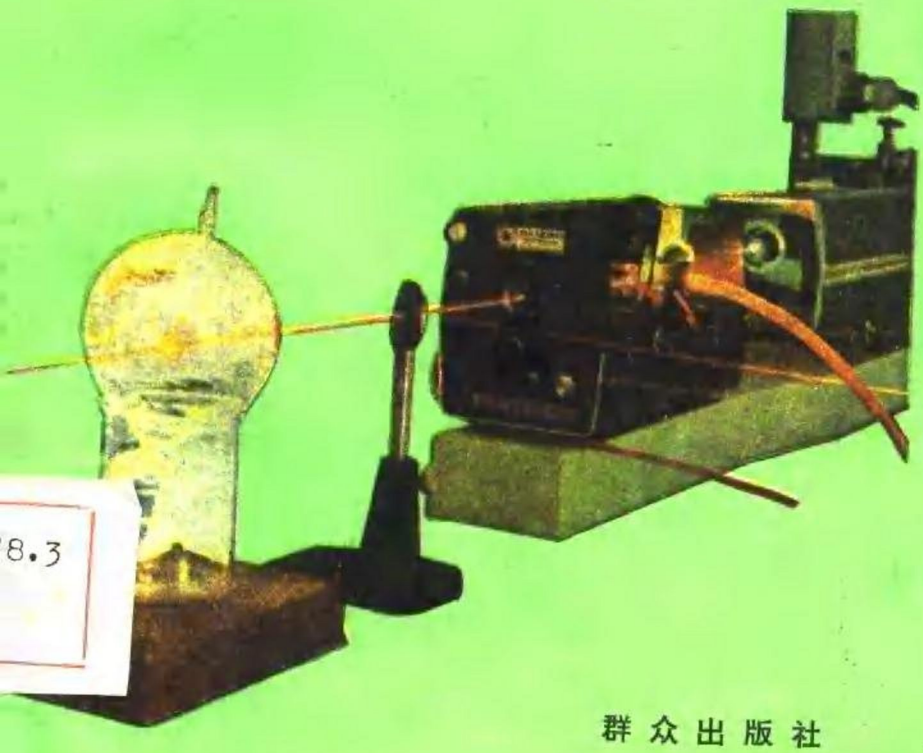
激光检测指纹

〔美〕罗兰·门泽尔 著



8.3

群众出版社

需要全本请访问 www.ertongbook.com

激光检测指纹

（美）罗兰·门泽尔著　王世铎　王补译

群众出版社出版　新华书店北京发行所发行
北京市印刷一厂印刷
787×1092毫米　32开本　3.5印张　67千字插页4
1984年12月第1版　1984年12月第1次印刷

统一书号：13067·94　　定价：0.60元

（内部发行）

译 者 说 明

本书作者罗兰·门泽尔是美国得克萨斯技术大学物理系的助理教授，1967年获理学士学位，1970年在华盛顿州立大学获哲学博士学位。在参加加拿大施乐研究中心的研究工作之前，罗兰·门泽尔就已经在进行物理学和化学等方面的高级研究工作。在施乐研究中心工作期间，罗兰·门泽尔从事激光检测潜在指纹的技术研究工作。罗兰·门泽尔研究工作范围很广，包括激光分子荧光光谱，有机物光导特性，太阳能转换以及司法物理学等，并且发表了许多论文。

本书介绍激光检测潜在指纹的基本原理，所需的光谱设备，光谱学在显现潜在指纹中的特殊应用以及氩离子激光器的使用和维护等。此外，本书还介绍激光技术的新应用，一些应用案例以及激光和光谱学在法庭科学分析方面的应用前景。

总之，激光检测潜在指纹这项新技术目前已经在许多犯罪调查中起了重要作用，引起了世界各国的重视，将来也一定能发挥更大的作用。

前　言

最初应用激光检测潜在指纹是在1976年，这种技术已经在许多犯罪调查中发挥了作用，很有希望成为重要的法庭科学手段。目前，有些执法机关已经在应用激光来检测潜在指纹，而且还有一些执法机关正在购置检测潜在指纹用的激光设备。激光检测潜在指纹能否具有法律效力目前还是个悬案。美国已有两个厂家可以提供检测指纹的专用激光设备。

本文旨在使法庭科学研究人员和调查人员初步了解激光和光谱学在法学鉴定方面的实际的应用与可能的应用。读者通过本书就可以对激光检测指纹的发展情况有一个全面的了解。有些法庭科学实验室因为不了解激光的实际应用价值，不愿意考虑购置价格昂贵的激光和光谱设备的问题。因此，为了介绍激光在检测指纹方面的应用而出版本书。

在光谱技术中，利用激光来检测潜在指纹具有较高的灵敏性。由于在介绍光谱学、激光器工作原理等问题时需要一些量子力学方面的知识，本书还介绍一些量子力学方面的基础知识。第一章只是简单探讨一下这些方面的问题，主要是给非物理专业的读者介绍一下原子光谱和分子光谱。激发发光是激光检测潜在指纹的关键，因此，激发发光是第一章的重点内容。此外，还介绍激光器的工作原理。最后还为那些

要全面了解这些问题读者提供了参考文献的目录。第一章主要是让从事检测潜在指纹工作的人员了解激光检测潜在指纹的基本原理，这样在法庭作证时遇到这方面问题就有了理论根据。

激光技术已应用于法庭科学工作的许多方面，但要充分发挥激光在法学分析中的作用还要进行大量研究工作，如进行吸收光谱、发光光谱和激发光谱等方面的研究工作。第二章介绍测量这些光谱所用的设备。广泛论述各种光谱技术已超出本章的范围，本章只介绍价格适中的组合式通用光谱测量装置，这种装置的组件可根据不同的工作任务重新组合。因此，这种研究潜在指纹发光的专用设备还可以用来进行其它光谱研究工作。

第三章讨论激光在显现指纹方面的特殊应用。本章讨论利用指纹固有发光检测潜在指纹的问题，然后介绍各种能使潜在指纹产生激光激发发光的处理方法。从本章介绍的案例中可以看出各种指纹处理方法的效果。利用指纹固有发光检测潜在指纹不需要对被检物进行物理处理或化学处理。潜在指纹的发光处理一般来说与指纹的常规处理方法差不多，只是利用激光照射可以提高潜在指纹的检测率。

第四章介绍光谱学在激光检测潜在指纹方面的应用。本章介绍光谱测量技术有两个目的：提高指纹检测率和研究指纹残留物中发光物质的特性。正确选择滤光器是激光检测潜在指纹的关键，本章重点介绍提高检测率所用的各种滤光器。最后简单谈一谈激光和光谱学在法庭科学工作中的可能应用。

第五章简要介绍氩离子激光器的使用与维护问题，对激

需要全本请访问 www.ertongbook.com

光器的使用说明作了适当的补充，重点介绍使用与维修中需要特别注意的一些问题。

加拿大施乐研究中心承担了本书的基础研究工作。施乐研究中心的米·海尔先生审阅了原稿，提出了不少有益的建议，并且出面与马塞尔·德克尔公司联系出版本书，在此谨致谢意。

施乐研究中心在接受版权费后同意本书采用其彩色照片。

E·罗兰·门泽尔

目　录

前　言

第一章　光、光谱与激光……（1）
第一节　光……（3）
第二节　原子、分子与光谱……（6）
第三节　分子光谱……（8）
第四节　激光器工作原理……（13）
第五节　激光器……（15）
参考文献
补充读物

第二章　光谱测量装置……（22）
第一节　单色仪……（23）
第二节　光电倍增管……（25）
第三节　电子检测装置……（27）
第四节　吸收光谱……（29）
第五节　波长响应校定……（31）
第六节　发射光谱……（32）
第七节　激发光谱……（36）
第八节　拉曼光谱……（37）
第九节　发光寿命测量……（38）

第十节　仪器……（40）
参考文献
补充读物

第三章　激光检测潜在指纹……（44）
第一节　几种显现指纹的常规方法……（45）
第二节　激光检测潜在指纹——利用指纹固有发光……（47）
第三节　激光检测潜在指纹——用荧光剂处理……（53）
第四节　激光检测潜在指纹——利用化学药品与指纹残留物反应生成的荧光物质……（56）
第五节　激光检测潜在指纹——用磷光剂处理……（59）
第六节　应用案例……（63）
参考文献

第四章　光谱学在检测潜在指纹方面的应用……（70）
第一节　潜在指纹发光……（70）
第二节　滤光器……（72）
第三节　指纹发光物质的特性……（79）
第四节　淡薄指纹的检测……（80）
第五节　激光与光谱学在法庭科学分析上的应用前景……（85）
参考文献

第五章　氩离子激光器的使用…… (91)
第一节　水冷却…… (91)
第二节　气体压力…… (92)
第三节　光学表面的保洁…… (92)
第四节　激光器校准…… (93)
第五节　激光器的安全问题…… (95)



第一章　光、光谱与激光

加拿大施乐研究中心于1976年开始研究利用氩离子连续波激光器检测潜在指纹的方法。最初是利用潜在指纹的固有发光来检测指纹〔1〕。检测方法比较简单，先用氩离子激光照射被检物，然后通过适当的滤光器观察潜在指纹的发光。观察到指纹发光之后，再选择适当的滤光器把发光指纹拍摄下来。当时，虽然这项研究工作才刚开始，但执法机关已对这种方法很感兴趣，有些部门甚至购置了研究指纹显现使用的氩离子激光器。之后，人们又陆续研究出激光检测潜在指纹的其他方法，这些方法不是利用指纹的固有发光，而是对被检物进行处理，使潜在指纹在激光激发下发光〔1-5〕。采用激光技术和荧光或磷光照像技术提高了潜在指纹的检测率。例如用荧光粉末来处理指纹。在自然光照条件下观察不到指纹，利用激光不但可以显现出来甚至可以观察到一些指纹细节。同样，激光检测技术也可以显现经水合茚三酮等化学试剂处理的指纹。

指纹残留物以及对指纹进行发光处理的化合物中的发光物质多数是有机化合物。本章将用较大篇幅研究这些有机化合物分子。这些有机化合物分子一般至少含有几十个碳、氢、氧、氮等原子，原子之间由化合键连结。激光检测潜在

指纹主要包括下面几个步骤：用激光照射这些有机化合物分子，分子吸收光能，然后发射出与照射光的光色不同的光。这些分子必须先吸收光才能发光，因此，要想使它们发光，就需要准确地确定照射光的光色。利用吸收光谱和激发光谱可以确定这些化合物分子最容易吸收哪种光色的光。为了充分发挥激光检测潜在指纹的作用，还需要进行吸收光谱、激发光谱和发光光谱的研究工作。例如，比较指纹发光和背景发光的颜色，就可以确定选用哪种滤光器才能得到指纹照片的最佳反差。人们可以利用第四章介绍的光谱技术在激光照射下确定用肉眼难以看到的潜在指纹的位置。在确定指纹的发光光谱之后，便可以把指纹拍摄下来。本章主要介绍光的性质，分子光吸收和光发射的特点，最后谈一谈激光器的工作原理。本章有一部分是专为检查潜在指纹人员撰写的，使他们在法庭作证回答人们提出有关激光检测潜在指纹方面的问题时有理论根据。

要深入了解原子光谱和分子光谱的性质，激光器的工作原理以及光吸收和光发射的特性，需要有“量子力学”方面的知识。这将涉及一些复杂的数学计算。鉴于多数读者不是专门从事物理专业工作的，本章只是深入浅出地介绍与光谱学有关的量子力学知识，主要介绍原子光谱和分子光谱的性质（因为激光检测潜在指纹主要是发光光谱问题）以及书中常见的有关激光检测指纹的光谱学术语。读者如想进一步深入了解原子光谱和分子光谱问题可以查阅本章后面的补充参考文献。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

第一节　光

人们通常把光看作是一种波，如光的折射现象（光从空气射入水中时便发生折射）就说明光具有波动性。波有各种传播方式。例如，声波是空气中的分子在声波传播方向上来回振动，而水波则是分子在与水波传播方向垂直的方向上振动。此外，还有象无线电波这样的电磁波。我们先简单地谈谈电磁波的性质。电荷周围有电场，能吸引异性电荷排斥同性电荷，这就象磁极周围有磁场，吸引异性磁极排斥同性磁极一样。磁场是由电荷运动产生的（这就是电磁铁的工作原理）。电场和磁场都有大小和方向。假设两个电性相反的电荷互相之间作周期振动，那末就会引起它们之间的电场的强度和方向的周期变化，同时也产生一个周期性振荡的磁场（在空间每个点上磁场方向都与电场方向垂直）。这种电磁振荡象波一样以3×10^8米/秒的恒定速度在空间传播。波除了速度之外还有波长和频率等主要特征。用图1—1的电场图可以测量某一段时间各点电场的强度和方向，箭头表示电场方向，箭头长度表示电场强度，正弦波相邻两个波峰之间的距离表示波长（λ）。假如测量空间某一点不同时间电场的强度和方向，那末可以用时间坐标代替图1—1的距离坐标，波峰之间的距离表示频率，即在某一点上每秒钟出现波峰的次数。速度C，波长λ和频率ν的关系是：

$$C = \lambda\nu \qquad (1—1)$$

波的传播速度是一个已知常量，因此只要再知道波长或频率

就能确定波的主要特征了。光也是电磁波具有与无线电波或微波相同的性质，只是波长和频率与它们不同。光在真空中传播的速度也是3×10^{8}米/秒。光波的最重要的特点是光色，习惯用波长表示，而不用频率表示。常用的波长单位有微米（μm）、埃（Å）和毫微米（nm）。

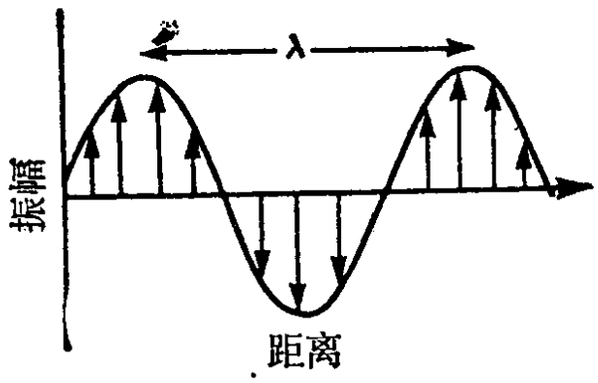


图1—1　电磁波示意图
竖直箭头表示电场强度的方向，箭头长度表示电场强度的大小

但是，光的许多物理现象用光的波动性解释不了，而只能用光的粒子性来解释。这不是为了理解方便，而是因为光本身就具有粒子性。波粒二象性并不只是光所特有的。例如，通常呈现粒子性的电子也能产生波的衍射现象。原子光谱和分子光谱以及激光器的运转等都与光的粒子性有密切关系。光子（也叫光量子）具有一定能量E：

$$E = h\nu \qquad (1—2)$$

式中，h为普朗克（Plank）常数，其值等于6.63×10^{-34}焦耳·秒，参数ν是公式1—1中的频率。如果用波长来表示，那就是：

$$E = \frac{hc}{\lambda} \qquad (1—3)$$

这就是说，光的特性——光色既可以用波长表示，也可以用光子能量表示。通常光子能量单位为电子伏（eV）或波数（cm^{-1}）。用波数计算能量时，先以厘米（cm）为单位求出光的波长，然后再求出$1/\lambda$。一个电子伏（eV）大约等于$8000cm^{-1}$。根据量子理论，波长为λ的单色光束就是一些具有相同能量（hc/λ）的光子的集合。光束的强度与光子的数量有关。例如，10W氩离子激光器发出的蓝-绿光束照射某个表面一秒钟，就有大约3×10^{19}个光子射到该表面，每个光子的能量大约为$20,000cm^{-1}$。普通光源是向所有方向发射多种光色的光，而激光器与它们不同，发射单色或只有很少几条谱线的平行光束。图1—2是可见光的波长范围和几种激光的波长。

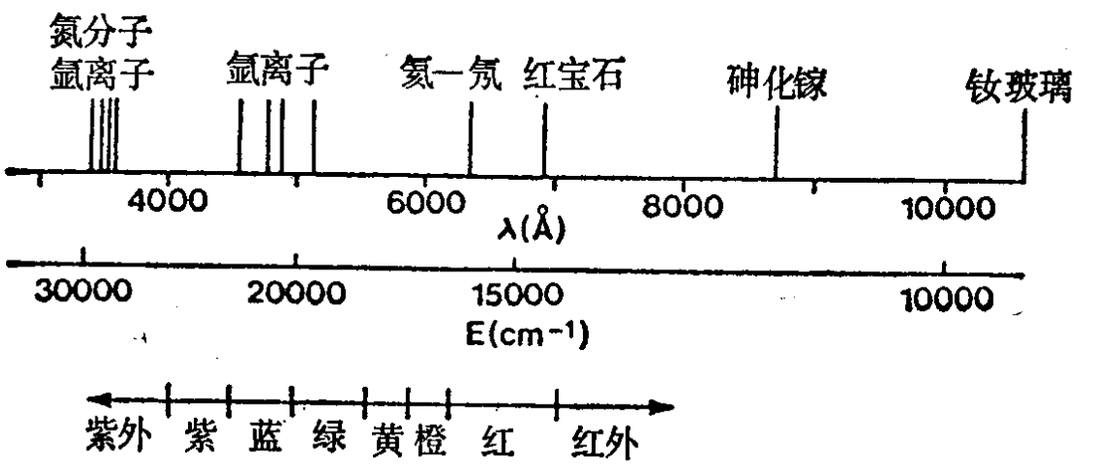


图1—2　可见光的波长和能量，几种激光的波长

第二节　原子、分子与光谱

我们可以认为原子是由一个含有若干基本粒子（主要是带正电的质子）的原子核和带负电的电子组成的，电子围绕原子核作轨道运动，就象行星围绕太阳转动一样。经典力学是从宏观上解释物理现象的，作轨道运动的行星的能量（势能和动能）是由行星及太阳的质量，行星的速度和轨道的半径（假定行星轨道是圆的）来决定的，这种能量是可以连续改变的。然而，原子和分子是属于量子力学范畴，原子和分子中电子在运动轨道上的能量是非连续能，只能不连续变化。电子可以吸收一个光子从原来轨道跃迁到高能轨道。反之，当电子从高能轨道跃迁到低能轨道时，便发射出一个光子将多余的能量释放出来。被吸收或发射出光子的能量（或光色）相当于两个电子轨道之间的能量差E，光子的波长则为hc/E。利用原子或分子吸收或发射光的波长，即吸收光谱或发射光谱，可以验证原子或分子的“能级”结构（或状态）正如指纹是每个人的特征一样，原子光谱、分子光谱可以说就是原子或分子的“指纹”。原子光谱的轮廓非常清楚，一般所观测到是光谱线。从测量出的光谱线宽度可以精确地确定轨道之间的能量差。原子光谱的光谱线宽度一般大约为10^{-1}至1Å。分子中的电子就不是只围绕一个原子核旋转，而是绕若干个原子核旋转。因此，分子有许多轨道，其中包括只表示分子非连续的振动和旋转状态的各种轨道，这些轨道彼此常常相距很近。与原子轨道相比，分子轨道之间

距离更大，所以，分子中的电子容易受到各种干扰，使其轨道能量受到很大影响。分子光谱一般比原子光谱宽，谱线宽度为几百甚至几千Å。

没有外界影响时，分子中的电子总是力图处于能量最低的轨道。这种状态叫作基态。由于光吸收、放电等原因，电子跃迁到高能轨道，使原子或分子处于激发状态。激发态原子和激发态分子都能通过发光或其他方式释放能量而迅速回复到基态。在由激发态回复到基态过程中发射的光（即发光）可以是荧光或磷光。分子荧光出现得很快，一般在光吸收后分子跃迁至激发态不到10^{-6}秒时间内出现。分子磷光一般是在光吸收后10^{-5}至1秒内出现，一般情况下同种物质分子的磷光能量比其荧光能量要低。但是，物质分子很少会同时发出荧光和磷光。溶液中的分子，特别是在低温下，常常发出较强的光，而粉末状的固体分子在室温下很少发磷光，一般只发微弱的荧光。

分子与原子不同，分子中的电子吸收光子跃迁到高能轨道时，还会使分子结构发生轻微变化。这种结构上的变化是由于光吸收后分子中电子分布状态改变引起电子与原子核之间的静电力变化而造成的。这种变化是发生在光发射引起分子激发态能量减少之前。如果用光吸收和荧光发光来解释，那就是分子吸收高能量的光而发出低能量的荧光。这种波长的变化叫作斯托克斯偏移（Stokes shift），如图1—3所示。

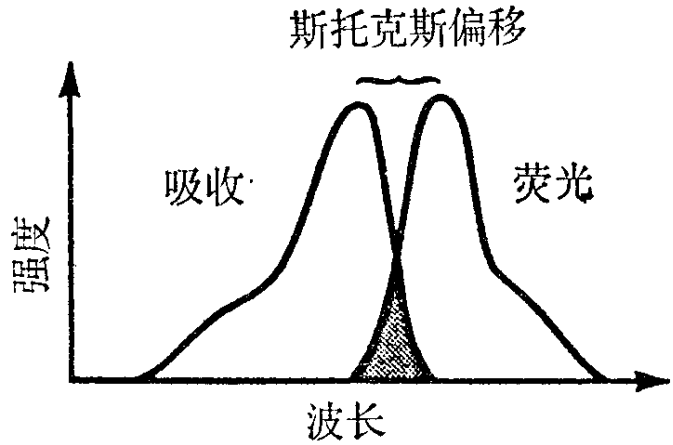


图1—3　分子光谱斯托克斯偏移示意图

第三节　分子光谱

本节简要介绍有机化合物分子光谱的一些特点，解释一些常见的光谱学术语。

首先看一看基态分子中电子分布情况。我们所研究的有机化合物分子，它们的电子轨道是由成对电子依次填满的，最先被填满的是能量最低的轨道。我们所研究的有机化合物分子的电子数目为偶数，基态分子最外层轨道必须有两个电子。光吸收可以使其中一个电子从这个轨道跃迁到原来没有电子的新轨道。在许多场合下，我们可以只考虑分子的外层电子，即把分子看成只有两个电子。基态分子中，这两个电子同在一条轨道上。当分子处于激发态时，这两个电子一个留在原来的轨道上，另一个电子便跃迁到由它单独占据的高能轨道。

电子的轨道运动能产生磁场，电子本身也具有“基本”

需要全本请访问 www.ertongbook.com