

## 位相変調器の Mach-Zehnder 型配置について

平成 20 年 4 月 9 日

国立天文台 辰巳大輔

### 1. 導入

LCGT では Resonant sideband extraction (RSE) 技術を採用することが決まっている。国立天文台では 4m 干渉計を用いて技術開発を行ってきたが、今後は TAMA300 干渉計を用いて RSE における alignment control 技術の開発実験を行う予定である。

TAMA RSE 実験では、従来の Power-recycled Fabry-Perot Michelson 型干渉計に Signal-extraction mirror を追加するため、光路長制御の自由度が1つ増える。これに伴い今までの 15.235 MHz の位相変調に加えて 76.175 MHz の位相変調を追加する計画である。

### 2. Mach-Zehnder 型位相変調器配置

単純に2つの位相変調器を直列配置すると、76.175 MHz のサイドバンドに対しても  $\pm 15.235$  MHz のサイドバンドが発生する。さらに  $76.175 \pm 30.470$  MHz のサイドバンドも発生し、これが  $I-, I+, I_s$  の3つの自由度を測定する際に carrier と beat して不要な信号が発生する。

#### Series configuration of two EOMs

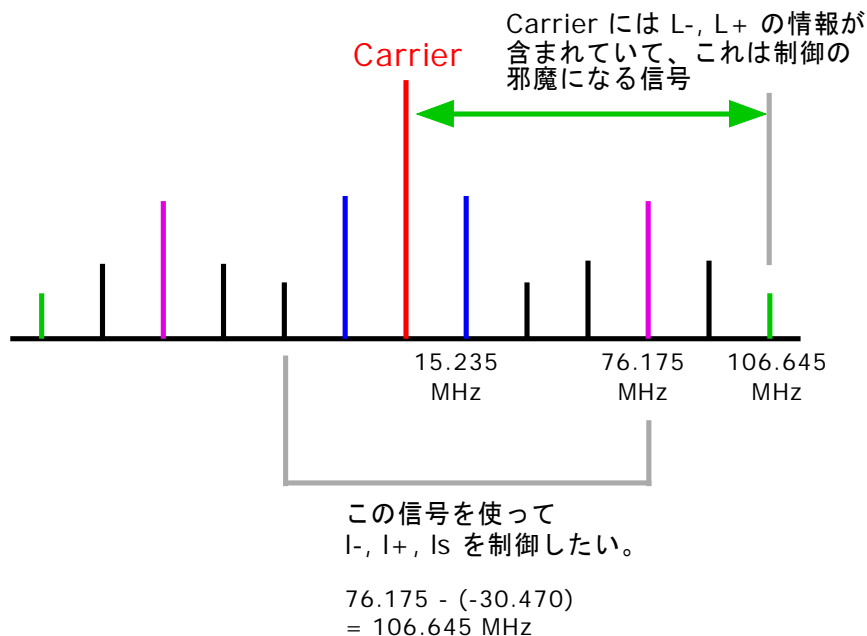


図 1 : Series configuration で発生するサイドバンド

これを避けるため考えられたのが Mach-Zehnder 型配置である。(図2参照)。

2つの位相変調器は並列に配置されているため、106.645 MHz のサイドバンドは発生しない。

ただし以下の点で注意が必要である。

1) Laser beam の内、半分しか 15.235 MHz EOM を通過しないので、EOM 通過後のサイドバンドのパワーは従来の半分になる。

2) さらに2つ目の Beam splitter では Carrier は干渉して Mode Cleaner 側に高い透過率を持つが、サイドバンドは干渉しないので、透過率は 50% である。よって従来のサイドバンドと比べると4分の1のパワーしか得られない。振幅で  $J_1(m)/2$  となる。

ここで m: modulation index

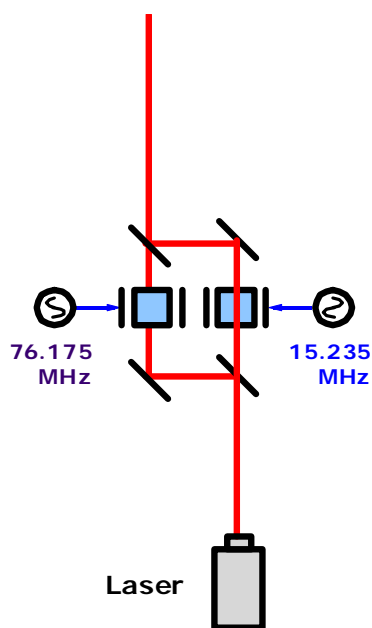


図2 : Mach-Zehnder configuration

### Mach-Zehnder configuration of two EOMs

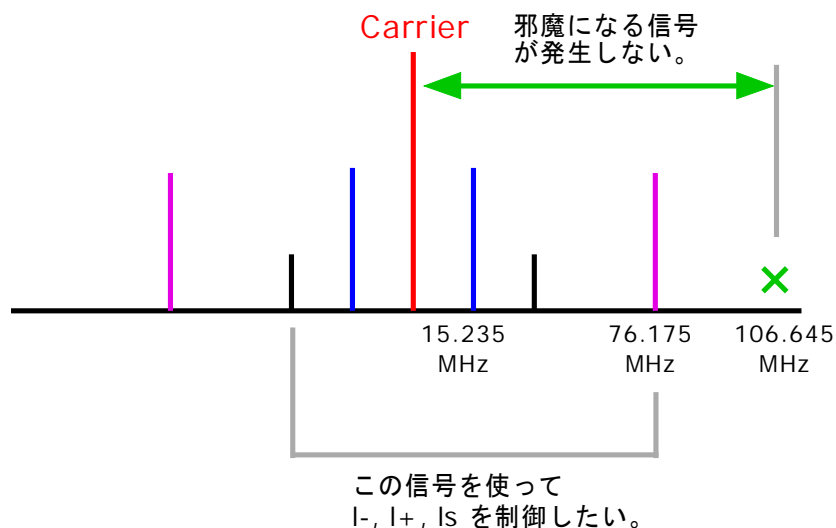


図3 : Mach-Zehnder configuration で発生するサイドバンド

一方、Carrier は Mach-Zehnder 干渉計のコントラストが 100% ならば、振幅で  $J_0(m)$  となり、従来の1変調器の場合と変わらないパワーが得られる。

```

## Mach-Zehnder configuration of two EOMs
## 08 April, 2008
#
#
#          * n5
#          n4 | n6
#          eo2-----bs2----->(to MC)
#          n1|      | n7
#          n0 | n2 |
#          l1-----bs1-----eo1
#          |
#          * dump
#
# -----
# Laser + EOM (15.235MHz) + EOM (76.175MHz)
# -----
l   i1  1      0          n0          # Laser
bs  bs1 0.5    0.5      0 45 n0  n1  n2  dump
mod eo1 15.235M 0.35 3  pm   n2  n7
mod eo2 76.175M 0.35 3  pm   n1  n4
bs  bs2 0.5    0.5      0 45 n4  n5  n6  n7

## Test 1 -- Carrier
ad n6_c      OM      n6      # amplitude detector, not power!!!
ad n6_15MHz 15.235M  n6
ad n6_76MHz 76.175M n6
ad ad4 OM      n5
ad ad5 15.235M n5
ad ad6 76.175M n5
xaxis eo1 midx lin 0 1 1000
yaxis abs

gnuterm x11
pause -1
GNU PLOT
set grid
END

```

	<b>Carrier</b>	—	<b>76.175 MHz</b>
<b>振幅</b>	<b><math>J_0(m)</math></b>	—	<b><math>J_1(m)</math></b>
$m = 0.175$	<b>0.992</b>	—	0.087
$m = 0.35$	<b>0.970</b>	—	<b>0.172</b>

表 1 : 1つの位相変調器通過後の各周波数成分の振幅

	<b>Carrier</b>	<b>15.235 MHz</b>	<b>76.175 MHz</b>
<b>振幅</b>	<b><math>J_0(m)</math></b>	<b><math>J_1(m)/2</math></b>	<b><math>J_1(m)/2</math></b>
$m = 0.35$	<b>0.970</b>	0.086	0.086
$m = 0.74$	<b>0.919</b>	0.173	0.173

表 2 : Mach-Zehnder 干渉計通過後の各周波数成分の振幅

従来と同じだけのサイドバンド振幅を要求すると変調指数  $m = 0.74$  必要で、そのときに Carrier の振幅は  $0.970 \rightarrow 0.919$  に減少する。

実際は、 $m = 0.74$  まで変調指数を上げることは困難で、TAMA で現在使用中の EOM は 10Vpp 印加時に  $m = 0.45$  程度が最大である。

