

# Study on signal loss and gain in the cavity BPM converter electronics

Y.Honda

2005/7/18

## 概要

The performance of the cavity BPM electronics was determined by the converter module. The module consists of a limiter, a variable attenuator, a LNA, a 3dB attenuator and a mixer. In order to check the performance in detail, signal loss (and gain) at each part was carefully measured. It was found that all parts worked as expected. The signal loss from the input to the LNA was measured to be 1.4 dB and the insertion loss of the LNA was 0.4 dB. The overall gain of the module was 18.2 dB.

## 1 目的

S/N等の主要な特性は converter で殆んどきまっていることが分かっている。converter 内部のパーツを一つ一つチェックして、設計通り働いているか確かめる。

## 2 入力損失

converter モジュールの入力 SMA コネクタから LNA までのロス調べる。

### 2.1 Limiter の特性の測定

limiter の型番は、EPL4080A1。スペックによると、Threshold level は 9dBm、リニアリティを保つには 3dBm 以下。

limiter をモジュールから取り外し、単体でその特性を測定した。発振器を用いて、6.545 GHz の cw の信号入力し、入力と、出力のパワーをスペアナで測定した (図 1,2)。スペックどおりであることが確認された。信号のロス約 0.5 dB であった。

### 2.2 可変アテネータの特性の測定

可変アテネータの型番は、Model 150-70 (Aeroflex Weinschel)。10 dB 刻みで 0 dB ~ 70 dB まで値を変えられる。単体でその特性を測定した。発振器を用いて、6.545 GHz、14.0 dBm の cw の信号入力し、アテネーションの値を変えながら出力のパワーをスペアナで測定した (図 3,4)。

### 2.3 モジュールの入力コネクタから LNA までの損失

モジュールの入力コネクタから LNA の入力まで (SMA コネクタ ~ リミッタ ~ セミリジットケーブル ~ 可変アテネータ ~ セミリジットケーブル) の全体の損失を測定した。

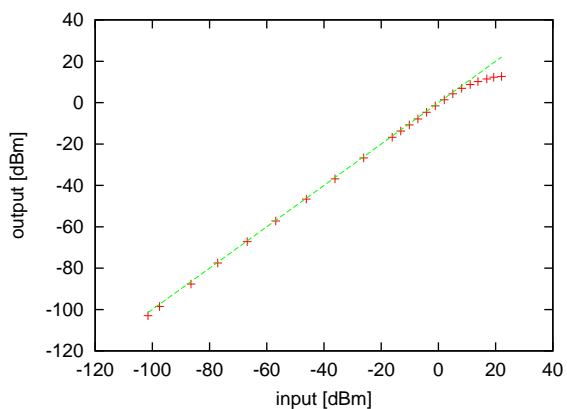


図 1: limiter の入力パワーと出力パワーの関係。参考に入力と出力がロス無しで等しい場合の直線を重ねた。

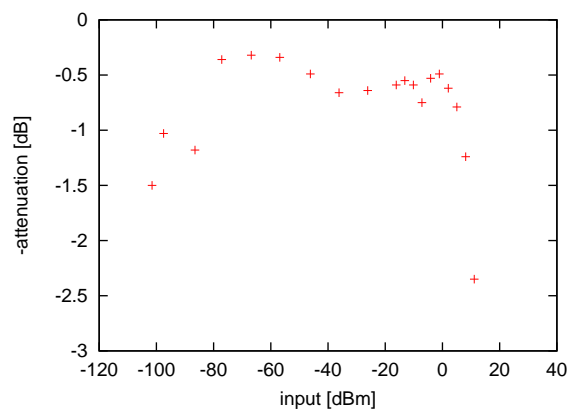


図 2: limiter での損失。単に図 1 の直線からの差をプロットしたもの。3dBm 以下で直線範囲、損失は 0.5 dB 程度。

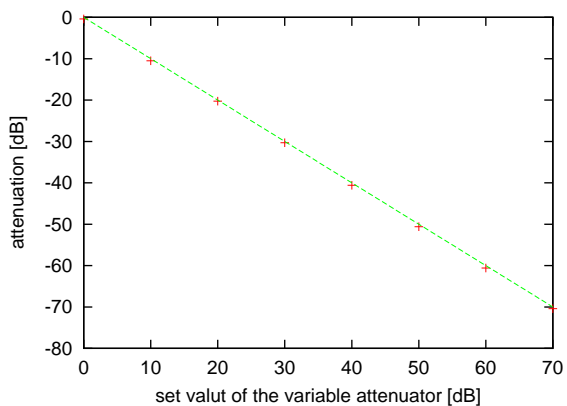


図 3: limiter の入力パワーと出力パワーの関係。参考に入力と出力がロス無しで等しい場合の直線を重ねた。

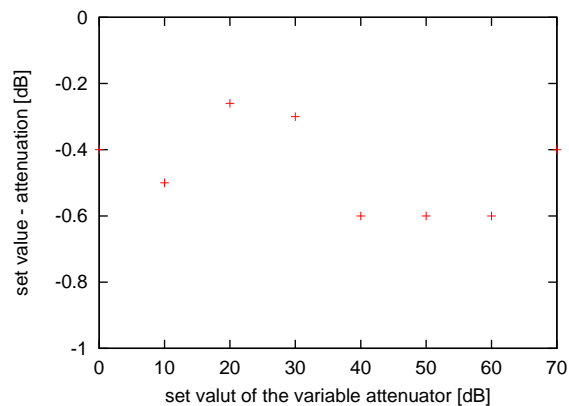


図 4: variable attenuator での損失。セット値との差。単に図 3 の直線からの差をプロットしたもの。3dBm 以下で直線範囲、余剰の損失は 0.5 dB 程度。

可変アッテネータは 70dB にセットし、-1.86 dBm の 6.545 GHz(cw) の信号を入力したところ、この系の出力は-73.43 dBm となった。全体で 71.6 dB の損失である。図 2,4 から読み取られる値より、0.6 dB 多い分はセミリジットケーブル等の寄与と考えられる。

### 3 ゲインの測定

図 5 のセットアップで、LNA 及び、モジュール全体でのゲインを評価した。

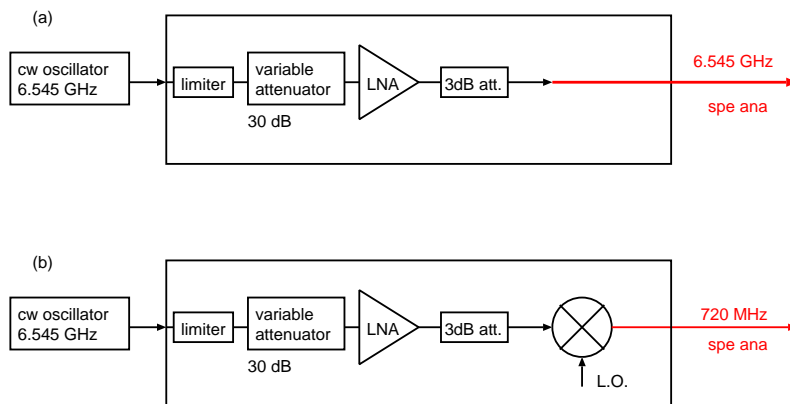


図 5: (a)LNA のゲイン測定のセットアップ。(b) モジュール全体のゲイン測定のセットアップ。

#### 3.1 LNA のゲイン

図 5(a) のセットアップでモジュール入力から LNA の後の 3dB att. までのゲインを入力パワーを変えながら測定した (図 6)。この測定では、可変アッテネータは 30 dB に設定してある。2.3 の結果と比較して、LNA 単体でのゲインを評価できる。LNA はゲイン 17 dB アンプを 2 段 (間に 3dB アッテネータ) で構成されているので、全体で 31 dB のゲインと計算される。図は LNA のゲインを 31 dB として計算した場合との差。計算より約 1.4 dB 低いことが分かる。LNA のゲインは 29.6 dB と測定された。また、使用する範囲でリニアであることが確かめられた。

#### 3.2 モジュール全体のゲインと Mixer の損失

Mixer は ZMX-7GHR (mini-circuits)、スペックによると挿入損失は 7dB。モジュール全体のゲインを測定し、3.1 の 3dB アッテネータまでの結果と比較して、Mixer の損失を求める。図 5(b) のセットアップでモジュールの入力から出力までのゲインを測定した。可変アッテネータは 30dB に設定してある。図 8 に結果を示す。緑の線とデータ点の差が mixer での損失を表す (図 9)。mixer での損失はスペック通り 7dB であることが確かめられた。

また、回路全体でのゲインは、可変アッテネータを 0dB に設定したとき、

$$-1.4\text{dB}(\text{input}) + 29.6\text{dB}(\text{LNA}) - 3\text{dB}(3\text{dB att.}) - 7\text{dB}(\text{mixer}) = 18.2\text{dB} \quad (1)$$

である。

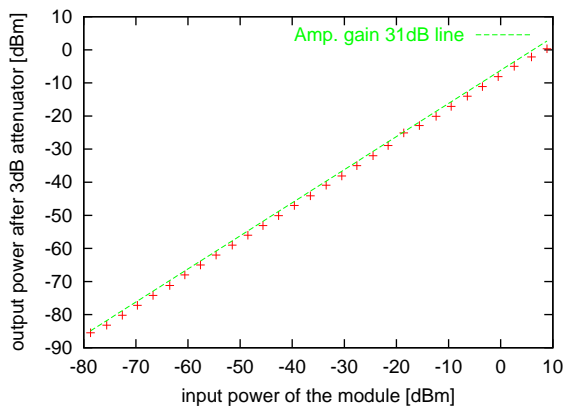


図 6: モジュールの入力パワーと 3dB att. の直後のパワーの関係。可変アテネータは 30dB に設定して測定を行ったので、LNA への入力パワーは横軸の値より 31.2dB 低い。参考に LNA のゲインを 31 dB で計算した直線を重ねた。

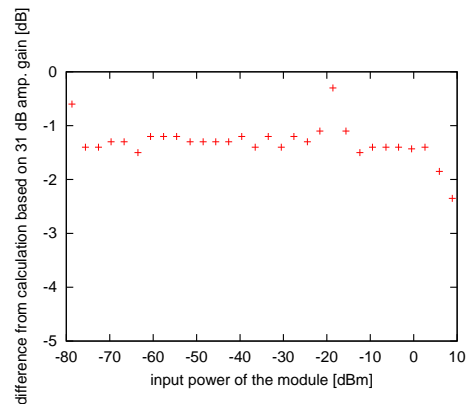


図 7: 単に図 6 の直線からの差をプロットしたもの。使用する範囲でリニア。アンプのゲインは計算による値 31 dB より、1.5 dB 程度低い。

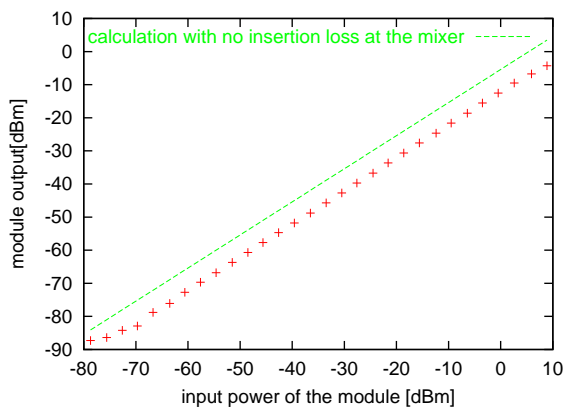


図 8: モジュールの入力パワーと出力パワーの関係。図 6 の結果を元に、mixer でロスが無いとした時の直線を重ねた。

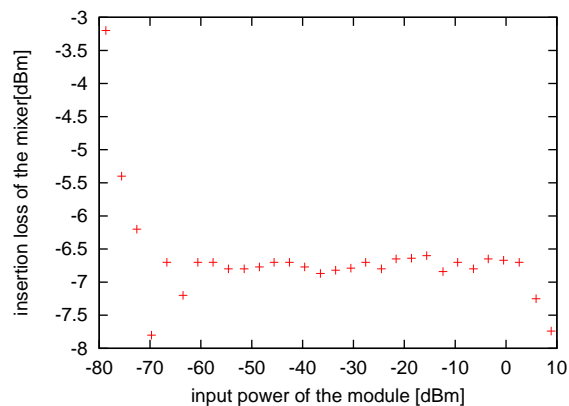


図 9: 単に図 8 の直線からの差をプロットしたもの。mixer での損失は 7 dB であることが分かる。

## 4 LNA、Mixerの反射

LNA と Mixer の入力での反射を測定する。図 10 のセットアップで反射を測定した。Hybrid の J3 端子に測定対象である LNA あるいは Mixer を繋げ、J4 端子から出力される反射パワーをスペアナで測定した。J3 を OPEN にしたときに J4 で観測されるパワーを基準として測定値をまとめたのが表 1 である。LNA、Mixer の挿入損失はそれぞれ 0.41 dB、1.59 dB と測定された。

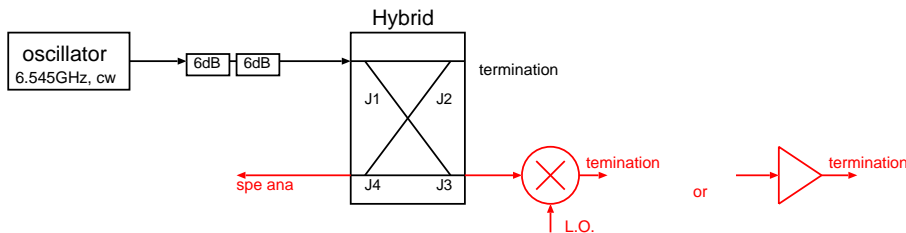


図 10: 反射測定のセットアップ。hybrid を用いて、J4 端子から反射パワーを測定する。

表 1: 結果のまとめ。OPEN の場合を基準として、それぞれの場合の反射を求めた。反射されたパワーを損失として計算した値を右の列にあらわした。

J3	reflection (dB)	transmission (dB)
OPEN	0	
terminate	-38.4	
LNA	-10.5	-0.41
Mixer (without L.O.)	-0.7	-8.27
Mixer (with L.O.)	-4.8	-1.59

## 5 結論

各パーツは概ね予定通り働いている。モジュールの入力コネクタから LNA までの損失は 1.4 dB、LNA の入力損失は 0.4 dB、モジュール全体のゲインは 18.2 dB。