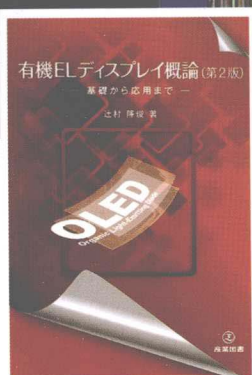


平板显示技术丛书

SID



OLED显示概论

Introduction to Organic Light-Emitting Diode

本书主要介绍了有机发光器件（OLED）材料光发射基础原理、结构及制造工艺、驱动方式、封装技术、照明应用、柔性显示应用等内容。

[日] 辻村隆俊 著
李伟 李子君 高彬 等译
于军胜 王煦 审

 中国工信出版集团

 电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

平板显示技术丛书

SID

OLED 显示概论

[日]辻村隆俊 著

李 伟 李子君 高 彬 等译

于军胜 王 煦 审

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

有机发光二极管因其低驱动电压、高亮度、制造工艺简单、可制作作为柔性面板等优势,在平板显示领域及大面积固态照明领域获得高度青睐。本书系统化介绍 OLED 技术及器件,共分 8 章。第 1 章介绍早期的 OLED 产品;第 2 章介绍 OLED 光发射的基础知识;第 3 章阐述 OLED 器件的工艺流程、过程监控及分析方法;第 4 章和第 5 章介绍 OLED 寻址、显示模块制造方法和基于 LTPS 技术的 TFT 寻址电路设计;第 6 章重点介绍一些 OLED 新技术;第 7 章和第 8 章则分别介绍 OLED 在照明领域及柔性显示领域的应用。

本书图文并茂,阐述详细,反映了该领域的最新研究成果和制造经验,可作为显示器件物理及相关专业本科生、研究生的教学用书,也可作为该领域研究人员的参考资料。

有機 EL ディスプレイ概論 第 2 版,辻村隆俊,産業図書株式会社

YUKI ELDISPLAY GAIRON 2

Copyright © 2012 Takatoshi Tsujimura

Chinese translation rights in simplified characters arranged with SANGYO TOSHO

through Japan UNI Agency, Inc., Tokyo

本书简体中文版专有翻译出版权由 SANGYO TOSHO 通过 Japan UNI Agency, Inc., Tokyo 授予电子工业出版社。未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

版权贸易合同登记号 图字:01-2015-4001

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

OLED 显示概论 / (日)辻村隆俊著;李伟等译. —北京:电子工业出版社,2015.7
(平板显示技术丛书)

ISBN 978-7-121-26281-4

I. ①O… II. ①辻… ②李… III. ①LED 显示器—基本知识 IV. ①TN141

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 126168 号

责任编辑:董亚峰 特约编辑:王钰 文字编辑:李敏

印刷:三河市双峰印刷装订有限公司

装订:三河市双峰印刷装订有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开本:720×1 000 1/16 印张:13.5 字数:235 千字

版次:2015 年 7 月第 1 版

印次:2015 年 7 月第 1 次印刷

定 价:39.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

翻译委员会

中航工业 苏州长风航空电子有限公司

主任：李 伟

成 员：（排名按姓氏笔画）

王 勇 王 伟 李子君 张 杰

苗仲海 高 彬 曹 峰 熊言威

序

OLED 显示技术自 1987 年问世以来，以其主动发光、视角大、响应快、色域宽、轻薄型、潜在的低功耗等特点，受到业界广泛重视，获得了快速发展。产品在智能手机、电视、照明等领域已获得了成功应用，虽然 OLED 产业还处于产业化的前期，但已显示了强大的技术优势和广泛的应用前景。

与 TFT-LCD 等成熟技术相比，OLED 在器件寿命、发光效率、生产成本等方面距产业化要求仍有较大差距，是当前业界研究的焦点和难点。本书作者，过村隆俊先生，长期从事显示技术的相关研究和开发工作，曾任柯达公司 OLED 产品开发主管，2003 年发布了当时最大的 20 英寸 AMOLED 显示器，由其撰写的《OLED 显示概论》，对 OLED 显示的基本原理、有源/无源器件结构、器件制程、技术和产业化发展和应用等进行了非常全面的介绍。同时，本书为 Wiley 出版社推荐的优秀平板显示丛书之一，本书的翻译为我国从事 OLED 显示技术研究的科研和教学人员提供了非常好的参考资料。

本书译者长期从事平板显示技术研究，具有丰富的平板显示行业经验。译者在本书翻译过程中，再三校对，力求译文忠实、畅达。非常感谢译者付出的艰辛劳动，将本书引进给中国的读者，为我国 OLED 产业发展出一份力。

王继平

丛书编者前言

我一直希望能在本系列丛书中出版一本关于 OLED 技术的书籍。一开始，我碰到的问题是 OLED 技术是如此新颖并且发展得太迅速，以至于撰写的书籍在它出版之前就已经显得过时了。尽管现在 OLED 技术仍以惊人的速度在发展，但它已经达到了相对成熟的阶段，因此终于有机会出版一本書籍来介绍 OLED 各个方面的技术，从 OLED 材料产生光发射的基本原理到制造技术，再到其在显示器领域与照明方面的应用。之前该领域出版的相关书籍，主要是收集相关科研论文并进行综述。这种书籍有其用处，但并不能达到 Wiley-SID 系列丛书的出版目标，因此我希望，那些需要一本全面介绍 OLED 重要技术讲义的读者，不妨考虑我们最近出版的这本值得期待的书籍。

为使读者了解这本书的准确范围，现将各章内容概括如下。

第 1 章为介绍性章节，集中介绍早期的 OLED 产品。

第 2 章首先简要介绍 OLED 的发展历史，然后详细叙述实际器件的电子结构基础、分子和聚合分子发射光子的热力学基础、单重态与三重态 OLED 材料、电荷注入机制、电荷传输与复合、电子与光学效率、器件老化与寿命问题等。本章包含了 OLED 光发射结构在工作情况下的全面知识。

第 3 章论述 OLED 器件中各层结构的工艺制程，还包括了纯化和沉积工艺制程、质量控制、缺陷和老化监控技术，以及检测和分析方法。

第 4 章叙述基于有源矩阵或无源矩阵的寻址，以及怎样将 OLED 器件制作成实际的显示模块。

第 5 章讨论基于 LTPS 技术的 TFT 寻址电路，并详细叙述采用电流驱动的 OLED 技术，以及电路设计的详细要求。

第 6 章讨论下一代 OLED 技术，包括图形结构技术、溶液处理材料、新的更高产量的制造过程与改良的 TFT 技术。

第 7 章和第 8 章介绍 OLED 照明应用，以及 OLED 在大尺寸显示与柔性显示中的应用。

20 世纪 90 年代早期，有源矩阵 TFT 技术已得到迅速发展，并实现了高像素 OLED 显示技术。自那时起，辻村隆俊先生就一直致力于 OLED 显示行业的发展。他的专业技术可谓既深入又广泛，读者只要深入研读这本书，就会察觉到。

Anthony C. Lowe

系列丛书编辑

Braishfield, United Kingdom

前 言

有机发光二极管（OLED）和液晶显示（LCD）技术经常被拿来比较，实际上 LCD 是 OLED 显示的成功前辈。作者过去曾参与了第一代薄膜晶体管（TFT）制造线的开发，根据作者的经验，相对较新的 OLED 和已成熟稳定的 LED 技术具有非常相似的可比性，或者作为平行的技术，这在某种程度上非常令人惊奇。这种比较表现出 OLED 显示的固有高质量性。

LCD 显示器之所以能获得巨大市场成功，不仅仅是因为专业显示器制造商（三星、夏普、LG 等）的深入研究与研发成果，也因为许多商业或学术机构的贡献，包括器件与设备的检测、测量与制造等方面的研究。作者希望 OLED 产业也能从专家学者们有力而众多的贡献中获益，无论是直接还是间接涉及 OLED 技术，从而使 OLED 市场最终变得像如今的 LCD 市场一样，广阔而充满活力。

LCD 行业是在其他相关行业（制造设备试验等）发展的带动下而发展起来的，因此在很多方面也适用于 OLED 技术，在本书中我们将详细讨论这些技术。本书中的每一个话题，都通过讨论其基本原理与背景来呈现，然后对实际的应用进行叙述并举例。作者尝试尽量详尽地叙述所有的相关技术，以确保涉及 OLED 研究与开发的读者能从本书中受益。

作者在 2007 年获得 SID 特别表彰奖之际，曾表示希望能在 OLED 领域做出突出的贡献，以巩固并发展 OLED 行业。作者希望本书能帮自己达到这个目的，并希望它能对 OLED 产业的发展有所帮助。

辻村隆俊

目 录

第 1 章 简介	1
参考文献	4
第 2 章 OLED 显示结构	5
2.1 OLED 定义	5
2.2 OLED 器件原理和机理	8
2.2.1 基本器件结构	8
2.2.2 发光机制	10
2.2.3 发射效率	26
2.2.4 器件寿命与图像残留	29
参考文献	32
第 3 章 OLED 制程	35
3.1 材料制备	35
3.1.1 基本材料特性	35
3.1.2 纯化处理	39
3.2 蒸镀制程	40
3.2.1 原理	40
3.2.2 蒸镀源	45
3.3 掩膜图案	49
3.4 封装	52
3.4.1 暗点与边缘增长缺陷	52
3.4.2 OLED 器件的底发光与顶发光	53
3.5 问题分析	55
3.5.1 电离势的测量	56
3.5.2 HPLC 分析	58

3.5.3 循环伏安法	58
参考文献	60
第 4 章 OLED 显示模块	63
4.1 OLED 与 LCD 的模块对比	63
4.2 基本显示设计及相关特性	65
4.2.1 发光强度、亮度与照度	65
4.2.2 OLED 电流与功率效率	71
4.2.3 色彩再现	74
4.2.4 均匀色度空间	79
4.2.5 确定白点坐标	81
4.3 无源矩阵 OLED 显示屏	83
4.3.1 结构	83
4.3.2 像素驱动	85
4.4 有源矩阵 OLED 显示屏	87
4.4.1 OLED 模块组件	87
4.4.2 双晶体管与单电容组成的驱动电路	88
4.4.3 环境性能	90
4.4.4 子像素呈现	92
参考文献	93
第 5 章 用于 OLED 驱动的 TFT 基板	95
5.1 TFT 结构	95
5.2 TFT 制程	99
5.2.1 低温多晶硅制程概述	99
5.2.2 薄膜成形	100
5.2.3 图案成形技术	102
5.2.4 准分子激光结晶	105
5.3 MOSFET 基础	109
5.4 LTPS-TFT 驱动 OLED 显示器设计	111
5.4.1 夹断电流	111
5.4.2 驱动 TFT 的尺寸限制	112
5.4.3 电压降导致的限制	113
5.4.4 LTPS-TFT 像素补偿电路	119
5.4.5 LTPS-TFT 电路集成	125

参考文献	127
第 6 章 下一代 OLED 技术	129
6.1 彩色图案化技术	129
6.1.1 白光发射+彩色滤光片	129
6.1.2 色彩转换介质法	130
6.1.3 激光诱导热成像法	130
6.1.4 辐射诱导升华转移法	132
6.1.5 双板 OLED 显示屏法	133
6.1.6 其他方法	134
6.2 溶液法加工材料与技术	135
6.3 下一代 OLED 制造手段	139
6.3.1 蒸气注射源技术	139
6.3.2 热壁方法	143
6.3.3 有机气相沉积法	145
6.4 OLED 电视应用	146
6.4.1 性能指标	146
6.4.2 白光+彩色滤光片的高产量制造方法	147
6.5 OLED 显示屏的下一代 TFT 技术	156
6.5.1 顺序横向固化 (SLS) 法	157
6.5.2 微晶硅和超非晶硅	157
6.5.3 固相结晶	160
6.5.4 氧化物半导体	162
参考文献	163
第 7 章 OLED 照明	167
7.1 显色指数	168
7.2 OLED 照明需求	170
7.2.1 相关色温	170
7.2.2 其他要求	172
7.3 光提取效率增强	174
7.3.1 微透镜阵列结构	174
7.3.2 漫射结构	175
7.3.3 衍射结构	177

7.4 OLED 照明设计	177
7.4.1 减小电阻值	178
7.4.2 降低电流	178
参考文献	179
第 8 章 新型 OLED 应用	181
8.1 柔性显示	181
8.1.1 柔性显示屏应用	181
8.1.2 柔性显示屏的防渗透技术	183
8.1.3 WVTR 测量	183
8.1.4 柔性显示屏的有机 TFT	185
8.2 透明显示屏	189
8.3 拼接显示技术	190
8.3.1 无源矩阵拼接	191
8.3.2 有源矩阵拼接	193
参考文献	194
附录	198
关于作者	202

1

第 1 章

简介

有机发光二极管 (Organic Light-Emitting Diode, OLED) 的基本结构在 1987 年由 Eastman Kodak 公司的 Ching W. Tang 和 Steven Van Slyke 报道过^[1]。这是一项突破性研究, 并被认为是“第一篇 OLED 论文”。现在, 几乎是 25 年后, OLED 器件存在着巨大的市场。在 SK 显示公司 (由 Eastman Kodak 和 Sanyo Electric 合资的制造公司) 制造出第一个有源矩阵驱动 OLED (Active-Matrix OLED, AMOLED) 之后, 第一台使用 AMOLED 显示的产品是 Kodak LS633 数码相机 (见图 1.1)。紧随其后出现了众多其他基于 OLED 的产品, 包括移动电话、音频播放器 (见图 1.2)、便携式多媒体播放器 (见图 1.3)、便携式全球卫星定位系统 (Global Positioning System, GPS) 器件, 这些 OLED 可提供明亮的、色彩丰富的高分辨率显示。



图 1.1 市场上第一台 AMOLED 显示产品 (Kodak LS633 数码相机)



图 1.2 使用 AMOLED 的音频播放器 (Sony Walkman NW-X-1050)



图 1.3 使用 AMOLED 的个人多媒体播放器
(Dynaconnective Dawin, Neosol Cliod 的代工厂产品)

市场上也出现了大尺寸显示产品，如图 1.4 和图 1.5 所示。更大尺寸（如 20~400 英寸）的原理样机也已经开发出来了。由于其出众的特点，如超薄平面屏幕设计和令人愉悦的屏幕图像，加之高对比度图像信号发射和非常短的响应时间，使得在市场上崭露头角的 OLED 电视机获得了前所未有的地位^[2]。

本书的目标是从各种角度出发解释这种有前途技术的基本原理和应用。



图 1.4 使用 8 英寸 OLED 屏幕获得的数码照片（Kodak OLED 无线设计）



图 1.5 11 英寸屏幕的电视机（Sony XEL-1）

参考文献

- [1] C. W. Tang and S. A. Van Slyke. Organic electroluminescent diodes. *Appl. Phys. Lett.*, **51**(12):913–915 (1987).
- [2] T. Tsujimura, W. Zhu, S. Mizukoshi, N. Mori, M. Yamaguchi, K. Miwa, S. Ono, Y. Maekawa, K. Kawabe, M. Kohno, and K. Onomura. Advancements and outlook of high performance active-matrix OLED displays. *SID 2007 Digest*, 2007, p.84.

2

第 2 章

OLED 显示结构

2.1 OLED 定义

在深入探讨 OLED 显示结构之前，先了解 OLED 技术的起源——早期观察到的电致发光。在 20 世纪 50 年代早期，法国南锡大学 (Nancy University) 的一个研究团体在空气对被分解或沉淀在薄膜纤维素或玻璃纸上的吖啶橙 (acridine orange) 与奎纳克林 (quinacrine) 施加高压交流 (AC) 电场^[1]。在此过程中，被确认的机制包括电子的激发。其后，1960 年，纽约大学 (New York University, NYU) 的一个研究小组，使用欧姆级的暗注入电极接触有机晶体，并描述了电极接触注入空穴和电子所需要的功函数 (能量要求)^[2]。这种接触是当今所有 OLED 器件的电荷注入源。该 NYU 研究小组在真空环境下，在一块纯蒽 (anthracene) 晶体和掺杂并四苯的蒽 (tetracene-doped anthracene) 晶体上的小面积银电极施加 400 V 的直流 (DC) 电压，研究了有机晶体的直流电致发光 (electroluminescence, EL)^[3]。这种反应的机理被定义为场加速电子激发的分子荧光。NYU 研究小组后来发现在无外电场作用下，蒽晶体的电致发光由电子和空穴的复合产生，并且蒽的导带能级 (conducting-level) 能量高于激子能级 (exciton energy level)^[4]。