

空芯光纤

空芯玻璃光纤同时传输用于手术的CO₂激光束和瞄准光束

文/Teodor Tichindelean, Molex公司

具有内表面涂层的空芯二氧化硅光纤，能够为手术应用同时传输CO₂激光和可见瞄准光束。

— 氧化碳 (CO₂) 激光器输出波长
— 10.6 μm 的红外 (IR) 光，目前其已经作为一种切割工具广泛应用于耳鼻喉科、眼科、妇科、皮肤科、整形外科以及普通外科等众多医疗领域。

CO₂ 激光器的输出光能被存在于患者的皮肤或组织内的水份所吸收，因此该类激光器在美容和皮肤治疗领域的应用已经广为人知。在治疗过程中，CO₂ 激光器的输出光，仅产生很窄的一层热损伤，足以封住真皮血管，并且损伤层足够薄，以减少潜在的疤痕。相比于激光换肤和其他皮肤治疗过程中使用的机械磨损或化学药剂，激光治疗方法已被证明非常有效。

激光设备也广泛应用于其他临床应用。例如，在传统的开放手术和腹腔镜手术中，医生可能使用广泛的激光波长和传输系统，用于切割、气化及去除组织，包括去除肿瘤或息肉、肾结石或前列腺组织等。

利用 CO₂ 激光实施的手术，通常被称为“无血手术”，这种手术方式允许外科医生将精力集中在一个很小的面积上，通过减少术中出血和术后疼痛与不适、促进手术后伤口愈合，为患者提供更加舒适的

手术体验。激光密封淋巴管和血管，可以减少术中出血和术后肿胀的发生。仅为 0.03 mm 的穿透深度和神经末梢的密封，能够实现较少的水肿和疼痛，为患者提供更加舒适的术后恢复，降低感染风险。

为了获得最佳临床效果，激光手术需要训练有素、手艺娴熟的专业医疗人员进行。对于临床医生而言，CO₂ 激光手术的益处包括更好的手术区域可视度、更高的精确度和可控度，以及更短的手术时间。激光束的直径和功率可以调节，用于快速切除数目较多的组织或是仅仅切除几个组织层。激光束在切割组织的同时，还能够密封毛细血管和小血管。这极大地减少了术中出血，让手术医生能够获得一个更加干燥和更加清晰的手术部位。被激光切割的组织 and 周围完整组织之间的边界非常清晰。在无需外力的情况下，CO₂ 激光可以透过周围组织蒸发病灶，从而密封血管并尽量减少出血；因此，当在手术过程中需要一个不流血视图的情况下，这种手术方法非常有用。此外，由于组织病灶的高温蒸发，也使得伤口可以在无菌环境下处理。

根据手术具体执行过程的不同，激光治疗技术也有所不同。无论是从设计角度还是从临床角度来看，激光



图1: 针对CO₂激光器在外科中的应用而提供的一种新型高效传输空心波导设计，其包含一根玻璃管，玻璃管的内表面涂有银和碘化银 (AGI) 薄膜，外表面带有保护包层和护套。当与CO₂激光器耦合到一起时，这种光纤为外科医生提供了一种柔性光传输工具。

的功率密度都直接影响着激光与人体组织之间的相互作用。通常情况下,外科医生可以舒适控制的最高功率密度,将产生最佳的治疗和手术效果。这使得组织最低限度地暴露于激光束的传导加热过程中,从而降低了对周围组织的潜在伤害或损伤。此外,每种激光波长对人体组织都具有其独特功效。外科医生不但必须要完全了解需要执行的手术过程,而且还要拥有“所选择使用的激光技术系统”方面的相关知识技能,以便能够在手术中快速熟练地安装和使用激光技术。

光纤传输

对于医学临床医生和医疗设备设计者而言,充分理解特定的CO₂激光器传输系统的传输能力至关重要。机械手臂式的CO₂激光器是一种老式技术。目前已经采用光纤传输技术来替代成本高昂、笨重不灵活的机械手臂。直接光纤传输系统包括用于钕激光器的裸光纤和用于CO₂激光器的空芯波导。

除了摒弃在嵌入反射镜或透镜的机械手臂中传输CO₂激光束之外,空芯波导还能医疗激光应用提供一种灵活可行的选择(见图1)。空芯波导强大柔韧,能够很容易地在应用中改变光束切割的方位及角度,进而满足很多特定应用的需求。由于典型的二氧化硅光纤对波长超过2.1 μm的光具有很强的吸收能力,因此传输CO₂激光器的发射光需要选用其他不同的传输技术。在高功率激光传输应用中,红外传输空芯二氧化硅波导(HSW)是实芯光纤的一种极好的替代方案。空芯二氧化硅波导可以提供诸多优势,如高激光功率阈值、低插入损耗、无终端反射及高精度。

为了在灵活坚固的封装中

传输CO₂激光功率,Polymicro Technologies公司将其设计的空芯光纤命名为MediSpec HSW,其由具有内部光学反射银/碘化银涂层的熔融石英毛细管组成。为了保护和提高波导的强度和灵活性,毛细管带有外部保护聚合物缓冲层。其内部的电介质层针对10.6 μm波长进行了优化,以降低光功率损耗(见图2)。

由于采用空芯结构,因此需要采取合理的方式,避免在使用和保存过程中有任何污染物进入波导芯中。因为在波导芯中活动的污染物粒子,有可能对波导的内部涂层造成潜在的物理划痕,这将显著增加波导的脆弱性。

将激光功率耦合到HSW中,在很大程度上依赖于输入光束的特征。当将光耦合到光纤中时,应该小心避免用光照射玻璃本身,目标是在保持最小化输入数值孔径的同时,保持光斑尺寸小于波导芯直径。一个较好的经验法则是:在波导入口,保持聚焦光束直径大约为波导芯孔径大小的70%。当然还需要对光束进行合理地聚焦居中,以避免光束射到波导的前边缘,从而产生最好的传输特性。

可见瞄准光束

优异的激光传导与精确可视的瞄准光束重叠在一起,是对于手持探测器和在手术室中使用的其他激光治疗设备的关键要求。专门为激光医疗应用而设计的专业HSW波导,具备传输中红外激光功率和可视瞄准光束的能力。相比于带有两根光缆(一根用于传输照明指示光,一根用于传输激

光)的传统手持探测器,这种将激光功率传输和瞄准光传输集成的光束传输系统,体积更加小巧紧凑,并且更为重要的是,它将大幅降低手术中因为缺乏操作精度保障而导致的激光烧伤风险。

该HSW波导专为中红外到远红外光谱范围内的广泛应用而设计,其光谱传输范围为2.9~10.6 μm,能够

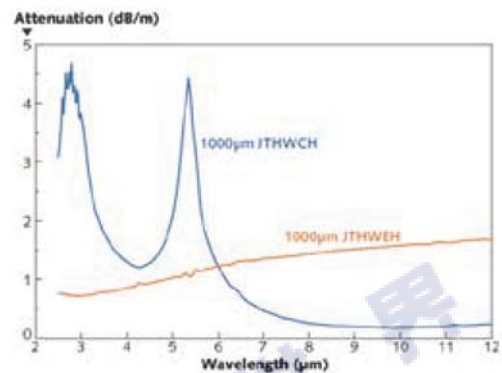


图2: 专门为CO₂激光器在外科手术中的应用而设计的空芯玻璃光纤(JTHWCH, 蓝色)的光谱衰减曲线图。图中显示,该空芯玻璃光纤在CO₂激光器输出的10.6 μm波长处具有较低的衰减。与之对比,为使用掺铒YAG(Er:YAG)激光器的手术而准备的传输光纤(JTHWEH, 红色),在2.94 μm波长处具有较低的衰减。

传输Er:YAG激光器和CO₂激光器的输出光。该光纤可提供500 μm、750 μm和1000 μm三种内径选择。光纤的乙烯护套材料具有生物相容性,能够承受医疗杀菌进而用于侵入性的医疗应用。该光纤符合FDA 21 CFR 820质量体系法规和cGMP的所有标签、包装和灭菌要求。□

参考文献

1. H.-S. Oh and J.-S. Kim, "Clinical application of CO₂ laser," CO₂ Laser – Optimisation and Application, 357–378 (Mar. 21, 2012).
2. J. Clarkin, J. Shannon, and R. Timmerman, "Working with hollow silica waveguides," Polymicro Book of Technologies (Aug. 30, 2006).
3. See <http://bit.ly/1KqsgRB>.