

激光及其在 印刷工业上的应用

张 纯 张实践 编著

印刷工业出版社

1131989

TS8-39
95-5

激光及其在印刷工业上的应用

张 纯 张实践 编著

印刷工业出版社

(京)新登字 009 号

DA16/01

内 容 提 要

本书内容分为二大部分:第一部分主要讲述印刷工业常用激光器及其维护和安全防护。第二部分主要讲述激光在印刷工业上的应用。

本书可作为印刷职工的技术普及读物,还可供高、中等专业学校师生、印刷科研单位以及有关科技人员阅读。

图书在版编目(CIP)数据

激光及其在印刷工业上的应用/张纯,张实践编. -

北京:印刷工业出版社,1995.4

ISBN 7-80000-186-5

I. 激… II. ①张… ②张… III. 激光技术-应用-印刷工业 N. TS8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(95)第 00312 号

印刷工业出版社出版发行

北京复外翠微路 2 号 邮编 100036

北京振华印刷厂印刷

全国各地新华书店经售

*

850×1168 mm 1/32 印张:11.5 字数:290 千字

1995 年 5 月 第一版第一次印刷

印数:2000 定价:18.00 元

ISBN 7-80000-186-5/TS·136

前 言

激光是以原子物理、量子理论、光学技术和电子技术为基础的一门新兴学科和重要的高科技。自 20 世纪 60 年代初出现以来,激光就受到世界各国的重视,并迅速发展和广泛应用。全世界印刷工业同其他行业一样也积极采用这项新的科学技术。特别是 70 年代以来,应用的范围日趋广泛。我国对这项科学技术也很重视。

为了普及激光知识,适应国家“四化”建设的需要,适应印刷工作的需要,我们本着爱国、先进、实用和通俗八个字的指导思想编写这本实用的科普读物。在内容上重点介绍激光在印刷工业上的应用,目前国内外印刷工业常用的激光器的工作原理、结构、工作特性,以及激光器的日常维护和安全防护知识。除了介绍国外的先进技术和设备外,还介绍了我国科技人员和职工克服困难研制出的国产的先进设备及设备的正确使用、调整、维护和在工作中常遇到的故障现象、发生故障的原因及排除故障的方法,尽量做到实用。在理论叙述上深入浅出,通俗易懂。凡具有中学文化程度的人都可以阅读。

本书得到了华中理工大学徐启扬副教授的大力帮助,在此表示感谢。

本书取材是否适当,编写是否合理,以及书中的错误和不当之处,热切地希望读者予以指正。

编 者

1991 年 5 月

目 录

第一章 印刷工业常用激光器	(1)
第一节 激光器及其种类	(1)
第二节 氦氖激光器	(3)
一、工作原理	(4)
二、器件结构	(6)
三、工作特性	(11)
第三节 二氧化碳激光器	(14)
一、工作原理	(14)
二、器件结构	(17)
三、工作特性	(21)
第四节 风冷式氩离子激光器	(24)
一、工作原理	(25)
二、器件结构	(30)
三、工作特性	(36)
第五节 氦离子激光器	(38)
第六节 氦镭离子激光器	(39)
一、工作原理	(39)
二、器件结构	(40)
三、工作特性	(42)
第七节 掺钕钇铝石榴石激光器	(44)
一、工作原理	(45)
二、器件结构	(45)
三、工作特性	(51)
第八节 半导体激光器	(52)

一、工作原理	(54)
二、器件结构	(60)
三、工作特性	(62)
第二章 激光在制版方面的应用	(66)
第一节 概述	(66)
第二节 激光雕刻凸版和凹版	(66)
一、激光雕刻的基本原理	(66)
二、激光雕刻印版的优点	(68)
三、激光雕刻机的实例	(71)
第三节 激光直接制版的 PS 版	(77)
一、激光直接制版	(77)
二、PS 版概述	(78)
三、激光直接制版的 PS 版	(81)
第四节 激光直接制版的银盐数字成象版材	(93)
一、结构和制版原理	(94)
二、制版的步骤和方法	(95)
三、种类和优点	(96)
四、我国研制的银盐数字成象版材	(99)
五、发展情况	(101)
第五节 激光直接制版的非银盐数字成象版材	(102)
第六节 激光直接制版系统实例	(103)
一、制作凸版的激光直接制版系统	(103)
二、制作平版的激光直接制版系统	(107)
第三章 激光在电子分色机方面的应用	(112)
第一节 概述	(112)
一、激光光源的选择	(112)
二、激光光束的选择	(115)
三、激光扫描片的选择	(117)
第二节 滚筒式机械扫描电子分色机	(118)

一、SG-701 电子分色机的激光记录系统	(118)
二、M645IE 电子分色机的激光记录系统	(122)
三、DC-300B 电子分色机的激光记录系统	(134)
四、SG-708 电子分色机的激光记录系统	(143)
五、其他电子分色机的激光记录系统	(151)
第三节 CCD 平台式扫描电子分色机	(157)
一、CCD 简介	(158)
二、单色 CCD 平台式电子分色机的激光记录系统	(159)
三、彩色 CCD 平台式电子分色机的激光记录系统	(162)
第四章 激光在照相排字机方面的应用	(164)
第一节 概述	(164)
第二节 “蒙纳”中文激光照排机的激光系统	(164)
一、结构	(165)
二、工作原理	(173)
三、激光系统的调整	(174)
四、故障和排除的方法	(174)
第三节 DJP- I 型激光照排机的激光系统	(175)
一、结构	(175)
二、工作原理	(179)
三、激光系统的调整	(181)
四、故障和排除的方法	(183)
第四节 JHZ- I 型激光照排机的激光系统	(184)
一、结构	(185)
二、工作原理	(186)
三、激光系统的调整	(187)
四、故障和排除方法	(188)
第五节 乌尔垂激光照排机的激光系统	(188)

一、结构	(189)
二、工作原理	(189)
第六节 全息照相存储法	(190)
一、利用全息照相存储法的照相排字系统	(191)
二、利用全息透镜的照相排字系统	(192)
第五章 激光在印字机方面的应用	(194)
第一节 概述	(194)
第二节 气体激光器作记录光源的激光印字机	(197)
一、JY-22 型激光印字机	(197)
二、其他激光印字机	(206)
第三节 采用半导体激光器作记录光源的激光印字机	(214)
一、佳能 LBP-10 型激光印字机	(214)
二、惠普 HP-Laser Jet 型激光印字机	(218)
第四节 彩色激光印字机	(220)
一、激光系统的结构	(221)
二、激光系统的工作原理	(221)
第六章 激光在全息图象印刷方面的应用	(223)
第一节 概述	(223)
第二节 全息照相原理和全息照片	(224)
一、全息照相原理和方法	(224)
二、全息照相的特点	(228)
三、全息照相术和全息照(图)片的种类	(229)
第三节 激光器的调整	(232)
一、横模的选择和调整	(232)
二、纵模的选择和调整	(235)
三、降低噪声	(237)
第四节 感光材料和照相技术	(237)

一、感光材料	(237)
二、显影和定影	(246)
第五节 全息照相的装置和部件	(247)
一、全息台和暗室	(247)
二、光学元件	(250)
三、其他部件	(251)
第六节 全息照片的拍摄、制作和再现	(252)
一、菲涅耳和夫琅和费全息照相术	(252)
二、二维物体的全息照相	(253)
三、三维物体的全息照相	(260)
四、模压彩虹全息图片	(263)
五、其他复制全息图片的方法	(276)
六、其他全息照片	(277)
第七章 激光在电子出版方面的应用	(284)
第一节 概述	(284)
第二节 光存技术的发展	(285)
第三节 激光光盘采用的激光器	(292)
第四节 激光光盘的结构和种类	(294)
一、单层薄膜激光光盘	(294)
二、多层薄膜激光光盘	(296)
三、激光光盘的种类	(297)
第五节 激光光盘的写/读工作原理	(298)
一、不可擦除式光盘	(298)
二、可擦除式光盘	(302)
第六节 激光光盘的制作	(305)
一、激光光头的光学系统结构	(305)
二、激光光盘的制作工艺	(308)
第七节 激光光盘的特点	(314)
第八节 激光在台式出版方面的应用	(316)

一、采用气体激光器作记录曝光光源的图象拼配装置	(316)
二、采用半导体激光器作记录曝光光源的图象拼配装置	(320)
第九节 激光在“电子出版系统”上的应用	(321)
第八章 激光在印刷工业上其他方面的应用	(324)
第一节 对润湿液进行测量和控制	(324)
一、结构	(325)
二、工作原理	(326)
第二节 对印刷纸张计数	(326)
第三节 对油墨进行干燥	(327)
第四节 激光在条形码方面的应用	(328)
一、什么叫条形码	(328)
二、条形码的结构	(328)
三、条形码的工作原理	(330)
四、条形码的印刷	(330)
五、条形码的特点和用途	(331)
六、激光在条形码方面的应用	(331)
第九章 激光器的维护和安全防护	(334)
第一节 激光器的维护	(334)
一、清洗输出反射镜	(335)
二、清洗全反射镜	(336)
三、清洗棱镜	(336)
四、清洗布儒斯特窗	(337)
第二节 激光的安全防护	(337)
一、激光的生物效应	(338)
二、激光对眼睛、皮肤、神经系统和内脏的伤害	(340)
三、激光器的分类	(351)
四、激光辐射危害的控制和防护措施	(353)

第一章 印刷工业常用激光器

第一节 激光器及其种类

从光学上讲,凡是能够发光的物体都叫光源。激光器是一种产生具有独特性质的激光的光源。它能够发射出可见光、紫外线和红外线;能够连续地或脉冲地发光;能够发射小功率的激光也能够发射大功率的激光。因此,激光器是一种很有用的光源。

激光器的种类,可以按激活介质(或工作物质)和工作方式来划分。按照前者划分,它可以分为固体、气体、液体和半导体激光器。按照后者划分,它可以分为连续和脉冲激光器。

固体激光器的激活介质有两类。第一类是晶体,例如,红宝石、掺钕钇铝石榴石和掺钕铝酸钇等。第二类是玻璃,例如,钕玻璃。晶体和玻璃在固体激光器中是基质,如要作为激光器的激活介质,还必须掺杂少量的激活离子稀土元素或者其他元素。激光晶体分为金属氧化物、氟化物和各种盐类晶体。激光玻璃分为硅酸盐、硼硅酸盐、磷酸盐和氟化物等玻璃。在激光器中这些激活介质用作光泵器件。它可以把强的闪光灯或者稳定的白炽灯发射出来的一部分光转变为相干光。固体激光器的特点是输出功率很高,可以做得很小,很坚固。缺点是发射出来的激光的相干性和频率不如气体激光器的稳定。常用的固体激光器有红宝石激光器,掺钕钇铝石榴石激光器(简称为 YAG 激光器)和掺钕玻璃激光器(简称钕玻璃激光器)等。其中掺钕钇铝石榴石激光器在印刷工业上用得比较多。

气体激光器的激活介质是气体状态的原子、分子和离子。因此,气体激光器可以细分为原子气体激光器、分子气体激光器和离子气体激光器等三种。用作原子气体激光器的激活介质是惰性气

体原子(如氮、氖、氩、氪、氙等)、某些金属原子(如铜、铅、锰、铯、锌、镉、锡、汞等)蒸汽、卤素(如氯、碘、溴等)气体或者蒸汽以及其它一些元素(如氮、硫、碳、氧等)气体或者蒸汽。用作分子气体激光器的激活介质,一般都是双原子分子和三原子分子(如一氧化碳 CO, 氮气 N_2 , 氧气 O_2 , 水蒸气 H_2O , 二氧化碳 CO_2 和氧化二氮 N_2O 等)。用作离子气体激光器的激活介质是惰性气体的离子、分子气体的离子和金属蒸汽的离子(如氩、氖、氙、镉和汞等离子)。在气体激光器中,除了一种工作气体外,一般还要加入些辅助气体。如各种惰性气体和氧、氮、水蒸气及空气等,与工作气体混合,提高激光器的输出功率和延长工作寿命。气体激光器是通过气体放电的方法,把电子和原子之间的碰撞转变为相干光。其特点是激光的相干性很高,输出的频率稳定,并且容易制成连续工作的器件。气体激光器在印刷工业上用得比较多的是氮氛激光器和风冷式氩离子激光器。其次,是氪离子激光器、氦镉激光器和二氧化碳激光器等。

液体激光器分螯合物激光器、无机液体激光器和有机染料激光器等三种。螯合物激光器的激活介质,一般是由稀土离子和某些笼状分子结构的有机集团(如三苯酰丙酮)构成的。无机液体激光器的激活介质是掺钕离子的氧氯化硒和四氯化锡($Nd^{3+}; SeOCl_2 + SnCl_4$)以及掺钕离子的三氯氧磷($Nd^{3+}; POCl_3$)等。有机染料激光器的激活介质有碳花青、若丹明和香豆素等。在激光器中,这些激活介质可以用强的闪光灯或巨脉冲激光器来激发产生激光。液体激光器的特点是不破裂、效率不会下降,价格便宜,制造简单,波长可以连续调节。缺点是热膨胀系数较大,折射率随温度的变化较显著。有些液体激活介质有毒性和腐蚀性。液体激光器目前还处在发展阶段,其中用得比较多的是有机染料激光器。

半导体激光器的激活介质有砷化镓,锑化铟,硫化镉,碲化镉,硒化铅,碲化铅,铝镓砷和铟磷砷等。激励的方法有 P-N 结注入式、电子束激发、光激发和雪崩式击穿等。它是把电流直接地转变

为相干光。半导体激光器的特点是体积小,重量轻,结构简单。可以直接用电源调制,效率高。缺点是受温度的影响比较大,发射角比较大、输出功率比较小。由于半导体激光器具有很多优点,近年来发展很快。已在工、农业生产、国防和科学研究等许多方面得到应用,目前在印刷工业上也应用得很多。

激光器发射出来的激光波长已有几千种,其中最长的波长为4mm,已和微波波谱衔接,最短的波长为 $0.021\mu\text{m}$,已达到远紫外区。

按照激光器的工作方式来划分,可以分为连续激光器和脉冲激光器。前者是激发能源连续地供给激光器功率,因而输出的功率是连续的。后者是激发能源断续地供给激光器功率,因而输出的功率是脉冲的。脉冲激光器可以按脉冲时间长短来分类。如脉冲的持续时间为ms级的称为脉冲激光器。如脉冲的时间为毫微秒(ns)级的称为巨脉冲激光器(又称为Q突变激光器)。如脉冲的持续时间为微微秒(ps)级的称为超短脉冲激光器(或称锁模激光器)。印刷工业上应用的激光器主要是连续激光器。目前印刷工业上常用的激光器主要是氦氖激光器、风冷式氩离子激光器和半导体激光器。其次是氮镉激光器和掺钕钇铝石榴石激光器、 CO_2 激光器和氦离子激光器等。

第二节 氦氖激光器

氦氖激光器是1961年第一个制造成功的气体激光器。它用的激活介质是氦和氖的混合气体。其中氦的气压为 133.322Pa ,氖为 13.322Pa 。氦气起产生激光的媒介和增加激光输出功率的作用,氖气才起产生激光的作用。氦氖激光器在可见光区和红外区可以产生多种波长的激光谱线,其中主要的有 $0.6328\mu\text{m}$ 的红光和 $1.15\mu\text{m}$ 及 $3.39\mu\text{m}$ 的红外光。 $0.6328\mu\text{m}$ 氦氖激光器的最大输出功率已达到1W;寿命已从几百小时提高到1万小时以上。它是采

用调节放电电流功率的办法来稳定控制系统的。到目前为止,可以达到在 30s 内 0.005% 和 10 分钟内 0.015% 的功率稳定度(又称输出稳定度);发射角为 0.5mrad;频率稳定性可以达到 5×10^{-15} , 重复数可达到 3×10^{-14} Hz(3.39 μ m 激光)。到目前为止,最小的氦氖激光器的长度为 5cm,直径为 0.05cm。

氦氖激光器有非常好的方向性,光束发射角接近衍射极限,相干性也很好。特别是 0.6328 μ m 波长的激光有非常好的空间相干性。其波前接近理想的平面波或者球面波。把 0.6328 μ m 激光照射到纸和光屏一类物体上时,其光斑好象是由大量的亮点组成。当眼睛稍稍移动位置,这些亮点又好象在闪烁。

氦氖激光器结构简单、寿命长、小巧价廉、频率稳定。在印刷工业的电子分色机、激光照排机、激光制版机、全息照片制作和激光印字机,以及计算技术、准直导向、自动控制等方面用得比较多。例如“华光”IV 型计算机激光汉字编辑排版系统中使用的 JY-22 型激光印字机的光源就是氦氖激光器。其输出波长为 0.6328 μ m,空间模式为 TEM₀₀ 模,发射角为 1.5~2mrad,输出功率为 0.7~3mW,功率稳定度为 $\pm 5\%$,寿命大于 8000hr,外形尺寸为 ($\varnothing 38 \sim \varnothing 40$) $\times 250$ mm,采用的是全内腔式平凹腔。缺点是效率很低,即激光的输出功率和输入功率的比值很小,约为千分之一。

一、工作原理

图 1-1 是氦原子和氖原子的能级图。图中的 1^1S_0 、 2^1S_0 、 2^3S_1 、 $1S$ 、 $2S$ 、 $3S$ 、 $2P$ 、 $3P$ 等都是代表能级的符号,称为能级符号。其中 1^1S_0 是氦原子和氖原子的基能级,其电子组态分别为 $1S^2$ 和 $2S^22P^6$ (简写为 $2P^6$)。氖原子的 $1S$ 、 $2S$ 和 $3S$ 能级(其电子组态分别为 $2P^53S$ 、 $2P^54S$ 、 $2P^55S$)并不是一个能级,而是各有 4 个能级组成的小组。 $2P$ 和 $3P$ 能级(其电子组态分别为 $2P^53P$ 、 $2P^54P$)是各有 10 个能级组成的小组。图中的箭头指出各能级之间的跃迁情况。

当在放电管中通以适当的电流(例如电压为 2000V,电流为几

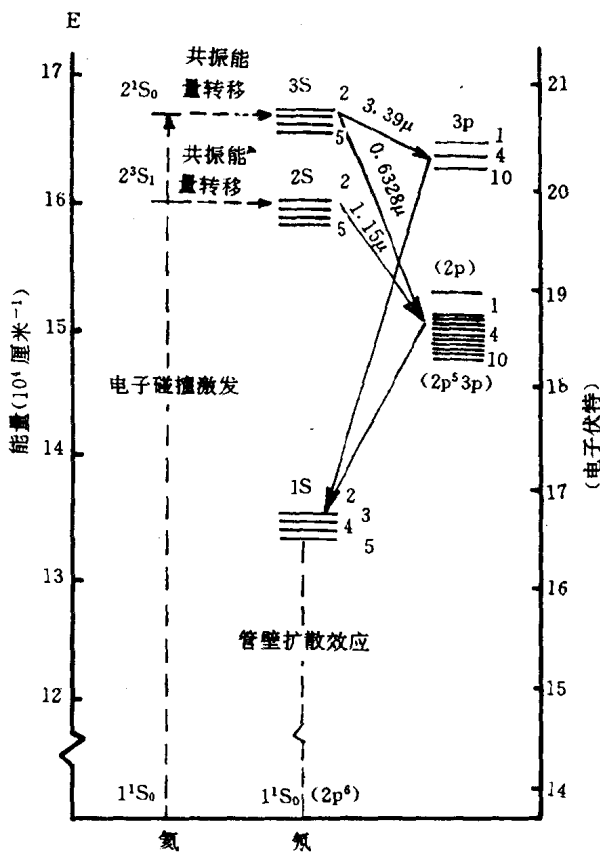


图 1-1 氮原子和氩原子能级图

十 mA 的直流电)时,放电管中的电子就会和氮原子发生碰撞,把它从最小能量的基态激发到能量较大的激发态上。也就是说,把氮原子从基能级 1^1S_0 激发到激发能级 2^1S_0 和 2^3S_1 上。而氮原子处在激发能级 2^1S_0 和 2^3S_1 的时间颇长,如用光谱学的术语来说,它们的寿命颇长。如果在这时,处于能态 2^1S_0 和 2^3S_1 的氮原子与处于基能级 1^1S_0 的氩原子发生碰撞,氮原子就会把它们能量传递给氩原子,使氩原子处于激发能级 $2S, 3S, 2P$ 和 $3P$ 等上,氮原子跃迁回基能级 1^1S_0 。因为氮原子的 2^1S_0 和 2^3S_1 能级与氩原子的 $3S$

和 2S 能级很接近,相差只有 0.15 电子伏特(eV),符合能量共振转移的条件。因此,两者之间把能量进行传递。图中的虚线符号就表示这种能量的传递过程。而氦原子中的 2^1S_0 能级离氦原子的 2P 能级比较远,相差 0.7eV。所以从氦原子的 2^1S_0 能级转移能量到 2P 的机会很少,可以忽略不计。由于在放电中,这种碰撞的几率非常大,通过碰撞就有大量的氦原子处于激发能级 2S 和 3S 上,与此同时,氦原子处于能级 2P 和 3P 的数目则很少。3P 能级低于 3S 能级,2P 能级低于 2S 能级。所以在 3S 与 3P 之间,3S 与 2P 之间,2S 与 2P 之间,氦原子就形成粒子数反转(因 2P 能级的寿命比 1S 的短,所以在连续放电时,不能建立 2P 能级对 1S 能级的“粒子数反转”),这就具备了产生激光的基本条件。当氦原子从 3S 中的第 2 个能级跃迁到 3P 的第 4 个能级上时,在谐振腔中通过受激发射产生波长为 $3.39\mu\text{m}$ 的激光。同理,从 2S 第 2 能级跃迁到 2P 的第 4 能级,就产生波长为 $1.153\mu\text{m}$ 的激光。从 3S 的第 2 能级跃迁到 2P 的第 4 能级,就产生波长为 $0.6328\mu\text{m}$ 的激光。这后一个波长的激光是可见光中的红光。前两个波长的激光是近红外区域的辐射。根据反射镜的反射率适合于那一个波长的光,就输出那一个波长的激光来。

二、器件结构

氦氖激光器的结构大体上分为三大部分:放电管、谐振腔和激励电源。由于使用要求不同,结构形式也多种多样,但主要形式有三种(如图 1-2 所示):(1)为内腔式,即把放电管和谐振腔固定在一起;(2)为外腔式,即把放电管和谐振腔完全分开;(3)为半内腔式,即谐振腔的一个反射镜和放电管固定在一起,而另一个反射镜和放电管分开。内腔式的氦氖激光器由于结构紧凑,使用比较方便,因而被广泛应用。但对于一些特殊的应用(例如为了获得偏振的激光输出,或者在腔中需要插入别的元件等),则需要采用外腔式或半内腔式结构。

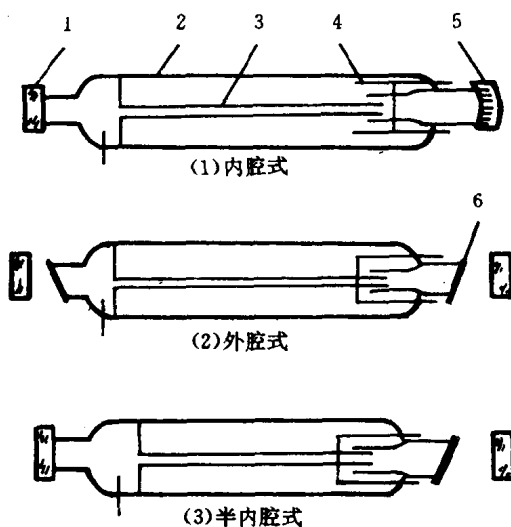


图 1-2 氮氛激光器结构示意图

1、5 谐振腔反射镜 2. 外套管 3. 放电管 4. 阴极 6. 布儒斯特窗

1. **放电管**。放电管是氮氛激光器的核心，其好坏直接影响激光器的输出特性和寿命。因此，放电管是制造氮氛激光器的关键部分。

对放电管的材料，要求要有很好的真空气密性、化学稳定性和电学绝缘性。同时热膨胀系数也要小，易于和某些作为电极引出线的金属（例如钨）封接。此外，还要求真空吸气和放气的速率小，容易加工以及有一定的机械强度等。目前比较常用的放电管材料是硬质硼硅玻璃和熔融玻璃（简称为熔石英）。

放电管中心是一根细长的厚壁毛细管，是产生激光增益的区域。毛细管的几何尺寸决定激光区的最大增益。根据实验结果，氮氛激光器的单程增益与毛细管的长度成正比，增益系数与毛细管的内径成反比，直径较细的放电管往往增益较高，但也不能选得太细。因为内径太小不仅给调节谐振腔带来麻烦，而且单程衍射损耗太大。最佳内径一般通过实验来选择，大体在 $0.8 \sim 8\text{mm}$ 之间。