

卒業論文

サイドバンド分離型ミキサーを用いた 周波数変換器の開発に向けた基礎実験

2019 年度
(令和元年度)

茨城大学理学部物理学コース
学籍番号 16s2013s 佐藤将太

概要

アンテナで受信する天体からの信号は微弱かつ高周波であるため、その周波数を低周波数に変換する必要がある。現在、日立・高萩アンテナで使用している周波数変換の方法では、入力信号に対してバンドパスフィルターをかけているため、任意の周波数に対して周波数変換ができないという問題がある。

サイドバンド分離型ミキサーを用いた周波数変換器は、入力信号に混合させる信号の周波数を変更するだけで、任意の周波数に対して周波数変換を行うことができる。本研究の目的は、サイドバンド分離型ミキサーを用いた周波数変換器を開発、作成し、実用化することである。

今回は、実際の周波数よりも低い周波数帯において周波数変換器を新たに作成し、そのサイドバンド分離比を測定することで、サイドバンド分離型ミキサーを用いた周波数変換器の原理が成り立っていることを確認した。今後は実際に使用する、入力 5-10 GHz、出力 0.5-1.0 GHz の周波数変換器を作成して、性能評価する。

目次

1	序論	4
1.1	研究背景	4
1.2	目的	4
1.3	周波数変換の原理	5
1.4	サイドバンド分離型ミキサーを用いた周波数変換の原理	6
1.5	サイドバンド分離比	7
2	サイドバンド分離比の測定方法	8
3	結果	12
4	考察	18
5	まとめ・今後	19
付録 A	今回使用した素子のカタログ	21

1 序論

1.1 研究背景

天体からの信号は強度が非常に弱いため、増幅器を用いて増幅する必要がある。しかし、高い周波数の信号を同軸ケーブルで伝送すると、生じる損失が大きくなってしまう。そのため、天体からの信号の周波数を低い周波数に変換する必要がある。

周波数変換は、天体からの入力信号 (RF 信号) に局部発振器からの信号 (LO 信号) を混合させて、入力信号の入力周波数 (ω_{RF}) を中間周波数 ($\omega_{IF} = |\omega_{RF} - \omega_{LO}|$) に変換させる。なお、RF 周波数が LO 周波数より高い場合を USB、低い場合を LSB と呼ぶ。周波数変換のイメージを図 1 に載せる。IF 周波数は RF 周波数と LO 周波数の差の絶対値であるため、バンドパスフィルターをかけず、そのまま変換すると、緑線のようなスペクトルが得られ、USB 信号と LSB 信号の区別がつかなくなる。例えば、 $\omega_{LO} = 1000$ MHz の局部信号に対して 200 MHz と 1800 MHz の周波数をもつ RF 信号を入力した場合、この二種類の信号はどちらも $\omega_{IF} = 800$ MHz の信号として出力される。これを防ぐために、日立・高萩アンテナでは RF 信号に対して周波数が固定されたバンドパスフィルターをかけている。

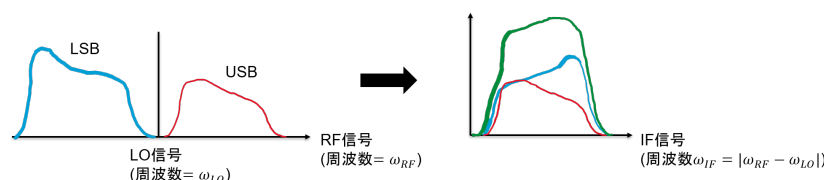


図 1 周波数変換のイメージ

1.2 目的

研究背景でも述べた通り、現在、日立・高萩アンテナでは RF 信号に対して周波数の固定されたバンドパスフィルターをかけている。そのため、任意の周波数に対して周波数変換ができず、別の周波数帯の観測をするためには、バンドパスフィルターを取り換えなければならない。

サイドバンド分離型ミキサーを用いた周波数変換器は、RF 信号に対してバンドパスフィルターをかけることなく USB 信号と LSB 信号を分離できる。また、LO 信号の周波数を変更するだけで任意の周波数に対して周波数変換を行うことができる。

本研究では、この周波数変換器の開発に向けた基礎実験として、実際の観測で使用する周波数よりも低い周波数帯において周波数変換器を新たに作成し、そのサイドバンド分離比を測定することで、サイドバンド分離型ミキサーを用いた周波数変換器の原理を確認する。

1.3 周波数変換の原理

周波数変換器は二つの信号を混合する mixer からなり、ダイオードなどの非線形素子を用いて周波数変換を行っている。周波数変換の原理を以下に示す。

ダイオードの $I - V$ 特性は次のように書ける。

$$I = I_0 \left(\exp \left(\frac{V}{V_0} \right) - 1 \right) \quad (1-1)$$

I_0 は逆飽和電流、 $V_0 = \eta kT/e$ 、 η はダイオードの性能を表す係数、 k はボルツマン定数、 e は電子の電荷、 T は素子の物理温度である。この指数部分をマクローリン展開すると

$$I = I_0 \left(\left(\frac{V}{V_0} \right) + \frac{1}{2} \left(\frac{V}{V_0} \right)^2 + \frac{1}{6} \left(\frac{V}{V_0} \right)^3 + \dots \right) \quad (1-2)$$

となる。3 次以上の項が微小であるとして無視すると、

$$I = I_0 \left(\left(\frac{V}{V_0} \right) + \frac{1}{2} \left(\frac{V}{V_0} \right)^2 \right) \quad (1-3)$$

となる。よって、アンテナから入力される信号 ($V_s(t)$) と、局部発振器から入力される信号 ($V_l(t)$) を

$$V_s(t) = V_{s0} \cos(\omega_s t + \phi_s) \quad (1-4)$$

$$V_l(t) = V_{l0} \cos(\omega_l t + \phi_l) \quad (1-5)$$

とすると、ミキサーから出力される電流は以下のようになる。

$$\begin{aligned} i_m &= a[V_s(t) + V_l(t)] + A[V_s(t) + V_l(t)]^2 \\ &= aV_{s0} \cos(\omega_s t + \phi_s) + aV_{l0} \cos(\omega_l t + \phi_l) \\ &\quad + \frac{1}{2}A(V_{s0}^2 + V_{l0}^2) + \frac{1}{2}AV_{s0}^2 \cos 2(\omega_s t + \phi_s) + \frac{1}{2}AV_{l0}^2 \cos 2(\omega_l t + \phi_l) \\ &\quad + AV_{s0}V_{l0} \cos[(\omega_s + \omega_l)t + (\phi_s + \phi_l)] \\ &\quad + AV_{s0}V_{l0} \cos[(\omega_s - \omega_l)t + (\phi_s - \phi_l)] \end{aligned} \quad (1-6)$$

a と A はある係数である。周波数変換器では、最終項の差周波数成分のみをバンドパスフィルターを用いて取り出すことで、天体からの信号の周波数 (ω_{RF}) を中間周波数 (ω_{IF}) にダウンコンバートしている。

1.4 サイドバンド分離型ミキサーを用いた周波数変換の原理

1.4.1 原理

1. RF 信号 (USB : $\cos(\omega_U t + \phi_U)$ 、LSB : $\cos(\omega_L t + \phi_L)$) を divider で二つに等分配する。
2. LO 信号の位相を -90° ずらしたもの (LO : $\cos(\omega_{LO} t - 90^\circ)$) を mixer 1 へ、 0° ずらしたもの (LO : $\cos(\omega_{LO} t)$) を mixer 2 へ送る。
3. RF 信号と LO 信号を mixer 1 と mixer 2 それぞれでミクシングする。
4. mixer 1 と mixer 2 の IF 出力にバンドパスフィルターをかける。
5. mixer 1 の IF 出力の位相を 0° ずらしたものと、mixer 2 の IF 出力の位相を -90° ずらしたものを混合して、出力 1 に出す (LSB port)。mixer 1 の IF 出力の位相を -90° ずらしたものと、mixer 2 の IF 出力の位相を 0° ずらしたものを混合して出力 2 に出す (USB port)。

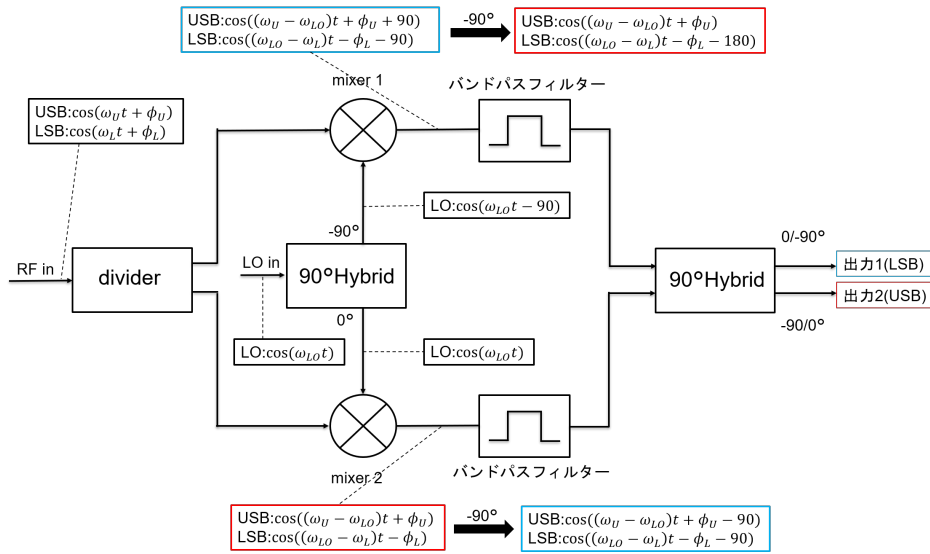


図 2 サイドバンド分離型ミキサーを用いた周波数変換器の回路図

1.4.2 各素子の説明

divider と 90° Hybrid は、入力一つの場合は分配器として機能し、入力二つの場合は結合器として機能する素子である。また、 90° Hybrid は片側の位相を 90° ずらす。mixer は二つの信号を混合し、それらの和もしくは差の周波数の信号を出力する素子である。バンドパスフィルターは特定の周波数の信号のみを通す素子である。

1.5 サイドバンド分離比

サイドバンド分離比は、着目するサイドバンド及び逆（イメージ）側のサイドバンドに同じ強度の信号を入力した際に出力される信号強度比と定義される。

理想的には入力された USB 信号成分は USB port のみから出力し、LSB port には出力されない。LSB の場合も同様である。

実際には、USB 信号が入力された場合、一部の信号が LSB port から、LSB 信号が入力された場合、一部の信号が USB port から漏れ出る。このときの目的のサイドバンド入力から変換された信号のパワーを P_1 、逆側のサイドバンド入力から変換されたパワーを P_2 とすると、サイドバンド分離比は次のように計算できる。

$$\text{サイドバンド分離比} = 10 \log_{10} \left(\frac{P_1}{P_2} \right) = 10 \log_{10} P_1 - 10 \log_{10} P_2 \quad (1-8)$$

2 サイドバンド分離比の測定方法

RF 信号と LO 信号の周波数をそれぞれ変化させて、スペクトルアナライザーで目的とする IF 信号の周波数と出力強度を読み取り、記録する。

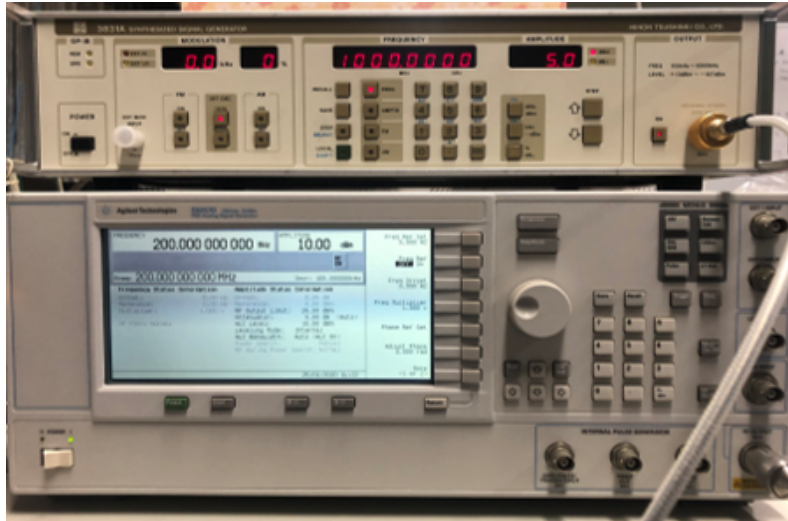


図3 LO 信号発振器（上）と RF 信号発振器（下）

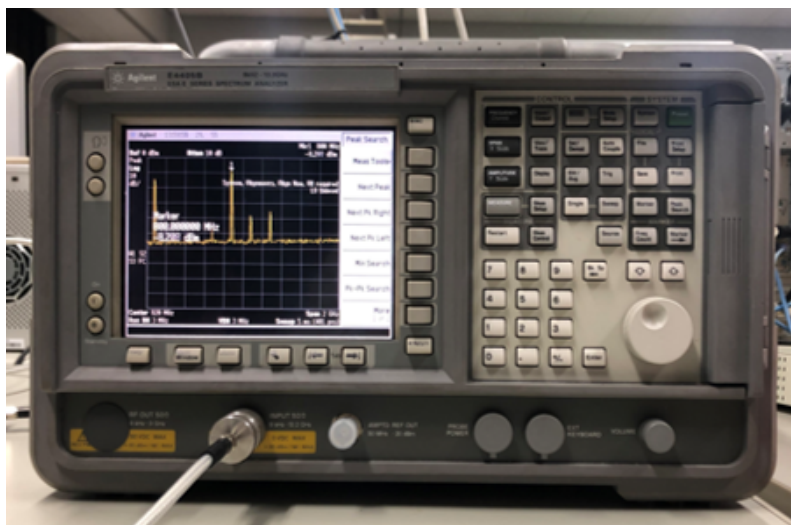


図4 スペクトルアナライザー

今回の測定では 550-1000 MHz のバンドパスフィルターを使用した。そのため、LO 信号の周波数は 600-1000 MHz の範囲で 100 MHz ごとに変化させ、その LO 周波数に対してバンドパスフィルターを通るように、RF 信号を 50-1950 MHz の範囲で選択し、50 MHz ごとに変化させた。よって、IF 周波数範囲は 550-950 MHz である。

divider、90°Hybrid、mixer は全て R&K 社製のものであり、それぞれ PD050-0S、QH320-0S、MX250-0S である。PD050-0S の周波数範囲は 10-3000MHz、QH320-0S の周波数範囲は 550-1000 MHz、MX250-0S の周波数範囲は [LO と RF] : 0.2-3000 MHz , [IF] : 0.1-1000 MHz である。使用した素子を図 5 から図 8 に示す。各素子の詳しい仕様は付録を参照。



図 5 divider



図 6 mixer



図 7 90°Hybrid

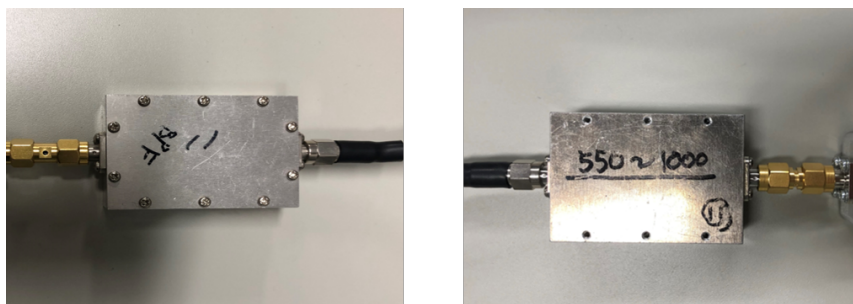


図8 バンドパスフィルター

出力強度は、100 回平均をとったものをスペクトルアナライザーに表示させ、その値を記録した。スペクトルアナライザーに表示されるスペクトルの例を図 9 に示す。

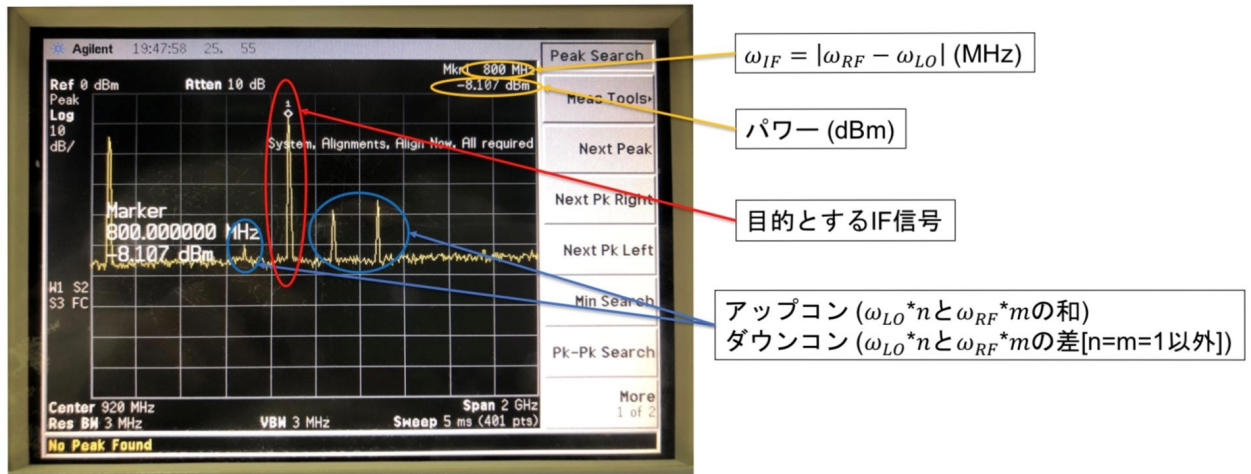


図 9 RF 周波数=200 MHz、LO 周波数=1000 MHz の際の IF 信号スペクトル。横軸は周波数 (MHz) で、左端のピークのようにになっている箇所が 0 MHz、右端が 1920 MHz。縦軸はパワー (dBm) で、上端が 0 dBm、下端が -100 dBm。赤で囲んだものが目的とする IF 信号。青で囲んだものは、目的以外の信号 ($\omega_{LO} \cdot n$ と $\omega_{RF} \cdot m$ の差 [$n = m = 1$ 以外] もしくは和)。黄色で囲んだものはマーカーで示している箇所のパワーと周波数。

式 (1-7) より、異なる周波数を持つ二つの信号をミクシングすると、差周波数成分以外の成分も生成される。式 (1-7) の第 1 項は RF 周波数成分、第 2 項は LO 周波数成分、第 3 項は直流成分、第 4 項は RF 信号の第 2 高調波、第 5 項は LO 信号の第 2 高調波、第 6 項は RF 周波数と LO 周波数の和周波数成分、第 5 項は差周波数成分である。バンドパスフィルターをかけた後に通過域外の周波数成分が表示されているのは、バンドパスフィルターの性能によるものである。理想的なバンドパスフィルターは通過域の周波数成分のみを通過させ、それ以外の周波数成分を完全に減衰させる。しかし、実際には通過域から減衰域へ滑らかに移行する（このときの傾きをロールオフという）。そのため、バンドパスフィルターの通過域外の成分も少量通過してしまう。図 9 では、目的の信号の強度に対して -20 dB 程度（およそ 100 分の 1）の強度の通過域外の出力成分が表示されている。

3 結果

以下に横軸：IF 周波数 (MHz)、縦軸：出力強度 (dBm) のグラフを示す。●が USB port からの出力、●が LSB port からの出力である。

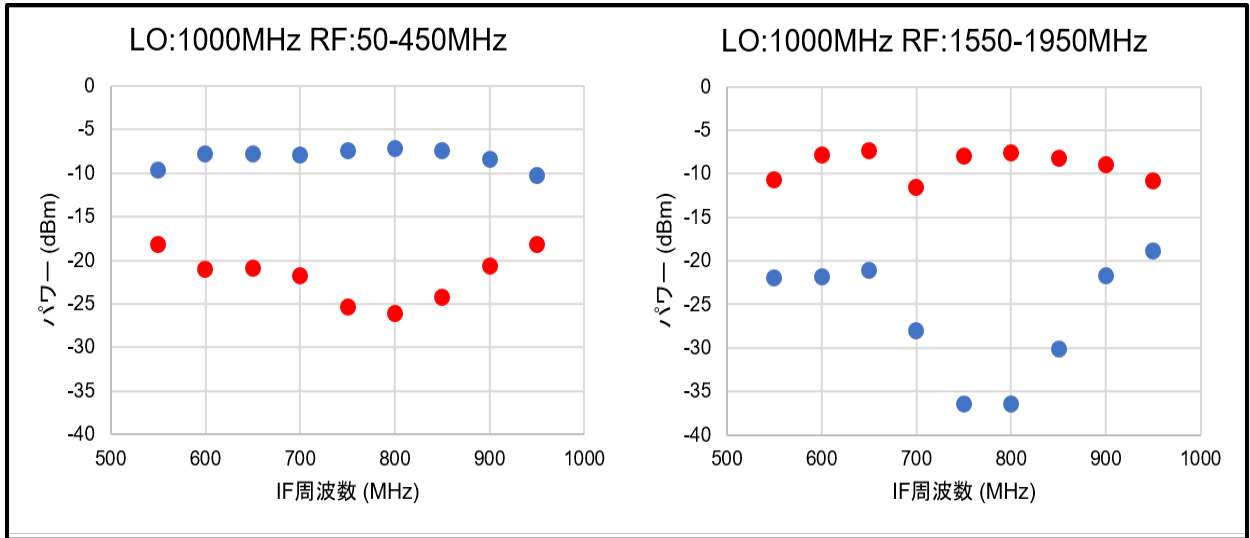


図 10 $\omega_{LO} = 1000$ MHz のときの出力強度

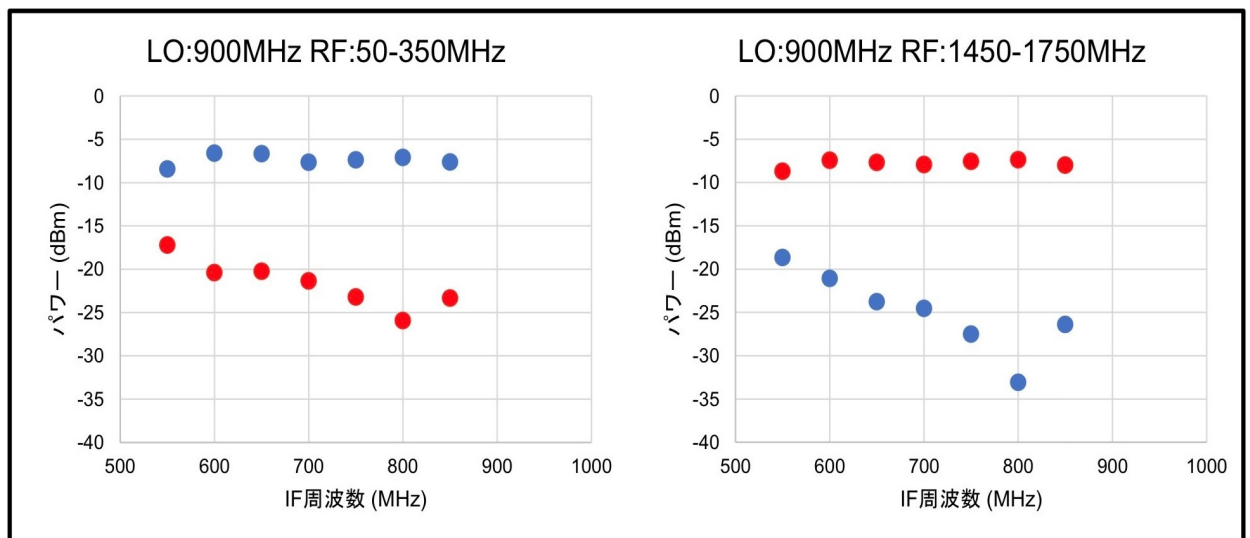


図 11 $\omega_{LO} = 900$ MHz のときの出力強度

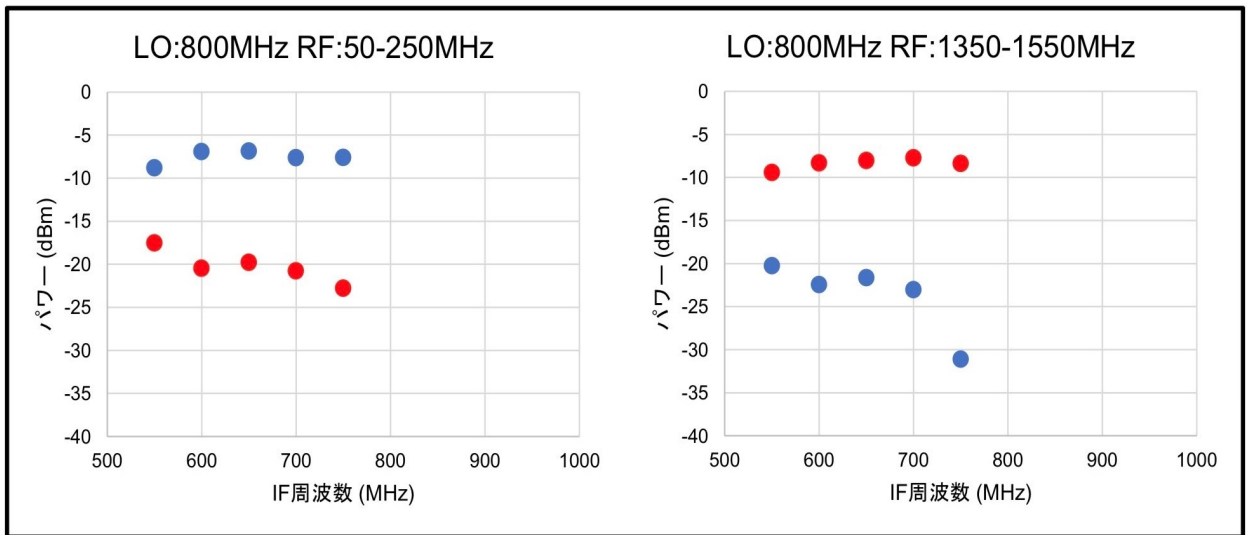


図 12 $\omega_{LO} = 800$ MHz のときの出力強度

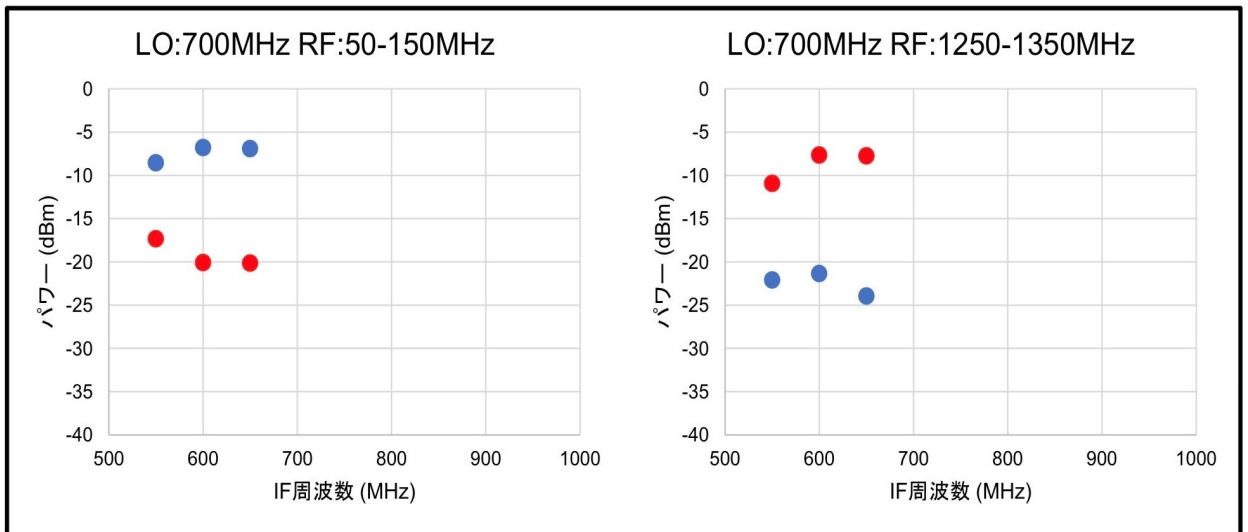


図 13 $\omega_{LO} = 700$ MHz のときの出力強度

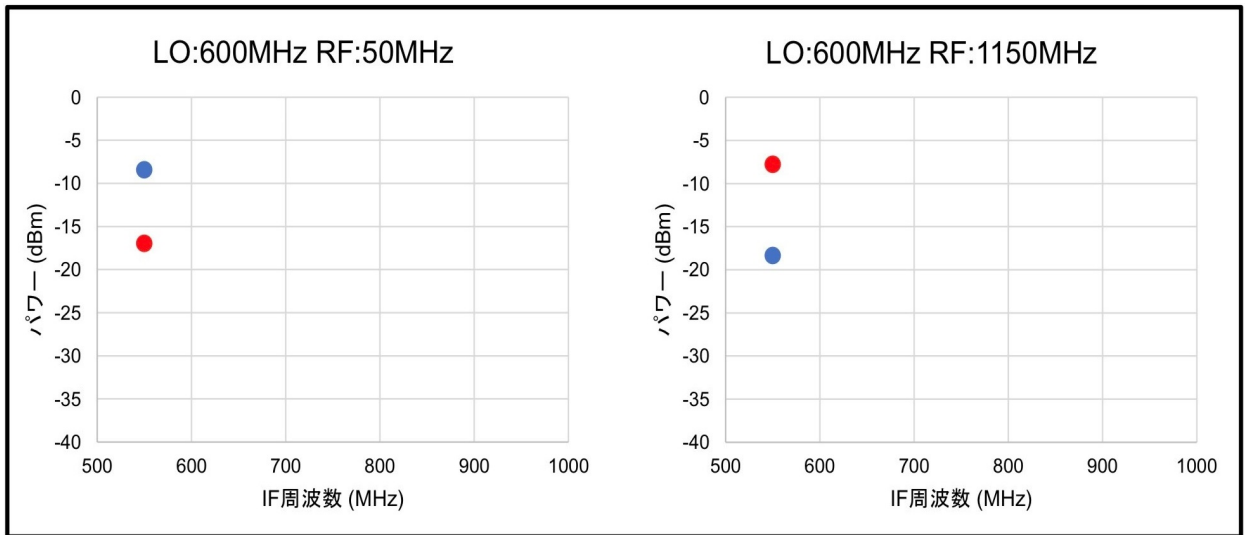


図 14 $\omega_{LO} = 600 \text{ MHz}$ のときの出力強度

ここで、縦軸：出力強度のグラフからサイドバンド分離比を求める方法を記す。

USB 信号を P_U (dBm) という強度で入力した際に、USB port と LSB port に出力されるパワーをそれぞれ P_{UU} 、 P_{UL} 、LSB 信号を P_L (dBm) という強度で入力した際に、USB port と LSB port に出力されるパワーをそれぞれ P_{LU} 、 P_{LL} とおくとサイドバンド分離比は次のように計算できる。ただし、 $P_U = P_L$ とする。

$$\text{サイドバンド分離比} = P_{UU} - P_{LU} \text{ or } P_{LL} - P_{UL} \quad (3-1)$$

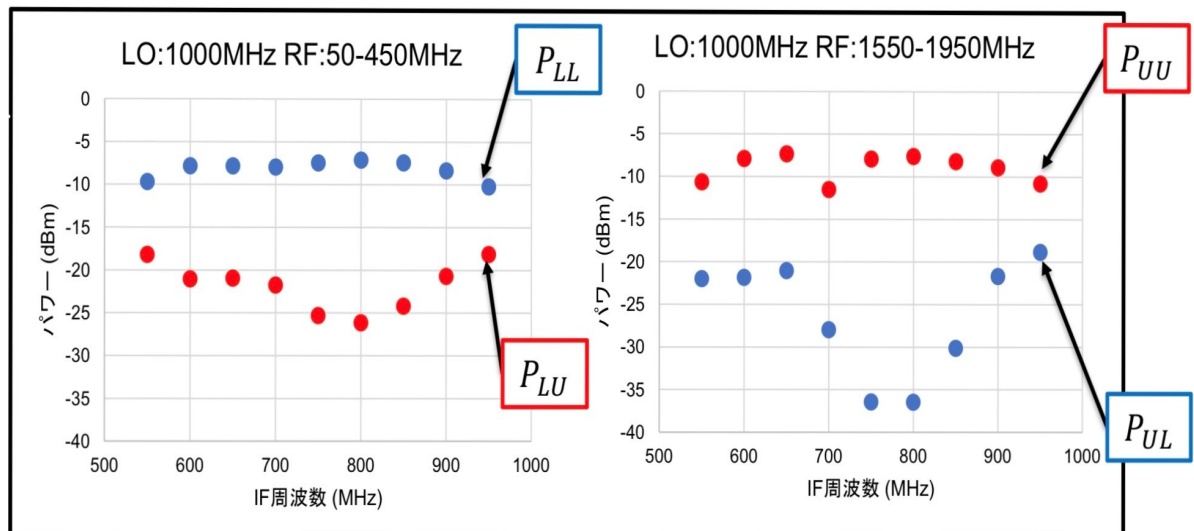


図 15 $\omega_{LO} = 1000 \text{ MHz}$ 、 $\omega_{IF} = 950 \text{ MHz}$ のときの P_{UU} 、 P_{UL} 、 P_{LU} 、 P_{LL}

横軸が IF 周波数 (MHz)、縦軸がサイドバンド分離比 (dB) のグラフを以下に示す。サイドバンド分離比が 10 dB 以上であれば、目的の信号の強度に対して、逆側の信号の混入強度が 10% 以下となる。よって、ここでは 10 dB をこの周波数変換器の原理が成り立っていることを確認するための一つの基準とする。

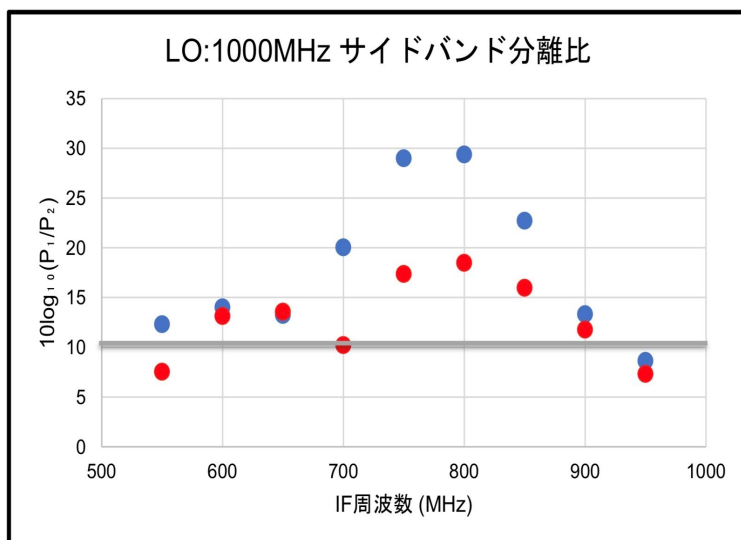


図 16 $\omega_{LO} = 1000$ MHz のときのサイドバンド分離比

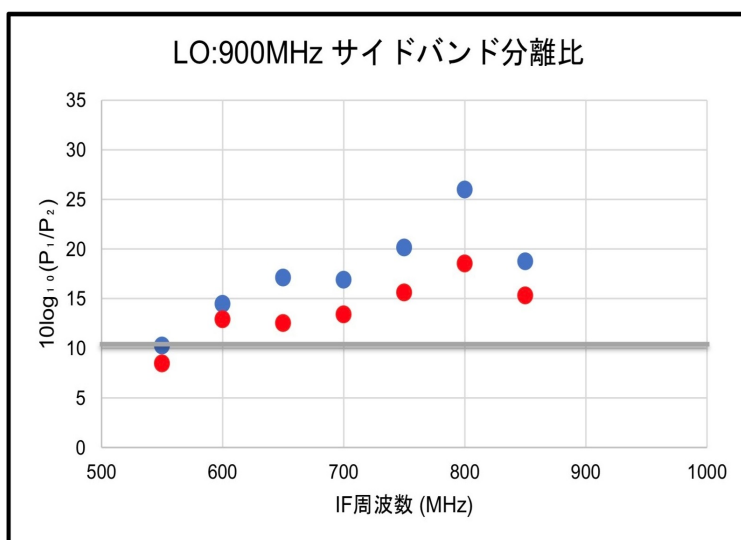


図 17 $\omega_{LO} = 900$ MHz のときのサイドバンド分離比

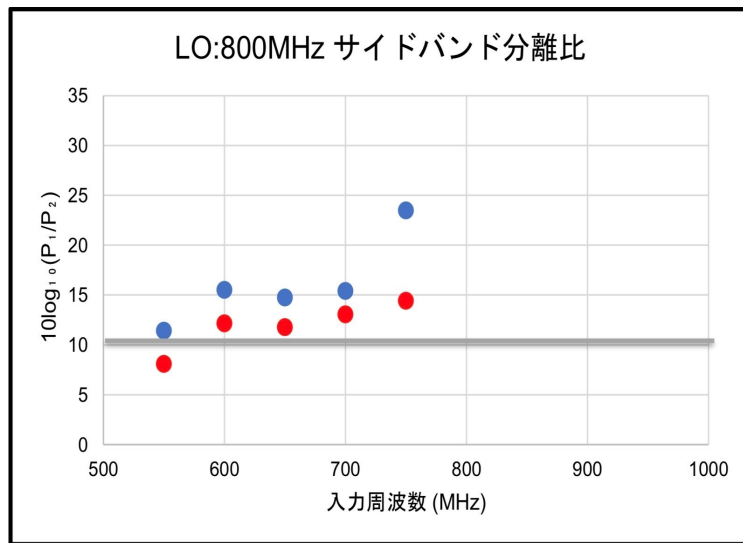


図 18 $\omega_{LO} = 800$ MHz のときのサイドバンド分離比

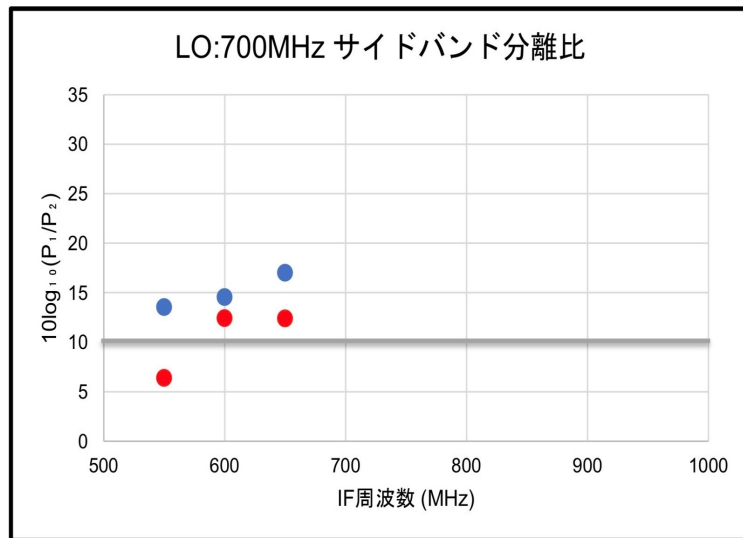


図 19 $\omega_{LO} = 700$ MHz のときのサイドバンド分離比

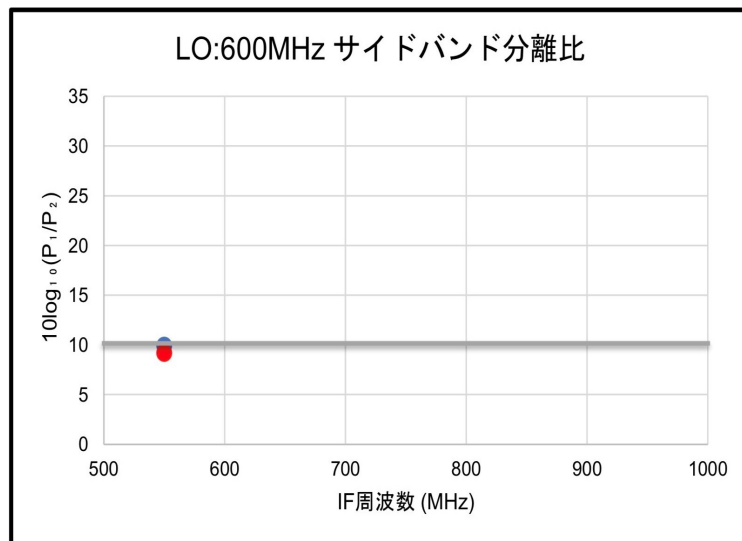


図 20 $\omega_{LO} = 600 \text{ MHz}$ のときのサイドバンド分離比

4 考察

結果のグラフから、理論通り USB 信号を入力した場合は USB port からの信号が、LSB 信号を入力した場合は LSB port からの信号が強く出力されたこと、概ね 10 dB 以上のサイドバンド分離比が得られたことが読み取れ、今回の研究の目的である、この変換機のサイドバンド分離の原理を確認することができた。

サイドバンド分離比が IF 周波数範囲の端の方で低くなっているのは、バンドパスフィルターの性能が通過域付近で落ちるためだと考えられる。また、USB port よりも LSB port の方でサイドバンド分離比が高くなっていることについては、使用したケーブルの損失が周波数に依存することが原因の一つと考えられる。

今回使用したケーブルは株式会社フジクラの RG-55A/U である。このケーブルの減衰量標準値は 2000 MHz で 700 dB km^{-1} 、200 MHz で 178 dB km^{-1} である。測定の際に使用したケーブルの長さは 1 m 程度なので、2000 MHz で 0.7 dB、200 MHz で 0.178 dB 減衰する。ここで、 $\omega_{\text{IF}} = 800 \text{ MHz}$ ($\omega_{\text{U}} = 1800 \text{ MHz}$ 、 $\omega_{\text{L}} = 200 \text{ MHz}$) の時の測定を考える。RF 信号の強度を P_{RF} とし、RF 信号発生器から $P_{\text{RF}} = 5 \text{ dBm}$ の信号を発生させる。 $\omega_{\text{RF}} = 1800 \text{ MHz}$ の時の減衰量は仕様書に書かれていないが、これを 2000 MHz の時の減衰量と同じであると仮定すると、mixer に入力される USB 信号の強度 P_{RFU} は 5 dBm から 0.7 dB 減衰して

$$P_{\text{RFU}} \simeq 4.3 \text{ dBm} \quad (4-1)$$

となり、LSB 信号の強度 P_{RFL} は 5 dBm から 0.178 dB 減衰して

$$P_{\text{RFL}} \simeq 4.822 \text{ dBm} \quad (4-2)$$

となる。よって、出力される信号の強度が次のように書ける。

$$P_{\text{UU}} = P_{\text{UU0}} - 0.7 \quad P_{\text{LU}} = P_{\text{LU0}} - 0.178 \quad (4-3)$$

$$P_{\text{LL}} = P_{\text{LL0}} - 0.178 \quad P_{\text{UL}} = P_{\text{UL0}} - 0.7 \quad (4-4)$$

P_{UU0} 、 P_{LU0} 、 P_{LL0} 、 P_{UL0} は RF 信号の減衰が全くない場合に出力される信号の強度である ($P_{\text{UU0}} = P_{\text{LL0}}$ 、 $P_{\text{UL0}} = P_{\text{LU0}}$)。したがって、式 (3-1) よりサイドバンド分離比を計算すると

$$\begin{aligned} P_{\text{UU}} - P_{\text{LU}} &= (P_{\text{UU0}} - 0.7) - (P_{\text{LU0}} - 0.178) \\ &= (P_{\text{UU0}} - P_{\text{LU0}}) - 0.522 \end{aligned} \quad (4-5)$$

$$\begin{aligned} P_{\text{LL}} - P_{\text{UL}} &= (P_{\text{LL0}} - 0.178) - (P_{\text{UL0}} - 0.7) \\ &= (P_{\text{LL0}} - P_{\text{UL0}}) + 0.522 \end{aligned} \quad (4-6)$$

となり、USB port と LSB port でサイドバンド分離比に約 1 dB の差が生じる。

以上の計算からケーブルの損失により USB port と LSB port でサイドバンド分離比が生じてしまうことがわかった。しかし、これだけでは USB 信号と LSB 信号のサイドバンド分離比に 10 dB 以上の差が出ることの説明としては不十分であるため、今後はそれも含めた検討をしていく必要がある。

5 まとめ・今後

今回は実際の観測で使用する周波数よりも低い周波数帯においてサイドバンド分離型ミキサーを用いた周波数変換器を作成し、そのサイドバンド分離比を測定した。

- 理論通り、USB port に USB 信号が、LSB port に LSB 信号が、それぞれ出力された。
- 概ね 10 dB 以上のサイドバンド分離比が得られた。

これらの結果から、この変換機のサイドバンド分離の原理を確認することが出来た。

今後は、実際に使用する、入力 5-10 GHz、出力 0.5-1.0 GHz の周波数変換器を作成して、性能評価する。

謝辞

本研究を進めるにあたり、指導教員の米倉覚則教授には大変お世話になりました。ゼミやポスター発表では百瀬宗武教授にも多くの有益な助言とコメントをいただきました。感謝申し上げます。また、研究員の方々、研究室の先輩方、同期にも大変お世話になりました。この場をかりて御礼申し上げます。

参考文献

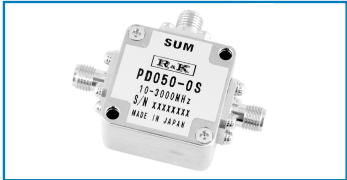
- [1] Asayama S, Ogawa H, Noguchi T, Suzuki K, Andoh H, & Mizuno A. 2004, Int. J. Infrared Millim. Waves, 25, 107
- [2] 中井直正（編）．宇宙の観測 II-電波天文学. シリーズ現代の天文学 16. 日本評論社, 2009.
- [3] 金沢翔. 2017 年度修士論文. (山口大学大学院 創成科学研究科)

付録 A 今回使用した素子のカタログ

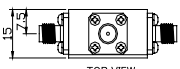
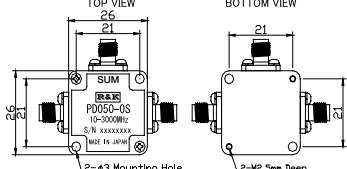
POWER DIVIDER/COMBINER



R&K-PD050-0S



OUTLINE DRAWING ※IN MILLIMETERS

- Frequency Range : 10 ~ 3000MHz
- 2Way-0°
- Low Cost
- RoHS Compliance

SPECIFICATIONS

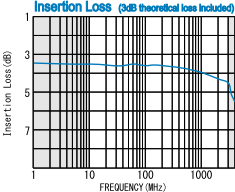
Frequency Range	: 10 - 3000MHz
Insertion Loss	: 2.5dB (max.)
(Except Theoretical Loss 3.0dB)	
Amplitude Balance	: 1.0dB (max.)
Isolation	: 15dB (min.)
Phase Balance	: 8° (max.)
Phase Difference	: 0°
Between Output Ports	
VSWR (SUM)	: 2.8:1 (max.)
VSWR (Other)	: 2.8:1 (max.)
Impedance	: 50Ω
Maximum RF Input Power	: 1W (1.2:1 Load VSWR)
Operating Temperature	: -40°C to + 85°C
Storage Temperature	: -40°C to +100°C
Connectors (Standard)	: SMA-FEMALE
Connectors (Option)	: BNC-FEMALE
	: N-FEMALE
Weight (SMA Connector)	: 30g (typ.)

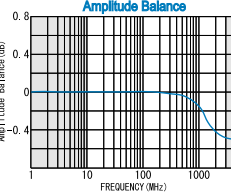
HOW TO ORDER

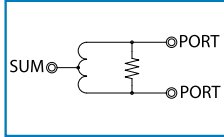
Model Name	S = SMA - FEMALE
R&K-PD050-0S	B = BNC - FEMALE
	N = N - FEMALE

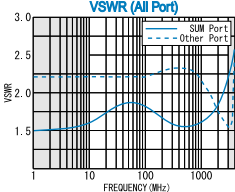
※BNC Operational to 1GHz

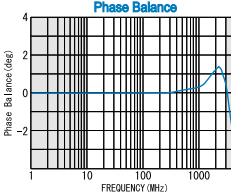
TYPICAL PERFORMANCE (Temp @+25°C)

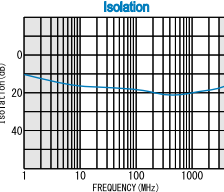












R&K reserves the right to make changes in the specifications of or discontinue products at any time without notice. R&K products shall not be used for or in connection with equipment that requires an extremely high level of reliability and safety such as aerospace uses or medical life support equipment. Further, R&K cannot export products to any country for use in military or defense applications.

R&K Company Limited

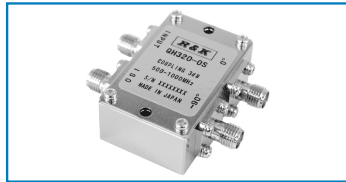
721-1 Maeda, Fuji-City, Shizuoka-Pref. 416-8577 Japan
Tel: +81-545-31-2600 E-mail: info@rkco.jp
Fax: +81-545-31-1600 URL: http://rk-microwave.com

図 21 <http://www.rk-microwave.com/jp/products/pdf/PD050-0S.pdf>

QUADRATURE HYBRID

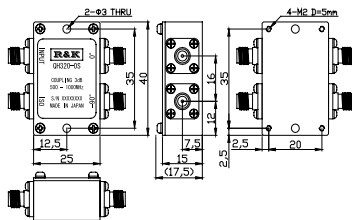


R&K-QH320-0S



OUTLINE DRAWING

※IN MILLIMETERS



- 2Way-90°
- Frequency Range : 500 ~ 1000MHz
- High Power 50W
- Low Insertion Loss
- RoHS Compliance

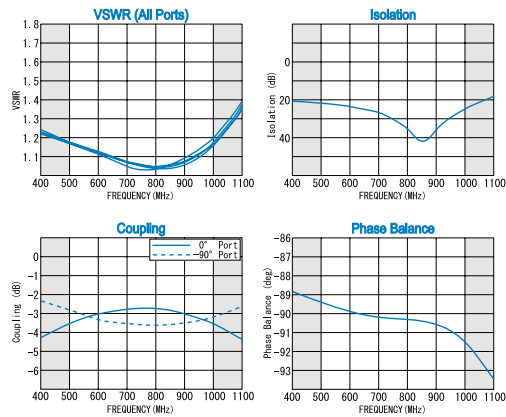
SPECIFICATIONS

Frequency Range	: 500 - 1000MHz
Insertion Loss	: 0.5dB (max.)
(Except Coupling Loss 3.0dB)	
Amplitude Balance	: 1.2dB (max.)
Isolation	: 18dB (min.)
Phase Balance	: ±3° (max.)
Phase Difference	: 90°
Between Output Ports	
VSWR (All Ports)	: 1.3:1 (max.)
Impedance	: 50 Ω
Maximum RF Input Power	: 50W
Operating Temperature	: -40°C to + 85°C
Storage Temperature	: -40°C to +100°C
Connectors (Standard)	: SMA-FEMALE
Weight (SMA Connector)	: 45g (typ.)

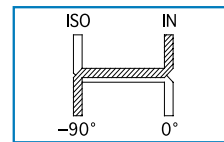
HOW TO ORDER

Model Name
R&K-QH320-0S ☐ No Option

TYPICAL PERFORMANCE (Temp @+25°C)



SCHEMATIC



R&K reserves the right to make changes in the specifications of or discontinue products at any time without notice. R&K products shall not be used for or in connection with equipment that requires an extremely high level of reliability and safety such as aerospace uses or medical life support equipment. Further, R&K cannot export products to any country for use in military or defense applications.

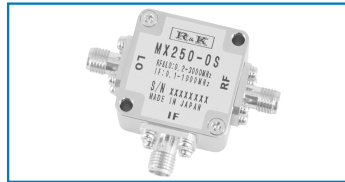
R&K Company Limited

721-1 Maeda, Fuji-City, Shizuoka-Pref. 416-8577 Japan
Tel.: +81-545-31-2600 E-mail: info@rkco.jp
Fax: +81-545-31-1600 URL: http://rk-microwave.com

TRIPLE BALANCED MIXER

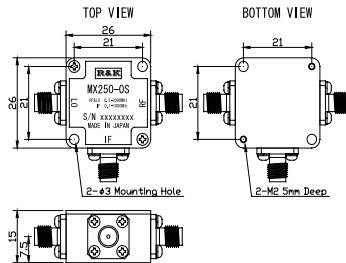


R&K-MX250-0S



OUTLINE DRAWING

※IN MILLIMETERS



- LO&RF Frequency : 0.2 ~ 3000MHz
- IF Frequency : 0.1 ~ 1000MHz
- Lo Drive Level : +10dBm
- Low Cost
- RoHS Compliance

SPECIFICATIONS

Frequency Range [LO&RF] : 0.2 - 3000MHz

[IF] : 0.1 - 1000MHz

Conversion Loss Max. (LO Drive Level +10dBm)

	0.2 - 2MHz	2 - 1500MHz	1500 - 3000MHz
Typ.	6.5dB	6.5dB	7.0dB
Max.	10.0dB	8.5dB	9.5dB

Isolation (min.)

	0.2 - 2MHz	2 - 1500MHz	1500 - 3000MHz
LO - RF	15dB	20dB	22dB
LO - IF	20dB	25dB	20dB
RF - IF	20dB	25dB	20dB

Input IP3 @Center Band : +16dBm (typ.)

Input 1dB Comp. Point : + 6dBm (typ.)

Impedance (All Ports) : 50 Ω

Maximum RF Input Power : 50mW

Maximum Peak IF Current : 50mA

Operating Temperature : -40°C to + 85°C

Storage Temperature : -40°C to +100°C

Connectors (Standard) : SMA-Female

Connectors (Option) : N-Female

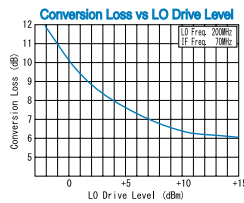
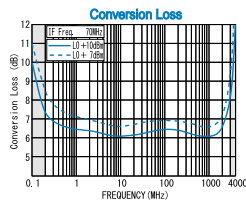
Weight (SMA Connector) : 30g (typ.)

HOW TO ORDER

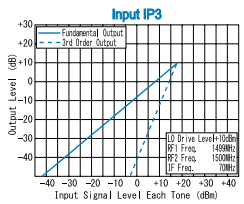
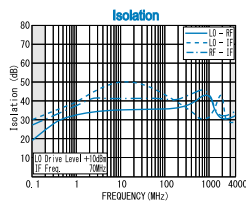
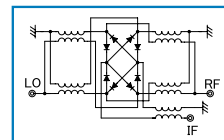
Model Name : R&K-MX250-0S

S = SMA - FEMALE
N = N - FEMALE

TYPICAL PERFORMANCE (Temp @+25°C)



SCHEMATIC



R&K reserves the right to make changes in the specifications of or discontinue products at any time without notice. R&K products shall not be used for or in connection with equipment that requires an extremely high level of reliability and safety such as aerospace uses or medical life support equipment. Further, R&K cannot export products to any country for use in military or defense applications.

R&K Company Limited

721-1 Maeda, Fuji-City, Shizuoka-Pref. 416-8577 Japan
Tel: +81-545-31-2600 E-mail: info@rkco.jp
Fax: +81-545-31-1600 URL: http://rk-microwave.com