

負电阻能改进光激射器

俄亥俄州德頓消息 据美国賴特·帕特森空軍基地 (Wright Patterson AFB) 空
間研究实验室的雷諾茲 (D. Reynolds) 上星期三报导, 用硫化鎘作負电阻实验可产生高級
的光激射器。

雷諾茲說, 半导体負电阻之所以重要, 是由于它和結型光激射器作用有明显的关系。他
还指出, 負电阻可用于光积分和其他的光量子发射器的监督控制或测量仪器。

CdS 晶体电阻率的变化已达到 10 个数量級, 在选定范围内, 当晶体冷却到液氮温度
后, 可以保持在任何水平处。

当俘获空穴时, 波长为 6,900 埃以上或 1.75 电子伏特閾值的紅光似乎将电子激射到导带
上。

据雷諾茲报导, 負电阻似乎是从銅电极的电子和銀电极的空穴組成的双重載流子結中产
生的。显然, 由于它本身对复合輻射的吸收, 各晶体将自己泵浦到一个較高的受激能級。

将俘获的空穴激射到价带 (被俘获的电子在此与之复合而发出綠光), 紅外輻射就会使
晶体消激。

譯自 Electronics, V. 36, N. 36, P. 18 (1963)

叶鉄树譯 王克武校

光激射器能用于深空通訊嗎

L. R. 毕特曼

光激射器无疑在陆上通訊起着重要作用, 因为它们有非常高的波道容量。但是, 在空
間, 它們的使用至今仍是一未决的問題。对于空間, 选择最好的通訊系統和工作的頻率区域
依赖于服务的类型、通訊的范围、設備的大小和重量以及初始的与运轉的費用等因素。

为了确立一些基本原則, 以便对光激射器通訊和无綫电通訊加以比較, 我們認為“光激
射器通訊”暗示着可以工作在大約 120 千兆周上的任何高度相干的通訊系統, 在这个工作区
域上目前慣用的設備是不能应用的。

除了在目前的技术状态基础上比較外, 我們假定光激射器已經发展到如此程度, 它們在

任何一频率区域内都是高度相干、连续发射的电磁波辐射发生器，并且在把能源功率所供应的能量转换给辐射中，象惯用的无线电和微波发生器一样，具有相同的输出功率和效率。而有指导性的基本原则是：最佳的通讯系统，在给定的比率上是能以极小功率供应的能量和以给定的接收的可靠性来传递信息。

假定自由空间中有两个通讯系统：一个在微波区域以频率 ν_1 工作，另一个在可见光区域以 ν_2 工作。设来自这两个发送器的辐射是同方向的，并且两个系统的接收器处在距发送器相同的距离上。因为电磁波能够以光子分布表示，则接收器可看成是接收辐射能的光子。此外，接收器是理想的——其意义是它们能够在接收器内部的噪声水平之上很好地接收单个的信号能量的光子——并且都距发送器足够远，使得从发送器的每次诸光子的脉冲爆发之中，二者的平均统计的接收一个光子的机率是相同的。让我们选择信息比率是摩氏电码 (Morse-Code) 文字S——在一秒钟内两个发送器辐射出三个脉冲的光子。从开始供给到一秒钟内辐射N个光子所需的总能量(E)是

$$E = \frac{Nh\nu}{\eta} \text{ 焦耳} \quad (1)$$

其中h是普朗克常数； ν 是频率； η 是转化效率。在这个方程式中，除了频率以外，所有的量都是常数，于是对于相同的材料传送的比率，光学系统需要的功率供应的能量是微波系统的 ν_2/ν_1 倍。

举一个显著的例子：一个在6000埃(大约 5×10^5 兆周)的光学系统所消耗的功率要比500兆周的微波系统所需要的大一百万倍。

正如奥里沃 (Oliver) 指出的，由于光子的能量作用，通讯的效率随着频率的一次方而减少，但由于天线的增益(当使用一个固定直径的抛物型天线时)，通讯效率又随频率的平方而增加，因此一个通讯系统的净效率应随频率的一次方而增加，除非受了另外的实际的限制，如在高频率方面的最佳天线直径的限制。

高的几率

考虑一个在目标—接收器T的大概方向中辐射束宽为 θ 的电磁波源(S) [图1.]。不管怎样的跟踪设备，总是有一个有限的跟踪误差(α)。如果束宽是足够宽的，则探测信号的几率是高的。如减低束宽，使T刚好被包括在束内，则探测的可靠性就依赖于如何准确地知道最大的跟踪误差和接收器的位置。

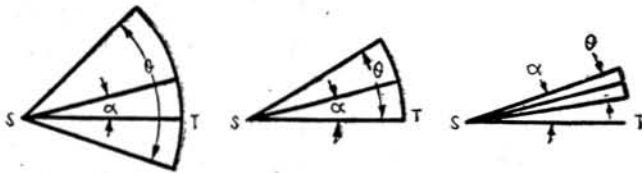


图1. 探测可靠性对于天线束宽(θ)和跟踪误差(α)的关系。
对于良好设计的抛物线型天线或反射镜的最大直径，中部的构形是一个合理的示范。

范。因为高度相干辐射是被假设的，则最佳的天线直径(D)可从下式得出：

$$\theta = 2\alpha = \frac{1.22\lambda}{D} \quad (2)$$

当束宽非常窄时，探测的几率变得很低。因此，对于一个良好设计的抛物线型天线或反射镜的最大直径而言，图1. 中部的构形，可以认为是一个合理的示范。

这纯粹是一角度的关系——发送器和接受器之间的距离与探测这个方位的可靠性无关。

微波激射器非常近于一个理想的量子放大器，可见光探测器亦如此。

对于噪声功率的谱密度的斯特蘭伯格 (Stranberg) 关系是

$$\phi(\nu) = h\nu \left[1 + \left(e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1 \right)^{-1} \right] \quad (3)$$

在接收器上每秒产生的噪声光子数目等于 $\phi(\nu)/h\nu$ 。这个表达式的倒数是每秒接收一个光子信号的信号噪声比 S/N 。对于一给定的 S/N 比，一个脉冲在接收器上每秒产生一个光子，则在这个脉冲中发射的光子数目必被 $(S/N) [\phi(\nu)/h\nu]^{-1}$ 乘。此外，为比较两个系统，信息比率以带宽 B 来表示，必须是相同的。令发送的天线系统和接收天线的系统具有匹配的增益，使得发送器的功率可以按 $\text{Sin}^4\theta/2$ 减少。因而，对于给定的信息比率所需要的（来自功率供应的）净功率是

$$P_s = \frac{S/N \quad N B \phi(\nu) \text{Sin}^4\theta/2}{\eta} \quad (4)$$

因为 $(S/N)NB/\eta$ 对于两个系统是相同的，所以两个系统的比较可以在标准化的相对功率

$$P_n = \phi(\nu) \text{Sin}^4\theta/2 \quad (5)$$

的基础上进行。

在这种比较中，由于区域和带宽对于这种通讯中的所有系统都是相同的， P_n 增加时系统的效率减少。图2. 表示在两个条件下这种函数与频率的关系。天线直径保持不变并且是产生极小的跟踪角度误差两倍的束宽的最佳的尺寸，（方程2）。

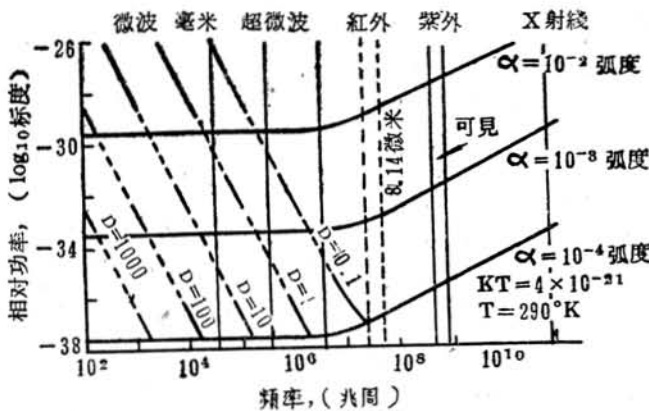


图2. 具有固定天线直径和固定的束宽的相对功率。

的考虑如转换效率的变化，推动跟踪装置的功率以及在设备重量上的减小。光激射器，因为通讯效率太低，大概不能用在可见光区域，并且光激射器所能达到的很窄的束宽也不便于应用。

为解释这种曲线，考虑一个10米直径的天线，并且设备工作在一个千兆周上。在一较高的频率上工作，比如说1.83千兆周，能够改进效率。但是如果跟踪装置不是很精密的或接收器的位置不是知道得比 10^{-2} 弧度（1度，10分）还好，则较高频率工作将引起接收可靠性的损失。可是在一较高的频率上用一个小一点的天线，在效率上将不引起明显的改变，所不同的则是由于实际的

1) 原文为 “ $(S/N) [\phi(\nu/h\nu)]$ ” 恐为印误。——译者

如果跟踪装置能够做得比较精密，比如說0.001弧度，效率可以被进一步提高，并且相同的論証都适用，除掉天綫直径在一个选定的微波頻率或毫米波頻率必須是較大些之外。如果跟踪能够被做得如此精密，象在圖2中由 $\alpha = 10^{-4}$ 弧度极限的曲綫所表明的那样，設計者最好利用較小效率和較小尺寸天綫的光激光器，而不是象在微波区域中所用的100米直径的天綫或在毫米波区域中的10米直径的天綫。可是，用1米和10米之間的天綫直径工作能提供象光激光器系統一样的相同的效率。

电磁波束能够用比这里所考虑的更高些的精密度瞄准，但是你必须做精心考虑和耗費代价的准备，并且知道接收器的位置到相同的精密度。系統設計者可以发现，要得到光激光器光束所需要的精密度，比用通常微波設備产生較寬的束的相对地小的天綫，需要代价更大。

光激光器通訊系統的重要优点是免除了拥挤的頻譜，这早已討論过了。可是这只是一陆上的問題，在空間中，倘若应用了合理的发射技术，全部的譜反复地使用是没有干扰的。

参 考 文 献

- [1]. L. Bittman, "Exotic Methods in Space Communications;" 5th Natl. Symp. on Global Comm., May'61.
- [2]. B. M. Oiver, "Some Potentialities of Optical Masers;" IRE Proc., Feb', 62
- [3]. M. W. Stranberg, "Inherent Noise of Ouantnm-Mechanical Amplifiers;" Phys. Rev., May' 57.

譯自 "Space Aeronautics" Vol. 40, №3, P. 113 (1963).

傅恩生譯 呂大元校