

## iXBlue社マッハツェンダ変調器バイアスコントローラの概要

このアプリケーションノートは、強度変調器のユーザーに、適切なRF電圧とバイアス電圧を選択してデバイスに適用するための基本を提供することを目的としています。

### 序章：

導波路タイプのLiNbO<sub>3</sub>マッハツェンダ光変調器は、光の変調に複数の利点を提供します。

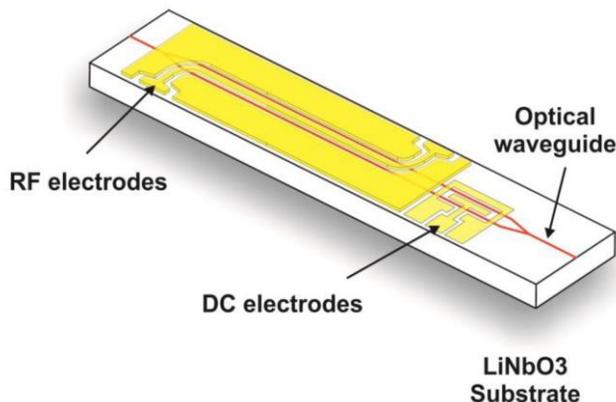
- 高い変調速度機能 (数x10 GHz)
- コンパクトさ
- 信頼性
- 環境に対しての堅牢性

これらは、20年近くにわたって通信業界で広く使用されており (数x 100 000 LiNbO<sub>3</sub>強度変調器が世界中の光ファイバーネットワークで動作しています)、次のようなフォトニクスアプリケーションでも使用されています。

- 光ファイバーセンサー
- ファイバーレーザーシステム
- 測定機器
- RF over fiber (RoF) など

### 原理-伝達関数：

導波路LiNbO<sub>3</sub>強度変調器は、マッハツェンダ型干渉計です。入力導波路は2つのパスに分割され、出力導波路に再結合されます。2つのパスは干渉計の2つのアームを構成し、それぞれに誘導される光屈折率変調により、デバイスの出力に強度変調が作成されます。



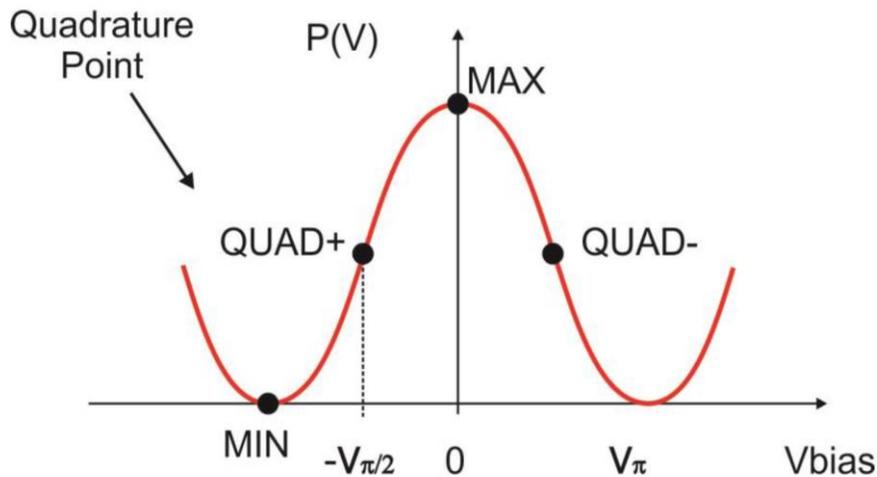
LiNbO<sub>3</sub>強度変調器チップの概略図

光屈折率変調は、電界によって電気光学材料に誘導され、電界は、電極間に電圧を印加することによって得られます。一般に、電極には2つのペアがあります。変調電極（RF電極と呼ばれることが多い）とDC電極（バイアス電極とも呼ばれる）です。

時間依存電圧 $V(t)$ によって駆動される強度変調器の伝達関数は次のとおりです：

$$I_{out}(t) = T_{mod} \frac{I_{in}}{2} \left[ 1 + \cos \left( \frac{\pi}{V_{\pi}} V(t) - \phi \right) \right]$$

- $I_{out}$ ：出力強度
- $I_{in}$ ：入力強度
- $T_{mod}$ ：デバイスの光伝送
- $V_{\pi}$ ：変調器の半波長電圧
- $\phi$ ：位相項



LiNbO3強度マツハツェンダー変調器の伝達関数

## 理論と実際：

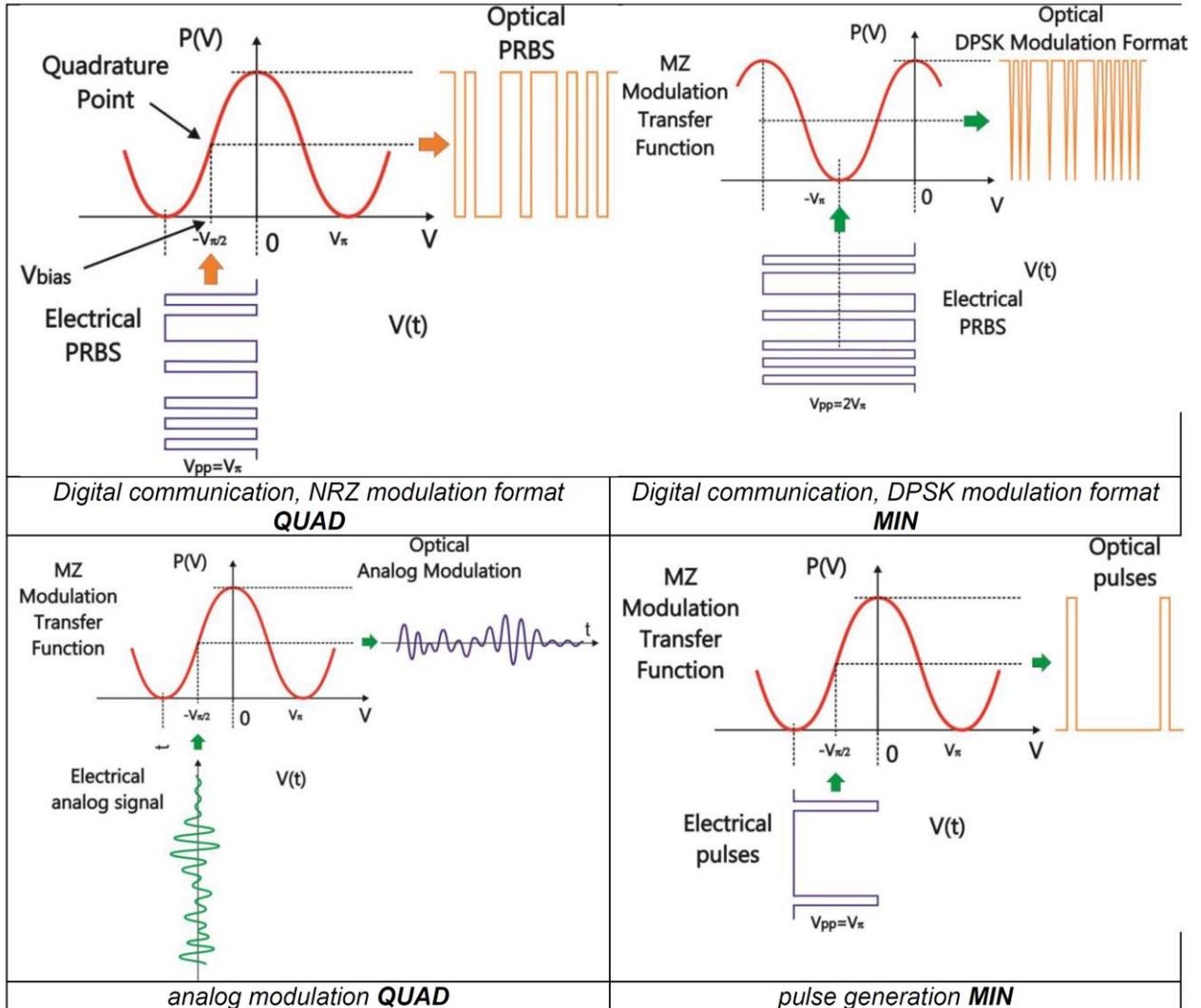
強度変調器は、等しいアームを持ち、したがってバランスの取れた光路を持つように設計されています。理論的には、位相項はゼロであるはずですが、しかしながら、材料の不均一性、製造公差により、2つの光路の間には常に小さな差があります。この不均衡は、変調器の関数伝達における位相項を説明します。

強度変調器を操作して目的の光変調を得るには、変調器に2つの適切な電圧を印加する必要があります。変調電圧 $V(t)$ （RF電圧とも呼ばれます）とDC電圧（バイアス電圧とも呼ばれます）です。



## 動作点：

変調器の動作点は、変調信号が適用される伝達曲線上の点です。対象となる用途に応じて選択する必要があります。次の例を挙げます。



## バイアス電圧の理由

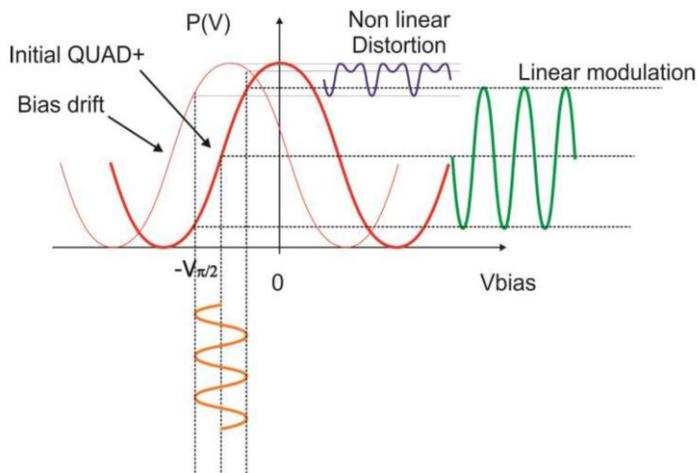
上記のように、マッハツェンダ干渉計は完全にバランスが取れていません。さらに、熱変化、熱不均一性、経年劣化、光屈折効果、静電荷の蓄積によって引き起こされるドリフトの影響を受けます。このドリフトにより、伝達関数が水平方向に移動します。次に、変調信号が変化する動作点に適用され、得られた変調が大幅に変更されます。

DC電極に印加されるバイアス電圧の目的は次のとおりです。

- 変調器の目的の動作点を選択します
- 安定した動作条件を維持するために、変調器のドリフトの可能性を補正し、デバイスの動作点をロックします

バイアス電圧は、単純な電圧源から供給され、目的の動作点に到達するように手動で調整できます。このような状況では、変調器がドリフトした場合に、電圧を手動で再調整する必要があります。これは、変調器のドリフトが小さく、環境条件が安定している実験室内では、機能するかもしれませんが。

しかしながら、長期間の動作、特に、変化のある温度条件で動作する必要のあるシステム全体では、適切なDC電圧を永続的に供給し、選択した動作点をロックするために、自動バイアス制御回路が必要です。



バイアス電圧がそれに応じて調整されない場合、変調器伝達関数のドリフトにより、光変調信号が変化します。

上記の例では、バイアス電圧が補正されていない場合、曲線がドリフトし、光変調信号が振幅と周波数の両方で深刻な影響を受けます。

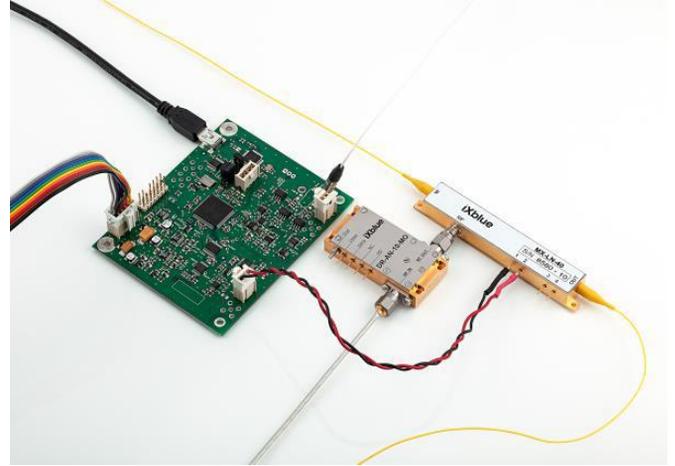
iXBlue社は、MBC（変調器バイアスコントローラー）ソリューションの選択肢を提供します：

ベンチトップ機器MBC-DG-LAB

ほとんどのアプリケーションでマッハツェンダ変調器の動作点をロックできるMBC-DG-board



MBC-DG-LAB ベンチトップバイアスコントローラー



MBC-DG-board OEMバイアス制御ボード

## 変調信号：

動作点が選択され、適切なバイアス電圧が印加されると、変調信号を変調電極に印加することができます。

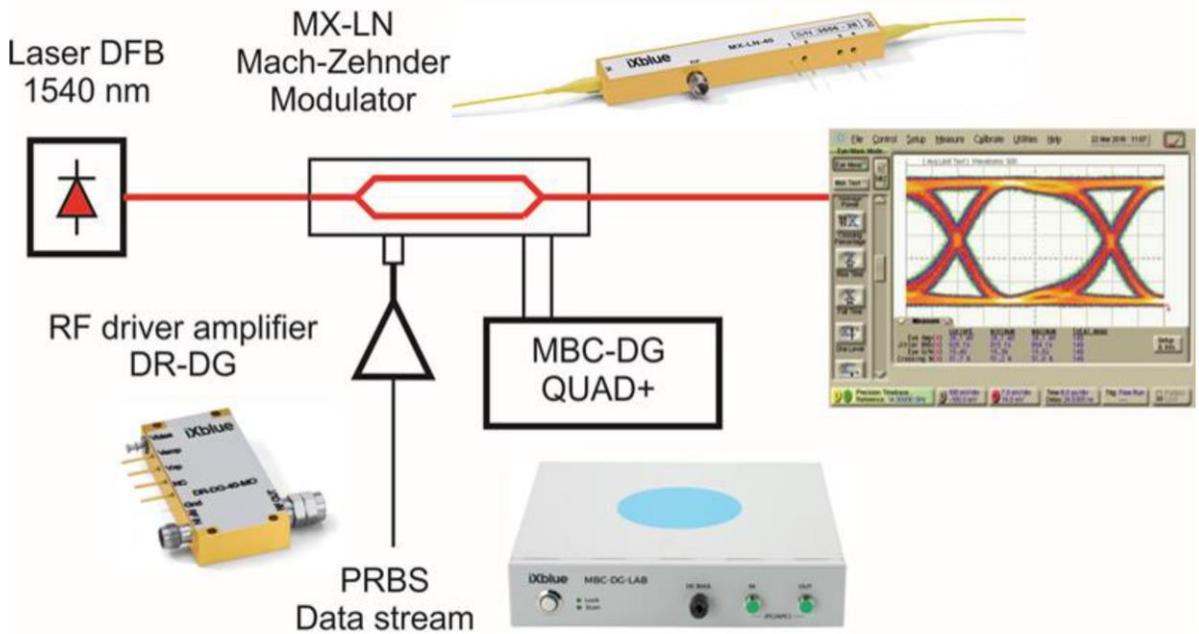
ここでも、変調信号のピークトゥピーク振幅は、対象となるアプリケーションに応じて選択する必要があります。例：

Digital communication, NRZ modulation format	$V_{\pi}$
Digital communication, DPSK modulation format	$2 \times V_{\pi}$
Analog modulation	$< V_{\pi}$
Pulse generation	$V_{\pi}$

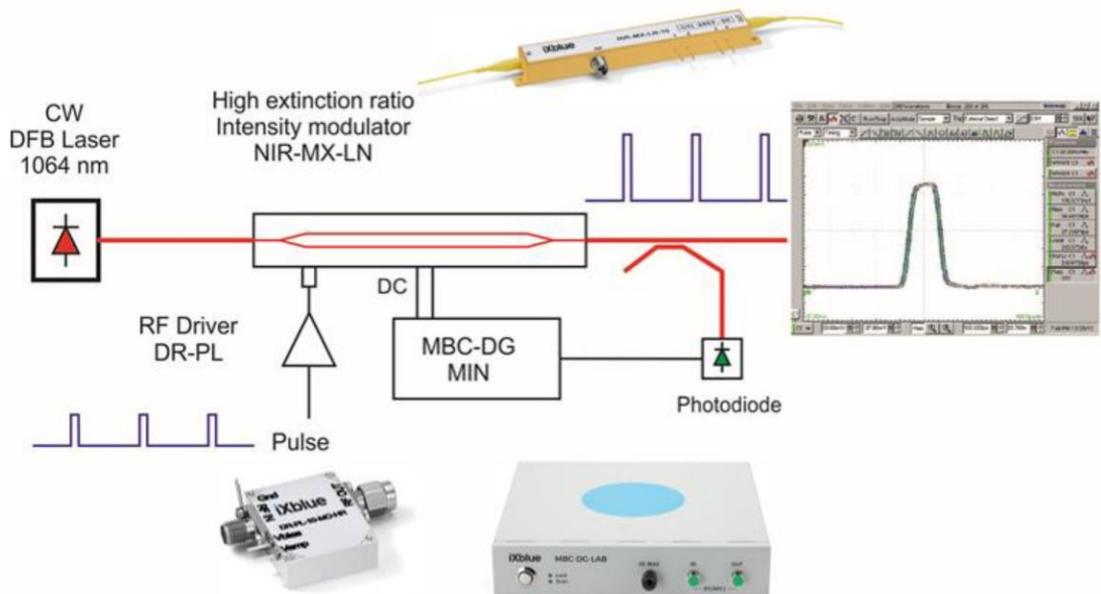
強度変調器の一般的な $V_{\pi}$ は5Vです。これは、RFジェネレータまたはテレコムマルチプレクサによって供給されるピークトゥピーク電圧よりも高いことがよくあります。結果として、変調器の仕様 ( $V_{\pi}$ ) と互換性のある変調信号を得るために、電気信号を増幅する必要があることがよくあります。これは、変調器ドライバーと呼ばれることが多いアンプモジュールによって実現されます。

ixBlue社は、ほとんどのアプリケーションをカバーする変調器ドライバーの選択肢を提供します：アナログ、デジタル、パルス変調方式、シングルまたはダブル $V_{\pi}$ 変調、10 GHz、10 Gb/sから40GHz、40 Gb/s





デジタルNRZ変調の一般的なセットアップ



パルス変調の一般的なセットアップ

