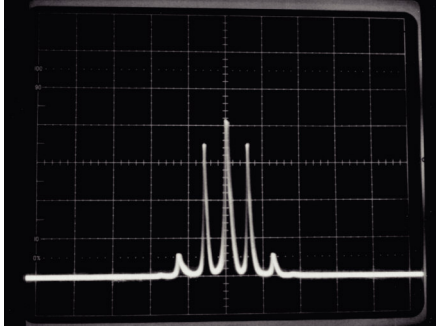


Technical Note モジュレータの選択 Choosing a Modulator



走査型ファブリペロー・スペクトラムアナライザで測定した透過強度スペクトル。1.06μmのレーザー光をModel 4003共振型位相変調器で位相変調した。駆動周波数7.94MHz、ピーク電圧3V。

く使い易い光モジュレータとドライバを多彩なラインナップで提供しております。New Focusのモジュレータは、全て電気光学効果とポッケルス効果をベースとしており、屈折率が与えられた電場に依存して直線的に変化します。電気光学結晶の電極に電圧が加えられると、有効屈折率の変化に伴い透過光の位相が変化します。

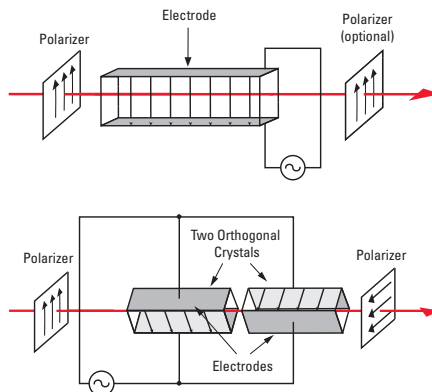
New Focusの振幅変調器及び位相変調器の周波数範囲はDC-9.2GHzです。駆動電圧と挿入損失を低い一方、高い光パワーまで入力可能です。用いている結晶は、ニオブ酸リチウム (LiNbO3) または酸化マグネシウム添加ニオブ酸リチウム (MgO:LiNbO3) およびKTP結晶です。これらは電気光学係数が大きく、駆動電圧を低減することができます。またLiNbO3およびKTPはRF周波数での損失正接が小さいため、DC-9.2GHz、LiNbO3およびKTPという広い周波数帯域で使用できます。さらに非吸湿性で、高い光入力パワーまで対応でき、挿入損失は抑制することができます。

モジュレータは、初めに位相変調器または振幅変調器を、次に広帯域型または共振型（単一周波数駆動）を選択します。最後に駆動波長をご指定ください。

位相変調器

位相変調器は光ビームの位相を変化させるために用いられます。位相変調器を正弦波で駆動すると、Cw光ビームの周囲にサイドバンドを発生します。周波数Ωで正弦波の位相変調を行うと、周波数 ω を中心としてΩの倍数にあたるサイドバンドが形成されます。

周波数Wで正弦波の位相変調を行い、このときのピーク位相変調量がmであるとき、位相変化はφ(t)=msin(Ωt)です。モジュレータ透過後の光ビームの電場は、以下で表されます。



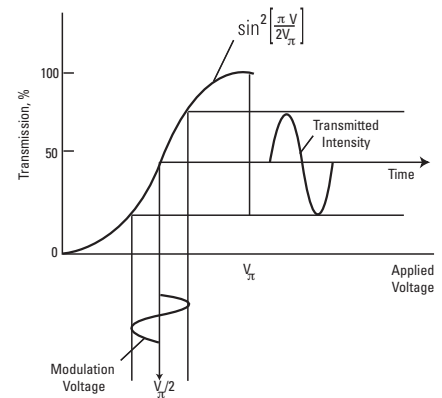
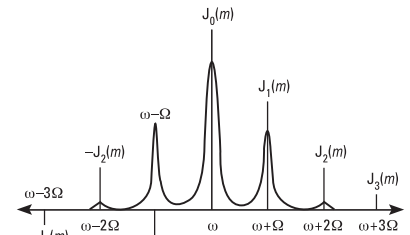
上図：位相変調器を使用する際は、レーザービームが良好なコリメート光で、1°以内の縦偏光である必要があります。ランダム偏光の場合は、消光比100：1以上のポライザを併用してください。New FocusのGlan-Thompsonポライザや低価格シートポライザが便利です。

下図：振幅変調器では2つの結晶が互いに45°にマウントされており、縦偏光と横偏光のいずれの入力光にも対応できます。

注：ポライザは別売りです。

Jkがk次のベッセル関数であるとき、k次サイドバンドの振幅はJk(m)に比例します。1次サイドバンドのそれぞれへ移行した光パワーは{J1(m)}²、キャリア残留分の光パワーは{J0(m)}²です。

例えばピーク位相シフト1radで位相変調した場合、入力キャリアパワーの19%が各1次サイドバンドへ移行し、キャリアには59%が残留します。1次サイドバンドしうる光パワーの最大値は34%で、このときのピーク位相シフトは1.8rad必要です。



上図：ベッセル関数による位相変調された電場のスペクトルです。各サイドバンドの光強度は、電場振幅の二乗に比例します。

下図：振幅変調器を交差するポライザの間をおいたとき、伝達関数はsin²関数となります。直線的に振幅変調するには、変換点50%でバイアスをかけ、低電圧で変調します。この際さらに、1/4波長板を使用するかモジュレータにDC電圧をかけます。

振幅変調器

バルク型の電気光学振幅変調器は、偏光板により電圧が調整可能な波長プレートから構成され、変調強度は \sin^2 関数で表されます*（前頁の左下図ご参照）。入力偏光が結晶軸に対して45°であるとき、電圧が印加されることで常光線及び異常光線各場のコンポーネント間に可変の位相遅延が発生します。

New Focus™の振幅変調器では、2個の結晶が互いに45°にマウントされています。そのため縦偏光及び横偏光のいずれの入力光にも対応できます。

温度変化による複屈折の変化を抑制するため、2個の結晶の印加電場は互いに90°になるように配置されています。New Focusの振幅変調器では、温度に依存する偏光回転量はわずか1 mrad/°C未満です。常光線と異常光線の両方位における結晶長さが等しくなるよう、結晶軸を互いに反転させて設置しています。これにより電気光学的な偏光回転量を倍化できる一方、熱による複屈折を除去することができます。

* 十位相変調器は振幅変調には不向きです。これは位相変調器内の結晶が熱による複屈折を起こし、振幅変調量がゆっくりと変化するためです。

広帯域型と共振型の比較

New Focusのモジュレータには広帯域と共振型があります。広帯域モジュレータは駆動周波数が広く、一方共振型はご指定の周波数でのみ動作します。

広帯域タイプの長所はDC-100 MHz（モデル4104 振幅変調器では200 MHzまで）の広い周波数範囲で変調できる点で、そのような用途には大変便利です。しかし入力された駆動電圧が結晶電極に直接印加されるため、必要な駆動電圧が高く、大きな変調深さを得ることが難しくなります。

単一周波数で変調する場合には、印加された駆動電圧に対してより高い変調量が得られる共振型変調器が有利です。

共振型の長所をより詳しくご紹介するため、ここで半波長電圧 V_{π} を使用します。 V_{π} は位相シフト π を発生するのに必要な電圧です。広帯域位相変調器の1.06 μm における V_{π} は210 Vで、相当する変調深さは0.015 rad/Vです。これらは波長に依存するため、532 nmではそれぞれ105 V、0.03 rad/Vとなります。一方モデル4001、4003共振型位相変調器では、1.06 μm における V_{π} が通常10-31 Vです。これに相当して0.1-0.3 rad/Vのより大きな変調深さが得られます。

注：共振型モジュレータの変調深さは、低周波数帯域（0.01-20 MHz）で通常0.3 rad/Vです。高周波数帯域（120 MHz-200 MHz）では0.1 rad/Vまで低下します。