

ノイズソースの思考と試作

Bunshiro Tamura / JA5FNX

はじめに

SCPANFIを作成したついでに安価にできるノイズソースを思考・試作してみました。

ノイズジェネレータの回路は？

W1GHZ (ex N1BWT) さまのホームページにある Measurement and Generation <http://www.qsl.net/n1bwt/noise99.pdf> にある回路・また、その回路を作成されたJA6XKQさまのホームページ <http://www.terra.dti.ne.jp/~takeyasu/> を参考にさせていただきました。

どのようなダイオードだったらノイズが多く出るのか？

今回の最大のテーマはノイズソースに用いるダイオードはどのようなものが良いのかということです。もちろん、NOISE/COM等のノイズ発生専用のダイオードを使えば良いのは分かっていますが国内での入手が難しくなったり高価になったりで簡単に手に入りません。そこで、一般のトランジスタのB・Eやツェナーダイオードで使えるものはないかと探したかったのです。そんな時、JA2TYさまに沢山ツェナー送っていただきました。JA2TY松ヶ谷さま、どうもありがとうございました。

ツェナーダイオードのノイズ発生量測定結果

SCPANFI ENR 14.21 dB		A.T.T20dB		TR-751 NF=5.5dB	
NAME	PRINT	VZ(V)	P(mW)	IZ(mA)	NF(dB)
1463R		14	500	11.5	5.2
1N4733	IR				***
067NS					***
ZB1					***
RD7.5E	BX	7.5	500	1	6.5
RD15EB	B1	15	500	0.45	-2.59
RD15EB	B1	15	500	0.2	-4
RD15EB	B1	15	500	0.175	-4
RD11E	B7	11	500	0.75	0.84
RD12E	B2	12	500	0.5	-1.09

測定環境

SCPANFIのENR設定を14.21dBに設定

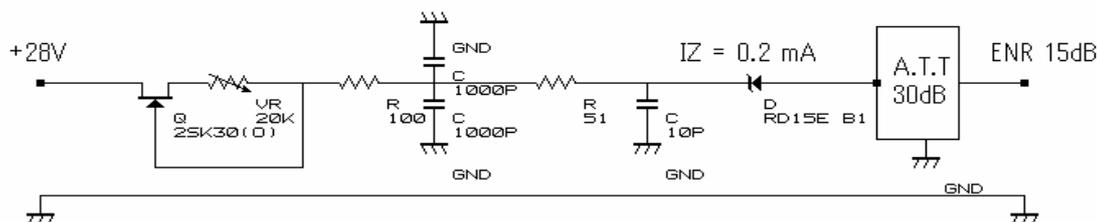
周波数 14.5MHz 受信機 USB TR-751 (Tnx JH5FOQ) NF約5.5dB

NF(dB)はそれぞれのダイオードでSCPANFIのNF表示を読み取ったものです。

NF表示が小さくなればなるほどダイオードから発生するノイズが大きい。

また、NF表示が5.5dBになった時点のENR値は14.21dBとします。

測定回路ならびにノイズソースの回路



回路説明

ノイズ発生回路には高い周波数の特性が良いとされているN1BWTさんの回路を使わせていただきました。また、ダイオードに流れる電流を一定にするために25k30と20kのVRを使って定電流回路を増設しました。出来ればノイズダイオードの温度特性の逆特性の定電流回路を使ってやりたいところです。出力に対してダイオードが直列形のノイズ発生回路の意義を証明できる測定器を持っていませんし、周波数特性の補正と思われる10ピコファラッドのコンデンサ（原典はATCのコンデンサです。）の意義も確認できていません。もし、良い測定器をお持ちの方は定数を変えていただき特性を測定していただきたいと思います。

アッテネータ（A.T.T）

ノイズ発生量測定回路では20dBとしました。実際のノイズソースとしての場合はRD15E(B1)に0.2mA流して30dBのアッテネータをいれてENR値、約15dBを確保しています。測定増幅回路調整用のノイズソースの場合ノイズONの場合とOFFの場合での測定増幅回路から見た反射係数の変動の(ON・OFFで測定増幅回路の同調がずれるのを少なくする)ためには、減衰量の大きいアッテネータを接続しますが、ダイオードのノイズ発生量と必要なENR値との兼ね合いでアッテネータの減衰量を決定します。一般的には23dB以上の減衰量が必要とされています。

調整

ノイズソースとしての調整としては実際のENR値が分かっているリファレンスのノイズソースとENR値を比較しVRを調整し電流の値、アッテネータの減衰量を決定します。ダイオードの電流はノイズ最大点よりさらに増やしてノイズが0.5dB下がる点に設定します。0.5dB下がる点は上側・下側の二点ありますが、安定度については上側が良いようです。また、反射係数の変動の軽減のため23dB以上のアッテネータ減衰量かつ標準的なENR値、15dBを確保したいものです。

工作

ノイズソースの基盤は写真1・2を見ていただければ一目瞭然だと思います。ご自分が必要な出力コネクタにあわせて基盤を切っただいて結構と思います。ただし、M型・UHF形のコネクタはご遠慮ください。このノイズソースの基盤はJH5LUZさんがカッター一本で(たぶん??)ちょちょいのちょいで作ってくれました。

Tnx JH5LUZ佐々木さま

写真 1

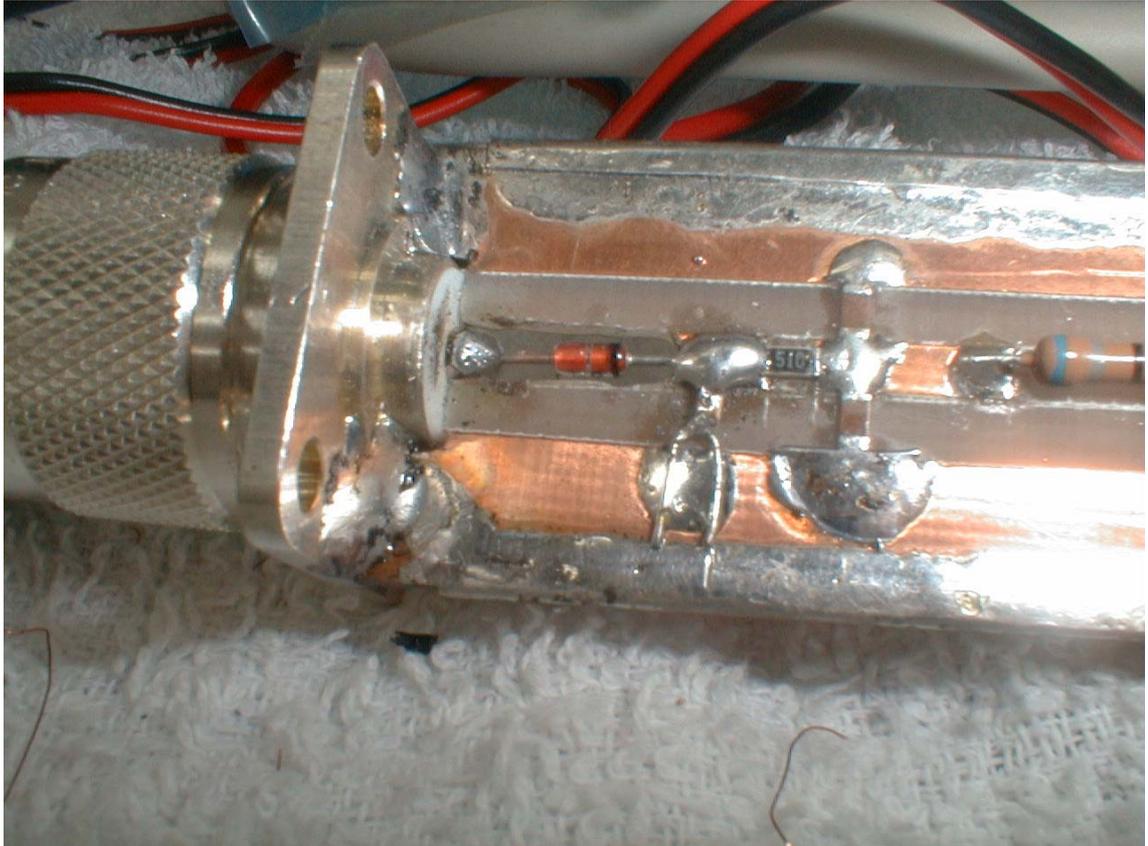
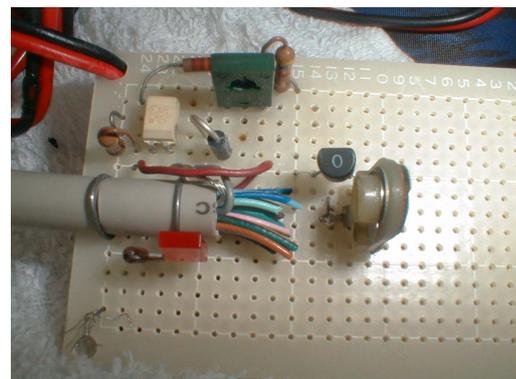


写真 3 は定電流回路と SCPANFI のインターフェースを一枚の蛇の目基盤に組んでいます。この SCPANFI のインターフェースは違った回路で (回路図は図 1) MOS - FET を使わないバージョンです。

写真 2



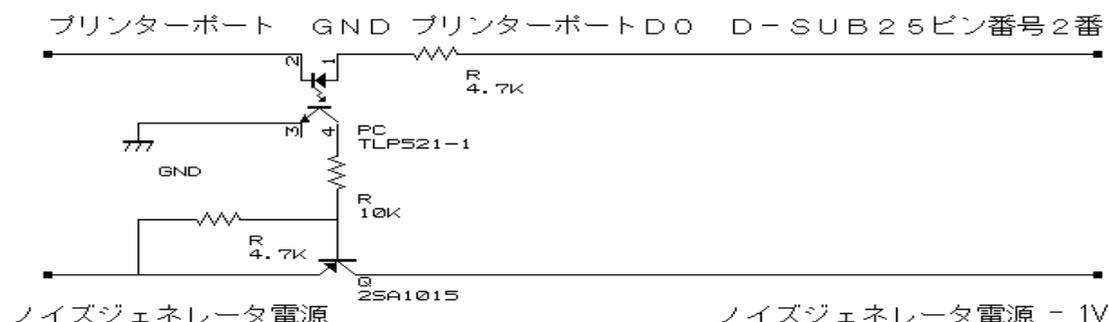
写真 3



インターフェースはかなりいい加減にありあわせの部品で作っています。回路図には無い動作テスト用の部品も基盤に乗っていたりしていますがお許しください。ノイズソースの半田の盛りをもっと平らな SWR の立たない半田付けをしてくださいね。

図 1

SPANFI インターフェース回路図その二 (参考)



ノイズダイオードの選択

ずいぶん昔 (三十年以上前 ?) から簡易型のノイズソース (ノイズジェネレータ) は作られてきました。RDXA とかのツェナーダイオード、2SC269 等のトランジスタの B・E 間を使ったものが使われてきました。逆耐圧が低い 1SS16 あたりのショットキーダイオードも使われました。また、最近では、Ft の高いハイテック・トランジスタを使った例も見かけます。JHOWJF 矢口さま研究のホームページにも報告されているようにトランジスタの B・E 間降伏現象を使ったノイズ発生は選択すればノイズ強度はまあまあ得られるのですが通電してからの長時間に対する安定度がまったくだめ の様です。例えば、2SC732 を例に挙げると電流をノイズ最大点にあわせ 12 時間 後にはノイズの量が 10 dB 以上も下がっていると言う様な結果になります。もちろん、 長時間使用しない場合は大丈夫と思いますが・・・また、最近のツェナーダイオード はノイズが出ないという報告もあります。確かにローノイズツェナーダイオードもたく さん市販されていますので注意が必要と思います。ツェナーダイオードの動作原理につ いては NEC エレクトロニクス のホームページに詳しく書いてありますのでご覧くだ さい。 <http://www.necel.com/nesdis/image/D14724JJ3V0UM00.pdf> から抜粋して引用 します。

--引用はじめ--

原理は Pn 接合の逆方向の次の降伏現象を利用したものです。

- (1) 量子力学的トンネル効果によって生じるツェナー降伏
- (2) 高電界で起こる電子と正孔のなだれの増殖によるアバランシェ降伏

これら 2 つの降伏現象は 5~6 V を境として、5~6 V 以下では、ツェナー降伏が支配的 であり、5~6 V 以上ではアバランシェ降伏が支配的です。これら 2 つの降伏現象の特 徴としてツェナー電圧温度係数 g_Z はツェナー降伏では負、アバランシェ降伏では正と なります。

--引用終わり--

以上のようにツェナー電圧によって5~6 V付近を境にして二つの現象があるようです。

5~6 V以下の電圧ではツェナー降伏(つえなー・こうふく)

5~6 V以上の電圧ではアバランシェ降伏(あばらんしえ・こうふく)

と言う現象で定電圧効果が得られているようです。

また、あるメーカーの資料ではツェナーダイオードから発生するノイズは降伏直後の小電流領域で大きくなると記載されています。ツェナーダイオードをノイズダイオードとして使用した場合「ツェナー降伏」でのノイズ量と「アバランシェ降伏」でのノイズ量は違うのではないかと実験で分かったのですが低電圧のダイオード(6V-8V)より高電圧のダイオード(12V-16V)の方が極端に沢山の出力を得ることが出来ました? 試しに7.5Vのダイオードを2個直列にしても意味はありませんでした。(なんと! あさがかかな!!) と言う事は「アバランシェ降伏」の方が沢山ノイズが出るのでは??? さらに高電圧のツェナーダイオードの手持ちがありませんので何方様か追試をお願いしたいところです。

ツェナー電流

電流については調整のところでも述べたように「0.5 dB下がる点は上側・下側の二点ありますが、安定度については上側が良いようです。」これはノイズ出力と安定度を重視して決めたものですが、ダイオードの種類によって大きく変わる可能性があると思います。色々試した感じでは小電流(0.5mA以下)で沢山ノイズが出るダイオードが長時間の安定度も良い感じでした。おそらく接合部内部で消費される電力が許容電力より極めて小さいからではないでしょうか? トランジスタのB・E間を使った場合10mA前後と言う大きな電流を流さないとノイズが発生しませんので消費される電力も大きくなり安定度が悪くなるのではないのでしょうか? 本来、トランジスタのB・E間降伏させて使うものではないので仕方ないのでしょうか。トランジスタのB・E間降伏も小さい電流でかつ降伏に強いトランジスタを探すことで面白いものがあるかもしれません。今回のノイズソースはVHF帯のみの測定でしたが、U・SHF帯のノイズ出力に関してはFtが数GHz以上のハイテク・トランジスタに軍配が上がるのかもしれない。

最後に

今回の思考と試作ではNECのRD15E(B1)と言うツェナーダイオードと言う高出力・長時間高安定度のダイオードを見つけることが出来ました。もっと、良いダイオードはいっぱいあると思われます。皆様も色々なデバイス、色々な回路・・・FNXより、より科学的に電子工作をより科学してください。(意味理解してね・・・)

すぺしゃる・さんくす

JA2TY・JA6XKQ・JH3ERQ・JH3EAO・N1BWT・W1GHZ・
JH5LUZ・JH5FOQ・JH0WJF・JA9BOH・JA4BLC

田村文史郎 / JA5FNX