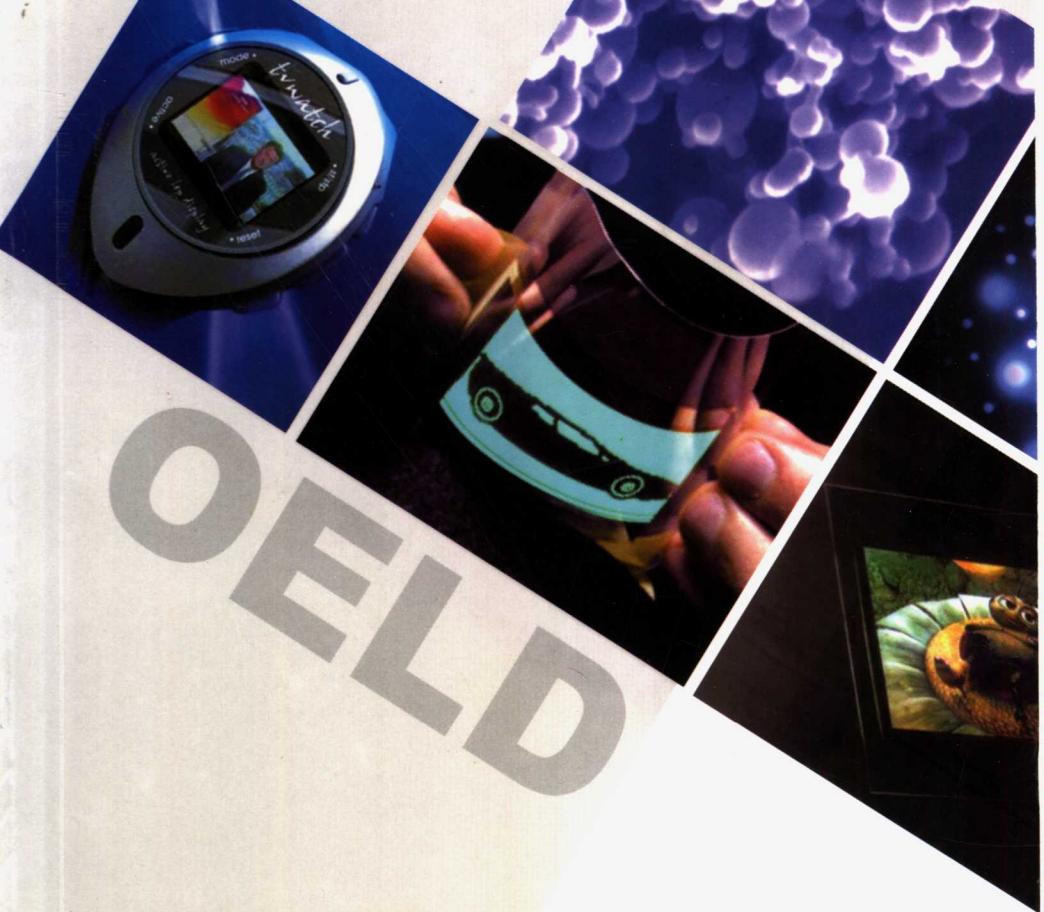




滕枫 侯延冰 印寿根 等编著

有机电致 发光材料及应用



化学工业出版社
材料科学与工程出版中心



有机电致 发光材料及应用



化学工业出版社
材料科学与工程出版中心

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

有机电致发光材料及应用/滕枫, 侯延冰, 印寿根等
编著. —北京: 化学工业出版社, 2006. 3

ISBN 7-5025-8386-6

I. 有… II. ①滕…②侯…③印… III. ①电致
发光-发光材料②电致发光-发光器件 IV. ①TB39
②TN383

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 020658 号

有机电致发光材料及应用

滕枫 侯延冰 印寿根 等编著

责任编辑: 朱 彤

文字编辑: 颜克俭

责任校对: 宋 夏

封面设计: 尹琳琳

*

化学工业出版社 出版发行
材料科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010)64982530

(010)64918013

购书传真: (010)64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

化学工业出版社印刷厂印装

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 8 字数 217 千字

2006 年 5 月第 1 版 2006 年 5 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-8386-6

定 价: 29.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

有机电致发光 (organic electro-luminescence), 简称为 OEL, 也叫有机发光二极管 (organic light-emitting diode), 简称 OLED。由于 OLED 具有平板化、主动发光、亮度高、高对比度、响应速度快、驱动电压低等优点, 被认为是未来最有可能替代液晶显示器的一种新技术。随着现代科技的发展, 显示技术的应用也越来越广泛, 小到手机屏、仪器仪表显示屏等, 大到电脑终端显示器、电视机以及户外大屏幕显示屏等。可以说, 越是现代化、信息化的生活, 就越离不开显示技术。因此, 不论是从科技角度还是从商业角度看, 新型高性能显示技术一直吸引国内外科研单位及大公司从事显示技术领域的研究和开发。OLED 是 20 世纪末发展起来的一种平板化全固态显示技术, 由于上面提到的优点, 它成为 20 世纪末到 21 世纪初这十几年显示领域的研究热点。本书针对近十几年来有机电致发光材料、器件及相关领域的研究成果进行了比较系统的总结。

有机半导体材料从电学性能看更接近绝缘体。而有机材料之间是通过比较弱的分子间作用力结合起来的, 因此有机半导体与无机半导体有很大区别。虽然关于无机半导体的基本理论已经比较成熟, 但是这些理论并不全部适合有机半导体。本书首先介绍了有机半导体中光物理的一些基础知识, 这对刚进入这一领域的初学者, 尤其是研究生更好地理解有机电致发光物理过程会有很大帮助。

有机发光材料以及应用到有机电致发光器件中的载流子传输材料、修饰材料等的种类非常多, 可选择的范围也比较广泛。本书对这些材料进行了简单分类, 并比较全面地进行了介绍。

有机电致发光器件 (包括小分子器件和聚合物器件) 的工作原

理类似于无机发光二极管，均属于载流子注入型器件，所以通常有机电致发光又被称为有机发光二极管（OLED 及 PLED）。虽然小分子器件与聚合物器件有许多理论相近甚至相同，但实际上两者的区别还是很大。因此，本书把小分子器件与聚合物器件分别作为两个部分进行介绍。有机-无机复合结构的电致发光器件是对有机电致发光器件的一个扩展，本书只介绍了固态阴极射线发光。

本书内容虽然涉及许多研究的前沿问题，但在写作上尽量做到由浅入深以及注重理论的系统性，因此不但可以作为科研工作者和产品开发者的研究资料，还更适合研究生和入门者作为学习参考用书。

本书共分 7 章。第 1 章、第 2 章以及第 7 章由滕枫教授编写，第 3 章由印寿根教授和杨利营共同编写，第 4 章由滕枫教授与王元敏博士共同编写，第 5 章由侯延冰教授编写，第 6 章由徐征教授编写。由于作者水平有限以及时间仓促，本书并没有包含有机电致发光领域的全部研究成果，恳请读者批评指正，作者将不胜感激。

编者
2006 年 2 月

内 容 提 要

在平板显示领域,虽然液晶显示技术(LCD)与等离子体显示技术(PDP)是目前的主流。但是,这两种技术本身具有不可弥补的缺点,因此也为其他显示技术如场发射(FED)、有机电致发光(OEL)等提供了发展空间。而有机(聚合物)电致发光器件具有其他平板显示技术所没有的突出优点,逐渐克服了效率、显示寿命等存在的问题。有机(聚合物)电致发光显示技术必将成为继液晶技术后的新一代平板显示技术。本书在介绍有机材料基本光物理过程的基础上,比较系统地介绍了该领域的研究成果,包括应用于发光器件的各种材料,如小分子发光材料、聚合物发光材料、电子传输材料、空穴传输材料、电极修饰材料等;不同结构的小分子发光器件及器件物理过程;聚合物发光器件及器件物理过程;最新发现的有机-无机复合的固态阴极射线发光等内容。最后,作者对我国在该领域的应用前景进行了展望。

本书内容尽量做到由浅入深,对于初学者或刚刚进入该领域的科研工作者而言,具有入门的指导作用。本书还可以作为从事有机(聚合物)电致发光研究方面的技术参考书,也可以作为相关专业大学及研究生教材或教学参考书使用。

目 录

第 1 章 概论	1
1.1 发光与发光材料	1
1.2 显示技术与平板显示	5
1.2.1 阴极射线管	6
1.2.2 无机半导体发光二极管	7
1.2.3 液晶显示器	8
1.2.4 等离子显示器	8
1.2.5 场发射显示技术	9
1.2.6 无机薄膜电致发光	10
1.3 有机电致发光	11
参考文献	14
第 2 章 有机材料的光物理过程	15
2.1 分子轨道和跃迁	15
2.1.1 分子轨道	15
2.1.2 有机分子的电子跃迁	19
2.2 有机分子激发态的产生	22
2.2.1 激发态的多重态	22
2.2.2 激发态的产生	23
2.2.3 选择定则	25
2.2.4 激发态分子的特性	27
2.2.5 有机分子的去激发	28
2.3 有机分子的辐射跃迁	29
2.3.1 荧光	32
2.3.2 磷光和延迟荧光	37
2.3.3 激基缔(复)合物与电致激基复合物	40
2.4 无辐射弛豫过程	46
2.4.1 无辐射跃迁	46

2.4.2 内转换与系间窜越	47
2.5 激发态的能量转移与电子转移	51
2.5.1 激发态的能量转移	51
2.5.2 激发态的电子转移	58
参考文献	62
第3章 有机电致发光材料	63
3.1 发光材料	63
3.1.1 小分子发光材料	64
3.1.2 配合物发光材料	66
3.1.3 聚合物发光材料	69
3.2 电子传输材料	72
3.2.1 小分子电子传输材料	72
3.2.2 聚合物电子传输材料	77
3.2.3 有机金属络合物电子传输材料	84
3.2.4 其他类电子传输材料	84
3.3 空穴传输材料	85
3.3.1 小分子空穴传输材料	85
3.3.2 聚合物空穴传输材料	88
3.4 修饰材料	90
3.4.1 空穴注入缓冲材料	91
3.4.2 电子注入缓冲材料	93
3.4.3 导电聚合物	94
3.5 小结	95
参考文献	95
第4章 小分子电致发光器件	98
4.1 发光器件的结构	98
4.1.1 基本结构器件	98
4.1.2 特殊结构器件	115
4.1.3 有机 EL 的电极修饰和 Buffer 层	124
4.2 有机电致发光器件的物理过程	126
4.2.1 载流子的注入与传输	127
4.2.2 载流子的复合	137
4.3 有机电致发光器件的制备	148
参考文献	154

第 5 章 聚合物电致发光器件	158
5.1 引言	158
5.2 聚合物发光器件工作机理	162
5.2.1 载流子的注入	162
5.2.2 聚合物载流子传输	165
5.2.3 聚合物中激子的产生	170
5.2.4 聚合物中激子在电场作用下的发展	170
5.3 聚合物电致发光器件的材料	174
5.3.1 电极材料	174
5.3.2 聚合物发光层材料	183
5.4 聚合物电致发光器件结构	192
5.4.1 基本结构聚合物电致发光器件	192
5.4.2 取向聚合物电致发光器件	194
5.4.3 聚合物场效应管发光器件	194
5.4.4 微腔结构聚合物电致发光器件	196
5.4.5 发光电化学池	197
5.4.6 液体发光器件和溶胶发光器件	201
5.4.7 聚合物激光	204
5.5 器件制备方法	207
5.5.1 旋转涂覆	207
5.5.2 喷墨打印	208
5.6 聚合物电致发光器件效率的提高	211
5.6.1 有机电致发光效率的理论上限制	211
5.6.2 聚合物电致发光器件单线态发光的提高和三线态利用	212
参考文献	217
第 6 章 有机-无机复合——固态阴极射线发光	222
6.1 固态阴极射线发光	222
6.2 固态阴极射线发光的发现、交叉证明及普适性	224
6.3 固态阴极射线发光的光谱特性	230
6.4 前景	235
参考文献	236
第 7 章 展望	238
7.1 机遇与挑战	238
7.2 美好的未来	241

第 1 章 概 论

1.1 发光与发光材料

光在人们日常生活的作用是非常重要的，没有光就没有人类和任何生物。而光存在一个特殊性质：其他物质，人们都可以把它存放起来，而对光没有办法储存。人们能做到的只是把其他能量转变成光，以满足使用的需要。

人们的生活离不开光明。很久以前，人们遵循着日出而作、日落而息的生产方式，当时的照明主要是依赖阳光以及昏暗的火光。随着社会的发展，人工照明得到了很大发展，目前使用最多的是电灯照明。进入现代社会，人们的生产生活方式有了很大改变，已经完全摆脱了日出而作、日落而息的限制。因此，在现代社会中，人造光的作用也变得越来越来大。

白炽灯是目前还在使用的一种照明工具。它是靠灯丝通电发热来照明的，属于热辐射。热辐射是人们制造光源首先用到的方法。热辐射是一种与温度有关的辐射。生活中的热辐射现象很多。例如，在炉火中煅烧铁条，开始温度不高时颜色是黑色的，但可感受到其辐射的热量；当温度升到 500°C 左右时，它开始呈现出暗红色的辐射，随着温度进一步升高，它的辐射逐渐增强，颜色逐渐变为橙红。这种热辐射现象有一个共同特征，即随着温度的升高，辐射的总功率增大，辐射的光谱分布向短波方向移动。实际上任何温度的物体都有热辐射，只不过在较低温度下辐射不强，而且主要是肉眼看不见的红外线。白炽灯由于灯丝材料不能耐非常高的温度（通常只能达到 2000°C 左右），因而所发射的光与日光相比颜色黄得多。要靠热辐射有效地产生可见光，物体的温度应该足够高。

从单纯依靠天然光源（太阳）的远古时期到白炽灯的问世，人类利用的光源都是热辐射，光与热好像总是相伴而行。我们自然要问，物体的温度与它的辐射光之间有什么内在联系？众所周知，宏观物体是由大量原子、分子组成的，这些原子、分子在不停地运动之中，即所谓热运动。通常这种运动处在动态平衡下，而温度就是描述这种平衡状态下内部运动激烈程度的一个物理量。在一定温度下，物体中的原子、分子或由它们构成的原子团、分子团就有一个处在不同激发态（即较高能量状态）上的分布。温度升高了，这种分布移向较高能量的状态，也即处在较高能量状态的机会多了，或者说概率增大。处在较高能量状态的电子跃迁到较低的能量状态时发射光子的概率也增大。温度越高则激发态的能量越高，辐射光的能量就越高，发射光的波长就越短。由于体系在不同激发态上有一定分布，跃迁所引起的热辐射就有很宽的波长范围，除了肉眼能看见的可见光，还有肉眼看不见的红外光和紫外光。热辐射不仅决定于辐射体的温度，还决定于辐射体的发射本领。不同材料的热辐射多少反映出该材料固有的特征。

热辐射非常类似理想中的黑体辐射。黑体是指在与外界隔光绝热的密闭容器内，物体的辐射和它吸收的能量完全相等而处于平衡。黑体辐射能吸收全部入射的光线，因此发射本领也强。用火炉取暖时，常将火炉涂成黑色，就是为了让它多辐射一些能量。炽热物体的辐射和黑体辐射类似，是因为在这两种辐射中所有的原子和分子都同样被激发。但它们又有差异。炽热辐射如白炽灯需要从外界不断补充能量；而黑体本身是一个封闭系统，它能维持辐射及激发的平衡。物体发射光能，要从外界吸收能量。在热辐射情形，就要维持物体一定的温度，也就是要对物体加热。在上面列举的煅烧铁条的例子中，铁条的温度是靠炉膛中的燃烧产生的热量来维持。由于受这种燃烧过程的限制，温度不是很高，因而辐射的颜色偏红。而我们白天见到的自然光则来自太阳，太阳好比一个燃烧的大火球，不过它燃烧的不是普通的化学燃料，而是核燃料，进行的是热核反应。该反应产生巨大的能量，使太阳表面的温度高达 5800°C ，在这一温度附近，热辐射中的可见光部分较强，它引起人

眼的感觉是白光。

热辐射产生的光发射取决于物体的温度，这是一种普遍存在的现象。然而，还有另外一种光的发射，它不需要提高物体的温度，俗称冷光。冷光是物体在某种外界的激发下偏离热平衡态时由激发态到基态的跃迁所产生的辐射，是一种非平衡辐射。发光、散射、契伦科夫辐射^[1]都属于这类非平衡辐射。由于光的辐射是物体中电子从高能态往低能态跃迁产生的，物体要发光，首先就得使物体中的电子处于高能态。在热平衡时电子处于高能态的概率是由温度决定的。如果能使电子处在某些更高的能态，让电子在不同能态上的分布偏离与辐射体所对应的热平衡分布，那么从这些高能态跃迁而来的光就会比相应温度下同样波长的发射（即热辐射）强很多。这种以某种方式把能量交给物体使电子提升到一定高能态的过程称为激发过程。发光就是把所吸收的激发能转化为光辐射的过程，它只在少数中心进行，不会影响物体的温度。显然用这种方式可以更有效地把外界提供的能量转化成人们所需要的可见光。利用这种方式，发光主要来源于确定的能级上电子的跃迁，能量转换效率比较高。而热辐射的情形，以升高温度来得到人们所要的光辐射的同时，由于电子能量分布比较宽，只有小部分电子所处能级产生的辐射是人们需要的，同时要发射出许多不需要的辐射，所以效率比较低。总结起来，可以给发光下一个定义，即发光就是超出物体在其本身温度下黑体辐射的辐射。这一定义虽然看起来不是很直接，但是却很科学地区分了热辐射与发光。

发光与热辐射相比较有根本的不同。首先，发光的特点是发光体与环境温度几乎相同，不需要加热，这也是发光又被称为“冷光”的原因。从微观讲，发光只有个别原子、分子或发色团吸收能量，而这些原子、分子或发色团决定了发光的光谱。其次，发光体从外界吸收能量后，要经过它的消化，然后放出光来。经过这段消化就要花费一定时间，而且发出的光既有反映这个物质特点的光谱，又有一定的衰减规律。靠衰减的时间就可把发光和反射光、散射光、契伦科夫辐射等区分开来。

提到发光，一定要有发光物质。发光过程就是发光物质从外界

吸收能量后,引起内部合适的激发,经过一系列内部过程,然后发射出反映其本身特征的光。虽然发光过程基本上是相同的,但产生激发态而吸收能量的来源却可以迥然不同。这个能量可以是物理能、机械能、化学能、生物能,相应的就有物理发光、机械发光、化学发光及生物发光。利用物理能激发发光物质获得发光是最重要和最普遍的方式。以物理能激发的发光又分为气体、液体及固体的发光。其中尤以固体发光领域最宽,它可在紫外光、阴极射线、X射线、高能粒子及电场下激发并发出光来。

在高激发密度下,许多物质能产生发光,但并不是这些能发光的物质都称为发光材料。对于发光材料没有严格的定义,究竟什么样的材料、发光效率有多高才算发光材料,均没有严格的限定。通常人们所说的发光材料基本上指该种材料主要用于发光方面的应用,或者是在某种场合下主要作为发光应用。发光材料的种类很多,既包括无机材料也包括有机材料。

无机发光的应用比较早,相关研究开展也比较早。无机发光材料一般是由基质材料和掺杂中心组成。从基质材料的组成看,无机发光材料主要有硫化物、硅酸盐、铝酸盐、硫代镓酸盐等;从发光中心看,又分为过渡金属中心离子发光材料、稀土离子中心发光材料等;也有些材料不掺杂发光中心也能发光,通常叫本征发光材料。这些发光材料的应用很广泛,从应用的角度分类比较复杂,一般可以分为:阴极射线发光材料,主要用于阴极射线管荧光屏的发光材料;灯粉,各种荧光灯用的发光粉;电致发光材料,用于各种电致发光器件的发光材料,其中粉末发光器件与薄膜发光器件又有所不同。长余辉发光材料,可以把能量储存起来,慢慢发光,光线比较弱,适用于黑暗条件下的指示路标等,其优点是在去掉激发后能持续发光很长时间,主要应用于紧急出口等安全指示标识;^[1]离子体显示、FED显示用荧光粉也有特殊要求;白光LED荧光粉也是无机发光材料的一个新的应用方向;Ⅲ-V族半导体虽然一般不叫发光材料,却可以制备发光效率很高的LED。关于无机发光材料及其应用有一些参考书,感兴趣的读者可以自己参阅^[2]。

有机发光材料与无机发光材料比较,种类繁多,既有小分子材

料，也有聚合物材料，还有金属配合物。有机发光材料的发光性能与分子结构密切相关，通过改变发光材料的分子结构，就可以获得不同发光性能及物理性能。有机发光材料也有广泛应用，但是有机分子的稳定性一般不如无机材料。所以，目前的有机发光材料不能用于阴极射线发光以及场发射显示等领域。高效、高亮度的有机材料电致发光器件自发明以来，有机发光材料的研究及应用取得了巨大发展。本书主要介绍有机电致发光、有机发光材料以及相关的技术。

1.2 显示技术与平板显示

发光有两个和人们日常生活最贴近也是最重要的应用，一个是照明，另一个是电子显示技术。当然，不是所有的显示技术都要用到发光。显示器件即人们常说的人机界面，它能将来自各种电子装置的信息，通过人的视觉传递给人；并且通过显示技术与人交换信息，进行人机对话，具有电子工具的功能。因此，电子显示器件是连接人与机器的纽带，是人-机间传递、交换信息的桥梁。在当今的信息社会中，无论产业领域还是民用领域，电子显示器件的作用越来越重要。

随着生活水平的提高，显示器件与人们生活的关系越来越密切。对于现代家庭，可以说离不开电视机、电脑、移动电话等电器。电视机就是一个显示器件，电脑也离不开显示器，其他家电也有各种信息的显示面板。除了日常生活，在工业、军事、医疗等领域也离不开显示技术。随着科学技术的发展和人们生活水平的提高，显示、显像器件的应用越来越广泛，对其性能的要求也越来越高。传统的阴极射线管（CRT）显示技术虽然在技术角度看最为成熟且市场占有率也最大，但是由于其庞大的体积，尤其对于大尺寸器件，其占有的空间难以让人接受。此外，由于 CRT 技术中不可避免地要利用真空腔加速电子束，这就决定了其抗振动性能差，即不能应用于加速度大的工作条件下。CRT 的这些缺点已经不能满足人们的需要。

显示技术的平板化是显示领域的发展趋势。所谓平板显示技术就是指显示器的厚度比较小,尤其是指厚度与面积相比非常薄的显示器件。但是,平板显示器并不是利用面积厚度比来定义的,即使利用 CRT 拼接成很大面积的显示器,也不能把它称为平板显示器。液晶显示技术 (LCD) 是目前技术成熟、市场份额最大的平板显示技术。液晶显示器逐渐得到了人们的青睐,尤其是在 20 世纪末。液晶显示器件不论是在技术上还是在市场上都得到了长足的发展。但是,液晶技术本身也有致命的缺点,并不是理想的平板显示技术。首先,液晶是一种介于液体和晶体之间的物质状态,稳定性比较差,较大的温度变化或较为剧烈的震动都会使器件失去显示功能;其次,液晶显示器件的响应速度比较慢,也影响了其高速的动态显示效果。从目前的科技、生活发展前景看,无论是在军事上、高科技上还是在普通民用上,对超薄、大面积、高清晰度、全固体化的平板显示器的需求越来越迫切。

为实现上述要求的平板显示技术,科研工作者通过多种技术方案寻求突破。到目前为止,还没有一种技术能足够完善、完美以替代其他技术。市场上已有商品出售或实验室正在研究且已看到明显应用可能的的主要显示技术有如下几种。

1.2.1 阴极射线管

电视机形式的 CRT 显示器已经推出大约 60 年,大体上来说其内部的工作原理并没有多大改变,基本原理就是在显像管后面的电子枪把电子束打到涂覆有一层发光材料的显像管上。电子束穿过一连串强磁场,使得路径产生偏转而打在显像管的不同位置上。当电子束打到前端的显示屏上时,便会使得涂覆在上面的那一层发光材料暂时性地发亮。每个点代表一个像素(画面元素)。通过仔细控制电子束的电压,每个单一点的明暗都可以得到自由调整。最初黑白电视的显像管只有一个电子枪和单一的发光材料涂层。后来便采用多重电子枪以及分点涂发光材料的方法来实现彩色显示。

为了形成图像,电子束会由右至左扫过各条水平线(扫描线),使每个发光涂料点发亮并通过电压控制明暗程度。显示器显示出一条扫描线的速度称为“水平频率”,以千赫(kHz)为单位。当电

子束打到扫描线尾端时，电子束会瞬间关闭（称为“水平消隐间隔”）、磁力线圈复位，然后再从下一条开始。这样的步骤不断重复，一条接着一条显示，直到屏幕整个填满。到那时候电子束又再次关闭（称为“垂直消隐间隔”），磁力线圈复位，然后整个过程重新从屏幕的左上角重复进行。显示器显示整个画面的速度称为“垂直刷新率”或“频率”，以赫兹（Hz）为单位。

阴极射线管（cathode ray tubes, CRT）的优点是历史最悠久、技术成熟，市场份额大，占据了绝大部分电视机和台式电脑显示器的市场。缺点是体积大、难以制备高清晰度及大尺寸显示器，必将部分或全部被其他显示器件所取代。

1.2.2 无机半导体发光二极管

发光二极管（light-emitting diode, LED）也是电致发光器件的一种。半导体发光二极管首先是二极管结构，即由N型半导体与P型半导体形成P-N结。制作半导体发光二极管的材料是重掺杂的，热平衡状态下的N区有很多迁移率很高的电子，P区则有较多迁移率较低的空穴。由于P-N结阻挡层的限制，正常状态下两者不能发生自然复合，而当给P-N结加以正向电压时，N区导带中的电子则可以跳过P-N结的势垒进入到P区一侧。于是在P-N结附近稍偏于P区一边的地方，处于高能态的电子与空穴相遇时便会产生复合发光。这种复合发光属于自发辐射，辐射发光的波长取决于材料的禁带宽度，所以选用不同禁带宽度的半导体材料就可以制备出不同发光颜色的发光二极管。

目前，从近红外发光二极管到蓝色发光二极管均有产品生产，而蓝色发光二极管相对来说制备工艺更复杂，成本也最高。在一般情况下，红光二极管在1.5V电压下就可以发光，而蓝光二极管在3V左右可以发光。总体上来说其工作电压比较低。发光二极管发光亮度可以通过工作电压（电流）的大小来调节，在很宽的工作电流范围内，其发光亮度与工作电流大小成线性关系，这对利用发光二极管制备的大屏幕显示器件也比较容易控制。

发光二极管的优点是技术成熟、发光效率高且可制备超大彩色显示屏。缺点是发光像素大（一个发光二极管），不能制备高清晰

度小尺寸显示器，所以作为图像显示只适用于大屏幕或超大屏幕显示。

1.2.3 液晶显示器

一般物质有三种状态：固态、液态和气态。当组成固态的原子或分子有规则地排列时，就是晶体。而某些结构单元比较复杂的物质，在某一温度范围内，会形成介于严格的液体和严格的晶体之间的一种状态，叫液晶。在液晶状态下，该物质几乎同时具有液体和晶体的物理特性。液晶不但有一定的流动性，而且构成液晶状态的物质单元又是有规则地排列，呈现出晶体才有的物理量的各向异性。由于液晶的分子排列不像固体一样坚固，在电场、磁场、温度、应力等外部刺激的影响下，其分子容易发生再排列，由此液晶的各种光学性质发生变化。液晶所具有的这种柔软的分子排列正是其用于显示器件的基础。液晶显示器（liquid crystal display, LCD）就是利用液晶分子在电场下引起的排列变化，从而引起其光学性质即双折射性、旋光性、二色性、光散射性、旋光分散等。这些光学性质的变化可以转变为视觉变化，进而实现其显示要求。液晶显示器件的优点是技术成熟、体积小（平板化）、彩色化、市场份额较大。目前，液晶显示器占据了几乎所有便携式计算机终端显示器市场。

液晶显示器件的缺点是不主动发光，需要背照明，所以器件制备工艺复杂，视角小、反应速度慢且难以制备大尺寸器件。另外，工作条件苛刻，不适合在较高温度和较低温度下使用，抗震能力也差。

1.2.4 等离子显示器

等离子体显示技术（panel display of plasma, PDP）是美国 Illinois 大学的 Bitzer 及 Slottow 教授于 1964 年发明的。到 20 世纪 70 年代，由于它缺少彩色化、灰度级少、发光效率低、功耗大等原因，又受到液晶显示（LCD）的冲击，曾一度处于低谷。但 1985 年 Photonics 试制成功了三基色条状屏，同年年底提供一套对角线为 37mm 的三基色条状屏 PDP 显示器给海军核潜艇作为温度监视器使用。1986 年又在制成点阵式单色 AC-PDP 屏的基础上，研究它的彩色化，至 1987 年即实现由红、绿、黄三色组成的点阵式彩色 AC-PDP。