

人血管对 He-Ne 激光的吸收系数和散射相函数的研究

魏华江^a 李晓原^b 巫国勇^c 刘小星^b 魏冬季^b

(^a 广东药学院物理教研室, 广州, 510224) (^b 中山医科大学激光医学研究室, 广州, 510089)

(^c 中山医科大学第一附属医院心胸外科, 广州, 510080)

摘要: 运用光生物学、基础医学以及物理学的基本理论, 探讨了人血管组织的激光传播特性, 定量测定了人血管组织的激光传输参量。采用标准积分球测量了人血管组织样品在 632.8nm He-Ne 激光照射下的透射比 T 和反射比 R , 推算吸收比 A 。并把分光仪改装为光散射测量装置, 测量了 632.8nm He-Ne 激光照射下, $-90^\circ \sim 90^\circ$ 散射角范围内的散射相函数 $S(\theta)$, 计算散射余弦平均值 $\bar{\mu}$ 。结果表明: 人血管组织受小功率($P = 20\text{mW}$) 632.8nm He-Ne 激光照射时, 光强衰减符合指数衰减规律, 人血管组织对激光有较弱的前向散射。

关键词: He-Ne 激光 吸收系数 血管 散射相函数

Transmittance absorption coefficients and scattering phase functions of human artery and vein for He-Ne laser

Wei Huajiang^a, Li Xiaoyuan^b, Wu Guoyong^c, Liu Xiaoxing^b, Wei Dongji^b

(^a Dept. of Physics, Guangdong College of Pharmacy, Guangzhou, 510224)

(^b Dept. of Laser Medicine, Sun Yat-sen University of Medical Sciences, Guangzhou, 510089)

(^c First Affiliated Hospital, Sun Yat-sen University of Medical Sciences, Guangzhou, 510080)

Abstract: The paper present an investigation on the characteristic of laser light transporting in human artery and vein with the aid of the primary theories of photobiology, elementary medical science and physics. Diffuse reflectance R and transmittance T of human artery and vein samples is measured by a standard integrating spheres system, using He-Ne laser in 632.8nm wavelength and the absorbance A was deduced. The scattering phase function $S(\theta)$ is obtained by the experimental arrangement repacked from a spectroscope at angles from -90° to 90° for human artery and vein samples in 632.8nm wavelength and the mean cosines of scatter $\bar{\mu}$ was calculated. The results show that the attenuation of the transmitted light intensity with sample thickness satisfy exponential attenuation by low power ($P < 20\text{mW}$) laser radiation for human artery and vein and scattering of light in human artery and vein is highly converse peaked.

Key words: He-Ne laser absorption coefficient artery and vein scattering phase function

引 言

近年来, 激光在心血管疾病中的应用越来越受到人们的重视^[1], 出现许多新的技术, 如激光血管吻合术、激光血管形成术、激光血管内照射方法等。因此, 充分了解血管组织对激光的反射、透射、散射和吸收等光学特性对于激光的有效治疗有重要的意义。而目前有关生物组织光学性质的研究主要以皮肤的光学性质研究较多^[2~4]。有关血管组织的光学性质则研究不多, 国内尚未见研究报道。为此, 笔者采用两个标准积分球系统对新鲜离体人动脉和静脉对 632.8nm 波长的 He-Ne 激光的光学性质进行了测量和分析。

1 实验装置、材料及方法

1.1 激光光源

He-Ne 激光器参数见表 1。

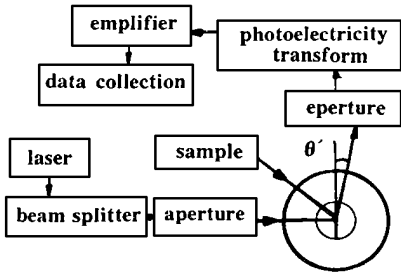


Fig. 1 Sketch map of measuring equipment

1.2 实验装置

1.2 实验装置

实验装置由激光器、光阑、两个积分球及漫反射测定仪组成。实验用一积分球收集动脉、静脉样本表面所有的漫反射光线,用另一积分球收集所有透射光线。测量光路如图 1 所示。

1.3 标本制备

实验采用新鲜离体人肺动脉和胃大网膜静脉,剥去外侧的脂肪组织,将血管沿轴向切开,用生理盐水冲洗后将标本用特制的标本固定片平展于二积分球之间后用于测量。

1.4 测量方法

漫反射率采用置换法测量^[4]。即先测量漫反射标准板的反射值 K_p ,再测量样品的漫反射值 K_s ,最后由公式 $R = (K_s / K_p) \rho$ 计算漫反射率。其中 ρ 为相应波长对应的漫反射标准板的反射率。透射率则由公式 $T = I_s / I_0$ 计算,其中 I_s 为通过标本的透射量, I_0 为总透射量。

由能量守恒定律可得,吸收率可用公式 $A = 1 - R - T$ 计算。有些实验表明光通过生物组织时,光强是按指数规律衰减,据朗伯-比尔定律: $T = (1 - R)e^{-\mu d}$,可算出吸收系数 μ ,其中 d 为样品厚度。

散射特性的测量^[5,6],即测量人动脉、静脉样品对 632.8nm 激光在 $0 \sim 180^\circ$ 范围内的光强分布,即散射相函数 $S(\theta)$,并用公式

$$\bar{\mu} = \int_{-1}^1 S(\theta) \cos\theta d(\cos\theta) \quad (1)$$

计算人动脉、静脉样品对 632.8nm 波长的 He-Ne 激光的散射余弦平均值 $\bar{\mu}$,式中的 θ 与图 1 中的 θ' 的关系是: $\theta = 90^\circ - \theta'$ 。

2 结果

2.1 漫反射、透射和吸收

采用 632.8nm 波长的 He-Ne

激光照射人动脉和静脉,测定了漫反射比 R 和透射比 T ,并推算出吸收比 A ,得出动脉和静脉对波长为 632.8nm 的 He-Ne 激光的漫反射比有明显的差别 ($P < 0.01$),其相应波长的透射比也有明显不同 ($P < 0.01$)。由测量结果并按上述方法分别计算动脉和静脉的吸收系数(动脉和静脉的平均厚度分别测得为 $0.270\text{mm} \pm 0.016\text{mm}$ 和 $0.100\text{mm} \pm 0.012\text{mm}$)。结果如表 2 所示。可见,动、静脉对 He-Ne 激光的吸收也有明显不同。

2.2 散射特性

实验测得人动、静脉样品在 632.8nm 的 He-Ne 激光照射下,散射角 θ 在 $-90^\circ \sim 90^\circ$ 范围内的散射相函数 $S(\theta)$, θ' 在 $0 \sim 60^\circ$ 之间每 10° 测 1 个点, θ' 在 $60^\circ \sim 70^\circ$ 之间每 5° 测 1 个点, θ' 在 $70^\circ \sim 74^\circ$ 之间每 2° 测 1 个点, θ' 在 $74^\circ \sim 112^\circ$ 之间每 1° 测 1 个点, θ' 在 $112^\circ \sim 122^\circ$ 之间每 5° 测

Table 1 Laser parameters for the measurement

wavelength λ (nm)	power P (mW)	facula diameter D (mm)	power density Φ (mW/cm ²)
632.8	2.0	2	19.9

Table 2 Absorption coefficient of human artery and vein for He-Ne laser

wavelength λ (nm)	absorption coefficient of human artery α_a (cm ⁻¹)	absorption coefficient of human vein α_v (cm ⁻¹)
632.8	24.47	10.58

1 个点, θ' 在 $122^\circ \sim 180^\circ$ 之间每 10° 测 1 个点, 测量出的数据用电子计算机在 PW IN98 下调用 EXCEL 8.0 的计算功能进行分析处理及作图功能自动制作出图 2, 图 3。并用

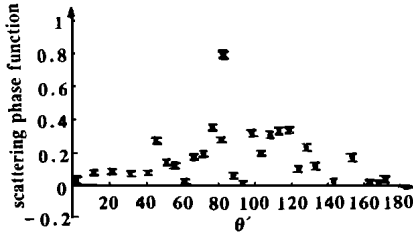


Fig. 2 Scattering phase function of human artery with θ'

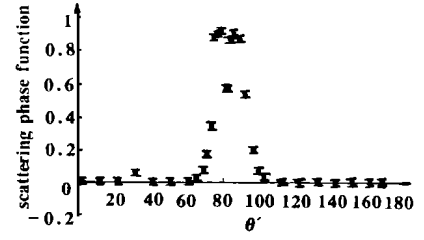


Fig. 3 Scattering phase function of human vein with θ'

(1) 式计算人动脉、静脉样

品对 632.8nm 波长的 He-Ne 激光的散射余弦平均值 $\bar{\mu}$, 其结果如表 3 所示。

Table 3 The mean cosines of scatter $\bar{\mu}$ of human artery and vein for He-Ne laser

wavelength λ (nm)	the mean cosines of scatter $\bar{\mu}$ of human artery $\bar{\mu}_a$	the mean cosines of scatter $\bar{\mu}$ of human vein $\bar{\mu}_v$
632.8	0.2102	0.1015

3 讨 论

由表 2 可见, 人动脉和静脉对 He-Ne 激光的吸收有明显不同, 人肺动脉组织对 He-Ne 激光的吸收明显比人胃大网膜静脉组织要大,

换言之, 即 He-Ne 激光对人胃大网膜静脉的穿透深度明显比人肺动脉组织的要大, 这主要是由于肺动脉和胃大网膜静脉组织的结构及组成成分不同所致。由表 3 可见, 肺动脉和胃大网膜静脉组织在 632.8nm 波长的 He-Ne 激光照射下, 其散射余弦平均值 $\bar{\mu}_a$ 和 $\bar{\mu}_v$ 明显不同, 表明人肺动脉和胃大网膜静脉组织对 632.8nm 波长的 He-Ne 激光的散射特性有明显差异。由此可见, 人肺动脉和胃大网膜静脉组织的构成及组成成分有明显差异。从表 3 也可看出, 人肺动脉和胃大网膜静脉组织对 632.8nm 波长的 He-Ne 激光有较强的反向散射 ($\bar{\mu}_a < 0.5$, $\bar{\mu}_v < 0.5$), 且胃大网膜静脉组织对 632.8nm 的 He-Ne 激光的反向散射较肺动脉组织的要强, 其相应的散射相函数有着明显的区别。

生物组织对激光的吸收、漫反射、透射、散射等光学性质是激光临床应用的基础。不同的生物组织由于其构成的成分及结构上的不同, 其光学性质也不同。其表现为各光学参数的不同。目前, 我国临床上进行激光的血管内照射治疗, 大多采用 He-Ne 激光器输出的 632.8nm 激光^[7], 即红色光作为光疗的治疗。该研究近几年在国际上得到迅速的发展^[8], 在我国也有一定的应用。其治疗方法是将 He-Ne 激光通过光纤长时间导入血管内进行照射, 这是一种有损伤的治疗方法, 它不仅使患者痛苦, 而且存在着交叉感染的机会。为了避免光纤刺入血管内, 达到无损伤光疗, 有人提出一种无损伤的激光治疗方法, 就是用激光直接照射, 首先激光必须能通过皮肤、皮肤下软组织和血管等组织才能达到血液中。因此, 探讨人的皮肤浅表组织、角质层、血管和血液等组织的光学性质, 对激光的临床应用具有十分重要的意义^[9]。

参 考 文 献

- 1 Faight W E, Lawrence P F. Surgery Clinics in North America, 1992; 72(3): 681
- 2 唐建民, 傅昌余. 中国激光, 1987; 14(7): 440
- 3 Graaff R, Dassel A C M, Koelink M H *et al.* Appl Opt, 1993; 32(4): 435
- 4 高光煌, 张桂素, 陈宗礼 *et al.* 中国激光, 1985; 12(12): 732

激光-感应复合加热制备纳米 Al 粉的工艺研究*

胡军辉 吴 润 夏 辉 王爱华 谢长生
(华中科技大学材料科学与工程学院, 武汉, 430074)

摘要: 采用激光-感应复合加热蒸发法, 在不同的激光功率下制备了纳米 Al 粉。对激光功率与粉末产率和粉末粒度之间的关系进行了讨论。

关键词: 激光 高频感应 纳米粉末 激光功率 气压

The study of synthesizing Al nanoparticles with a method combining laser and high frequency induction heating

Hu Junhui, Wu Run, Xia Hui, Wang Aihua, Xie Changsheng
(Department of Materials Science & Engineering, HUST, Wuhan, 430074)

Abstract: Using the method of laser-induction vaporization, we got Al nanoparticles with F. C. C structure under different laser power. The relationships between laser power and the output or size of nanoparticles are discussed.

Key words: laser high frequency induction nanoparticle laser power gas pressure

引 言

纳米 Al 粉作为一种优秀的助燃剂和助烧剂受到了广泛的注意。然而, 目前用一般的加热方法难以使纳米 Al 粉达到较高的产率。此外, 纳米 Al 粉的各种性能与粉末的粒度分布关系密切, 控制粉末粒度成为改善粉末性能的关键。因此, 研究激光-感应复合加热蒸发法这样一种较为新颖的方法的工艺参数与粉末产率及粒度之间的关系有着明显的实际意义。激光-感应复合加热蒸发法的原理在于: 用高频感应将金属加热熔化并达到较高温度, 从而使金属对激光的吸收率大为提高, 有利于充分发挥激光的作用; 再引入激光则可以使金属迅速蒸发, 并产生很大的温度与压力梯度, 不仅粉末产率较高, 而且易于控制粉末粒度。

* 华中科技大学人才基金资助。

- 5 Flock S T, Wilson B C, Patterson M S. Medical Physics, 1987; 14(5): 835~ 841
- 6 Marchesini R, Bertoni A, Andreola S *et al.* Appl Opt, 1989; 28(12): 2328~ 2324
- 7 徐 清, 成柏华, 朱雅芬 *et al.* 激光生物学, 1996; 5: 817
- 8 刘筑闻. 激光生物学, 1996; 5: 849
- 9 孟继武, 任新光. 中国激光医学杂志, 1998; 7(3): 178~ 179

作者简介: 魏华江, 男, 1961 年 5 月出生。副教授。现从事医药物理学教学及激光生物医学的研究。