

# 浅谈激光医学及其发展趋势

王勇刚\* 马骁宇 冯小明

(中国科学院半导体所光电子器件国家工程研究中心, 北京, 100083)

**摘 要** 概述了近年来激光医学的发展, 介绍了医用激光光源领域的新拓展。

**关键词** 脉冲激光 半导体 飞秒

## 1 引言

激光这一 20 世纪重大科技成果的问世, 以其亮度高、方向性好、单色性好、相干性好等特有的光学特性, 在应用光学领域引起了革命性变革, 很快在军事、工业、通讯、家庭等多个领域得到了应用, 而医学是应用激光技术最早、最广泛和最活跃的一门边缘学科。1960 年世界上第一台红宝石激光器研制成功, 次年红宝石激光视网膜凝固机在眼科获得首次应用。到目前为止, 临床上使用的激光医疗设备已有几十个品种, 包含了自紫外至可见光和红外的各种波长, 包含了连续、脉冲、巨脉冲、超脉冲等各种输出方式。

激光在医疗中所起的作用是一个复杂的物理、化学及生物过程。由于波长、能量和作用方式的不同, 激光对病变组织可产生各种不同的效应, 这些效应主要有以下四种。

(1) 激光的热效应。高能量激光被组织吸收后可产生高热。不同波长、能量大小、作用时间的激光, 可产生不同的热效应, 这种热效应瞬间可达几十℃到几百℃, 使病变组织凝固、汽化、炭化, 这是激光医疗的主要方面。

(2) 激光的非热致汽化效应。紫外波段激光的高光子能量, 可以打破生物分子的化学键导致组织的汽化, 或短脉冲激光产生的冲击波, 这两种作用主要不是热效应, 基本没有热积累和对周围组织的损伤, 适合进行一些精细手术。

(3) 激光的光化学效应。细胞或组织内所包含的内源性或外源性光敏物质, 经适当波长的激光照射后, 会产生特定波长的荧光或细胞毒素, 前者可作为恶性肿瘤的定位诊断, 后者可作为恶性肿瘤的治疗, 这种方法称为光动力学疗法, 可以单独使用, 也可以与激光汽化、手术、放疗、化疗等方法合并使用。

(4) 激光的生物刺激效应。经大量实验及临床研究证明, 低强度激光可以调节机体的多种功能, 如: 神经传递、免疫、代谢、酶的活性、组织修复等功能。低强度激光辐照可以改善上述功能。目前临床上常用的治疗方法主要有激光针灸、激光理疗和激光血管内照射疗法 3 种。

医用激光器最初采用的是固体激光器和气体激光器, 以后随着激光技术的发展, 半导体激光器和脉冲激光器被越来越多地用在激光医疗方面。半导体激光器波长可通过调整材料带隙而连续变化, 且具有小型化的优点, 脉冲激光器能减少手术对健康组织的破坏, 患者失血少。

## 2 激光在医学中的几个主要应用方面

### 2.1 脉冲激光脱毛技术

多毛症影响患者的美容, 是一种影响心身健康的疾病。传统的治疗方法包括美容疗法与

\* 博士研究生

药物治疗。美容疗法,如剃毛、拔毛及涂脱毛霜等,虽能达到暂时脱毛的效果,但易导致毛囊炎,药物治疗主要对雄性激素依赖患者有效<sup>[2]</sup>。实验证明,Q开关Nd:YAG激光单次照射后能够显著延迟毛发再生。但是Nd:YAG激光波长较长,因此对深部组织也有破坏作用。现在,大功率808nm AlGaAs 半导体激光器已经成熟,可替代Q开关Nd:YAG激光器。

## 2.2 激光止血

激光照射生物组织将会产生一系列的生物效应,热效应是最常见的。生物组织吸收激光能量后发生温升,将分别出现光刺激反应(40℃以下)、蛋白变性、组织和血液凝固(40℃~100℃)、气化(100℃)和炭化(300℃~400℃)。当生物组织吸收的激光能量较低、产生的温度在40℃到100℃之间时,可以使组织和血管脱水,收缩和凝固,从而造成热损伤层,起到止血的作用<sup>[3]</sup>。CO<sub>2</sub>激光器的输出波长是10.6μm,易被组织吸收而不能到达较深的血管,而Nd:YAG的波长是1.06μm,具有很强的穿透生物组织的能力。Ar<sup>+</sup>离子激光输出波长是488.0nm和514.5nm,为蓝绿激光,对于皮肤和浅色组织有较强的穿透能力,却又极易被血红蛋白吸收,因此止血效果最好。

## 2.3 激光止痛

当损伤或可能引起损伤的伤害作用于人体时,经末梢的感觉神经进入脊髓后跟,到达大脑的中央后区,在那里产生刺激并使人感觉疼痛。用低功率半导体激光器照射疼痛部位,可以缓解局部的肌肉紧张,改善局部的血液循环供氧和组织代谢,降低致痛物质浓度,从而缓解疼痛,减轻或消除这种疼痛性疾病。此外,激光经络穴位疗法(LMPT)的原理与之类似<sup>[3]</sup>。

## 2.4 脉冲激光治疗皮肤色斑

原理:在激光的瞬间高能量作用下,色素颗粒会汽化并碎裂,而细胞框架可被完整地保留下来,在其后的炎症反应过程中,颗粒碎末被巨噬细胞吞噬,并被排出体外,而被清除了

色素颗粒的细胞,可在较完整的细胞框架的基础上,很快得到修复。不同的色素具有不同的最佳吸收波长,故选择正确的波长进行治疗,就可以在不影响正常组织结构的情况下有目的地摧毁病变组织。实验表明,就755nm、1064nm和532nm三种常用的波长而言,治疗绿色色斑和蓝色色斑用755nm波长效果较好,治疗红色色斑用532nm波长较好,而对黑色色斑来说,似乎没有什么区别。

## 3 近年来医用激光的发展

### 3.1 飞秒激光器的应用

传统的医用脉冲激光基本是脉宽在纳秒量级的。随着固体激光器锁模技术的提高,获得脉宽为几十飞秒的脉冲已经不是困难的事情。飞秒激光甚至可用于基因疗法,德国弗里德里克·希勒大学的科学家用它对老鼠的细胞进行试验。飞秒激光能用于切割易碎的聚合物,而不改变其重要的生物化学特性。美国加州圣地亚哥通用原子公司的佩里说:“使用超短脉冲激光切割金刚石,就像用刀切黄油一样。”生物医学专家已将它作为超精密外科手术刀,用于视力矫正手术,既能减少组织损伤又不会留下手术后遗症,甚至可对单个细胞动精密手术。美国加州一家公司去年售出了40台飞秒激光视力矫正系统,它们帮助完成了2万次手术。目前人们在研究如何将飞秒激光用于牙科治疗。有科学家发现,利用超短脉冲激光能去掉牙的一小块,而不影响周围的物质。人们期待着无痛、且可保护周围健康珐琅质的超短激光牙科术的出现。

### 3.2 半导体技术日益深入到激光医疗中

二十多年来,半导体激光器发展很快,其性能和价格比有了很大的提高,现在已经在一定程度上取代了传统的激光医疗光源,如二氧化碳激光器和Nd:YAG激光器等。半导体材料作为固体激光器被动锁模和调Q用的吸收体,如半导体可饱和吸收体(SESAM)和GaAs,也逐渐体现出其优越性。总的来说,半导体技术将

可以使未来的医用激光系统波长更加丰富, 体积大大减小, 可靠性得到提高, 应用领域得以大大拓宽。

图 1 是垂直外腔面发射激光器 (VECSEL) 倍频系统, 用它可以取代现有的氩离子激光器: 488nm, 不要倍频晶体时, 还可以实现 1.06 $\mu\text{m}$ 、1.55 $\mu\text{m}$  波长。它的光斑是圆的, 光束质量比一般的边发射半导体激光要好得多。图 2 是 VECSEL-SESAM 脉冲激光系统, 可以实现脉宽为 ns 或 ps 的脉冲激光。VECSEL 系统有一个很好的特点: 它的体积很小, 腔长不过 10cm, 可以方便地加在医疗系统中。现在也有了光纤耦合的 VECSEL

系统, 这种系统可以用来做一些内科手术。

图 3 是用 SESAM 进行调 Q 的微片 Er/Yb: glass 激光器, 整个腔长可以控制在 3cm ~ 5cm, 可以产生波长为 1.55 $\mu\text{m}$ 、脉宽为 ns 量级的脉冲激光。

### 3.3 应用领域的拓展

随着医学和生物学的发展, 医用激光的应用领域也大大扩大。人类基因组草图的基本完成, 人类基因组研究计划由此进入后基因组时代, 研究的重点将由发现新基因转向发现基因功能、疾病与基因的表达关系等领域。完成这些工作的 DNA 自动分析仪是采用毛细管电泳、

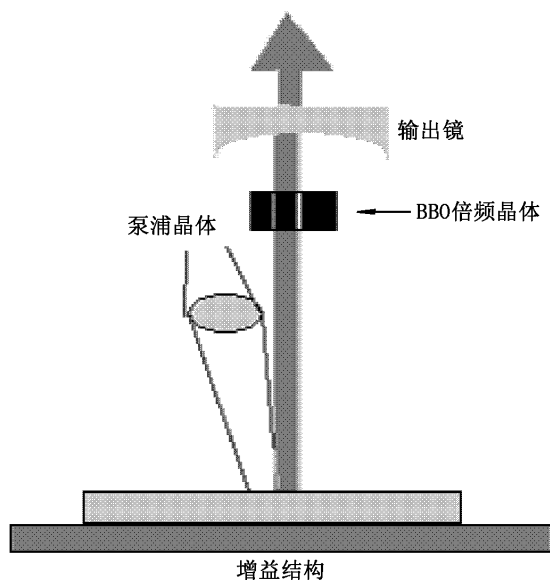


图 1 倍频系统

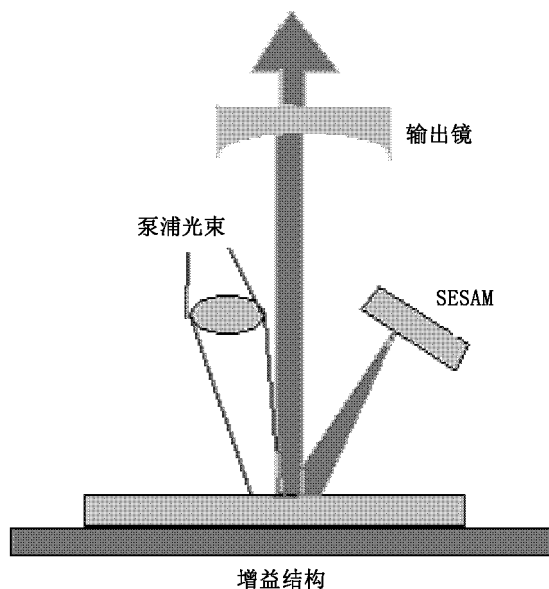


图 2 VECSEL-SESAM 脉冲激光系统

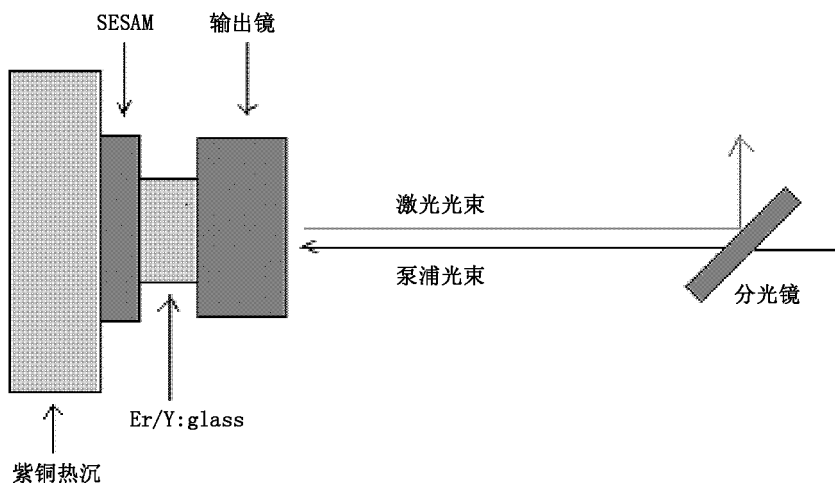


图 3 微片 Er/Yb: glass 激光器用 SESAM 进行调 Q

四色荧光标记和激光扫描分析的基本原理进行 DNA 测序分析。在测序仪内，每个 DNA 片段都快速通过一根内径极小的毛细管，通过时接受激光照射，测序仪就能够自动识别每个 DNA 片段所代表的碱基序列。通过如此大量反复实验，最终可获得一段段碱基链。DNA 自动分析仪目前常用的激光光源是氩离子激光光源，激发波长为 488nm 和 514.5nm。

医用激光的另一个巨大应用领域是激光代替传统光源作为显微镜的光源。除了固体激光器外，近几年发展起来的垂直外腔半导体激光

器 (VECSEL) 由于具有光束质量良好、功率大、体积小等优点，很快就形成了产品。另外还有飞秒激光器，由于它的分辨本领高，且对组织破坏性小，是潜在的未来医学和生物显微镜的光源。

**参考文献**

- [1] 罗乐 等，激光止血作用的分析与研究，应用激光. 2001(21) 6.
- [2] 王克玉，李春阳，郭淑兰. Q 开关 Nd:YAG 激光脱毛效果的动物实验研究，应用激光. 2000(20) 3.
- [3] 刘新，李胜利，陈家骅，金泰义. 半导体激光疼痛治疗的研究，应用激光. 1997(17) 4.

**国外专利介绍**

**无像元红外成像器件的微制备方法**

美国专利 US6576490

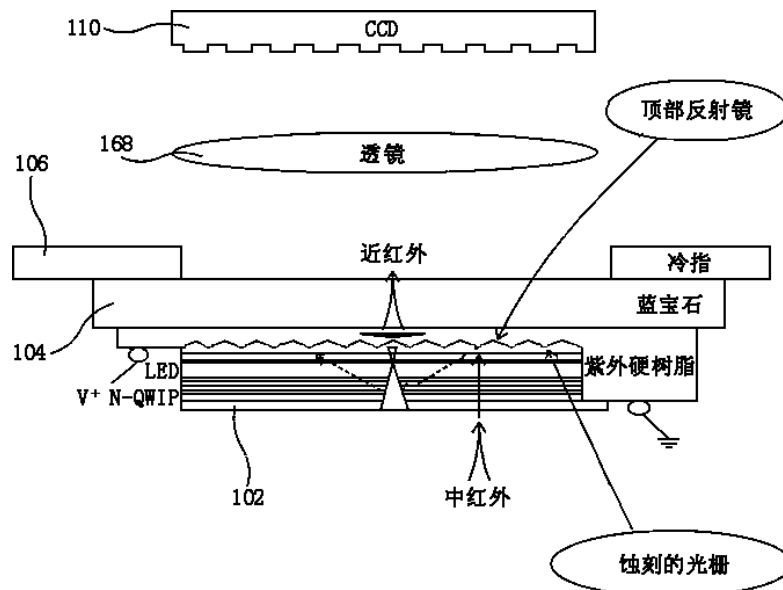
(2003 年 6 月 10 日公布)

本发明提供一种用于微制备无像元热成像器件的方法。用这种微制备方法制备的无像元热成像器件，可以将敏感到的一幅二维中 / 远红外图像上转换成一幅处于近红外 ~ 可见光谱区的二维图像。构成一块量子阱红外光电探测器 - 发光二极管 (QWIP-LED) 集成晶片

的许多膜层，是通过晶体学方法生长在第一块衬底的一个表面上的。这些膜层包括蚀刻阻挡层、底部接触层、QWIP 层、LED 层以及顶部接触层。在 QWIP-LED 晶片的顶部，有一个诸如衍射光栅之类的光耦合器，这是用来将一部分入射中 / 远红外光接入不同模式的。在后面的加工步骤中，需要将第一块衬底和蚀刻阻挡层去除。

通过改变制作步骤、省略一些步骤或者使用不同的材料，可以制作各种不同的热成像器件。因此，人们可以用同一台制造设备生产各种各样的成像器件，这样，制作成本便可大大降低。

本专利文献共 27 页，其中 17 页是插图。



高 编译