

高周波センスによるアナログ設計

8 高周波信号のスイッチ

広畑 敦
Atsushi Hirohata

ダイオードは、高周波回路でさまざまな用途に使われる一番特徴的な素子です。

そこで、今回はスイッチ回路の実験をとおして、その用途や種類による特性の違い、実際の応用方法について、実験しながら見ていきます。

■ 高周波ダイオードの種類

高周波では、ダイオードは、スイッチング、ミキサ、検波、復調、変調、周波数可変、通倍などさまざまな回路に使われています。ダイオードの分類や呼び名は、次のように、組み合わせられて呼ばれています。

- 用途による分類
整流、検波、ミキサ、スイッチング、同調など
- 材料、構造による分類
ゲルマニウム、ショットキー・バリア、シリコン、拡散型、エピタキシャル・プレーナ、メサ、PIN など
- 特性による分類
定電圧、可変容量、ファスト・リカバリ、ステップ・リカバリなど

高周波信号のスイッチ回路で使うのはPIN ダイオ

ード、電圧制御発振器 VCO (Voltage Controlled Oscillator) に使うのは可変容量ダイオード、スイッチング電源の整流回路にはショットキー・バリア・ダイオード (以下、SBD) といったぐあいです。回路設計時に必要な情報は特性であり、その特性を実現するための有利な材料や構造があります。データシートには特性を生かした用途が書かれています。

ダイオードの高周波性能を見る実験

写真8-1に示す7種類のダイオードの動作抵抗と応答特性を見てみます。

PIN ダイオードは、PN 接合の間にI層が挿入されたダイオードです。このI層に蓄積された少数キャリアの量で導電率が変わるため、順方向電流で制御する可変抵抗として利用できます。

ダイオードは新旧交代が頻繁に行われており、1N60などはすでに廃品保守になり、データシートの入手すら困難です。同じ特性のダイオードが小型化、低価格化の波でパッケージを変えて存続している例も多くあります。

■ 動作抵抗

● 方向電流-順方向電圧特性から算出

順方向電流特性は、ほとんどのダイオードのデータシートに「順方向特性」として記載されています。図8-1に示すのは、各ダイオードに順方向電流を流し、両端の電圧を実測した結果です。材料、構造による各ダイオードの特性の違いがよくわかります。

図8-2に測定回路を示します。DC 電流とダイオード両端のDC 電圧だけを測定し、信号発生器とスペクトル・アナライザは接続していません。

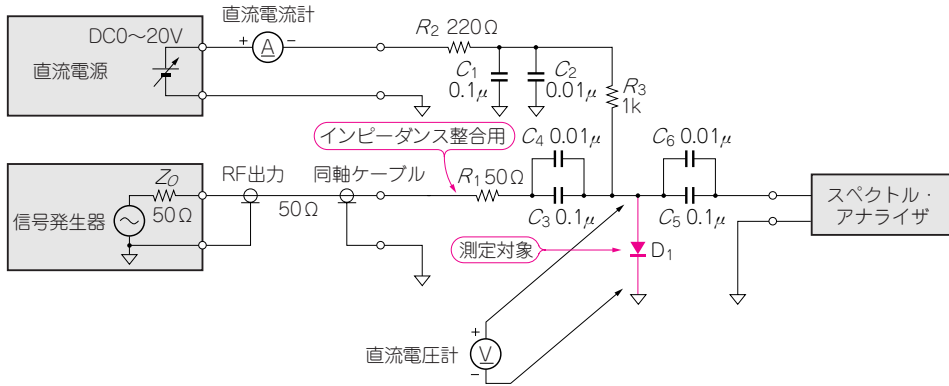
図8-3に示すように順方向電流特性の傾斜は、ダイオードの低周波交流信号に対する抵抗値を表しています。図8-4は、図8-1の各順方向電流測定値における傾斜をプロットしたものです。

実測でもゲルマニウム・ダイオード (1N60) を除い

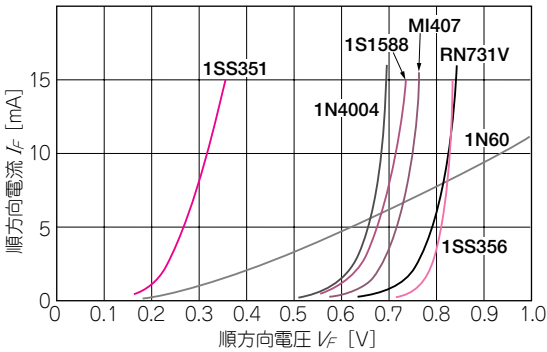


〈写真8-1〉 実験に使用したダイオードの外観

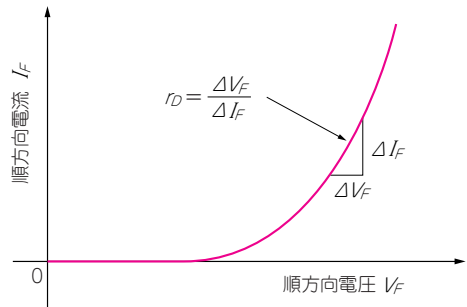
〈図8-2〉ダイオードの順電圧-順電流特性測定回路



〈図8-1〉ダイオードの順電圧-順電流特性(実測)



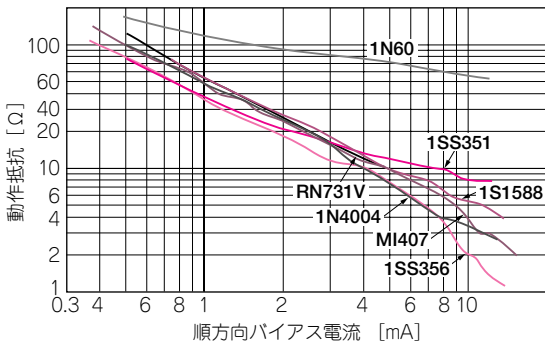
〈図8-3〉ダイオードの順方向交流抵抗(実測)



〈表8-1〉各周波数における動作抵抗(単位: Ω)

ダイオード	DC	1 MHz	10 MHz	100 MHz
1N60	55	50	55	55
1SS351	8.0	7.0	7.2	7.0
1S1588	5.5	6.0	3.0	2.5
RN731V	4.0	3.7	3.3	3.6
MI407	4.0	1.6	1.3	1.6
1SS356	2.7	2.6	0.8	0.5
1N4004	3.5	0.7	0.65	2.6

〈図8-4〉ダイオードの順方向動作抵抗特性(図8-1のグラフから算出)



て構造による差が少なく、交流抵抗は順方向電流が増えるにしたがってほぼ直線的に低下することがわかります。このグラフは両対数ですから、直線的な傾斜は2乗特性を表しています。

● スペクトル・アナライザを使って直接測定

図8-2の測定回路で、信号発生器を接続して高周波信号を加え、ダイオードの両端に現れる高周波信号電圧をスペクトル・アナライザで実測しました。高周波電圧プローブで、直接ダイオードの両端の高周波電圧を測定するか、または入力インピーダンス50Ωを

考慮して計算すれば、測定値から入力した周波数における動作抵抗を算出できます。

動作抵抗が低く損失が少なくなると誤差が出やすいですから、信号発生器に接続する同軸ケーブルに生じる定在波の影響を抑えるため、終端条件になるようR₁(50Ω)を入れました。

▶ バイアス電流-動作抵抗特性

図8-5(a)に示すのは、周波数1MHz、入力レベル-20dBmでの各直流バイアスにおける交流動作抵抗を求めたものです。順方向直流電流を大きくするほど、順方向の高周波抵抗が下がるため、ダイオードを通過する信号が受ける影響によるひずみは下がります。

▶ 周波数-動作抵抗特性

図8-5(b)は、順方向電流を十分流した(10mA)ときの1MHzから100MHzまでの動作抵抗の実測値