

其他常见问答总结

超快激光器应用范围不断扩大

超快激光器应用范围不断扩大

超短脉冲激光器

已经在一些需要极高精度的商业应用中发挥作用。IBM公司利用飞秒激光器消除光刻掩模中

大小仅为10nm的缺陷，以制作最先进的集成电路。在准分子激光

原位角膜磨镶术（LASIK）中，IntraLase公司开发的飞秒激光系统，能够比传统刀片更为精确地切割角膜皮瓣。这些都是飞秒激光应用的先驱。新一代飞秒激光的应用包括：在硅中写三维波导、加工微流装置，以及在活体细胞内无需在细胞膜上刺孔就可以进行手术。

作用于材料的超快效应

用强脉冲照射材料能够激发非线性

吸收过程，从而改变材料的形态或键结构引起局部膨胀、收缩，或改变材料内部的折射率，以及烧蚀材料表面。中佛罗里达大学（University of Central Florida）的David Richardson称：“我们确实是利用材料科学研究材料表面。”理解这些结构变化，将有望开辟新的应用领域。

对于表面烧蚀而言，超短脉冲吸引人的地方是其更高的精度。脉宽大于35ps的脉冲，会将熔化的材料喷溅到烧蚀区周围，并且将周围区域加热以至产生损伤。飞秒脉冲能够将更高的峰值功率会聚到更小的区域，产生波长不敏感的非线性效应，从而对材料进行烧蚀，并且几乎对周围的区域不会产生热损伤这对掩模修复等高精度加工至关重要。

超短脉冲在打孔方面的应用也颇具吸引力，因为它可以实现高厚径比的小孔。去年五月的国际激光器和光电子学会议（CLEO）上，德国Friedrich Schiller大学的研究小组报道了光纤

放大激光器输出的800fs脉冲，能够在脉冲重复率接近1MHz的情况下，在几微秒的时间内在1mm厚的不锈钢上打孔。高重复率能够确保残余的脉冲能量不会在脉冲间隙耗散到靶区以外，从而减小打孔所需的脉冲数。

用超短脉冲在透明固体中制作三维结构具有广阔前景。通过高数值孔径透镜对光束聚焦，能够使表面处的光强低于损伤阈值，但材料内部焦点处会聚的光强足以使材料结构发生变化。

如果使用数值孔径为0.65的透镜将40~150nJ的脉冲聚焦，可以产生阈值最低的非线性效应，它会使材料的折射率变大。尽管研究人员对该过程的细节还并不完全清楚，但通常认为，非线性吸收会将焦点处在短时间内加热到熔点以上，此后玻璃迅速固化为具有更高折射率的致密态。玻璃的两种特别性质对该效应起到贡献玻璃的密度随温度升高而增加，并且如果固体快速冷却的话，它将维持热液体所具有的更高密度。令一系列脉冲入射到材料并同时移动焦点，可以写高折射率波导。Schaffer表示，重复率越高效果越好，因为熔化以及冷却动力学行为，能够消除脉冲间的相对变化，从而获得损耗更低、更为平滑的波导。

在相同的聚焦条件下，150~500nJ更高功率的入射脉冲，将导致交替的玻璃层内折射率发生双折射变化，从而获得纳米尺度光栅。脉冲会在电磁场的一个分量上消耗一个玻璃薄层，并且消耗的玻璃会转移到相同分量的相邻位置，在该过程中产生平面纳米裂纹，排列方向取决于脉冲的偏振方向。加拿大国家研究委员会的研究人员通过实验表明：利用偏振方向不同的光，能够擦

其他常见问答总结

除并重写纳米裂纹。该技术在全息数据存储方面具有应用价值。

峰值功率更高的脉冲将使玻璃蒸发，导致材料从焦点处向外蒸发、并留下过密层包围的空缺。空缺大小可以小于波长，并且一系列脉冲能够在玻璃表面下产生诸如螺旋形等杂图案。该效应可用

于加工内

部衍射透镜或菲涅尔波带片，它可以对通过玻璃的光束聚焦。密歇根大学超快光学中心的Alan Hunt称，该效应还能用于在玻璃内制造微流通道。微流通道的直径能够小到20nm，但更大的通道更容易观察。Hunt使用常规的光刻方法在玻璃表面刻蚀平面通道，但采用飞秒脉冲制造三维结构。在加工过程中，他将玻璃浸没在液体中，以消除激光烧蚀通道产生的碎片。

飞秒激光脉冲还可用于精密的外科手术，因为活体组织在较短距离内相对透明。目前该领域取得的最大成功是屈光手术中采用的准分子激光原位角膜磨镶术（LASIK）。相比于其他屈光性角膜切削术（PRK），LASIK的优点在于能够保留角膜的外层而不是将它烧蚀掉。但这需要首先用刀片切割角膜上皮，将其卷起后再用激光烧蚀角膜。这种切割过程带来的问题，是导致LASIK病人出现并发症的主要原因。

为了改进上皮切割，加州大学Irvine分校的Tibor Juhasz将飞秒激光脉冲聚焦到角膜表面下所需的深度处。首先在角膜下切割，然后向上切割以打开上皮。他建立了IntraLase公司，以对该技术进行商用推广。该套激光系统造价昂贵，并且需要病人支付额外的费用，但Shaffer称这套系统物有所值。他说：“采用该疗法的并发症发病率如此之低，以至于按照统计确定度恒量几乎测不出来。”

飞秒激光外科手术在生物医学研究方面的应用尤为引人注目。Schaffer称：“在生物方面，你做的很多事就是将一些东西破坏，然后看看究竟会发生什么。”飞秒脉冲能够到达组织内部并将目标结构破坏，如单个神经细胞或亚细胞结构。

加州大学San Diego分校的Nozomi Nishimura与David Kleinfeld显示了飞秒脉冲能够损伤小血管，以模拟轻度中风。目前神经学家认为，轻度中风是造成老年痴呆症的主要原因。重度中风的后果非常可怕，因为它将损坏大片组织。然而轻度中风能以不同的方式影响较小的区域，因此受影响的细胞仍能获得氧，但不能获得葡萄糖。飞秒脉冲使研究人员获得了研究轻度中风最早的生物模型，这是人们在开发对症疗法方面迈出的至关重要的一步。

在更为基础性的研究中，飞秒脉冲还能破坏单个亚细胞结构。Hunt显示了破坏具有定制生命周期的细胞内某一细胞器官，能够延长细胞的寿命。他还用飞秒脉冲改变细胞分裂所涉及的力学结构，以研究这些结构起到的作用。

前景展望

诚然，飞秒脉冲在许多潜在应用中存在局限性。与改变材料的其他精密工具相似，飞秒脉冲的速度比不上一些其他技术。Hunt称光刻能够以更快的速度写二维结构，但超短脉冲在三维加工方面更具优势。但是目前光脉冲还不能到达不透明材料的深处。

然而，飞秒脉冲在某些应用中具有显著优点。这些应用涉及的范围极广，本文提到的只是很少的几个方面。据Richardson称，随着超快光纤激光器的迅速发展，其潜在的应用领域将受益颇多。相比于统治飞秒激光领域多年的掺钛蓝宝石激光器而言，光纤激光器体积小，造价低，更加耐用并且性能稳定。制作新型结构的能力必将开辟更多的应用机会。目前，Richardson正使用飞秒激光器加工光学波导，它可以将光耦合到在相同的集成装置上制造的微流通道中 这是飞秒脉冲的一种全新能力。

其他常见问答总结

更多信息：<http://www.rayscience.com/catalog468.html>

(唯一的)问答 ID: #1022

作者: RAYSCI

更新时间：2017-11-22 10:36