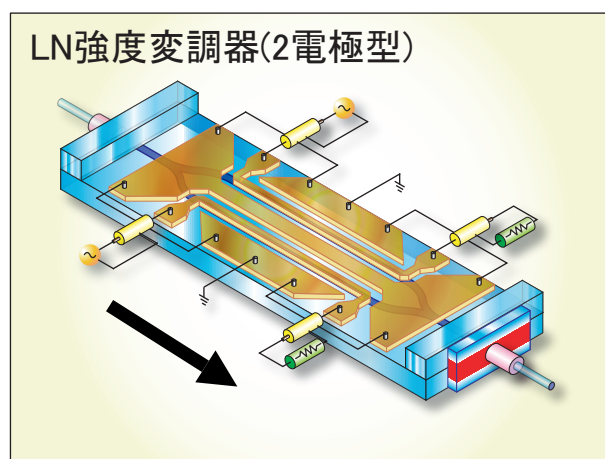
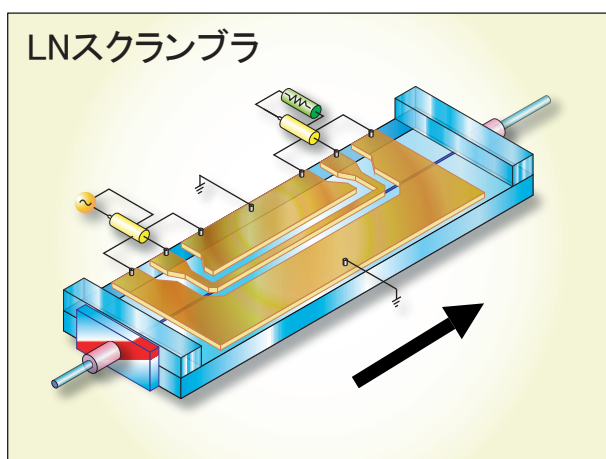
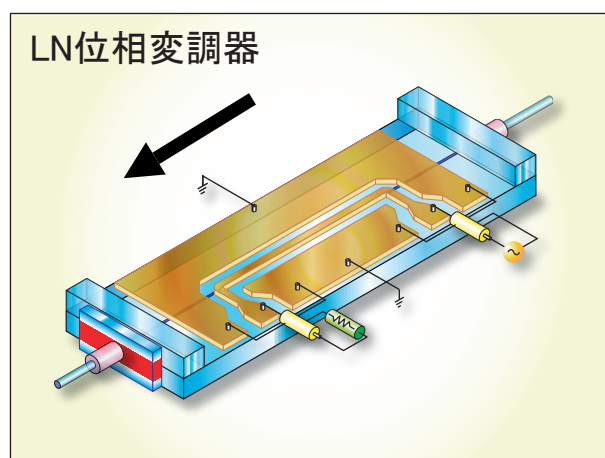
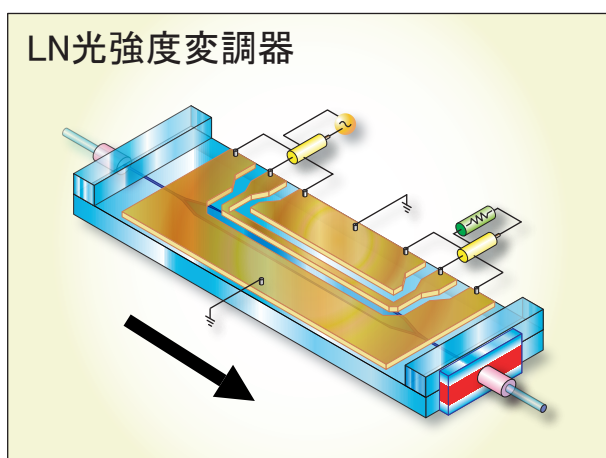


LN変調器について

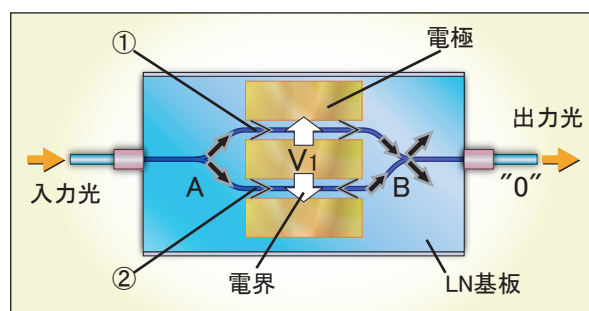
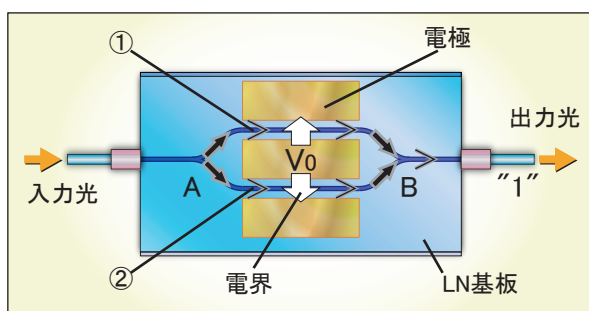
1.LN変調器の構造



2.LN変調器の性能を規定するパラメーター

変調器パラメータ	規格値(例)	左記パラメータ、値の説明
変調速度	10 Gbit/s	10Gbit/s(100億回/秒)のパルス速度に対応できる変調器である。
挿入損失	5dB以下	この変調器を使用するために生ずる損失で、最大5dBである。
駆動電圧(V_{π})	4V以下	所定の動作をさせるのに必要な駆動電圧は最大4Vである。
光帯域	8GHz以上	変調器の光パルス応答性を見る指標の1つであって、光電気変換してみた周波数域の広さ。基準より50%下った点までの周波数幅。
ON/OFF 消光比	20dB以上	変調器をON/OFF動作させたとき、出力光の最大値(ON)と最小値(OFF)の比で、ONの光を基準とするとOFFの光は100分の1以下であることを意味し、光信号の1、0の明瞭さに関係づけられる。
偏波消光比	20dB以上	光には垂直と水平方向の2つの偏波が存在するが、出力光の偏波は一方の主たる偏波に着目すると、抑圧すべき偏波の大きさは100倍分の1以下である。

3, LN変調器の動作原理（強度変調器）



動作の説明1

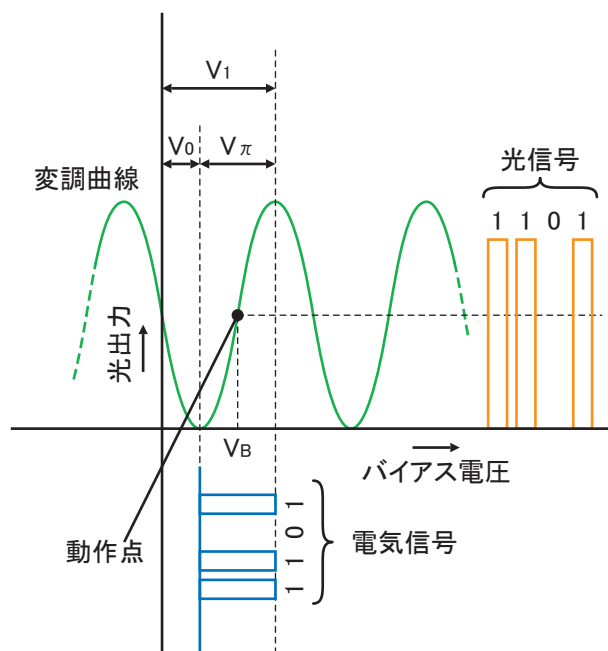
- ・基本構造はLN変調基板上に2つの導波路① ②と2つのY分岐A, B及び電圧（電界）を加える電極よりなる。
- ・電圧が V_0 のとき、入力光はA分岐点で2等分して分かれ、導波路①②をそれぞれ通過しB分岐点で合流する。この時、2つの導波路に位相差が生じていないので2つの光はそのまま足し算となり信号は“1”となる。
- ・電圧が V_1 のとき、同様に2分割して導波路① ②を通過するがB分岐点で合流するとき位相が 180° 異なる。光の波は互いに打ち消し合って出力は0となる。（出力側の導波路を光波は伝搬せず、放散する光となる）
- ・2つの電圧差（ $V_1 - V_0$ ）は強度変調器の半波長電圧あるいは V_π 電圧と言い、LN変調器の重要なパラメータである。特に高周波でのこの電圧値は小さいことが望ましい。
- ・電極に“10110……”のデジタル信号を加えると、電極の電圧は“ $V_0 \rightarrow V_1 \rightarrow V_0 \rightarrow V_0 \rightarrow V_1 \dots$ ”のように変化し、光のパルス“10110……”が生成されることが上記説明よりわかる。この“10110……”パルス繰り返しの速さは通常25～100億回/秒（10Gb/s伝送の場合）が行われ、最近では400億回/秒（40G）の動作が可能となっている。

動作の説明2

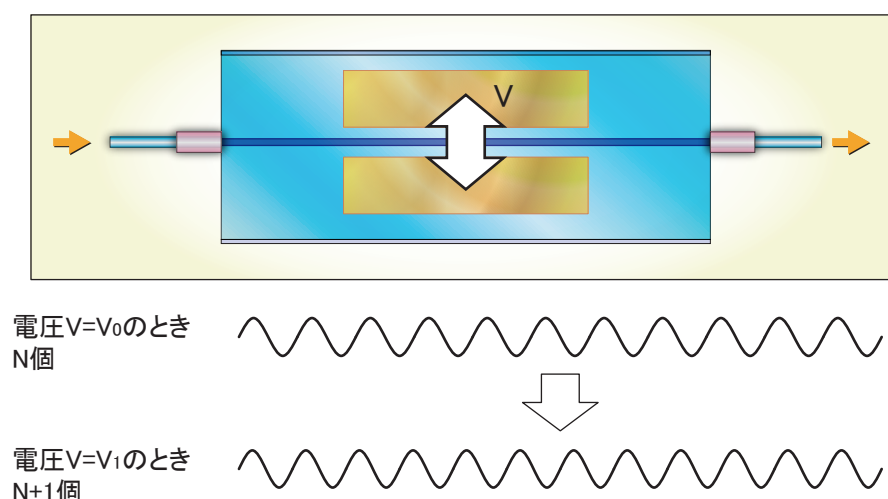
次に電気信号が光信号に変換される電子回路的な説明を行う。

- ・2次元座標軸の縦軸に光出力、横軸にバイアス電圧をとる。
- ・LN強度変調器の変調曲線（トランスファークラーク）は $\cos^2$ 乗の函数曲線となる。この曲線上に最大値と最小値の間中点（50%、あるいは3dB点）を設定する。（このようなバイアス電圧 V_B を設定すると言ってもよい）。
- ・図示するように、動作点を中心に電気デジタル信号は光デジタル信号に、電気光学効果を介して変換される。
- ・図中の V_π 電圧は先に述べた半波長電圧であり、 V_0 、 V_1 に関係づけられる。

ちなみに、LN変調器に特有なDCドリフト現象とは、変調曲線が時間とともに横軸方向に移動する現象である。

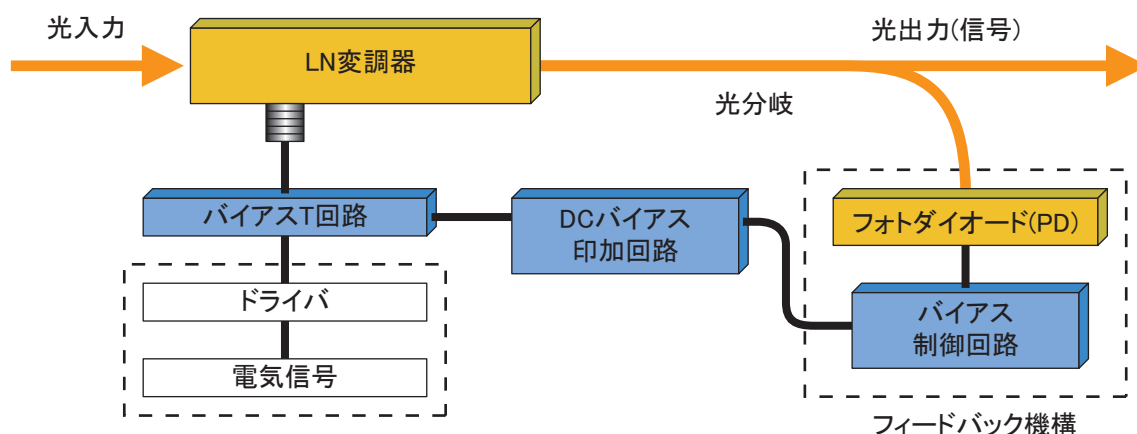


4, LN変調器の動作原理（位相変調器）



- ・位相変調器は伝搬光の位相を外部電圧で変化させる機能を持つ。
- ・わかりやすくするため、電極間に電圧 V_0 の場合と電圧 V_1 の場合を考える。電極長 L の間に電圧 V_0 のとき光の山谷の波が10,000あったとする。電圧 V_1 を加えたとき1山増加して10,001になったとする。
- ・このとき位相は 2π (360°) 変化したことになる。 $(V_1 - V_0)/2$ の電圧を、位相変調器の半波長電圧あるいは π シフトの電圧という。
- ・ π シフト電圧によって位相変化量の電圧感度がわかる。実際には、必要な位相変化量に応じた電圧がアナログ的に加えられて用いられる。
- ・長距離の光ファイバ伝送では、自己位相変調効果といった非線型効果が顕著になり、光パルス波形をくずしやすい。これを、この位相変調器で補正するなどの応用がある。

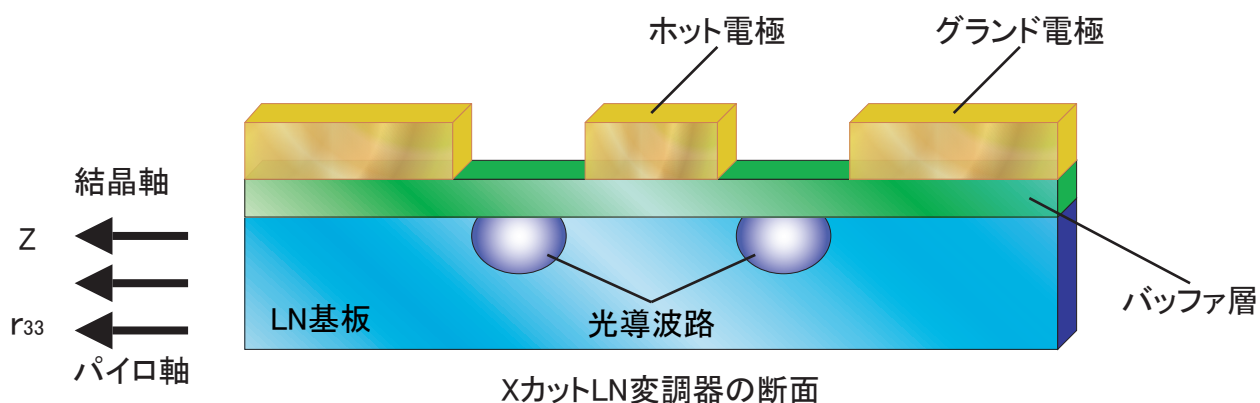
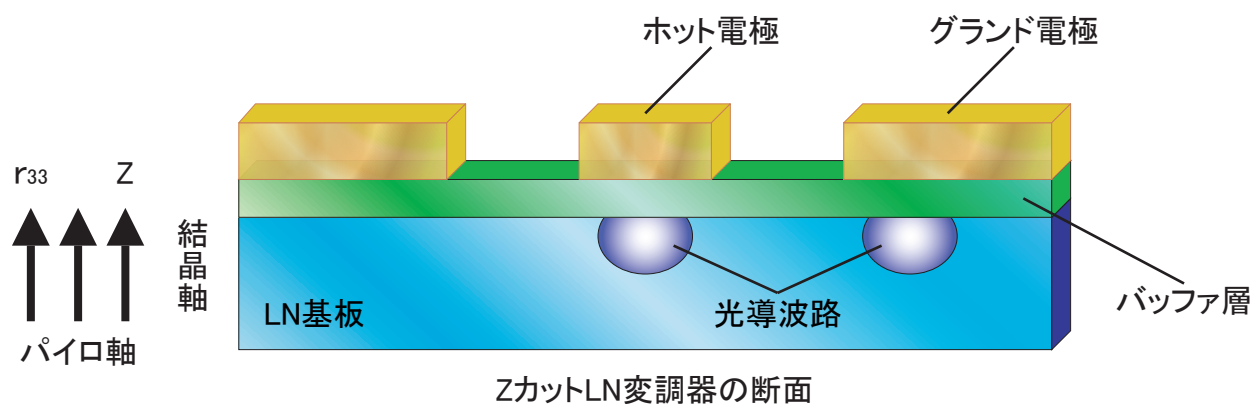
5, バイアス制御回路



LN変調器は、一度設定した動作点を示すバイアス電圧が温度や経時によりドリフト(変化)する。温度によることを熱(温度)ドリフト、経時によることをDCドリフトと呼ぶ。この対策としてバイアス制御回路を設け、電子フィードバック機能によって常に一定の動作点(例えば変調曲線上の極大・極小の中点)に落ち着くように設計する。20年間に例えば $\pm 15V$ の範囲のドリフトであれば制御可能であるような設計をする。

6, チャープ型変調器とゼロチャープ型変調器

ZカットとXカットの違いについて



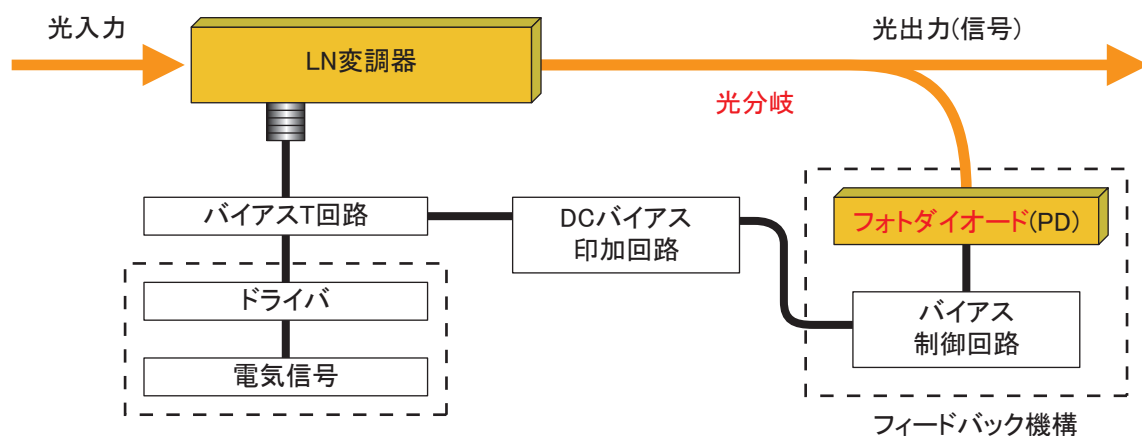
LN変調器の結晶軸(XおよびZ)はチャープ特性に影響を与える。

Zカットの場合はホット電極が導波路の真上にあるため電界がより効果的に導波路にかかり(電気力線の集中)、位相変化が生ずる。一方グランド電極下の導波路では電気力線が悪い(電界の分散)ため位相変化が小さい。この位相変化のアンバランスが以下に述べるようなチャープ特性に影響を与える。

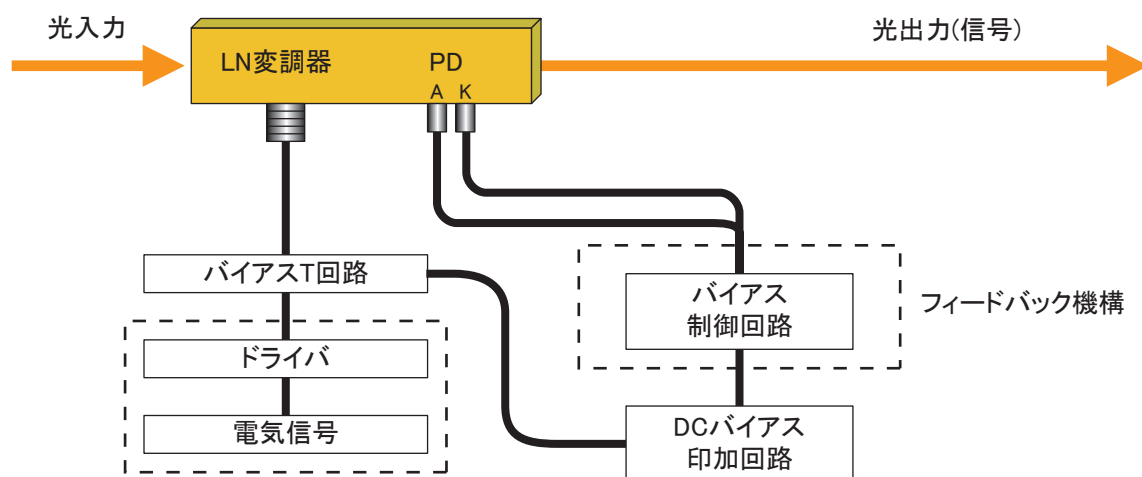
Zカットは、その構造上二本の導波路にかかる効率が異なるためチャープを持ち、その値は約0.7である。一方Xカットは、その構造が対称であるため、ほぼゼロチャープとなっている。

7. 住友大阪セメント製PD付き変調器

住友大阪セメント製PD付きLN変調器はフォトダイオード(PD)を搭載した変調器で、図1のように従来のLN変調器のバイアス制御回路に比べ、部品点数が少なくなり、トランスミッターとして小型化することが出来ます。



a)従来の住友大阪セメント製LN変調器のバイアス制御回路例



b)住友大阪セメント製PD付きLN変調器のバイアス制御回路例

図1.従来のLN変調器とPD付きLN変調器のバイアス制御回路構成例の比較

・特徴

住友大阪セメント製PD付きLN変調器はマッハツェンダー上のY結合部から漏れ出る放射光(*図2参照)をモニタPDで拾うことにより、信号光を監視する方法を採用しております。放射光を拾っているため光出力信号を減衰させることなくモニタ出来ることが特徴です。また、放射光を拾っているため光出力信号とモニタ信号は逆位相になります。(*図3参照)

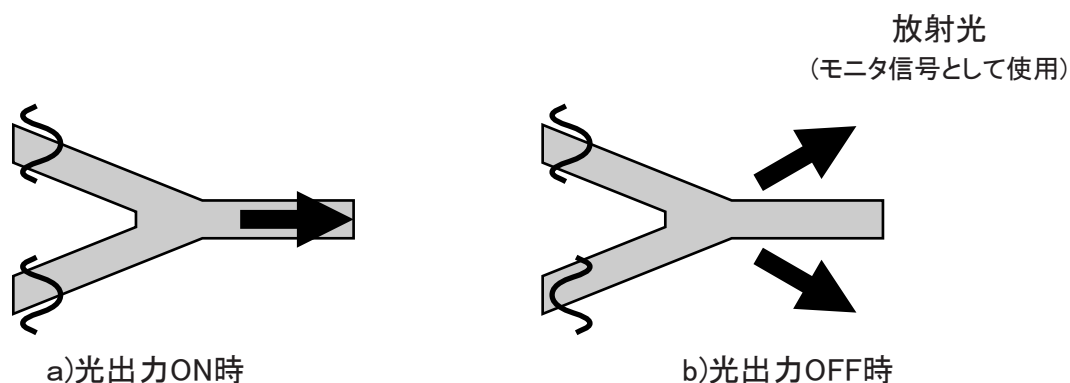


図2.マッハツェンダーY結合部のイメージ

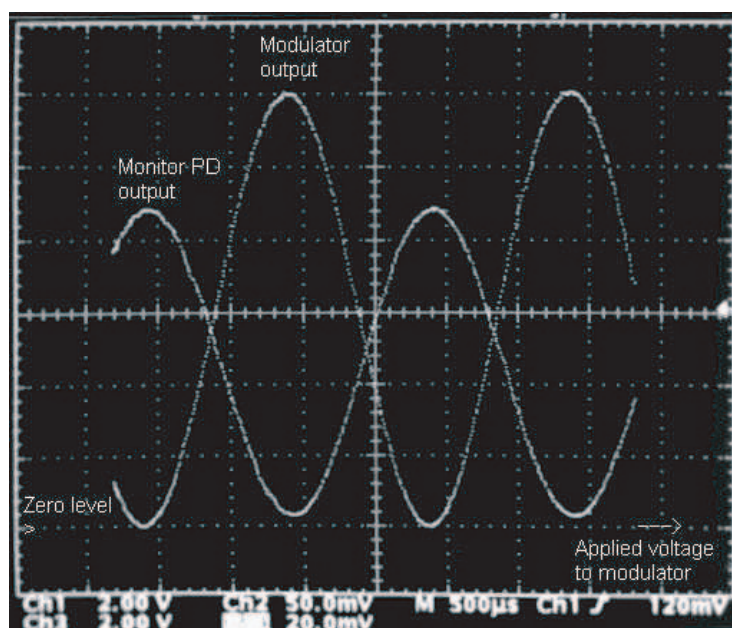


図3.光出力信号とモニタPD出力の関係