全息投影技术研究现状及前景

**摘 要：**全息投影技术是显示领域一直以来研究的热点之一。运用全息投影技术，人眼能直接看到空间中的三维图像，被认为是裸眼3D显示的最佳解决方案。文章介绍了全息投影技术的发展史，详细的阐述了全息投影技术的基本原理及其优势和技术难点，分析了空气投影、激光束投影和360度投影三种实现全息投影的特点，同时也展望了其在军事、教育、医疗、展示、影视等领域广泛的应用前景。

**关键词：**全息投影 三维图像 发展史 应用前景

The Status and Prospect of Holographic Projection Technology

Abstract: Holographic Projection Technology is one of the active researches in display field. Our eyes can see the 3D images in space directly by using this technology, and regarded as a best solution to 3D display. The development history of Holographic Projection Technology is introduced in this paper, and its basic principle, methods to display and technical difficulties are elaborated and discussed. The prospects widely used in military, , medical, education, film and so on are also involved in this paper.

Keywords: Holographic Projection; 3D image; development history; application prospects

1. 引言

人眼之所以有立体感的感受，是由于人眼是横向的观察物体的，两眼之间的间隔在6cm左右，并且观察的角度也存在差异，人眼观察到的物体在视网膜形成图像后进过神经中枢的融合反射和视觉心理反应[1]便产生了强烈的三维立体感。全息投影技术的最大优点就是真实感强，显示出来的图像跟现实中的完全相同，给予观看者强烈且深刻的视觉心理反应。从这一角度认为，全息投影才是真正意义上的三维图像，并且也是不久的将来快速发展的趋势。

1. 全息技术的发展简史

1947年匈牙利人Dennis Gabor [2]在研究电子显微镜过程中，首次提出了全息术这一全新的成像概念。 全息术利用光的干涉原理，以条文形式记录物体发射的特定光波，并在特殊条件下使其重现，形成可视的三维图像。这种图像记录了丰富的信息，包括物体的振幅、相位、亮度、外形分布等。但在当时的条件下，运用全息术产生的图像质量很差，是因为采用水银灯记录全息信息，而水银灯的性能太差，无法分离同轴全息衍射波，因此大量的科学家花费了十年的时间却没使这一技术有很大的进展。

1962年，美国人雷斯和阿帕特尼克斯在基本全息技术基础上，将通信行业中的“侧视雷达”理论应用在全息技术上，发明了离轴全息术[3]，带动了全息技术进入了全新的发展阶段。这一技术采用离轴光记录全息图像，然后再用离轴再现光得到三个空间相互分离的衍射分量，可以清晰的观察到所需的图像，有效克服了全息图成像质量差的问题。

1969年，本顿发明了彩虹全息技术[4]，能在白炽灯光下观察到明亮的立体成像。其主要特征是，在适当的位置加入一个一定宽度的狭缝，限制再现光波以降低成像的色模糊，根据人眼的水平排列特性，牺牲垂直方向物体信息，保留水平方向物体信息，从而降低对光源的要求。彩虹全息技术的发明，带动了全息技术进入了第三个发展阶段。

传统全息技术采用卤化银等材料制成感光胶片，完成全息图像信息的记录。由于需要进行显影、定影等后期处理，整个制作过程非常繁琐。而现代的全息技术材质采用新型光敏介质，如光导热塑料、光折变晶体、光致聚合物等，不仅可以省去传统技术中的后期处理步骤，而且信息的容量和衍射率都比传统材料较高。然而，采用感光胶片或新型光敏介质，都需要通过光波衍射重现记录的波前信息，肉眼直接观察再现结果，这样难以定量分析图像的精确度，无法形成精确的全息影像。

20世纪60年代末期，古德曼和劳伦斯等人针对采用新型光敏介质而无法形成精确的全息影像这一问题，提出了新的全息概念——数字全息技术，开创了精确全息技术的时代。

20世纪80年代一种新型的激光全息技术迅速发展，由于其更接近人们的生活而倍受关注。

到了90年代，随着高分辨率CCD的出现，人们开始使用CCD等光敏电子元件代替传统的感光胶片或新型光敏等介质记录全息图像，并用数字方式通过电脑模拟光学衍射来呈现影像，使得全息图像的记录和再现真正实现了数字化。

1. 全息投影技术

随着科学技术的发展和进步，研究人员发明一种基于全息技术的衍生技术——全息投影技术。

1. 基本原理[5]

第一步利用原理记录物体光波的信息，此即为拍摄过程（图1）。被摄物体在激光的辐照下形成漫射式的物光束；另一部分激光作为参考光束射到全息底片上和物体光束叠加产生干涉，把物体光波上的各点的位相和振幅转换成空间上变化的强度，从而利用干涉条纹间的反差和间隔将物体光波的全部信息记录下来。记录着干涉条纹的底片，经过显影、定影等程序后，便形成了一张全息图。

图1 拍摄过程原理图

第二步利用衍射原理再现物体光波信息，此即为成像过程（图2）。在成像过程中，全息图受相干激光照射，形成原始像和共轭像两个图像，其再现的图像有很强的立体性和视觉效果。由于全息图的每一部分都记录了物体上各点的光信息，因此全息图的每一部分都能再现原物体的整个图像，经过多次曝光后还可以在同一张底片上记录多个不同的图像，而且能互不干扰地分别显示出来。

图2 成像过程原理图

1. 全息投影技术现状
2. 空气投影成像和交互技术

美国麻省理工学院29岁研究生Chad·Dyne发明了里程碑式空气投影成像，可以在气流墙上投影图像，并且使其具备交互功能，人们无需配戴任何附加装置，站在投影空气中的图像面前，用手指就可以完成控制图像旋转、移动等快捷操作这一技术灵感来源于海市蜃楼原理，将图像投射在大片的水蒸气上，由于组成水蒸气的水分子震动不均衡，可以形成立体感很强的全息图像。

1. 激光束投影技术

日本公司Science and Technology研制了一种利用激光束来投射实体的全息影像投射方法。这一方法主要是利用了氧气和氮气在空气中散开时，两者混合成的气体变成灼热的浆状物质，并在空气中形成一个短暂的3D图像。这种方法主要是不断在空气中进行小爆炸来实现的。

1. 360度全息显示屏

美国南加利福尼亚大学创新科技研究院的研究人员研制了一种360度全息显示屏，该技术是将图像投射在一种高速旋转的镜子上从而实现三维图像。

1. 优势及技术难点
2. 与传统的3D相比，全息投影具有以下优势：

(1) 全息投影是现代全新的数字化展示技术，不但具有清晰、逼真、立体、生动等其他投影技术无语伦比的众多优势，由分子级别的纳米技术组件，能高清晰、高亮度的完美展示。

(2) 全息投影完全突破了传统3D的限制，空间成像变得色彩鲜艳，对比度、清晰度非常高，空间感和视觉感也非常震撼，因此全息投影技术会产生令人震撼的展示效果。

(3) 它的3D立体投影效果以及产生立体的幻影成像，给人一种虚拟与现实相结合的双重世界感觉。与传统的3D显示技术相比，全息投影技术是无需配戴任何设备（如：3d眼镜），只需用肉眼，就能360度全方位浏览、观看。

(4) 它的展示不受任何空间和场地限制的影响，且展示模式非常丰富。除此之外，全息投影的展示方式也有很多，如：360或270度全息投影、幻影成像、镜面全息、单面全息、全息橱窗等。每一种展示方式都有自己都有的优势。

1. 所需突破的技术难点

(1) 360度的视觉覆盖区域。就目前的IMAX影院来说，IMAX电影能够覆盖观众的大部分可视区域，尽管具备了震撼的视觉体验，但是仍有不真实的感觉。所以全息投影技术要想超过IMAX，就必须具备360度保真，并且可以智能化感应，也就是可以自主感应到观众与自身的距离，根据观众的距离远近来调节画面的远近与大小，当观众的视觉发生偏移时，画面也会偏移，两者一直高度保持同步关系，当同时显示多个视频源时，画面之间要有完美的拼接，需要具备很高的拼接技术。

(2) 高保真音效。人对声音的辨别能力超过了视觉，全息投影技术想让观看者有真实的体验就必选保证声音的真实度。所以不仅要采取沉浸式的音频，而且要求在不同的方向或声场，观看者所听到的效果都有所不同。

(3) 强大的图像处理能力。对设备的要求非常高，为保证全息平台运作正常稳定，最好的方法就是实现 CPU 和 GPU 内存共享。虽说科技发展很快，但是要想同时实现百万级的并行处理，还是需要很长的时间的。要动用百万台级别的电脑才能同步所有的图像，视频以及其它保证全息平台真实性的内容，问题就是我们需要百万台甚至更多主机级别的电脑，这就是说要等到全息平台在商业上有可运作性时，我们所采用的原件不会有如此大的数量级和能耗。

(4) 观看者要求场景氛围更加真实。虽然在全息投影中加入交互技术可以达到观看者真切的触摸到实物，感受虚拟中的现实的目的，但目前的技术尚未达到完全的人机虚拟交互。

1. 应用前景
2. 军事领域 [6]

可模拟战场环境，为指战员提供分析决策与行动的支持；可以制造出一种新型的幻觉武器，通过投影虚拟武器平台、军事目标等要素，达到迷惑敌人，从而达到战术上的欺骗；还可用于军用视觉伪装，以其高仿真、强空间感的视觉特性将大大提高武器平台的作战效能，增加作战人员在战场上的存活率。

1. 教育领域

全息投影技术可以突破有限的空间，用动态的、具有时间性和故事性的虚拟影像将历史文化展示出来，并使学生参与体验，寓教于乐。全息投影技术在教学中的应用，对于解决传统教学的局限性、提升教师的教学能力和发展学生思维也将具有巨大潜在的优势。它的引入利于学生在课堂主观能动性的发挥，减轻教师的工作量。教师可以利用这一新兴信息技术领域的先进媒介形式创设出启发性强的教学情境，学生则享有思考的自由和学习的主动性。学生的个体差异得到了关注，师生之间实现了良好的互动。教与学和谐的双边课堂活动，也是教师人文情感的一个重要体现。特别是在幼儿教育[7]应用中，由于3D全息投影有很逼真的立体效果，儿童能不由自主的沉浸在虚拟的情景中，引起儿童无意注意力，使其更易记住事物的特征，充分发挥儿童的能动性。

1. 影视领域

全息影像技术能使人通过沉浸感和存在感不断强化体验的真实感，这将给影视传媒领域带来巨大变化。在超大屏幕的影院里，无需戴上特制的眼镜，以超大立体画面配合环绕立体声音效让观众本身融入影片中，带来身临其境的真实感。不仅给观众带来了方便，同时也降低了成本，而且将展品以多视角的方式介绍给观众。与此同时，家庭影音也发生了革命性的改变，它不受空间的限制，可以任意设置投影的尺寸，观看节目。

1. 展示空间领域

将全息投影运用在室内空间的展示，全息投影系统可以让客观环境变成一个“隐形”的显现界面，在视觉心理上使任何存在于虚拟环境的事物发生在现实生活里。例如，在房产展示[8]，房地产行业可以利用全息投影进行全息沙盘、全息样板间、3D全息平面图、三维全息结构图等的展示，以逼真的三维效果，向客户介绍整个楼盘从外至内，从大体至局部细节的特点，使客户更加了解楼盘的基本情况，从而促进房产的销售。未来还会出现全息投影照片，其将传统的二维平面图像转换为三维的动态图像，消费者可用全息投影框来存放全息投影照片。

1. 医学领域

目前的医学诊断基本都还必须依靠于二维图像，即使有计算机构建的三维图像，对一些疑难杂症的分析和判断还存在一大缺陷，全息投影将很好的解决这一问题，帮助医护人员更加迅速准确的分析诊断。

1. 结语

随着科技的进步，全息投影技术会不断的发展，各种技术瓶颈也会有突破性的进展。在不久的将来，全息投影这一新兴技术将会在工业、商业、医学、教育、国防等各个领域全面得到运用。其产生的经济效益和社会效益将不可估量，也必将对人类文明的历史产生颠覆性的影响。

参考文献

[1]格列高里（英）.视觉心理学[M].彭聃龄，杨曼，译.北京：北京师范大学出版社，1986.

[2]范科峰，路程，张素兵.3D显示技术、标准与应用[M].北京：电子工业出版社，2013：56-65.

[3]朱竹林,黄公瑜,王朋. 用于动态微粒场分析的离轴全息技术[J]. 光学学报,1988,(03):235-241.

[4]谢敬辉,赵业玲,于美文. 投影彩虹全息术[J]. 光学学报,1988,(09):824-831.

[5]王绪言. 全息投影技术研究[J]. 数字技术与应用,2011,(08):59+61.

[6]郭永春,白云,朱琳. 全息投影技术在军事领域的应用[J]. 中国信息界,2014,(12):83-85.

[7]廖立胜,陈佳毅. 全息投影技术在幼儿教学中的应用[J]. 教育现代化,2016,(08):109-111.

[8]王思超. 论全息投影技术在展示空间中的应用[J]. 现代经济信息,2015,(24):318.