

編號: 80330

声 全 息

KDP 实时显示管譯文选

上海交通大学技术资料情报室

一九七四年 月

前 言

利用声全息技术建立起的水下观察系统可以看到水下目标的象，大大丰富了如声纳一类的探测装置所能提供的目标信息。而且，比之于光学系统又具有不受水介质浑浊度及湍流影响的优点而有较远的作用距离。

在整个观察系统中，要实时使目标象得到光学重建必须有一个特殊的显示管。从国外已有的文献报导中首先在试制、使用的是具有KDP晶体的显示管。

我们选择了几篇有关用于声全息实时显示的KDP晶体显示管的文章，供从事这方面工作的同志们参考。这种器件是声全息能否做到完全实地应用的一个重要环节，它的出现与大屏幕电视的技术发展有密切关系。

译文粗疏错误之处在所难免，请读者指正。

七四年二月

目 录



- 一 班迪克斯公司为美国海军制造的声全息实时显示管..... 1 - 1
- 二 利用电光效应的映象再现的一个新装置：帖图斯管 (TITUS)
..... 2 - 1
- 三 电光式调制器..... 3 - 1

一、班迪克斯公司 (Bendix Corp)

为美国海军制造的声全息实时显示管

(译自 AD-680251, Aug. 1968)

摘要：对于以声全息术为基础的一个映象系统中一个实时显示管的发展进行了研究，在能用所需速率与分辨力来调制光的技术中，使用重氢化的 KH_2PO_4 (DKDP)，看来，是最适用于这个系统。研制了一个可拆卸的管来证实这个办法，除掉一个问题以外，所有主要问题或者已经解决，或者折衷办法可资应用。出现的主要问题在于 DKDP 晶体表面偏离平直度。可以论断，如果发展出使 DKDP 诸表面薄得能于产生所需分辨力的研磨技术的话，这样一个管子是可能的。

内容：

§ 1. 导论

§ 2. 初始办法设想

§ 3. 材料选择

§ 4. 显示管的说明

§ 5. 管子运行的说明

§ 6. 结果的讨论

6.1. DKDP 的光电特性

6.2. 各种稍次要的问题

6.2.1. 老化作用

6.2.2. 温度作用

6.2.3. 晶体特征

6.2.4. 栅的机械特性

6.3. 主要问题

6.3.1. 写出速率

6.3.2. 分辨力

6.4. 衍射试验

§ 7. 结论与建议

§ 8. 参考文献

图表名单

图号

名称

1. KH_2PO_4 的介电常数 ϵ_c 与 ϵ_a , 在 800 赫用 200 伏/厘米的信号测量的。
2. 显示管简图。
3. 实验显示管的晶体安装。
4. 显示管与有关设备。
5. 从一个晶体前后反射的光的干涉图形。
6. 光电调制所产生的衍射光的演示。
7. 从冷却到居里温度以下的一个晶体来的光衍射。

§ 1. 导 论

本报告报导以声全息术为基础的一个声映象系统中实时显示管发展的初始阶段。这个系统连合现有的声纳与光观察系统用来进行海洋探索与侦察，从而可能达到目标的检测、识别与定位，大大扩展了声纳员目前可资应用的信息。

参考文献中广泛地叙述了声全息术。比起惯用的水下映象技术，它的优点在于可以观察水下映象同时保持距离或三维信息，它对于煤质中湍流与浑浊度是相对地不敏感，因而扩大了视野。

提出能满足一定运行规范的一个系统，把这些规范选择得能满足一组阐明的任务要求。并不要把这些当做固定的判据，也不要使它的代表一个运行系统的最大潜力。选择这些规范的基础在于按照典型的任务要求、复杂度、费用与发展时间，目前切合实际的想法。整个系统规范提出显示管的最低运行判据，并简化为下列各项：

(1)必须使从检测器来的电信号调制（相位或幅值）一个相干光的波束，同时保持检测器的位置以及调制图形中的信号相位。

(2)分辨力必须足够分辨 100×100 或 10^4 个基元。

(3)建立与去掉调制所需的时间必须短得足够可以在至少 60% 运行循环中允许每秒 30 帧的显示。

§ 2. 初始办法设想

按照必须的速率与分辨力可以提出许多调制光的可能办法。看来最可行的几个办法牵涉使用光电材料，天然色照相材料，液体晶体，起偏膜。但据报导中全息用途方面运行最顺利的成象装置中〔2, 3, 4〕

都牵涉光电材料的使用问题。因此，在声全息技术方面一个实时显示装置的初始发展阶段，看来，最好使用光电材料。

除掉指导选择所利用的物理效应以外，在一个初始管子设计中利用了所报导的成象装置的情报。这些都要使用一个扫描电子波束来安排相应于一片很薄光电晶体表面上映象的一个电荷图形。这些电荷与相对表面上一层导电膜之间的电场在晶体中产生一个与映象相应的场图形。于是，如果在电场与光之间存在足够大光电耦合的话，透过晶体的光就被映象调制。在几何方面来讲，很明显，如果光线很接近垂直于晶体表面，那么就没有光区被一个以上的检测器基元来的信号所调制，可以得到最好的分辨力*。并且，因为晶体中电场线的可能扩展，厚度的降低，可以提高分辨力。（*一个第二个相似的要求在于第一阶衍射波束的角度足够小使得它的任何区域不与一个以上的检测器基元的电场交叉。但在所考虑的分辨能力上，只有在晶体厚度为一厘米左近时，这个要求才变得重要）。

也有可以施加电场的其他办法（例如，一个小电极的基阵），但没有一个比电子方法简单，或者能获得如使用电子波束时相同的分辨力。

在显示 100×100 基元方面的最后系统要求在管子分辨力上提出 100 线对的一个下限，最好 200 线对来保证基元的清楚显示。在考虑最后必须具有 100 线对的最低分辨力并以 200 线对为目标并估算管子设计中的可能改变的同时，在以下方面放松一些：方便、灵活性，以及把初始管的分辨力降低到 100 线对以下的费用。甚至更为严重的让步是在写出速率要求上，但，既然初始管子的目标在于估计可能性，认为这个办法是值得试一试，因为满足要求的工艺是存在的。

§ 3. 材料的选择

所有已报导的映象管或者使用 KH_2PO_4 (KDP) 或者使用 KD_2PO_4 (DKDP) 作为光电材料。因此优先考虑这些材料, 但, 此外, 研究了熟知的光电材料的整个范围, 以便决定是否可用其他。

在全息再现用途中所使用的一个光电材料内, 有许多明显需要的特性, 它们是:

- (1) 一个相当大的线性光电效应。
- (2) 在再现中可能使用的各种基塞的波长上很高的光透射度。
- (3) 很高的电阻率 (可能大于 10^9 欧-厘米, 除非介电常数很大)。
- (4) 光的均匀度, 使得透射过材料的光不损失相干性。
- (5) 很高的机械强度与化学稳定度。

还有几个重要但不这样明显的其它特性, 这些是:

(6) 与电场平行的光线的光电效应应该是线性并且应该在一个晶体方向尽可能地大。

(7) 材料应该相当硬与坚固。

虽然第一与第六项看来基乎等效, 它们不是这样, 因为线性光电系数是张量分量。因此线性光电张量的唯一非另分量可能 (在许多材料中实际是这样) 是那些在不同方向上把光线和电场联系起来的分量。在这种光电系数之下, 与电场平行的光线或者被非线性调制, 或者没有调制。因为目前所知的具有很好分辨力潜力的唯一办法, 要求电场与光线接近平行, 第六项是对第一项的附加要求。第七项关系着必须把材料研磨的平直度精确度以及在安装具有必须涂料层并加上电极以后能保持平坦的精确度。

在使用以上各项作为导则来选择一个特殊材料时, 可以很快地把

许多熟知光电化合物置于不细加考虑之列。它们中的大多数不具有足够大的光电效应，没有实际价值。这包括几乎所有的复合半导体，以及大量其它材料。大部材料之所以不能使用是由于没有第二项与第三项方面的特性，但已经由于第一项已被排除⁽⁵⁾。在任何慎重考虑的材料中，第四项看来不成为问题，而第五项只有在如罗歇尔盐的几种化合物中才成为严重问题。另一个不小组合的其他方面有希望的材料，它们具有一个钙钛矿物结构，而由于第六项被排异。剩下的各件可能由于第七项被排异，但由于第七项的重要性是非常依赖于研磨与安装的技巧，一般认为，可以把任何产生的问题保持在一个可以承受的级上。

上述理由排斥所有熟知的光电材料，除掉KDP型化合物外，这包括全部下列方案中所得的化合物：用 Rb 、 Cs 与 NH_4 代替K；用D代替H；用 A_3 代替P。所有这些化合物应该具有一个不小的光电效应(r_{63})它把电场与沿晶体C轴方向的光线耦合起来。(还没有详细研究所有KDP同晶型的光电特性，但可以相信，从KDP以及一些同晶型的详细研究可知它们普通性质的特征。)许多KDP同晶型的一些其他重要特性的详细情报，在参考文献中还没有，并不能可靠地从已知的情报中推出来。

KDP簇有两个额外特性有利于全息显示用途，这两个都牵连着下列事实：这些材料是铁电式的，并在接近居里温度(T_c)具有很大介电常数。一个特性表示在图1中，其中把在C轴与a轴方向的介电常数(ϵ_c , ϵ_a)表示为温度的函数。b轴的曲线是与a轴的相同。)在居里温度附近，沿C轴的介电常数是比沿其他方向的大得多。因此，在垂直于C轴的晶体表面上的电荷之间的场线的扩散大为下降，因而在一定晶体厚度下可能的分辨力大为改进。

KDP化合物的第二特性在于量 $\frac{r_{63}}{(\epsilon_0 - 1)}$ 是与温度无关。因此通过接近于居里温度的运行，可以取得在 r_{63} 中的一个不小的提高。这可以大大降低一个特殊光电感应相位移中所需的表面间电压。例如，在切割垂直于C轴的一个KDP晶体中，在C轴方向的光产生相同的感应相位中所需的表面电压，在室内温度时要比居里温度以上5℃时大3.4倍。

虽然以上特性使接近居里温度的运行十分需要，所有KDP型材料的居里温度远在室温以下这一事实带来了问题（以后叙述），必须解决，才能接近居里点运行。这提供在KDP型之间进行选择的另一个特征；居里点高的材料在接近其居里温度的运行所提出的困难较少；有三种数值比任何其他高些：它们是 KD_2PO_4 ， RbD_2PO_4 与 CS_2AsO_4 （ CS_2PO_4 可能具有较高10→15℃的居里温度，但没有顺利制成铁电式 CS_2PO_4 的情况报导）。这三种的居里温度是在55℃附近几度。在比较这三种材料时，注意到(1)居里温度上没有

重要差别，(2)有关 KD_2PO_4 (DKDP) 的发表文件多得多，(3)取得大的 DKDP 优质晶体（一边大于 1 厘米）要容易得多。因此，看来，重氢 KDP 肯定是这个用途里初始调查中所应使用的最好材料。

§ 4. 显示管的说明

所设计的试验管是可拆卸与连续抽气的。初始时使用了一个油扩散泵，但这产生严重污染问题，因而再建了系统来利用一个每秒 25 升的溅射式离子泵。为了避免 DKDP 的可能破裂或分介，总不让系统均匀焙烘，而是通过本处加热使系统一些部分去气。在电子枪停止时，一般可得的气压是在 10^{-8} 托以上的范围，但在运行中，气压升高到 10^{-7} 托以下的范围。

基本上，管子的运行部件包括电子枪，热交换器与 DKDP 晶体加上它的有关栅极、电极与基座。把管子结构设计得使磁式聚焦与静电聚焦的枪都可使用。把它们（枪）装在附有可拆封印的段上便于枪的换新。热交换器是一个热绝缘的空黄铜块。管外的气体或液体可以连续流过块内来控制它的温度。铜块相当大，这是为了防止任何很快的温度变化。DKDP 晶体支撑用导热油脂直接装在热交换器上，提供很好的热接触。

把 DKDP 晶体安装得使在一边它被电子轰击，并在另一边被来自一个光学平坦窗的光幅照，如图 2 所示。在对着电子枪的一边，DKDP 晶体具有一个反射光但电绝缘的涂层。具有这些特性的涂层的研制方法或把紧密间距但电绝缘的许多小方块（0.13 毫米）的一层铅膜沉淀下来，或者是几层交错的 $\lambda/4$ 的硫化锌与冰晶石沉淀下来。在任

1—8

一情况下有一冰晶石膜的最后涂层，这用做第二次电子发射表面。晶体的相对一边被涂上导电（约 100 欧/方块）透明（约 50% ）金膜。用一种清洁 R T V 水泥把 D K D P 的金边胶在光学平坦的氟化钙晶体上（或玻璃片）为机械支持之用。一个每毫米 6 线的栅装在 D K D P 晶体与电子枪之间，离晶体 0.13 毫米。在晶体被电子波束轰击时，这个栅收集第二次发射的电子。在热交换器与氟化钙晶体上装有铬—铝热电偶来监视温度。图 3 中表示晶体、栅与热偶装在热交换器上的各个位置。把栅、晶体支撑与热交换器研制得能容纳一个 3 厘米 $\times$ 4 厘米 D K D P 晶体，但大多数的试验中所用的晶体只有 $1/5$ 到 $1/10$ 的面积。在使用这些较小晶体时，也把一个小（约 1 厘米²）的磷屏装在晶体支撑上，以便准确决定轰击电子的图形。

在运行中, 塞光通过窗进入一个管中, 透射过晶体, 在背边反射, 并在离开窗以前再透射过晶体, 通过晶体的这两次透射把取得一个给定调制量所需的电压降到一半。为了保持分辨力, 光应该接近于垂直地入射在晶体上。在大多数试验中, 光的方向与垂直方向相差不到 6° 。在图 1—2 中角度放大了。图 1—4 中表示运行装置之一。

应该注意, 可以制造按透射模进行的管子, 就是说, 光只透射过晶体一次并在与入射边相反的一边上第二个窗子离开。因为这个模需要两倍运行电压, 因而制造较难 (应把电子枪装在一个角度上), 选用了反射模。但, 正如以后所讨论的, 透射模运行可以把由于很差表面研磨所产生的畸变降低三倍。

§ 5. 管子运行的说明

有两种可以使管子运行的明显不同的模。此外, 每个模有几个方案, 因此不拟说明管子运行的几部细节, 而只说明重要的特征。两个

模在运行情况下的主要区别率涉轰击晶体的能量与晶体（冰晶石）上外膜的第二次放射特性的关系。〔* 如果被轰区电位比栅正得多，二次电子被栅排斥返回被轰区，把它充电到负电位。如果电位是负的，二次电子被栅俘获，使该区充电成正电位（ $\delta > 1$ ）〕。

5.1 模 I

在这个运行模中，把轰击晶体的电子能量保持在使涂在晶体上的晶体上的冰晶石涂层的第二次放射系数（ δ ）等于 2 的那个数值左近（约 700 电子伏）结果，在平衡建立时，被轰击表面的区域总是

充电到在收集第二次电子的电子极（栅）以上的正几伏。

因此，通过与扫过晶体的电子波束同步地变化栅上电压或金膜上电压的办法，可以在晶体上建立一个电荷图形。任一点上的晶体间电压，在晶体该点被轰击时，是等于（在几伏以内）金膜与栅间的电压。实际上，最好保持极电位对于枪的最后阳极电位固定并把变动的电压施加在金膜上使电子波束轨迹的畸变最小。在这个运行模中，在从表面上被轰击区域来的第二次电子聚集在部分写出时间中变得比栅电压更正的相同表面的那些面积上的时候，集结电荷的分辨力可以不需要地受限制。这个现象对分辨力所施加的限制决定于导线间的间距以及第二次电子收集栅到晶体的间距。为了达到所述的分辨力目的，这些间距必须小于0.1毫米并且大概接近于0.04毫米。晶体上电位校正区上这样收集二次电子也使我们不要使用比写出速率方面所需的最小值（ $\delta \approx 2$ ）大些的二次放射系数。在任何受轰击面积上建立均衡电位所需的时间，如果它被充电成负电位的话，这是主要决定于波束的电流密度（ J ），如果它被充电成正电位，这主要决定于乘积 $J(\delta - 1)$ 。既然达到一个 $\delta = 2$ 是不成问题，分辨力与速率要求综合起来对波束电流密度施加一个约 $1.5 / \text{厘米}^2$ 的下限（在一个0.05毫米光点上约30微安波束电流）。但应承认，牵涉的因数很多（晶体面积，晶体厚度，光点大小等），这个数值可能改变很大。虽然按所需的分辨力与能量来取得这个电流密度的工艺是有的，在这一次初始研究中，这样一个电子枪系统还不能应用。

在两种运行模中，把晶体温度保持在居里点以上约4℃，以便利用上述的内部场图形的改进分辨力与较低运行电压的优点。在 $T_c + 4^\circ\text{C}$ 的DKDP中， ϵ_0 与 r_{63} 的数值要比室温下数值增长约20倍。在更接近于居里点的温度上的运行，当然会进一步改进上述特征。但

接近居里点时这些特征随温度的改变很大，即使在 $T_c + 4^\circ\text{C}$ ，平均晶体温度或晶体表面间温度梯度方面的小量变动成为一个严重问题。

5.2 模 II

在这个运行模中，把栅电位保持在写出时晶体任何面积上电位正得多因而栅收集所有的二次电子的情况。电荷图形的写出是通过改变波束电流，而不是通过改变金膜对栅的电位。在写出时，晶体只是被充电成正或负的电位，正或负依变于轰击能量产生 $\delta > 1$ 还是 $\delta < 1$ ，在任一情况下，比起模 I 运行有两个优点。

(1) 因为栅收集所有的二次电子，不会出现由于二次电子从晶体一面积传到另一面积时所产生的分辨力损耗。

(2) 栅间距与网络密度不是很关键的，因而可以避免取一个极平坦、细网络的栅，并以很小公差把它装在晶体左近的问题。

但这个运行模有几个可能抵销这些优点的缺点。在写出每个新图形以前，必须在栅电位与金膜相同时用电子把晶体表面淹没来擦去以前的电荷图形。这要求使用另一个枪（用写出枪来擦是不够的），因而降低可资应用来写出图形的时间。并且晶体表面间任何变动迭加在写出图形上。

因为在这运行模中 $\delta > 1$ 是可能的，可以使用比模 I 中高得多的波束能量。这降低同时取得高分辨力与高电流密度所需的枪系统的新奇程度。但，因为写出速率是正比于 $J(1 - \delta)$ 并且只有很高轰击能量下 δ 才小于 0.8，取得相同写出速率所需的波束电流增加可能排斥较高电压下的运行。

模 I 与模 II 中的温度要求相同，不过由于模 II 里晶体中消耗较高的波束功率，晶体间温度的不均匀性可成为严重些的问题。在任一情况下，晶体的大小决定于可以把晶体接近于居里温度运行的程度。因

为一个较大晶体在表面间具有一个较大的温度变动，必须把它运行离居里温度远些以便把映象中产生的畸变保持在一给定最大值以下。在一些以前的映象管中，温度变动问题的避免在于室温下运行并把很大电压（几千伏）施加在DKDP晶体上。虽然在模式运行中，这些电压是可能的，所产生的晶体中场分辨力损耗会需要使用约0.05毫米厚的晶体来取得显示管所需的分辨力。

§6. 结果的讨论

6.1 DKDP的光电特性

在讨论结果以前，需要通过提出一些DKDP光电特性的细节作为理介的基础。一般地讲，晶体的光特性依变于光对晶体轴的方向与极化。这普通被表示为所谓折射率椭球，其公式为

$$\frac{x^2}{n_1^2} + \frac{y^2}{n_2^2} + \frac{z^2}{n_3^2} = 1$$

其中x、y与z是一个晶体坐标组，这通常（但不总是）相应于晶体初基准矢量的方向。 n_1 项是主要折射率，在一个光电材料中，施加一个电场E的一般作用是改变折射率椭球的形状的方位。KDP型材料对于O轴是单轴的，因而椭球上与O轴垂直的截面是一个圆（就是 $n_1 = n_2$ ），因而光沿O轴（光轴）的传播是与极化无关。在沿O轴施加一个电场（ E_O ）时，椭球的截面改变成其轴与晶体轴成 45° 的一个椭圆。因此，沿O轴传播的光现在分成沿着椭圆两轴极化的两个部分，它们的折射率决定于椭圆轴的数值。按很近似的表示式，它们是等于

$$n'_{1,2} = n_1 \pm \frac{1}{2} n_1^3 r_{63} E_O$$