


図2. 代表的なダイオードにおける電流-電圧曲線。順方向、逆方向、ブレイクダウン領域を示す

ダイオードと2450型の接続

ダイオードは、図3のように2450型に接続します。4線接続することにより、リード線の抵抗による影響を抑えます。ダイオードを接続端子に接続する場合、Force HI、Sense HIにはダイオードのアノードを、Force LO、Sense LOにはカソードを接続します。測定精度への影響を抑えるため、ダイオードと接続端子の距離はできる限り短くとります。印加/測定する電流が大きい場合、電圧が低い場合は特に重要になります。

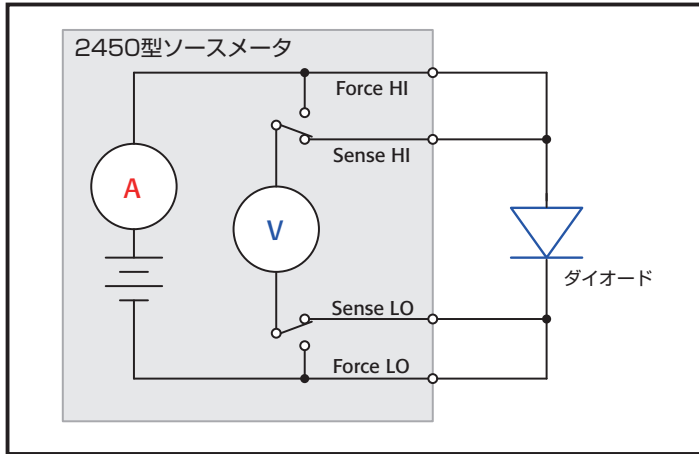


図3. 2450型とダイオードの接続

低電流 ($1\ \mu\text{A}$ 未満) の測定では、前面パネルのバナナ・ジャックではなく、後部パネルにある4つのトライアキシャル・コネクタとトライアキシャル・ケーブルの使用をお勧めします。トライアキシャル・ケーブルはシールドされており、ノイズによる読取誤差の原因となる静電気干渉を抑えることができます。図4に、後部パネルのトライアキシャルによるダイオードとの接続を示します。

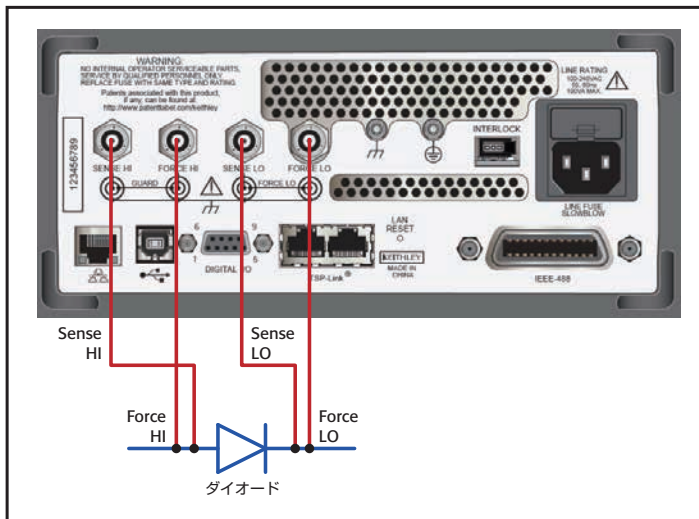


図4. 2450型の後部パネルにあるトライアキシャルによるダイオードとの接続例

また、トライアキシャル・ケーブルを使用する場合、ダイオードは遮光性のある金属シールド・ボックスに入れます。シールドの他に、低電流測定テクニックも使用します。これらのテクニックの詳細については、ケースレーのウェブ・サイト (www.keithley.jp) にある「高感度測定ハンドブック」をダウンロードの上、ご参照ください。

ユーザ・インタフェースによるスイープとグラフ作成

ダイオード・テストとスイープは、2450型の前面パネルによるユーザ・インタフェースで簡単に実行できます。以下のような簡単な操作でI-V曲線を作成し、グラフにすることができます。

I-V曲線のためのテストの実行、表示手順

手順	操作方法
計測器をデフォルト状態にリセットする	Menuキー → Manage System → System Reset
後部パネル端子の設定	後部パネルで測定する場合は、Rear Terminalボタンを押す
Source V and Measure I (電圧を印加し、電流を測定) に設定 (機器をリセット後のデフォルトの設定)	Homeキー → Functionキー → Source V Measure I
4-Wire Sense (4線式センシング) の設定	Menuキー → Measure Settings → Sense Mode → 4-Wire Sense
電圧スイープの設定	Menuキー → Source Sweep <ul style="list-style-type: none"> Start, Stop, Step Vを設定 Source Limitを設定 (スクロール・ダウン) Source Delayを設定 Generateを選択してスイープを作成
グラフの表示	Menuキー → Views Graph <ul style="list-style-type: none"> ログ・スケールにする場合は、Scaleタブ → Scale Format → Logを選択する
スイープの実行	TRIGGERキーを押す

図5は、1N3595のダイオードを、0~0.9V、181ステップ (5mV刻み) でグラフ表示した例です。大型ディスプレイに12桁の単位の電流がプロットされています。TRIGGERキーを押すだけでI-Vスイープを繰り返すことができます。

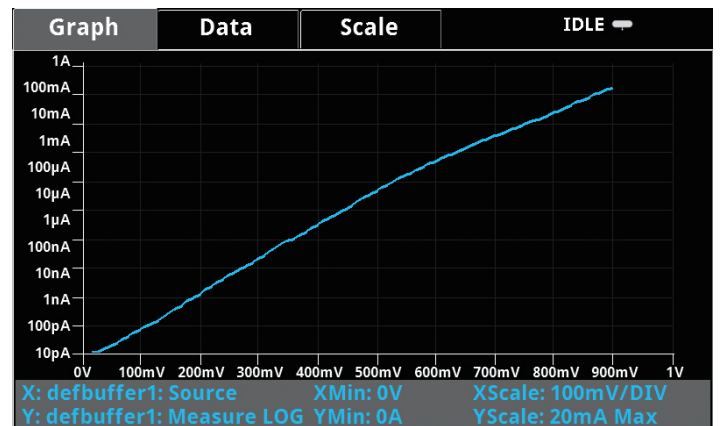


図5. 2450型でダイオードのI-V曲線を表示した例

USBメモリへのデータ保存

生成したスイープ・データは、CSVファイルにしてUSBメモリに保存できます。USBメモリを前面パネルのUSBポートに入れ、MENUキーを押し、次にData Bufferを選択します。データのバッファ番号 (デフォルトはdefbuffer1) を選択し、Save to USBを選択します。ファイル名を変更する場合は、新しいファイル名を入力してEnterを押します。Yesを押すとファイルは保存されます。以上で、データはUSBメモリに保存されます。

2450型による自動測定

2450型は、LAN、USB、またはGPIBインタフェースでSCPIまたはTSP[®] (Test Script Processor) を使用することでリモート制御できます。2450型で1N3595ダイオードのI-Vスイープを自動化する例をご紹介します。このテストでは、0~0.9V、181ステップ (5mV刻み) で電圧スイープし、100msの時間遅延で電流を測定するように2450型をプログラムします。実際のテストにおけるTSPコードを、付録Aに記します。生成されたI-V測定をスプレッドシートにプロットした例を、**図6**に示します。

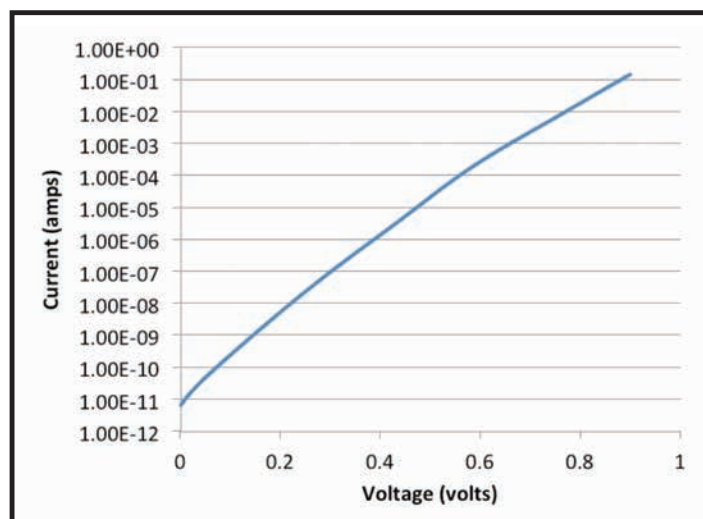


図6. 2450型で出力した1N3595ダイオードの順方向I-Vスイープの例

付録A：I-Vスイープ出力のためのTSPコードの例

このTSPコードの例は、ケースレーのTSB (Test Script Builder) ソフトウェアで作成されています。TSBIは、2450型に付属されているソフトウェア・ツールです。他のプログラム環境を使用する場合は、TSPコードの例を変更する必要があります。このテストでは、4線式構成により、0~0.9V、181ステップで電圧スイープし、電流を測定するように2450型をプログラムします。時間遅延は100msに設定します。

```
--Reset the instrument
reset()
defbuffer1.clear()

--Measure Settings
smu.measure.func = smu.FUNC_DC_CURRENT
smu.measure.autorange = smu.ON
smu.measure.nplc = 1
smu.measure.sense=smu.SENSE_4WIRE
smu.measure.terminals = smu.TERMINALS_REAR

--Source Settings
smu.source.func = smu.FUNC_DC_VOLTAGE
smu.source.ilimit.level = 0.3
smu.source.sweeplinear('diode', 0, 0.9, 181, 0.1)

--Run trigger model and wait for it to complete
trigger.model.initiate()
waitcomplete()

--Print Results
if defbuffer1.n == 0 then
    print("Buffer is empty\n")
else
    print("Voltage\tCurrent\tTime")
    for i=1,defbuffer1.n do
        print(string.format("%g\t%g\t%g",
            defbuffer1.sourcevalues[i], defbuffer1.readings[i],
            defbuffer1.relativetimestamps[i]))
    end
end
end
```

付録B：I-Vスイープ出力のためのSCPIコードの例

ダイオードのI-Vスイープ出力のためのSCPIコマンドの例を示します。他のプログラム環境で実行する場合は、適切に変更する必要があります。このテストでは、0~0.9V、181ステップ（5mV刻み）で電圧スイープし、電流を測定します。電流と電圧の読み値は、defbuffer1のバッファに保存されます。

SCPIコマンド	概要
*RST	機器をリセットする
SENS:FUNC "CURR"	電流測定に設定する
SENS:CURR:RANG: AUTO ON	自動レンジで測定するように設定する
ROUT:TERM REAR	後部パネルに設定する
SYST:RSEN ON	4-Wire Sense（4線式センシング）に設定する
SOUR:FUNC VOLT	電圧印加に設定する
SOUR:VOLT:ILIM 300e-3	ソース・リミット・レベルを300mAに設定する
SOUR:SWE:VOLT: LIN 0, 0.9, 181, 0.1	0~0.9V、181ステップ、100ms遅延による リニア・スイープにセットアップする
INIT	スイープを初期化する
*WAI	スイープ完了まで待機する
TRAC:DATA? 1, 181, "defbuffer1", READ, SOUR, REL	バッファから読み値、印加値、相対タイムスタンプを 取り込む

KEITHLEY

A Tektronix Company

www.keithley.jp

テクトロニクス/ケースレーインストルメンツお客様コールセンター

TEL : 0120-441-046 電話受付時間/9:00~12:00・13:00~18:00(土・日・祝・弊社休業日を除く)

〒108-6106 東京都港区港南2-15-2 品川インターシティ B棟6階

記載内容は予告なく変更することがありますので、あらかじめご了承ください。

Copyright © Keithley Instruments. All rights reserved. 記載された製品名はすべて各社の商標あるいは登録商標です。

Number 3225 2013年8月