

数字全息显微镜——将“黑科技”走向现实

序言

还记得普罗米修斯里面那个生病老人的录像吗？还记得钢铁侠托尼的智能电脑管家“贾维斯”吗？这些都是全息技术。普通的照相根据的是几何光学成像原理，只能够记录下光波的强度信息，无法记录下光波的相位信息，因此物体所成的像只能位于一个平面上。如果能够在记录光波的强度信息的同时，记录下光波的相位信息，再在一定的条件下进行重建再现，就可以得到包含物体全部三维信息的像，即使物体移开，利用三维感觉和视差仍可观测到物体的全部信息。以一个细胞为例表示，如果用新型的全息显微技术观测，细胞将在空间中运动，人可以使用任意角度进行观察，这就是全息技术。

全息显微的发展

1948年，对于全息术来说是特别的一年，是由无到有的一年。在这一年里，为了改善电子显微镜分辨率，匈牙利籍物理学家 Dennis Gabor 首次提出基于光的干涉衍射原理的全息术的概念，紧接着 Dennis Gabor 以汞灯作为光源拍摄到第一张全息图，并获得了相应的再现像，凭此获得了 1971 年的诺贝尔物理奖，全息自此问世。但是由于 Dennis Gabor 提出的是同轴全息术，在没有高度相干性光源的条件下，无法克服“孪生像”的问题，全息术的发展陷入了沼泽。1960年，激光器的出现，拯救了深陷沼泽无法发展的全息技术。结合氦氖激光器为光源，Leith 和 Upatnieks 提出了离轴全息术，对物体进行了记录和再现，获得了物体准确的三维信息。随后 J.W.Goodman 和 R.W.Lawrence 两名科学家提出了一种全新的概念——数字全息术。数字全息术结合了光学全息术和计算机技术，利用光敏电子器件代替了传统的记录干板实现全息图的记录，再通过计算机模拟参考光来进行全息图的再现过程，这标志着全息术进入了一个迅猛发展的阶段。

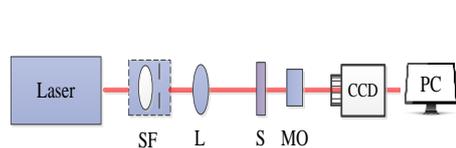


图1 同轴光路

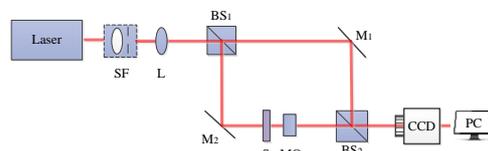


图2 离轴光路

数字全息显微是数字全息术、光学显微术和计算机图像处理技术的结合，相当于“天龙八部”、“神雕侠侣”和“射雕英雄传”的合译本，可以实现对被测物体在全视场的定量、快速、无损伤、非接触观测。数字全息显微术所涉及的研究领域众多，例如：生物医学、医疗诊断、生命科学、微光学、微机电系统、激光加工等。简单介绍数字全息显微术发展历史上的重要事件。2002年，瑞士的 Etienne Cuche 和 Pierre Marquet 科研小组就利用数字全息显微术获得了活体细胞的三维信息^[12]，我们可以非常清楚看到活鼠皮质神经细胞元的相位分布，如下图所示：

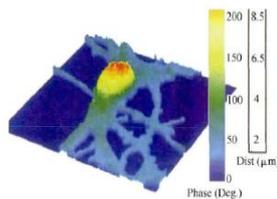


图3 活鼠皮质神经元相位分布

2006年，E. Cuche 成立 Lynceetec SA 公司，紧接着推出了该公司的第一代数字全息显

显微镜——DMH-1000，如下图所示，是数字全息显微成像设备走向商业化生产的第一步。



图 4 LynceeTecSA 公司数字全息显微镜

(a) 反射式数字全息显微镜 DHM®; (b) 透射式数字全息显微镜 DHM®

2014 年，由我们团队——重庆理工大学杨岩教授带领的数字全息小组，对磁流变液进行了显微观测，在添加磁场的情况下，可以清楚的看到磁流变液成链运动状态。



图 5 磁流变液微观结构不同时刻重建图像（时间间隔为 1/14s）

数字全息显微镜

在全国各高校和机构中，针对全息技术的研究小组并不多，只是理论的研究已经无法满足现在科研人员的需求，我们迫切的需要研发了相关的产品，能够将全息技术推广开来，能够使全息技术不在小众，能够实现将电影电视作品中描绘的“黑科技”走进现实梦想。目前，全球只有瑞士一家企业对数字全息显微镜进行了商业化生产，但在实时性方面，目前只能作到微米尺度的实时动态显示。而国内对数字显微全息技术的研究基本都处在实验室光学平台上试验的阶段。今年，我们研发的数字全息显微镜样机已基本完成，预期在年内就可进行试验性测量工作。



图 6 数字全息显微镜样机

与传统显微镜不同，我们研发的数字全息显微镜可以对动态目标进行实时的空间观测，研究人员可以对目标进行 360 度的空间观察，使测量更加直观。在现阶段的测试中，研发的数字全息显微镜获得了预期成效，能够便捷、快速的同时记录同轴全息和离轴全息的物体信息。

团队杨岩教授常说的一句话就是：“懂得越多，不懂的自然会更多，解决一个问题，后面紧接着是更多的问题，这不是阻碍，反正是激励我们前进的动力。”今后我们还希望能做全息电视，做更多的全息产品，让更多的人了解全息，与我们一般，感受到全息的魅力，科学的魅力。