

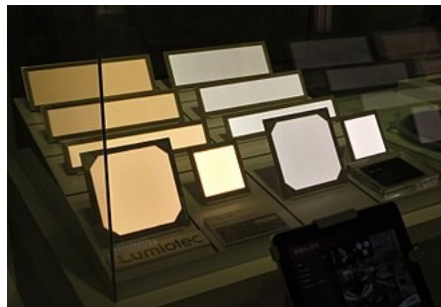
WIKIPEDIA

有机发光二极管

维基百科，自由的百科全书

有机发光二极管（英文：**Organic Light-Emitting Diode**，缩写：**OLED**'示（英文：**Organic Electroluminescence Display**，缩写：**OELD**）、有机发光半导体，OLED技术最早于1950年代和1960年代由法国人和美国人研究，其后索尼、三星和LG等公司于21世纪开始量产，与薄膜晶体管液晶显示器为不同类型的产品，前者具有自发光性、广视角、高对比、低功耗、高反应速率、全彩化及制程简单等优点，但相对的在大面板价格、技术选择性、寿命、分辨率、色彩还原方面便无法与后者匹敌，有机发光二极管显示器可分单色、多彩及全彩等种类，而其中以全彩制作技术最为困难，有机发光二极管显示器依驱动方式的不同又可分为被动式（Passive Matrix，PMOLED）与主动式（Active Matrix，AMOLED）。

有机发光二极管可简单分为有机发光二极管和聚合物发光二极管（polymer light-emitting diodes, PLED）两种类型，目前均已开发出成熟产品。聚合物发光二极管相对于有机发光二极管的主要优势是其柔性大面积显示。但由于产品寿命问题，目前市面上的产品仍以有机发光二极管为主要应用。



OLED照明面板样机



OLED电视

目录

- 历史**
- 结构**
- 驱动方式**
- 器件效率**
- 特色与关键技术**
- 材料技术**
 - 小分子
 - 聚合物发光二极管
 - 磷光材料
- 潜在应用**
- 参看**
- 参考文献**
- 延伸阅读**
- 外部链接**

历史

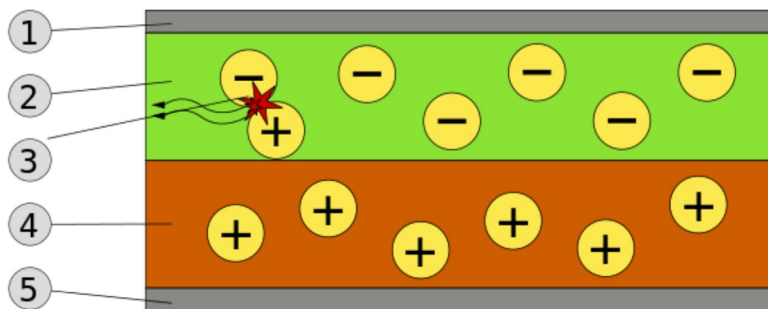
最早的OLED技术研发开始于1950年代的法国南茜大学，法国物化学家安德烈·贝纳诺斯被誉为“**OLED之父**”，最早的实用性OLED于1987被柯达公司的香港人邓青云和美国人史蒂夫·范·斯莱克两人发现。

实用性的有机发光二极管技术研究的其中一名研究员是邓青云博士，他出生于香港，于英属哥伦比亚大学得到化学理学学士学位，于1975年在康奈尔大学获得物理化学博士学位，另一位则是来自罗彻斯特理工学院的美国人史蒂夫·范·斯莱克，于1979年加入柯达公司。邓青云自1975年开始加入柯达公司Rochester实验室从事有机发光二极管的研究工作，在意外中发现有机发光二极管。1979年的一天晚上，他在回家的路上忽然想起有东西忘记在实验室，回到实验室后，他发现在黑暗中的一块做实验用的有机蓄电池在闪闪发光从而开始了对有机发光二极管的研究。1987年，邓青云和同事史蒂夫·范·斯莱克成功地使用类似半导体PN结的双层有机结构第一次作出了低电压、高效率的光发射器。为柯达公司生产有机发光二极管显示器奠定了基础。OLED英文名为Organic Light-Emitting Diode，缩写：OLED），中文名(有机发光二极管)更是邓青云命名的。

到了1990年，英国剑桥的实验室也成功研制出高分子有机发光原件。1992年剑桥成立的显示技术公司CDT（Cambridge Display Technology），这项发现使得有机发光二极管的研究走向了一条与柯达完全不同的研发之路。OLED最大的优势是无需背光源，可以自发光可做得很薄，可视角度更大、色彩更富、节能显著、可柔性弯曲等等。可广泛利用在各个领域，目前OLED更多使用AMOLED技术，在2013年的柏林国际电子消费品展（IFA）上，更有曲面OLED电视机种出现并引起注意。

结构

有机发光二极管基本结构是由一薄而透明具半导体特性之锡锡氧化物（ITO），与电力之正极相连，再加上另一个金属阴极，包成如三明治的结构。整个结构层中包括了：电洞传输层（HTL）、发光层（EL）与电子传输层（ETL）。当电力供应至适当电压时，正极电洞与阴极电子便会在发光层中结合，产生光子，依其材料特性不同，产生红、绿和蓝三原色，构成基本色彩。OLED的特性是自发光，不像薄膜晶体管液晶显示器需要背光，因此可视度和亮度均高，且无视角问题，其次是驱动电压低且省电效率高，加上反应快、重量轻、厚度薄，构造简单，成本低等，被视为 21世纪最具前途的产品之一。



OLED基本结构：1. 阴极 (-)；2. 发光层（Emissive Layer, EL）；3. 阳极空穴与阴极电子在发光层中结合，产生光子；4. 导电层（Conductive Layer）；5. 阳极 (+)

驱动方式

不过，有机发光二极管也与 LCD 一样其驱动方式也分为主动和被动式两种。被动式下依照定位发光点亮，类似邮差寄信；主动式则和薄膜晶体管液晶显示器相同，在每一个有机发光二极管单元背增加一个薄膜晶体管，发光单元依照晶体管接到的指令点亮。简言之，主动 / 被动矩阵分法，主要指的是在显示器内打开或关闭像素的电子开关型式。^[1]^[2]^[3]^[4]

典型的有机发光二极管由阴极、电子传输层、发光层、电洞输运层和阳极组成。电子从阴极注入到电子输运层，同样，电洞由阳极注入进空穴输运层，它们在发光层重新结合而发出光子。与无机半导体不同，有机半导体（小分子和聚合物）没有能带，因此电荷载流子输运没有广延态。受激分子的能态是不连续的，电荷主要通重载流子在分子间的跃迁来输运。因此，在有机半导体中，载流子的移动能力比在硅、砷化镓、甚至无定型硅的无机半导体中要低几个数量级。在实际的OLED中，有机半导体典型的载流子移动能力为10⁻³~10⁻⁶cm²/V·S。因为载流子移动能力太差，OLED器件需要

较高的工作电压。如一个发光强度为 1000cd/m^2 的OLED，其工作电压约为 $7\sim 8\text{V}$ 。因为同样的原因，OLED受空间电荷限制，其注入的电流密度较高。

通过一厚度为 d 的薄膜的电流密度由下式定义：

$$J = (9/8)e M (V^2/d^3)$$

式中 e 是电荷常量、 M 是载流子迁移率、 V 为薄膜两端的电压。

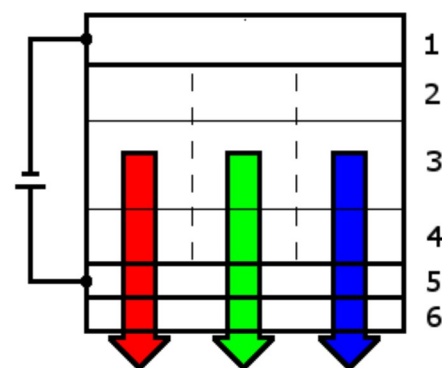
在一般的机发光二极管中，全部有机膜的厚度约为 1000\AA 。实际上，有机发光二极管的发光功率与电流有 $J\cdot Vm$ 的关系，其中 $m > 2$ 。Burrows和Forrest制得的TPD/Alq器件的 m 高达9，他们认为， m 值大是因为“阱”（或称极化子）的缘故。最近，他们又证实 m 具有很强的温度依赖性，并且电荷是通过“阱”来输运的。在发光层中，掺杂客体荧光染料能极大地提高OLED的性能和特性。例如，只要掺杂1%的红色荧光染料DCM、Alq式机发光二极管的最大发射峰即可从 520nm 迁移到 600nm ；掺杂少量的MQA（一种绿色染料）将使机发光二极管的效率提高2至3倍，在同样的亮度下使用寿命可提高10倍。

有机发光二极管所用的物料是有机分子或高分子材料。将来可望应用于制造平价可弯曲显示幕、照明设备、发光衣或装饰墙壁。2004年开始，有机发光二极管已广泛应用于随身MP3播放器。

器件效率

迄今为止，发绿光的有机发光二极管是最有效的器件，这是因为人眼对绿光最为敏感。Tang曾报导，用香豆素掺杂Alq的器件具有 $5\sim 6\text{lm/W}$ 的效率。据文献报导，效率最大的发绿光的有机发光半导体是由Sano制成的，用Bebq作为HTM，其效率为 15lm/W 。与发绿光的OLED比较，对发红光和蓝光的OLED的研究工作少得多。

目前已知的，效率最好的发蓝光的OLED是由Idemitsu的Hosokawa等人研制的，其发光效率为 5.0lm/W ，对应的表面量子效率为2.4%。据Tang等人报导，将DCM染料掺入Alq制成了发红光的OLED器件，其发光效率为 2.5lm/W 。需要说明的是，上述文献所报导的发光效率，都是在发光强度约为 100cd/m^2 或更小的条件下测得的。而实际应用的有机发光半导体是由多路驱动的，最大的发光强度要高一些。因此，显示像素会被驱动到很高的发光强度，导致发光效率下降。也就是说，随着发光亮度增加，发光效率将因驱动电压的增加而降低。发绿光的有机发光半导体，在发光亮度为 $10,000\text{cd/m}^2$ 时，其发光效率降为 2lm/W ，只有低亮度下的30%。发红光和蓝光的有机发光半导体，其发光效率随着发光亮度的增加降低得更多。因此，有机发光半导体技术可能更适用于不需要有源矩阵驱动的小尺寸、低显示容量的显示器件。



有机发光二极管的示意图

■ 器件的寿命和衰变

在过去的几年中，对有机发光半导体器件的寿命有过一些报导。但由于每个实验室测量器件寿命的方法不同，无法对这些数据进行有意义的比较。在报导中，应用最多的测量器件寿命的方法，是在器件维持一恒定电流的条件下，测量从初始亮度下降至一半亮度的时间。据柯达公司的VanSlyke报导，亮度在 2000cd/m^2 时，器件的工作寿命达到了1000小时。Sano也报导了，在TPD中掺杂红荧烯得到的器件，其初始亮度为 500cd/m^2 、半亮度寿命为3000小时。对寿命进行比较的最佳量值是亮度和半亮度寿命的乘积。据报导，该量值对使用寿命最长的器件是：绿光为 $7,000,000\text{cd/m}^2\cdot\text{hr}$ ；蓝光为 $300,000\text{cd/m}^2\cdot\text{hr}$ ；红—橙色为 $1,600,000\text{cd/m}^2\cdot\text{hr}$ 。一个双倍密封的有机发光半导体器件的存储寿命约为5年。

特色与关键技术

过去的市场上有机发光半导体一直没办法普及，主要的问题在于早先技术发展的有机发光半导体样品大多是单色居多，即使采用多色的设计，其发色材料和生产技术往往还是限制了有机发光半导体发色的多样性。实际上有机发光半导体的视频产生方法和CRT显示一样，皆是借由三色RGB像素拼成一个彩色像素；因为有机发光半导体的材料对电流接近线性反应，所以能够在不同的驱动电流下显示不同的色彩与灰阶。

OLED的特色在于其核心可以做得很薄，厚度为目前液晶的1/3，加上有机发光半导体为全固态组件，抗震性好，能适应恶劣环境。有机发光半导体主要是自体发光的，让其几乎没有视角问题；与LCD技术相比，即使在大的角度观看，显示画面依然清晰可见。有机发光半导体的组件为自发光且是依靠电压来调整，反应速度要比液晶芯片来得快许多，比较适合当作高清电视使用。2007年底SONY推出的11吋O有机发光半导体电视XEL-1，反应速度就比LCD快了1000倍。

有机发光半导体的另一项特性是对低温的适应能力，旧有的液晶技术在零下75度时，即会破裂故障，有机发光半导体只要电路未受损仍能正常显示。此外，有机发光半导体的效率高，耗能较液晶略低还可以在不同材质的基板上制造，甚至能成制作成可弯曲的显示器，应用范围日渐增广。

有机发光半导体与LCD比较之下较占优势，数年前OLED的使用寿命仍然难以达到消费性产品（如PDA、移动电话及数码相机等）应用的要求，但近年来已有大幅的突破，许多移动电话的显示屏已采用OLED，然而在价格上已经和LCD达到黄金交叉点，成本已经略低于LCD

材料技术

小分子

小分子的高效有机发光二极管首先被在伊士曼柯达公司的邓青云博士等人的开发^[5]。虽然该术语的SM-OLED中也使用，术语OLED传统特指这种类型的器件^[6]。

聚合物发光二极管

高分子发光二极管（PLED），也是发光聚合物（LEP），包含当连接到外部电压而发光的电致发光导电聚合物。它们被用作全光谱彩色显示器里面的薄膜。聚合物OLED是相当有效率的，并且对于光产生的量只需要一个相对较小的功率。

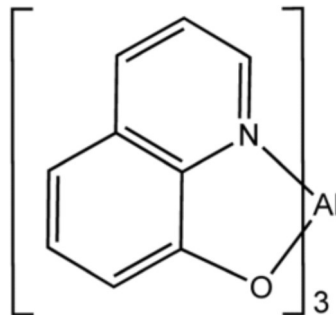
磷光材料

PHOLED，全名Phosphorescent organic light-emitting diode, 是指磷光有机电激发光二极管。OLED的发光模式之一，近年来随着PHOLED的蓬勃发展，目前许多学术研究机构积极研发的对象。

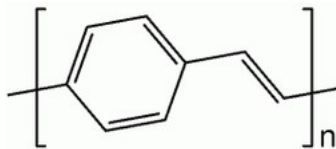
PHOLED 具有高亮度及高效率^{[9][10]}，有较长的生命期，内部量子效率接近100%^[11]，大量降低显示器的功耗。与磷光材质相比，掺杂萤光材质的面板电光转化效率只有25%，因此磷光材质在平面显示器应用上极具潜力。

潜在应用

有机发光半导体技术的主要优点是主动发光。现在，发红、绿、蓝光的有机发光半导体都可以得到。在过去的几年中，研究者们一直致力于开发有机发光半导体在从背光源、低容量显示器到高容量显示器领域的应用。下面，将对OLED的



Alq₃,^[5]常被用在小分子OLED。



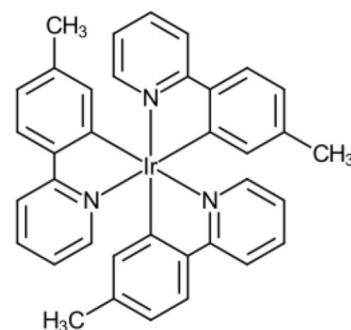
poly(p-phenylene vinylene),被用于第一个PLED^[7]。

潜在应用进行讨论，并将其与其它显示技术进行对比。

有机发光半导体在1999年首度商业化，技术仍然非常新。现在用在一些黑白 / 简单色彩的汽车收音机、移动电话、掌上型电动游乐器等。都属于高级机种。

目前全世界约有100多家厂商从事OLED的商业开发，有机发光半导体目前的技术发展方向分成两大类：日、韩和台湾倾向柯达公司的低分子有机发光半导体技术，欧洲厂商则以PLED为主。两大集团中除了柯达联盟之外，另一个以高分子聚合物为主的飞利浦公司现在也联合了EPSON、DuPont、东芝等公司全力开发自己的产品。2007年第二季全球有机发光半导体市场的产值已达到1亿2340万美元。

在中国企业方面，早在2005年，清华大学和维信诺公司决定开始OLED大规模生产线建设，并最终在昆山建设了OLED大规模生产线；广东省也积极马上有机发光半导体项目，截至2009年12月，广东已建、在建和筹建的有机发光半导体生产线项目有5个，分别是汕尾信利小尺寸有机发光半导体生产线、佛山中显科技的低温多晶硅TFT（薄膜场效应晶体管）AMOLED生产线项目、东莞宏威的有机发光半导体显示幕示范生产线项目、惠州茂勤光电的AMOLED光电项目、彩虹在佛山建设的有机发光半导体生产线项目。在有机发光半导体微型显示器方面，云南北方奥雷德光电科技股份有限公司是世界第二家、中国第一家具备批量生产能力的AMOLED微型显示器的生产厂商，微型显示器多与光学组件配合，进行便携的近眼式应用，可应用于红外系统、工业检测、医疗器械、消费电子等多个领域。根据调研公司DisplaySearch的报告，全球有机发光半导体产业2009年的产值为8.26亿美元，比2008年增长35%。中国成为全球有机发光半导体应用最大的市场，中国的手机、移动显示设备及其他消费电子产品的产量都超过全球产量的一半。OLED面板的生产厂商主要集中于日本、韩国、中国、台湾这四个国家。2013年1月，LG电子在CES上全球首次发布LG曲面OLED电视，这表明全球进入了大尺寸OLED时代。9月13日，LG电子在北京召开电视新品发布会，推出中国第一款LG曲面OLED电视——LG55EA9800-CA，这标志着中国的OLED电视时代正式来临。



Ir(ppy)₃，一种磷光掺杂剂发出绿色的光^[8]。

参看

- 显示技术的比较
- 场发射显示器
- 新兴技术列表
- 印刷电子学
- 分子电子学
- 表面传导电子发射显示器
- 发光二极管(LED)

参考文献

- A. Bernanose, M. Comte, P. Vouaux, J. Chim. Phys. 1953, **50**, 64.
- A. Bernanose, P. Vouaux, J. Chim. Phys. 1953, **50**, 261.
- A. Bernanose, J. Chim. Phys. 1955, **52**, 396.
- A. Bernanose, P. Vouaux, J. Chim. Phys. 1955, **52**, 509.
- Tang, C. W.; Vanslyke, S. A. Organic electroluminescent diodes. Applied Physics Letters. 1987, **51** (12): 913. Bibcode:1987ApPhL..51..913T. doi:10.1063/1.98799.

6. Kho, Mu-Jeong, Javed, T., Mark, R., Maier, E., and David, C. (2008) Final Report: OLED Solid State Lighting - Kodak European Research, MOTI (Management of Technology and Innovation) Project, Judge Business School of the University of Cambridge and Kodak European Research, Final Report presented in 04 March 2008 at Kodak European Research at Cambridge Science Park, Cambridge, UK., pp. 1-12
7. Burroughes, J. H.; Bradley, D. D. C.; Brown, A. R.; Marks, R. N.; MacKay, K.; Friend, R. H.; Burns, P. L.; Holmes, A. B. Light-emitting diodes based on conjugated polymers. *Nature*. 1990, **347** (6293): 539–541. Bibcode:1990Natur.347..539B. doi:10.1038/347539a0.
8. Yang, Xiaohui; Neher, Dieter; Hertel, Dirk; Daubler, Thomas. Highly Efficient Single-Layer Polymer Electrophosphorescent Devices. *Advanced Materials*. 2004, **16** (2): 161–166. doi:10.1002/adma.200305621.
9. Baldo, M. A.; O'Brien, D. F.; You, Y.; Shoustikov, A.; Sibley, S.; Thompson, M. E.; Forrest, S.R. Highly Efficient phosphorescent emission from organic electroluminescent devices. *Nature*. 1998, **395** (6698): 151–154. Bibcode:1998Natur.395..151B. doi:10.1038/25954.
10. Baldo, M. A.; Lamansky, S.; Burrows, P. E.; Thompson, M. E.; Forrest, S. R. Very high-efficiency green organic light-emitting devices based on electrophosphorescence. *Applied Physics Letters*. 1999, **75**: 4. Bibcode:1999ApPhL..75....4B. doi:10.1063/1.124258.
11. Adachi, C.; Baldo, M. A.; Thompson, M. E.; Forrest, S. R. Nearly 100% internal phosphorescence efficiency in an organic light-emitting device. *Journal of Applied Physics*. 2001, **90** (10): 5048. doi:10.1063/1.1409582.

延伸阅读

- P. Chamorro-Posada, J. Martín-Gil, P. Martín-Ramos, L.M. Navas-Gracia, *Fundamentos de la Tecnología OLED* (Fundamentals of OLED Technology). University of Valladolid, Spain (2008). ISBN 978-84-936644-0-4. Available online, with permission from the authors, at the webpage: <http://www.scribd.com/doc/13325893/Fundamentos-de-la-Tecnologia-OLED>
- Kordt, Pascal; 等. *Modeling of Organic Light Emitting Diodes: From Molecular to Device Properties*. *Advanced Functional Materials*. 2015, **25** (13): 1955–1971. doi:10.1002/adfm.201403004.
- Shinar, Joseph (Ed.), *Organic Light-Emitting Devices: A Survey*. NY: Springer-Verlag (2004). ISBN 0-387-95343-4.
- Hari Singh Nalwa (Ed.), *Handbook of Luminescence, Display Materials and Devices*, Volume 1–3. American Scientific Publishers, Los Angeles (2003). ISBN 1-58883-010-1. Volume 1: *Organic Light-Emitting Diodes*
- Hari Singh Nalwa (Ed.), *Handbook of Organic Electronics and Photonics*, Volume 1–3. American Scientific Publishers, Los Angeles (2008). ISBN 1-58883-095-0.
- Müllen, Klaus (Ed.), *Organic Light Emitting Devices: Synthesis, Properties and Applications*. Wiley-VCH (2006). ISBN 3-527-31218-8
- Yersin, Hartmut (Ed.), *Highly Efficient OLEDs with Phosphorescent Materials*. Wiley-VCH (2007). ISBN 3-527-40594-1
- Kho, Mu-Jeong, Javed, T., Mark, R., Maier, E., and David, C. (2008) 'Final Report: OLED Solid State Lighting - Kodak European Research' MOTI (Management of Technology and Innovation) Project, Judge Business School of the University of Cambridge and Kodak European Research, Final Report presented on 4 March 2008 at Kodak European Research at Cambridge Science Park, Cambridge, UK., pages 1–12.

外部链接

- Structure and working principle of OLEDs and electroluminescent displays (<http://www.ewh.ieee.org/soc/cpmt/presentations/cpmt0401a.pdf>)

- Tutorial on the working principle of OLEDs at Ghent University (http://www.elis.ugent.be/ELISgroups/lcd/tutorials/tut_oled.php)
- MIT introduction to OLED technology (<http://techtv.mit.edu/videos/3175>) (video)
- Historical list of OLED products from 1996 to present (<http://www.oled-info.com/history>)

取自 “<https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=有機發光二極體&oldid=47041623>”

本页面最后修订于2017年11月19日 (星期日) 11:34。

本站的全部文字在知识共享 署名-相同方式共享 3.0协议之条款下提供，附加条款亦可能应用（请参阅[使用条款](#)）。

Wikipedia®和维基百科标志是维基媒体基金会的注册商标；维基™是维基媒体基金会的商标。

维基媒体基金会是在美国佛罗里达州登记的501(c)(3)[免税](#)、非营利、慈善机构。