

所以有良好的耦合。一个淬灭系统的质量指标用被淬灭激光束的功率与淬灭激光束的功率之比来表示。Kelly 得到此值为 0.6~0.75, 它比 Fowler 报道的高一个数量级。

前面讨论的并示于图 8 的双单元结构能以一种双稳定光模式^[122]——即对应于一电学状况有两个稳定的光状态——工作。电流通过一个接触端, 因而元件恰好低于阈值。单元的另一部分是非激活区。如果在一个接触端加上附加电流脉冲, 元件将开始工作, 直到脉冲断开为止。该器件也可以用光脉冲驱动, 而用负电脉冲使之停止。这种淬灭方法也可用来关闭它。这种效应可以解释为, 非激活区的作用如同饱和吸收体, 它使激光器具有两个稳定状态^[122]。

GaAs 注入激光器还作为放大器^[123~125]。为此, 在激光器的两端面敷有增透膜, 以减少反馈, 防止振荡。阈值电流增加 10 倍, 光增

益就增加 2,000 倍的结果已有报导^[125]。

GaAs 注入激光器易于进行高频调制, 这使它在通讯方面很受重视。在大多数通讯系统中, 激光器工作在阈值以上。所以如前所述, 输出是多模的, 因而外差检波技术不能应用。激光器和非相干光发射两极管相比, 其主要优点是它的定向性和高的外量子效率, 后者使光学系统具有高的总效率。它的频率响应也是比较好的。激光器的主要缺点是, 为利用它的频率响应, 必须致冷。所有陆地长距离光通讯共同的主要问题是大气衰减。已制成几种用 GaAs 注入激光器作发射机的光通讯装置^[126~129]。其中之一已能通过 13 公里距离传送 24 条话路。

参 考 文 献 (略)

译自 Nathan M. I., *Appl. Opt.*, 1966 (Oct.), 5, 3610, 1514~1528

寻求较好的激光的电-光调制方法

调制和偏转激光束有几种方法, 但是还没有一种能完全令人满意。有两个问题妨碍了激光在通讯、信息传输、计算机、电视及其他领域的充分应用, 它们是: (1) 须以适当高的速率调制光束, (2) 费用须低廉。

一些这样或那样的要求暴露了机械和电调制器——这是目前广泛使用的两种方法——的主要缺点。在这两种方法中, 电调制, 特别是电-光调制给电子学设计者提供了对未来最好的希望。目前进行的研究工作乃是提高电-光调制器的性能, 使之能在日常的应用中使用激光器。

看一下目前可用的调制器就会发现: 机械调制器只不过是反射镜, 它以信息的速度

振动, 并且改变光束的程长, 从而对于一个未受影响的光束来说是改变了光束的相位。缺点是在速度上, 反射镜不能响应到大大高于 5 兆赫的控制速度。

有两种电调制器: 电-声和电-光调制器。第一种是在一定的物质中建立声波, 它们和入射的激光束干涉, 从而使激光偏转。与偏转的同时, 也产生不大的频率移动。但是由于频率移动不大, 就把应用限制在很小的范围内, 例如常常用在实验室的实验和测试工作中。

另一方面, 电-光调制器提供了宽的动态范围, 并能随所加的电压迅速变化。在这种方法中, 晶体的折射率随着电场的改变而改

变。入射光束被分成两束，各自以不同的速度在晶体中传播，结果形成在输出端这两部份的相位差。电-光调制最适宜于在电子工业中应用，然而，它们也有限制：

- 它们对温度反应灵敏。很难将它们用于连续激光中；

- 它们需要大的驱动电压，这表示需要高价的高电压真空管电路；

- 为了有最好的性能，它们要求有理想的晶体结构。但这是很难得到的，稍微一点不均匀就会使高频性能变坏。

尽管如此，但对目前的电子学工作者来说，它们仍然是最适用的。而且理论以及有关方法的研究也表明了为什么它们在未来还是有希望的。

基本原理：相位延迟

电-光效应作为所加电场的函数，可如下表示：

$$\Delta(1/n^2) = rE + gE^2 \quad (1)$$

其中 r 是电-光系数， g 是平方效应的系数， n 是折射率。

当晶体的工作是基于如下二个因素时，即干涉是在入射辐射的两部份之间发生，能改变这两部份间的相位延迟时，这样的晶体称为延迟型调制器。光程长是通过晶体的双折射特性来改变的。双折射是晶体使光向两个方向偏转的现象。例如，当通过晶体看时，一个物体会产生两个象。对光来说，最大和最小折射率之差是这种物质双折射的度量。与晶体横截面交叉方向的折射率变化的规律是它的参数椭球。

由外加电场感生的延迟轴和入射光束的偏振成 45° 角，因而，如图 1 所示，光束被分成相等的两个分量，这两个分量以一定的相位延迟射出后，在输出检偏振片中重新复

合。与电压有关的相位延迟的引入可以是普克耳效应（等式 1 中的第 1 项）或克尔效应（等式 1 中的第 2 项）的结果。图 2 给出了它们的传输特性。

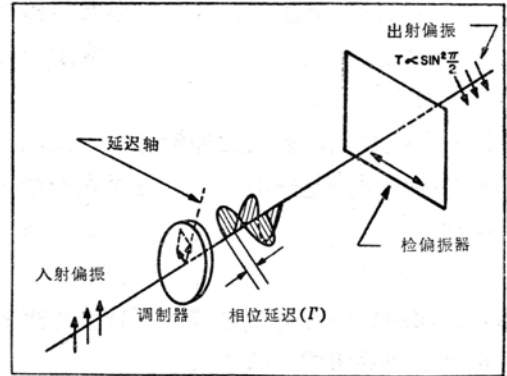


图 1 电-光器件调制作用的基础是晶体的可变双折射特性所产生的相位延迟

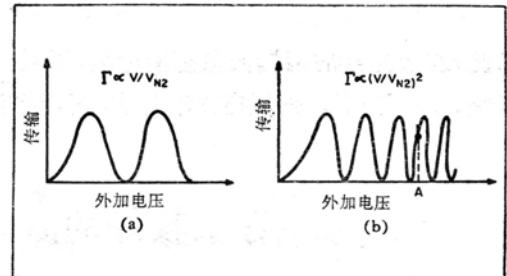


图 2 克尔效应和普克耳效应的比较，表明了前者的平方性质和后者的线性响应。如果在克尔晶体上加偏压使其工作在 A 点，则调制电压可以降低

在不具对称中心的物质（象压电晶体）中，可观察到普克耳效应。对于各向异性晶体，即在所有方向晶体不具有相同的特性，电-光系数 r 变成一个矩阵。在普克耳晶体中，延迟正比于所加的电场，而其延迟轴垂直于电场。

对于克尔效应来说，延迟与所加电压的平方有关，而它的轴是沿着电场的。如果电场足够大，平方效应可以做成线性的，因为

$$E^2 = E_{\text{直流}}^2 + E_{\text{射频}}^2 + 2E_{\text{直流}} \cdot E_{\text{射频}} \quad (2)$$

而且其中后两项小到足以忽略之故。但是射

频场使晶体发热，因而引起不少问题。

晶体是电容性负载

所有的电-光调制器都可以考虑为激励源的电容性负载。一般说来，所希望的特性可确定为低激励功率，高光学透过率以及大动态范围。

电容性负载的假定，使得可以用中心频率 f_0 、质量因子 Q 以及获得特定调制电平所需的电压 $V_{\text{有效值}}$ 来估计所需的激励功率。从图 3 中的简单等效电路可得出激励功率是：

$$P = 2\pi f_0 C V_{\text{有效值}}^2 / Q \quad (3)$$

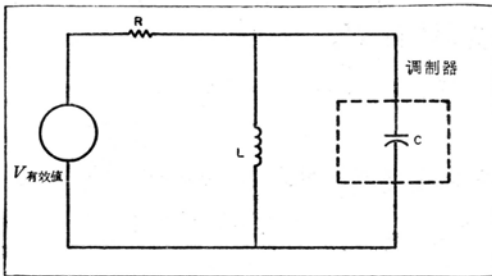


图 3 调制器为激励源提供电容负载。等效电路能帮助确定在给定频率和品质因数下所需的激励功率

半功率点之间的带宽是 $\Delta f_0 = f_0 / Q$ ，因此 $P = 2\pi \Delta f_0 C V_{\text{有效值}}^2$ 。故所需的功率与带宽成正比。因子 $2\pi C V_{\text{有效值}}^2$ （典型的提法是瓦/兆赫）表征一个给定的器件的特征。很明显，为了有最低的激励功率，头等重要的是降低激励电压，同时尽量减少电容。

为了求出调制的百分数，必须考察这些器件的变换特性。图 4 给出的简化表示足以提供一个基本的理解，它也供给了一些重要的说明。对于正四分之一波电压 $+V_{\lambda/4}$ ，输出光功率是最大值—— $P_{\text{输出}}(+V_{\lambda/4})$ 。对于负四分之一波电压，则是最小值—— $P_{\text{输出}}(-V_{\lambda/4})$ 。在调制指数小时，所加电压为零时的变换特

性的斜率 V_s ，能帮助说明所需的峰-峰电压：

$$V_{\text{峰-峰}} = m V_s, \quad (4)$$

其中 m 是调制指数。

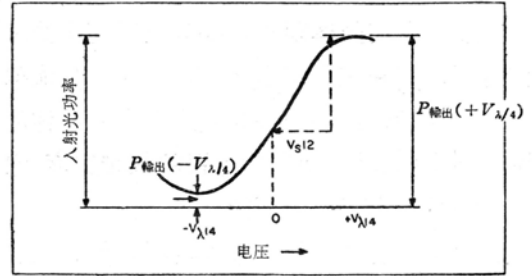


图 4 调制器商品的转移特性确定了动态范围和最大输出功率这些规格。需要有快速响应的、高效率的、但价格便宜的调制器

工作的动态范围定义为消光比 $P_{\text{输出}}(+V_{\lambda/4}) / P_{\text{输出}}(-V_{\lambda/4})$ 。图 4 的曲线在数学上可近似地用下式表示：

$$P_{\text{输出}} \propto P_{\text{输入}} \sin^2 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\pi V}{4 V_{\lambda/4}} \right). \quad (5)$$

如果外加一交流电压 $V = V_0 \sin \omega t$ ，上述表示式的傅里叶分析结果是

$$P_{\text{输出}} \propto P_{\text{输入}} [0.5 + J_1(\pi V_0 / V_{\lambda/4}) \sin \omega t + J_3(\pi V_0 / V_{\lambda/4}) \sin 3\omega t + \text{奇次项}], \quad (6)$$

其中 J_1 、 J_3 是奇阶的贝塞尔函数，因此，基波分量的调制百分数是

$$m = 2 J_1(\pi V_0 / 2 V_{\lambda/4}). \quad (7)$$

当 $V = 0.76 V_{\lambda/4}$ 时，得到 100% 的调制。在这个电压时，三次谐波的调制小于 7%。

相位变化 θ 是

$$\theta = 2\pi L \Delta n / \lambda, \quad (8)$$

其中 Δn 是折射率的改变， L 是长度， λ 是波长。对于一个实际的调制器，至少需要 1 弧度的相位改变。

电-光效应粗略地正比于感应偏振。温度高于一定的值，即所谓居里点时，晶体性质剧烈地变化，因而这种效应变得很弱，只是那些居里点比室温高的晶体应当采用。

KTN 过于昂贵

最有希望的克尔效应材料是钽铌酸钾 (KTN)。这种材料的晶体具有高于室温的居里点。它们的体积小, 并且只需要小的工作电压, 其峰值电压由 20 至 60 伏, 直流偏压为 300 伏。例如一块 3 毫米立方的晶体能调制到 10 兆赫, 即实时电视的频带宽度。它的大小只受光束横截面的限制。

在工作物质上加一直流偏压, 使其工作在象图 2 中的 A 点, 就可以降低交流调制电压。偏压的大小通常只受晶体击穿点的限制。除了降低激励电压以外, 使工作区域移到响应曲线斜率较陡的区域, 偏压还能够增加电-光效应。

主要的限制因素是材料的工艺不能满足要求。目前, 制成尺寸足够大、纯度满意的 KTN 晶体还不可能, 因此和其它电-光调制器相比, 它的价格非常高。此外, 当它们接近居里点时, 需要较严格的温度控制才能进行工作; 射频场使晶体发热。所以大多数研究者都感到, 下一步是材料科学工作者的事了, 他们一定会有更好的结果。

美帝西耳伐尼亚公司电-光分部的彼得 (C. J. Peters) 不同意这个观点。他把电-光材料的困难和半导体工作者所遇到困难作了比较: “许多人希望有更好的晶体管材料, 但是我们仍然在用最初用的材料来做晶体管。”他认为, 这里不会有革命性的突破, 而只有发展的改进。

其他有希望的材料是铌酸锂和砷化镓。在这两种情况下, 晶体结构的纯度是最大的问题。

克尔效应也用在使用了液体和硝基苯的 Q 突变脉冲激光系统中, 但是用它来连续地调制激光是困难的, 因为它的功率/带

宽比很大。

KDP 需高激励电压

所有这些使用克尔调制器的问题, 都导致了对于使用普克尔或线性效应的调制器的普遍重视。这些调制器通常使用磷酸二氢钾 (KDP)。当电场加到晶体上时, 它的参数椭圆改变。为了说明这种改变, 假定电场是沿图 5 中的 ZZ' 轴加的。没有这个场时, 椭圆与 XY 平面的交面是一个圆, 加电场时, 圆变成椭圆, 它的轴和晶体的 XY 轴成 45° 角。椭圆沿 Z 轴的长度保持固定。因此, 在与晶体光轴成 90° 角、与 X 及 Y 晶轴成 45° 角的方向上感生一个延迟轴。感生的慢轴和快轴记为 X' 和 Y' 。

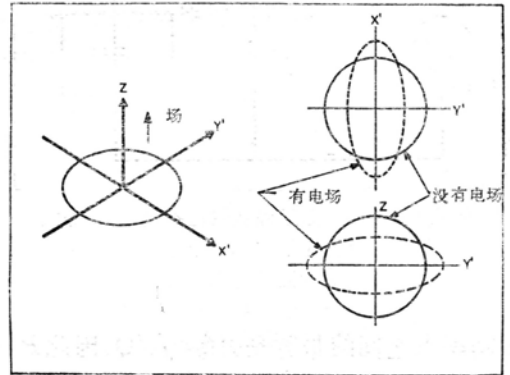


图 5 普克尔效应器件的参数椭圆随外加电场而变化。感应的慢(X')和快(Y')延迟轴与晶体的光轴成 90° 角。只有不具对称中心的晶体才表现出这种行为。

基于这种效应的器件可以归为两种类型: 纵场型和横场型。

在纵场调制器中, 光沿纵 Z 轴传播。延迟只是外加电压的函数, 因为延迟正比于场强与晶体长度的乘积。所以对于单晶的器件, 电容只取决于长度。

在横场型调制器中, 光沿着一根感生轴传播。使两块晶体如图 6 那样反向放置就可

以消除双折射的温度效应。这时半波电压比纵场调制器所需的低,但是电-光效应的另一半没有利用,因为光是沿着双折射的一个感生轴传播的。

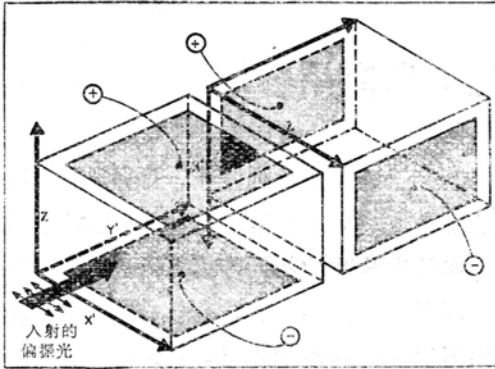


图 6 横场调制器可以使用两块或更多的晶体,彼此相对地旋转 90° ,以避免其双折射随温度变化

要看出欲从一个典型的单晶调制器得到一弧度的相移要多高的电压,只需要几个简单的公式即可。KDP的 r 大约是 10^{-10} 米/伏。

$$\partial(L/n^2) = rE = -2\partial n/n^3$$

$$\partial n = n^3 r E / 2$$

$$\theta = (2\pi L / \lambda) \partial n = \pi L / \lambda n^3 r E。$$

很清楚,高电-光系数和高折射率是有利的。例如LiNb的 $r=3r$ KDP,而且 $n > n_{\text{KDP}}$ ($n=2.2$)。所以它所需要的大约比KDP电场的 $1/9$ 还低。

增加 L 就可以降低所需的电场,因为相移直接和电场及长度成正比。考虑耗散功率($P_{\text{耗散}} = ALE^2$)也要求长度增加。单位相移的耗散功率和 A/L 成正比,所以为了减少损耗,就应当增加长度。但是,如果样品比调制射频场的 $\lambda/2$ 还长,那末,样品中的射频场就改变符号,因而抵消了调制作用。所谓的行波调制器能解决这个问题,是因为调制波的传播速度和光相同。光速是 $v=c/n$,

调制波的速度是 $v=c/\sqrt{\epsilon}$ 。所以,如果能使 n 等于 $\sqrt{\epsilon}$,则两种波将以相同的速度传播,因而调制器的长度不够。这种表面上看来是简单的方法,其困难是在大多数情况下, n 不等于 $\sqrt{\epsilon}$ 。GaAs是例外,它的 n 和 $\sqrt{\epsilon}$ 大约都等于3.2。但是没有具有相同 n 的粘合剂来粘合这种晶体。所有光学粘合剂的 n 大约都是1.7。因此为了避免由于在胶和晶体界面上失配而引起的损失,只能使用 n 等于1.7的晶体。然而,使用介质负载的波导结构速度还是可以匹配,因其中的空气隙和晶体的介电常数能产生适当的 ϵ 。

加在光效应上的机械谐振

类似于KDP的晶体的压电性质实际上在低频处增强了电-光效应。在外加激励电压没有任何增加时,晶体的机械谐振以电-光效应的线性增加表现出来。大约直到100千赫时,都可观察到这一现象,究竟能到多少赫,要看晶体的尺寸。高于这个频率时,这种增强变弱,最后在300千赫附近消失。当然,晶体尺寸减小时,谐振频率提高。

研究的目标

无论在研究实验室中,还是在生产中,都有几种器件,它们综合了纵场和横场器件的大部分优良性质。

西耳伐尼亚公司电子学系统分部最近发展了一种KDP型电-光调制器,其带宽可到3千兆赫,用5瓦功率可得到30%的调制。这种截面2毫米的晶体的损耗约为3分贝。该器件可工作于有几瓦输出的连续激光器中。脉冲工作状态下的限制尚未测量。这种调制器很适合于短距离信息传输系统。他们的研究目标是减低激励功率和光损耗,获得

(下转第50页)

氙闪光灯的新用途——文献复制机

长期以来用于抽运激光器与频闪观察术和科学仪器中的氙闪光灯，又发现一种新用途——用于文献复制机中。美帝邓尼森制造公司 (Dennison Manufacturing Co.) 本月将

开始出售一种以氙灯作高强度光源的高速滚馈静电复印机。新机器以精确调节的高压电源供电。

译自 *Electronics*, 1967 (Apr. 17), 40, №8, 26

以微波供能的直升飞机在试验中

美帝雷瑟思公司正在用直升飞机模型作试验物，进行飞行实验。飞机将飞行数日而无需油箱。利用由陆地定向发出的微波这种“无重量的燃料”，无人驾驶的直升飞机便收到了其转子所需的能量，并驱动飞机的操纵装置。在目前进行的试验飞行中，这种9呎长的飞机实验装置在其功率接收天线和整流

器中使用了新的固态二极管。无线与整流器总重仅2磅，但输出功率却有1,000瓦。集成电路使由传感器和伺服马达构成，重不到2磅的控制系统能进行工作。这种由电台供能的直升飞机被考虑为通讯用的天线台，可供民用和军用。

译自 *Tech. Week*, 1967, (Apr. 10), 20, №15, 4

(上接第33页)

更结实结构以及更大的晶体孔径。带宽达5兆赫的西耳伐尼亚视频调制器将用于他们正在制造的光学脉冲编码调制系统中。

使调制器和现有的脉冲编码系统联合是非常简单的事。把脉冲编码调制的脉冲序列加到调制器上，适当的调节电压电平，然后调制激光。在接收机中，光电倍增管接收了调制光束，并把它变成脉冲序列。唯一严重

的问题是避免由于晶体的压电性质而引起的机械谐振。

在视频调制器中，将取自同一块KDP的晶体迭起来，使光程增加以减低激励功率。同样的晶体背靠背放置，以消除温度的影响。激光束采用振幅调制而不用相位调制，因为前者更容易接收。光强的变化甚至能在墙上看到，并且可以记录在感光板上。相位调制需超外差接收器，也就是需要可调谐的本机振荡器，这样就使系统更复杂化了。

该公司计划发展的下一代调制器的典型是一种100兆赫的调制器，用10瓦就可得到100%的振幅调制。同时也力图去掉花钱的高电压真空管电路而改用低功率晶体管化的激励装置。

参考文献(略)

译自 Dekany M., *Electron. Design*, 1966 (Sept. 27), 14, №22, 51~55



图7 西耳伐尼亚的光学系统使用干涉滤光片调制双通道激光束