

宫本 洋子
Yoko MIYAMOTO

研究课题

与光波性质（振幅·相位·偏光状态）空间分布相关的新现象的观测、创新及应用

关键词

拉盖尔高斯光束, LG 光束, 光波, 相位, 偏光, 振幅, 旋转, 相位分布, 光子, 全息图, 量子计算机, 量子力学, 量子信息, 量子通信, 实时三维物体形状测量, 条纹图像, 量子位

所属专业

研究生院信息理工学研究科 先进理工学专业

研究成员

宫本 洋子 副教授

所属学会

应用物理学会, 应用物理学会, OSA (美国光学学会)

研究设备

各种精密消振台, 各种激光光源, 高速摄像仪等特殊摄像仪, 光频谱分析仪等各种测量装置, 单一光子检测器

研究概要

拉盖尔高斯光束的生成·测量·应用

目前我们的生活中使用了各种光通信·信息技术, 比如除了光纤高速网络, 还使用激光来读取 CD 及 DVD 等数据。但是虽然简而言之称为光, 但其使用方法多种多样, 要么分别调制成合适的方式, 要么转变成纳米大小, 用途非常广泛。

在数量有限的光中, 非常独特且使用范围非常广泛的就是拉盖尔高斯光束。这种拉盖尔高斯光束是用激光施加「扭转」力, 在旋转的同时传递空间信息。

LG 光束的特性

普通光束是中心亮、波阵面为平面, 但拉盖尔高斯光束却是中心暗, 波阵面像螺旋状楼梯一样迂回向前延伸。环绕垂直于传输方向的平面一周, 这段时间内电场、磁场的变动为 m 周, 刚好回到原始状态。它是一种非常独特的光, 具有通过种旋转而产生与整数 m 相应的稳定旋涡的特性。

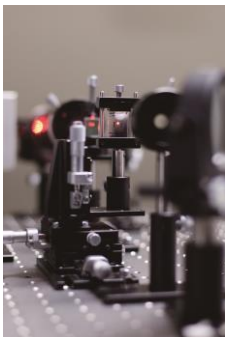
这种光束在光穿过物体时, 能将旋转转移到物体上。转移旋转的机制之一就是吸收, 还有一种情况就是根据物体形状的不同, 光旋转的大小(整数 m)会发生变化。以上任何一种情况都是将入射光与出射光的旋转差分转移到物体上。利用这种特性就能制造出光马达。

将拉盖尔高斯光束应用到量子信息通信中

此外这种光束还可应用到被称为量子计算、量子密码的量子信息处理中。量子计算机中信息的最小单位—量子位是以 0 与 1 及其叠加的方式而表现出来的, 另一方面, 利用拉盖尔高斯光束的稳定旋转对应整数 m 这种特性, 能够表达 0、+1、-1 等及其叠加状态, 用一个光子便能传输更多的信息。

通常基于量子位的量子通信在能够稳定通信的状态下是没有问题的, 但在受到干扰后, 必须对其进行修正。该研究室将这种修正考虑在内, 提出了对应的方案, 指出要像 0、+1、-1 一样使用 3 种左右的状态来汇总、传送信息比较好。因此 LG 光束作为量子信息通信的支柱而备受关注。

该研究室从事这种拉盖尔高斯光束的生成、正确测量以及在各领域中的应用相关的研究。



微细加工的全息图

优势

能够随机应变地灵活运用 2 种全息图光束成形法

通常情况下, 拉盖尔高斯光束是利用计算机全息图, 根据光束的成形而制造出来的。具体来说就是使用基于电子束的聚合物微细加工以及液晶元件来实现相位调制模式, 让光束穿过该模型而生成的。

该研究室进行的聚合物微细加工不依赖专业人员, 而是利用从事风险企业创新研究的电气通信大学内部的 SVBL 设施(风险企业实验室)的半导体等微细加工设备及机器来自己独立操作。具体来说就是在 SVBL 无尘室通过电子束曝光来生成具有螺旋状相位结构的能产生特殊光波的计算机全息图。因此能够灵活应对一些微妙的修正作业。

在研究这种光束的机构中, 几乎没有能独立操作这项作业的机构, 从这个角度来看, 可以说是该研究室的一大优势。

最近不需要特殊装置, 仅将液晶元件的全息图装置与 PC 连接, 就能简单地生成相同的这种光束, 该研究室也能采用这种方法来生成这种光束。

在 PC 上, 拉盖尔高斯光束的相位未必跟模拟的一样, 这时他们的优势就是能在 PC 上简单修正使用液晶元件的方法。但是 SVBL 的半导体加工设备能够加工 10000×10000 的超高精度, 与此相反, 加工液晶元件的大部分装置只能对应到 1000×2000 左右的像素。因此根据研究内容能够随机应变地灵活运用这两种方法也是他们的一大优势。

傅里叶变换法的应用技术

他们还有一大优势就是能从电气通信大武田研究室开发的「傅里叶变换法」的条纹模型中提取精密的相位。采用这种方法, 就能根据投影到物体上的条纹图像的失真以及用于干涉仪拍摄到的干涉条纹提取物体的形状及光的相位分布。他们还从事将其高速化的实时三维物体形状测量系统的开发。将这种方法应用到全息图产生的光束中, 就能研究产生光束相位到底有多清晰, 有助于产生更加精确的波阵面。

大多数情况下, 通常通过观察与具有平坦波阵面的光产生干涉时形成的具有分枝结构的干涉条纹就可以认为已经产生的 LG 光束。该研究室从系统图像开始, 将其进行傅里叶变换, 提取必要的成分再进行逆变换来求出光束精密的相位分布。这样就能进行更正确的测量, 形成更加漂亮的波阵面。具有漂亮波阵面的光束的亮度分布呈旋转对称, 施与物体的旋转也非常流畅。还能明确对应整数 m , 因此能够传达正确的信息。

未来展望

完善相位控制, 希望最终制造出完美的 LG 光束

在光的空间分布的研究中, 相位掌握着一大关键。如果能够完善这种相位的控制, 就能生成更加漂亮的 LG 光束。他们的最终梦想是用漂亮清晰的 LG 光束正确制造出旋动力较大的光束。

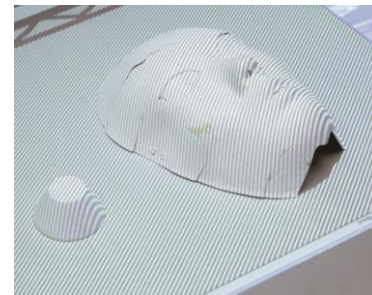
特别是以前必须使用微细加工有耐心地加工聚合物, 但自从能够制造出液晶元件的全息图装置, 就能自由地生成相位分布图。并且由于相位调制精度和像素数等逐渐得到改善, 所以今后不仅要研究全息图的成型, 还要集中精力研究它能用来做什么。除了以前的 LG 光束, 他们还会积极挑战如何生成、操作具有新功能的新型光束。

比如除了光波的振幅、相位之外, 他们还计划研究作为另一个自由度的偏光空间分布的控制。偏光状态是指光振动方向的偏移, 适合用来研究像结晶一样具有方向性的材料以及加工中物件所累积产生的变形等特点。

产生具有特殊的空间分布的光元件还能用作滤波器来检测、筛选具有特殊空间分布的光的成分。将具有特殊空间分布的照明光与滤波器进行组合, 希望能够制造出有效检查物体形状及材质特征的设备、活用光空间分布的新型信息处理结构。



光学系统的调整



采用条纹图像投影来进行起伏测量



透明物体的形状测量