

# 气体透镜

## 可望用于光通讯——最初的“双曲型”气体透镜的研究

由于温度不同，气体密度亦不同，通过这种密度不同的气体的光束，其折射亦发生变化。如春季或夏季地面上的水蒸气就是常见的例子。借用这种自古以来就为人们所熟知的大自然现象来研究与以往的固体光学透镜具有相同作用的气体透镜的工作，最近正在日本进行。不久前在东京召开的四个电气学会的联合大会上，由同志社大学和北海道大学发表了他们的部分成果；去年秋天，东京工业大学也发表了一些新的设想，在国外也引起了巨大的反应。这些气体透镜的特征是，象固体透镜一样，在折射面上没有反射和吸收。看来，用在使用激光的光通讯中作为透镜，可能是最理想的了。应用这些存在于自然界中的常见现象来控制激光这种新兴的科学技术，将是最近各国颇感兴趣的课题。

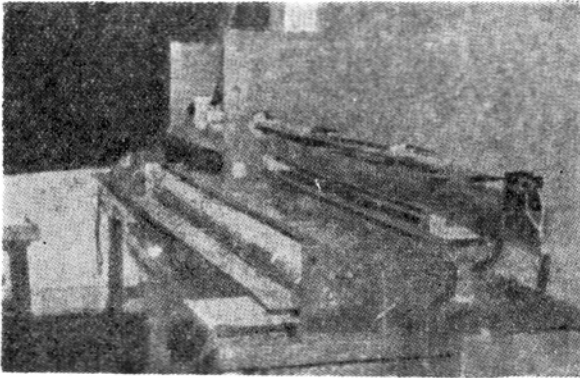


图 1 东京工业大学建议的双曲型气体透镜实验装置。

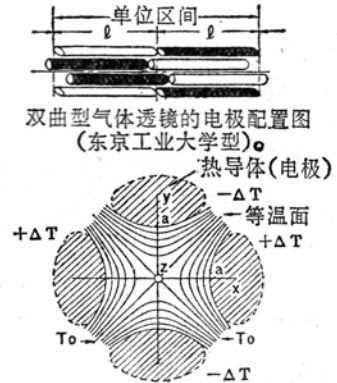


图 2 双曲线温度分布和电极构造 (东京工业大学型)。

## 贝耳研究所贝尔曼的建议

气体透镜的想法是去年由美国的贝尔曼 R. Bellman 建议采用的。建议的理由在于，利用激光的光通讯把光束传送到远方时，无论距离多长，均可设法用该种类型透镜改善其方向性。与毫米波通讯中使用的波导管相同，当然可以使用激光波导。利用这种气体折射率变化做成的透镜的优点是，与以往的光学透镜(固体透镜)一样，在折射面上没有反射和吸收，可以做成较为理想的透镜系统。另外，为了聚焦象激光那样具有高能量密度的电磁波束，往往会损坏玻璃透镜。因此，若使用气体透镜，这一点就可以得到改善。虽然气体透镜是激光通讯研究的重要组成部分，在各方面都予以注意，并进行研究，但是，充分的分析和理论根据，世界各国均未详细报导。

在日本，东京工业大学的末松安晴等人很早就开始了这方面的研究。而且，于去年秋天提出了世界上最早的双曲型气体透镜方案。

### 用层流型“望远镜”研究成象作用

目前的气体透镜方案,包括东京工业大学提出的在内,计有层流型、对流型和双曲型三种。

首先,层流型是贝尔曼进行实验的方案。这种方案是在金属管的外侧缠以镍铬合金等加热丝,使金属管加热,从而把管中的空气和二氧化碳等气体吹掉的一种方法。在这种有气体流过的管中,应该让激光通过。总之,要想使气体起透镜作用,应该使气体保持温度梯度,从而改变气体的密度。温度升高,气体就膨胀,于是密度下降。因此,由于外侧加热,被加热管壁的附近就处在高温,越往中心部分,温度越低,气体密度越高。因为光是向密度高的介质折射,所以它起着凸透镜的作用。据说,这种层流型气体透镜在焦点处会有象差并引起干涉,这是它的根本缺点。

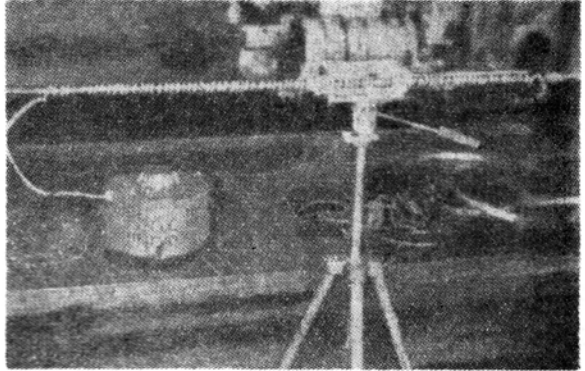


图 3 北海道大学的层流型气体透镜实验装置。

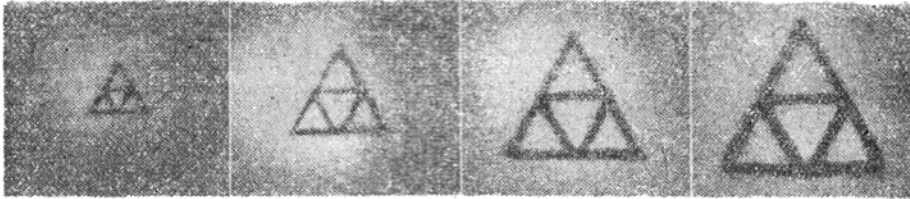
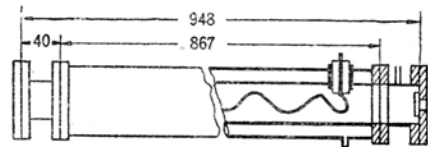


图 4 用层流型气体透镜实验装置成象的情形,左起是 3 米、5 米、8 米、10 米。

尽管如此,这种层流型气体透镜仍然可以和固体光学透镜一样地使用。北海道大学工学部的青木由直利用层流型气体透镜作了光学成象的气体透镜望远镜实验。不久前,以“气体透镜的焦距”为题发表了这一实验的结果和理论研究。

实验装置是外侧缠有螺旋状镍铬合金线长为 50 厘米至 1 米、直径为 13 至 17 毫米左右的黄铜管。去年试制了把这种气体透镜当作物镜使用、把固体凹透镜当作目镜使用的望远镜。当有空气扰动时,这种气体透镜望远镜的析象本领稍稍有些不稳定,但成象仍很清晰。据说可得到焦深较深的透镜。就象针孔照相机那些,不管将成象用的屏置于哪一位置,焦点也不会模糊。

青木根据焦距实验和理论研究得知,实验上焦距越是难以测定的,焦深就越深。而且,若气体温度改变,焦点也就变化。从某种意义上说焦点是可变的。另外,在理论上,通过气体透镜的光相对于轴作正弦振动(三



对流型气体透镜的结构图(同志社大学型)。

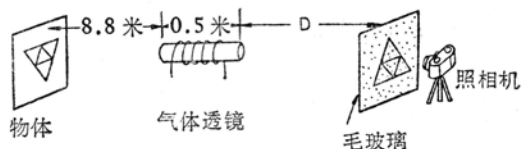


图 5 层流型气体透镜的实验装置图(北海道大学型)。

维)。所以，若很好地取出某一点，即取出一断面，不管凹凸那一个起作用，用一个透镜就可以了。而且，据说也得到了正立实象。

这种气体透镜望远镜，目前在稳定性这一点上还不及固体透镜式望远镜，但据说和光学纤维相配合，似乎也可能有新的实用价值。

### 同志社大学制成对流型气体透镜并用激光测量其焦距

对流型这种气体透镜在外国也是尚未研究的方法。日本同志社大学工学部的繁泽宏等人作了实验。该实验是把作为发热体的镍铬合金线（直径3.2毫米）绕成螺距为13毫米、内径为8毫米的螺旋，然后封到长86厘米、内径78毫米的圆筒中作为透镜，该圆筒外部用水冷却（水温17°C）。实验装置由掘场制作所制造。繁泽宏等人用束宽为4毫米的氩-氟激光（波长0.63微米），令其通过该气体透镜，测定了焦距。所用的气体为空气、二氧化碳、氧和氮气等。气体的密度越高，透镜的性能也越好。但实验发现，象差随着密度的升高而增大。繁泽说：“将来若能制成光通讯等用的长焦距气体透镜，那末，它就有可能作为实际应用的光波导。”

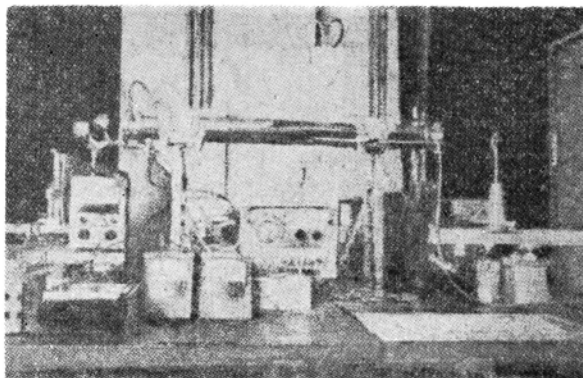


图6 同志社大学的对流型气体透镜实验装置。

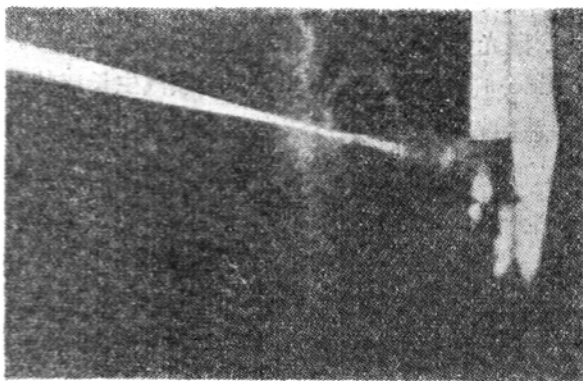


图7 使用同一装置的激光束聚束的情形。

### 双曲型气体透镜——静止气体方式

其次，由于迄今为止的对流型和层流型气体透镜中的气体本身都废除了作用点，而东京工业大学末松安晴的建议在世界上也是最早的双曲型气体透镜，其气体完全不起作用。因而，从某种意义上说，它是静止气体方式的透镜。其结构是将具有双曲面的金属管并列在四根对角线上，每两根一组，用加热器加热其中的一组，另一组安在金属板的翼上，以空气冷却之。这样一来，气体虽不起作用，但亦可产生温度梯度，形成了在X方向上具有凸透镜作用、在Y方向上具有凹透镜作用（类似于柱面透镜）的温度分布。

末松将这种双曲型气体透镜分成若干组，每组错开90°连接起来，在伊贺健一和伊藤信一等人的共同努力下，激光传送实验正在进行。未曾把激光搞成圆形或者椭圆形来进行，也没有象层流型气体透镜那样发生光的象差。据说可望作激光波导。

该成果在国外也引起了巨大的反应，据说在最近于美国召开的电气与电子学工程师学会的讨论会上，将发表有关四极聚束元件的论文。