

## 光激励器有助于提高雷达的方位分辨率

R. Brown

看来有一件事即将发生变革，这便是处理由复杂相位列阵天线所得的信息的方法。这种相位列阵在雷达和无线电天文学中正日益得到应用，它在长距离探测火箭和飞船方面、在与遥远的空间探测的联络方面以及在地球表面的航空雷达绘图方面已非常成功。

直到近期为止，由列阵的各振子得到的信息都是用电子学方法来处理的。对于精度上越来越高的要求，仅靠增加列阵振子的数目来满足。这就大大增加了必须处理的信息总量。而目前已趋近这样的阶段，以致完成这一工作所需的复杂电子学系统已无法制造。这一问题将用纯粹而规则的(或“相干”的)激光光学信息处理系统加以解决。

一种极为简单的信息处理系统来源于相干光的应用。原因多半是这样的：光学信息处理“线路”本质上是两维的，而电子学线路仅仅是一维的。相位列阵天线也是两维线路。处理由相位列阵得到的信号，模拟的两维光学系统将比一维电子学系统容易得多。下述比喻能更清楚的说明这一点：一张两维画面极易用光学方法投射到屏幕上，但若必须作为一种电视信号“一维”地发射时，就要求使用复杂的技术。画面必须分割成线，而每根线又分隔成许许多多的像素，各像素必须一次发射一个，然后在接收端重新组成画面。

最简单的相位列阵天线(图1)由两个并排配置、输出互相连接的普通天线组成。在垂直于列阵线并通过其中点的直线上的发射机或雷达靶的信号，将在相同时刻到达两天线。接收到的信号将简单地迭加在一起，因而在输出电路中获得强信号。但是，偏于中心线之右或左的发射源的信号到达两

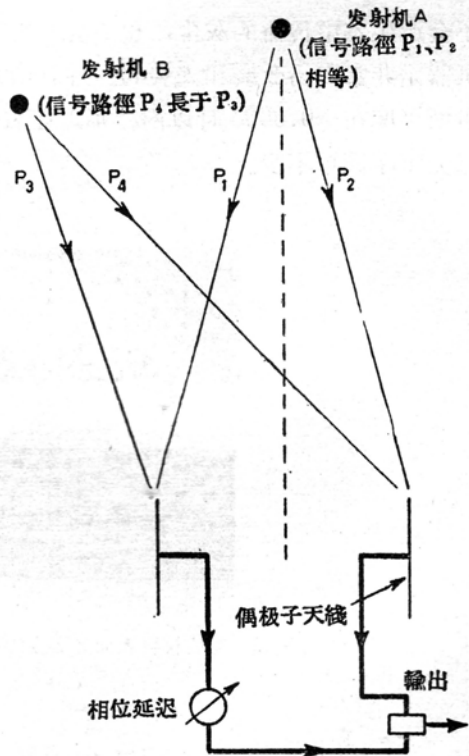


图1 最简单的相位列阵

天线所需的时间却略有出入。结果从两天线输出的信号将略有相位差。合成信号将变弱。于是列阵具有方向性，此方向性可借一道假想的、垂直于列阵线的波束来说明。

在天线之一的输出上引入一个延迟——“相位延迟”——就能使这个波束左右摆动，这样，从波束的初始方向上的发射机到达两天线的信号之间就有一相位差，而从偏右或偏左一定角度的发射机到达两天线的信号之间的相位差却减少。进一步，我们能够通过机械或电子学的方法改变相位延迟，使波束左右扫描。列阵在任一时刻只指向一个方向。

当这种列阵只用几根天线时，波束的方向性很差。为得到相当好的分辨率，必须用很多很多振子。近年来，人们已在商议采用几千个振子。当应用此等数量时，靠电子学线路来处理输出信号开始发生困难。

由哥伦比亚大学的阿姆及其同事设计的电-光信息处理装置的基本外貌如图 2 所示。已经设计出处理 24 排、24 列(总共 576 个振子)的列阵信号的装置。这一数目远在光学系统能够处理的极限之下。但为了便于探讨光学信息处理装置，所选的数目也不宜过高。

所用的光源是一台光激光器——波长为 6,328 埃的氩氦气体光激光器。从光激光器发出的光经一面发散透镜展开，使其充满一面 150 毫米口径的会聚透镜，然后一面梳状分路器把光分成 24 路，分别与列阵的 24 列振子相对应。

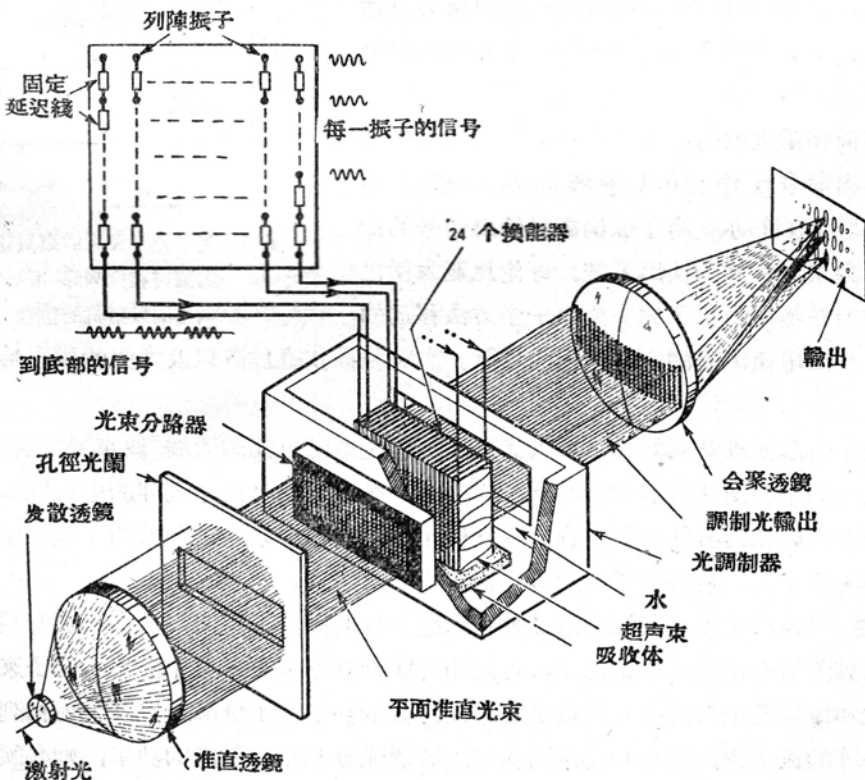


图 2 相位列阵光学处理装置的结构

或许信息处理装置中最重要的部分是把列阵振子的信息转交给激光光束的装置。能够实现这一过程的方法有好几种，但最受推崇的是利用了熟知的德拜-西尔斯效应的超声调制器。在哥伦比亚大学研制的系统中，从列阵任意一列的各振子输出的信号都受到延迟，以保证信号能依次到达列的底端。来自列阵顶部振子的信号有最大延迟。因此每一列的底端的输出信号由一串信号组成，前一信号结束时，下一个便开始。每一串信号都引到沿调制器顶部安装的 24 块晶体中的一块上。

这个调制器是涂敷聚四氟乙烯、充有蒸馏水的矩形铝制容器。压电晶体用作换能器，以变换电信号为超声波；当来自列阵振子的信号依次到达时，就引起晶体振动，从而建立起从每一换能器传向容器底部的超声波。当波到达容器底部时，为一吸收体完全吸收。故在某一瞬间，每个换能器和吸收体之间的空间将完全由供给 24 个换能器的每一列中的 24 个振子的输出信号所充满。

容器中的超声波效应在水中引起压缩和稀疏相交错的区域，从而以巧妙的方式改变了它的光学特性。因此，超声波改变了由调制器射出的光的振幅和相位。于是激光束包含了有关发射机或靶的信号到达列阵各个振子时刻的全部信息。

一块会聚透镜将激光束中的全部光线引到输出焦平面上的一块小面积上。通过调制器不同点的光波之间发生干涉，结果得到一光点，其位置指出信号到达列阵的方向。情况如图 3 所示。该图指出在输出信号点的上、下和左右，还存在若干乱真点。

在水平面和垂直面内， $\pm 90^\circ$  的列阵有效范围分别相应于输出信号点作  $\pm 0.1$  毫米的水平移动和  $\pm 0.6$  毫米的垂直移动。为了准确测量输出信号的位置，显然需要某种形式的读出系统。哥伦比亚大学已研制成一种能在输出面积上靠手或电子学方法移动的扫描狭缝。用光电探测器测定最强光的位置。有关扫描狭缝位置以及光强的信息输到记录器中。

这种光学信息处理装置的许多重大优点之一，是全部可能的天线“波束”都能在同一瞬间存在。因此，如果在图 3 所示的情况下，尚有另一靶或发射机位于列阵的中央“准心”线上，则与在其视场内的任何其他靶子一样，这一靶子也能表示出来。这与使用了电子学信息处理技术的列阵完全不同，后者在任一时刻只能观察一个方向。

这种“宽眼”视场在用来探测弹道导弹和人造卫星的高功率搜索雷达中特别有用。分离的发射和接收列阵通常用在这些雷达上，可以用许多低功率振子或几个高功率振子来构成发射列阵，建立和维持几个高功率发射振子通常比许多低功率振子价廉。但若发射机列阵的振子比接收机列阵的振子少，则它的波束图较宽。若想充分利用发射出的功率，则必须同时形成很多接收波束，以便收集来自发射波束所有部分的能量。接收机的波束形成网络和有关的信号处理装置的附加成本和维持费用通常抵消了靠使用少数高功率振子而节省下来的发射机成

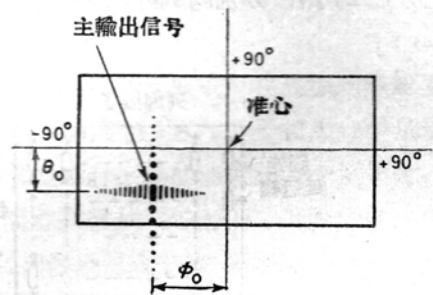


图 3 光学处理装置的聚焦输出显示出偏离相位列阵“准心”轴一定角度的发射机的信号

本和维持费用。

由于光学处理装置正日趋成熟，故同时形成接收机列阵的全部波束将是可能的。因此，有可能使用具有少数高功率振子的发射机列阵而不会招致接收机费用的增加。阿姆认为，用电-光方法处理 10,000 个振子的列阵信号在理论上是可能的。很清楚，雷达分辨率的显著提高不过指日间事，它将对无线电科学、无线电工程以及它们的许多应用产生深远的影响。

原载 *New Scientist*, 1965, 27, № 461, 676~677 (陈奕升译, 颜绍知校)

## 双子座飞船使用最新的光激励器

有助于提高激光技术和空间激光通讯技术的有价值的的数据，可望通过双子座 7 号飞船上的激光实验取得。

光激励器研究中的一项重要成果——在室温下以适度的激励电流运转光激励器——使双子座 7 号飞船上的激光发射器得以实现。

所用的光激励器为现有光激励器中最小者，它是一只结面面积为  $3/1,000 \times 6/1,000$  的砷二极管。

有 4 只这种光激励器用在飞船发射机中，它们的工作电流为 40 安培，脉冲宽度约为 70 毫微秒，上升时间约为 25 毫微秒，占空因数约 0.1%，波长约 9,000 埃。

由于发展了一种新的半导体生长技术，才使这种室温光激励器得以实现。研究者使用了一种外延生长技术。结是 p-n 型的。

按计划，在操作时，宇宙飞行员便将发射机对准地面的靶，他通过望远镜瞄准具进行观察，直到发现由地面来的蓝-绿色激光束斑点为止。

当接收器收到双子座 7 号飞船的光信号时，地面指向标便闪光，它告诉宇宙飞行员，通讯的通路已建立。然后另一宇宙飞行员将按下脉冲重复率按钮，并向微音器发话。

工程师们想通过这一实验弄清楚：宇宙飞行员能不能以足够高的精度发射激光束，能不能以足够高的精度控制飞船的方向，从飞船上能不能观察到地面的激光束，以及在地面上跟踪飞船的有效程度。

通过对脉冲形状以及它们如何畸变的分析，工程师们指望得到有关大气影响的重要数据。在星际距离的空对空通讯方面，光激励器具有最大的希望。但在付诸实现以前，尚须解决对准问题，且效率也须提高一个数量级。

颜绍知摘译自 *Electron. News*, 1965, 10, № 519, 17

## 以激励光束准直粒子加速器

斯坦福大学两哩长的直线粒子加速器将以氦氖激光系统对准，并予以保持准直。据报导，激光系统是准直此种巨型核研究仪器的唯一实用的方法。在 3,050 米总长度上的准直公差为半毫米。