

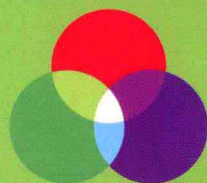
轻松
图解

LED

发光二极管的基础 与应用

らくらく図解LED
発光ダイオードのしくみ

(日) 安藤 幸司 著
郭文兰 金飞虎 王卫兵 译



省电、寿命长、环保、价格实惠，

近年来已快速发展到家庭照明领域中的发光二极管（LED, Light Emitting Diode），或称LED灯。备受关注的“最新光源”LED，在本书中用图解的方式通俗易懂地介绍了从基本原理到材料特性、产品说明书的阅读，以及应用实例等。



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

本书深入浅出地介绍了“发光二极管是什么”、“发光二极管有哪些特征”、“发光二极管将来会有怎样的发展”。发光二极管与传统光源相比，具有以下几个特点：第一，作为照明光源省电；第二，使用寿命长；第三，体积小。本书以发光二极管的各个侧面为切入点，引进最新话题，采取图表解释法通俗易懂地加以介绍。本书共分6章，内容为发光二极管的特征、光的基础知识、各种各样的光源、认识在身边使用的发光二极管、发光二极管的性能、运用自如的发光二极管。

本书适用于相关专业的中专生、非电专业的大专和大学生，以及电子爱好者阅读。

地址：北京市百万庄大街22号

邮政编码：100037

电话服务

社服务中心：010-88361066

销售一部：010-68326294

销售二部：010-88379649

读者购书热线：010-88379203

网络服务

教材网：<http://www.cmpedu.com>

机工官网：<http://www.cmpbook.com>

工官博：<http://weibo.com/cmp1952>

封面无防伪标均为盗版

上架指导 工业技术/电气工程/电子技术

ISBN 978-7-111-39886-8

策划编辑◎张沪光

ISBN 978-7-111-39886-8



9 787111 398868 >

定价：28.00元

轻松图解 LED

发光二极管的基础与应用

(日) 安藤 幸司 著

郭文兰 金飞虎 王卫兵 译



机械工业出版社

らくらく図解 LED 発光ダイオードのしくみ

Original Japanese edition

Rakuraku Zukai LED Hallou Diode no Shikumi

By Koushi Ando

Copyright © 2010 by Koushi Ando

Published by Ohmsha, Ltd.

This Chinese language edition published by China Machine Press

Copyright © 2012

All rights reserved.

本书中文简体字版由机械工业出版社出版, 未经出版者书面允许, 本书的任何部分不得以任何方式复制或抄袭。版权所有, 翻印必究。

本书版权登记号: 图字 01-2012-1681 号

图书在版编目 (CIP) 数据

轻松图解 LED: 发光二极管的基础与应用 / (日) 安藤幸司著; 郭文兰, 金飞虎, 王卫兵译. —北京: 机械工业出版社, 2012. 11

ISBN 978-7-111-39886-8

I. ①轻… II. ①安…②郭…③金…④王… III. ①发光二极管—图解
IV. ①TN312-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 229870 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 张沪光 责任编辑: 张沪光 版式设计: 姜 婷

责任校对: 樊钟英 封面设计: 姚 毅 责任印制: 李 妍

北京诚信伟业印刷有限公司印刷

2013 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

148mm × 210mm · 6.375 印张 · 187 千字

0001—3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-39886-8

定价: 28.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010)88361066 教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售一部: (010)68326294 机工官网: <http://www.cmpbook.com>

销售二部: (010)88379649 机工微博: <http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线: (010)88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

近来发光二极管 (LED: Light Emitting Diode) 受到了人们很大的关注。发光二极管已出现在日常生活的各个方面,或许会成为 21 世纪的光源。发光二极管在刚出现的时候还无法发出可见光,只能发出红外线光,而且强度也很弱。后来出现了可以发出可视的光,接着又出现了输出功率大的发光二极管,从单纯的指示灯转变成了照明工具。

笔者从 20 世纪 70 年代开始从事影像工作达 30 多年。所从事的影像属于使用“特殊测量用相机”研究影像测量,涉及宇宙开发和汽车碰撞试验等用的慢动作测量方面。这些年来,一直考虑影像作为测量手段能用到什么样的程度。随着这些工作,提高了自己在自然和光方面的造诣,丰富了摄影光源方面的知识。

从笔者从事这些工作的 20 世纪 70 年代后半期开始,发光二极管作为可以发出红色光的指示光源广泛使用。之前使用的指示元件一直都是小灯泡或者霓虹灯。霓虹灯需要 100V 的交流电源。其外面罩着玻璃罩,而且尺寸也大。高亮度发光二极管的出现,替代了这些传统光源,发光颜色也从橙色发展到绿色、蓝色等。

本书通俗易懂地说明了这些发光二极管的性能和特征。因笔者从事过有关光的技术方面,加大了光的广义方面的说明。因此不同于一般发光二极管的说明书。人类历史上使用了大量的光源,进行了各种技术改进。通过本书可以了解发光二极管处于什么样的位置。

如能通过这本书拉近与发光二极管的距离,而且在工作 and 生活中更深入地利用发光二极管的话,深感欣慰。

2010 年 11 月
安藤幸司

目 录

前言

第 1 章 发光二极管的特征

1-1 发光二极管带来了什么	2
1-2 发光二极管的特点	4
1-3 点亮发光二极管	10
1. 利用简易的电路点灯	10
2. 基本结构为半导体构造（二极管）	11
3. PN 结	13
4. 发光二极管的结构	16
1-4 发光二极管的发展	17
1. 发光二极管的构思	17
2. 发光二极管始于红外发光	18
3. 大功率化的挑战	19
1-5 半导体激光器与发光二极管的差异	20
1. 半导体激光器与发光二极管是兄弟	20
2. 与半导体器件一样，差异在于结构	21
1-6 LED 的亮度单位	23
1. 坎德拉、毫坎德拉	23
2. 瓦特	24
3. 流明	25
4. 坎德拉、瓦特、流明之间的关系	26
1-7 蓝色发光二极管开发的历史	27
1. 对蓝色发光二极管执著的开发	27
2. 蓝色发光二极管开发的突破	27
3. 明亮的白色发光二极管	28
1-8 实际的发光二极管产品	30
1. LED 按发光波长的分类	30
2. LED 按输出功率的分类	31
3. LED 按形状的分类	32

2-1 发光的实质是什么	34
1. 发光的本质——光子和电子	34
2. 电磁波	35
3. 光也是能量	35
4. 发光的种类	37
(1) 加热发光	37
(2) 放电发光	37
(3) 反应热发光	38
(4) 激励发光	39
(5) 化学发光	39
5. 光的作用	40
(1) 加热作用	40
(2) 化学作用	40
(3) 照明	40
(4) 信号处理	40
(5) 数据通信	42
2-2 光的单位	43
1. 发光强度 坎 [德拉] (cd)	44
2. 光通量 流 [明] (lm)	44
3. 照度 勒 [克斯] (lx)	45
4. 亮度 坎每平方米 (cd/m^2) 或 尼特 (nt)	46
5. 辐射功率 瓦 [特] (W)	47
6. 坎德拉光的颜色	48
2-3 量子发光的意义	49
1. 光子 (Photon) 与声子 (Phonon) 的区别	49
2. 光子	50
3. 禁带宽度	50
■ E_g (带隙、禁带宽度)	51

3-1 荧光灯以前的光源	56
1. 太阳光	56
2. 蜡烛	58
3. 煤气灯	59
■ 白炽丝罩的发明	60
4. 弧光灯	61
5. 白炽灯	62
(1) 灯丝的改良	63
(2) 惰性气体, 卤素循环	64
6. 荧光灯 [低压汞 (水银) 灯]	66
(1) 荧光灯的结构	67
(2) 荧光灯的闪烁	68
3-2 HID 灯	70
1. 高压汞灯	70
■ UHP (超高压) 灯	72
2. 金属卤化物 (HMI) 灯	73
■ 墨鱼渔船上用的集鱼灯	74
3. 钠灯	75
4. 氙灯	77
5. 氙闪光灯	78
■ 氙闪光灯的发光原理	80
3-3 激光器登场以后	82
1. 激光器的基本原理	82
(1) 激励源释放光	84
(2) 光的增幅	84
2. 半导体激光器	86
3. X 射线光源	88
(1) X 射线 (X-ray) 的发现	89
(2) X 射线的性质	91
4. 冷光——磷光和荧光	92
3-4 发光二极管与其他光源的比较	95

1. 与白炽灯的比较	95
2. 与荧光灯的比较	95
3. 与高压放电灯 [汞 (水银) 灯、金属卤化物灯、 钠灯] 的比较	95
4. 与激光器进行比较	96
3-5 LED 灯能替换白炽灯吗?	97
1. 白炽灯和荧光灯替换为 LED 灯时	98
2. 在家中使用 (与荧光灯比较)	99
3. LED 灯的投资价值	100

第 4 章 认识在身边使用的发光二极管

4-1 日常生活中的发光二极管	104
1. 电子仪器的指示灯	104
2. 自动门传感器	105
3. 条码读出器	106
4. 手电筒	107
■ 高亮度便携式 LED 灯	107
5. 公告板	108
6. 交通信号灯	110
7. 住宅用电灯	111
8. 汽车前照灯	112
9. 液晶电视面发光光源	112
10. LED 打印机	113
4-2 活跃在电子产品中的 LED 传感器	115
1. 光耦合器	115
2. 光电中断器	116
3. 固体继电器	118
4. 与光纤的组合	119
5. 测距传感器	121
6. 位置传感器	122
4-3 发光二极管的优点和缺点	124

1. 优点.....	124
2. 缺点.....	125
4-4 发光二极管的寿命和对人体的影响	126

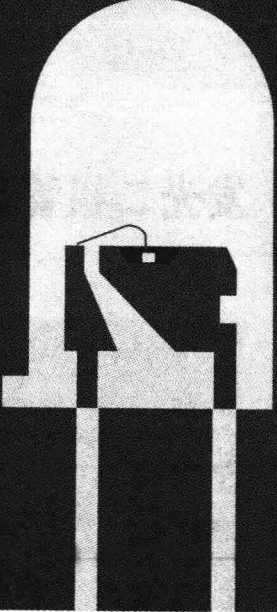
第 5 章 发光二极管的性能

5-1 市场商品中的发光二极管	128
5-2 如何看性能表	129
1. 最大额定值.....	131
2. 工作电流/工作电压	132
3. 光通量输出值.....	133
4. 正向电流.....	136
5. 反向电压、热阻.....	136
6. 发光波长.....	137
7. 扩散角.....	138
8. 工作环境温度.....	141
9. 寿命.....	142

第 6 章 运用自如的发光二极管

6-1 实际使用 LED 时的注意事项	144
1. 激发（点亮）LED	144
(1) 串联多个发光二极管	145
(2) 并联多个发光二极管	146
2. 注意器件的冷却.....	147
3. 用透镜扩散或聚焦 LED 光	148
4. 用光纤引导 LED 光	150
5. 作为 LED 闪光灯使用	152
6-2 用于发光二极管的电源	157
6-3 使用时注意事项	160
6-4 使用环境和散热方法	161

附录 A 初级篇	164
附录 B 高级篇（与光有关）	170
附录 C 高级篇（与电有关）	177
附录 D 高级篇（与热有关）	182
资料	186
参考文献	190
索引	191



第1章

发光二极管的特征

本章主要介绍发光二极管的特征。

其目的是让人们了解发光二极管处于光源的什么位置，有什么样的特征。而学习难度较大的发光原理将放在后面章节中介绍。

1-1 发光二极管带来了什么

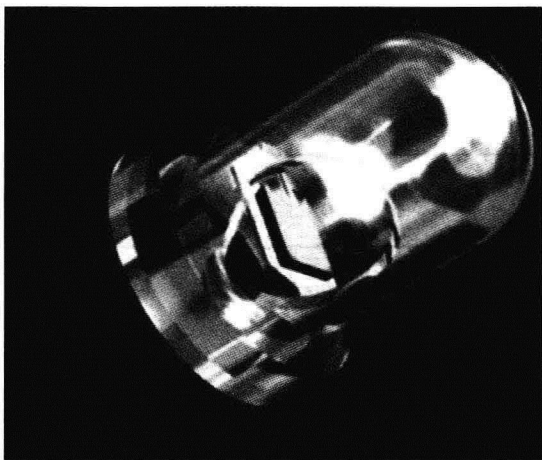


图 1.1.1 炮弹形发光二极管

发光二极管作为一种光源来说是一个完全崭新的领域。传统的光源如白炽灯，会伴随着发热；要么像荧光灯那样，利用电气放电。而发光二极管的特征跟以前的光源完全不一样。发光二极管属于晶体管和使用在计算机内部的半导体器件一样的类型，是一种发光的二极管。

半导体器件的结构与传统的真空管器件是完全不一样的电子器件，所以叫做固体器件。若白炽灯和荧光灯算作真空管器件一类的话，那么发光二极管是固体器件一类。像电视机的布劳思管（CRT 显像管）和电子电路的真空管随时代的变迁转换成液晶和 IC 等固体器件一样，发光二极管也进入了固体器件的时代。

石头会发光。人类做的石头会发光。

这就是发光二极管。有像荧光石那样会发光的石头。还有像镭那样的放射性物质也能自己发光。发光二极管的发光原理接近于后者。即构成半导体的分子结构取得能量，发出特定波长的光，像白

炽灯那样伴随热成分的光。但并不像以前的光源那样，靠加热分子，由热运动分子发出白光。

发光二极管通常也用英文的缩写 LED (Light Emitting Diode)，意思是会发光的二极管。二极管和晶体管是半导体器件中的代表。要想学习发光二极管，首先要了解半导体。

下面介绍拥有发光原理的发光二极管的特点。

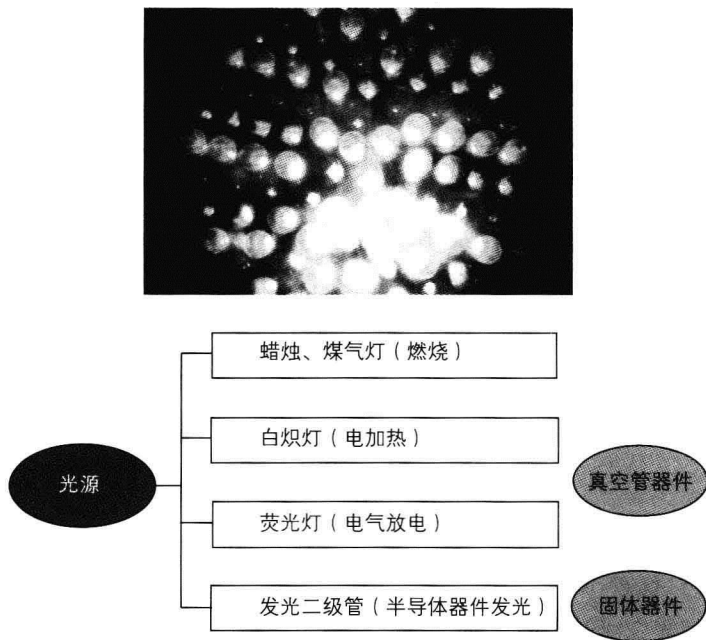


图 1.1.2 各种光源

1-2 发光二极管的特点

下面介绍利用量子发光的发光二极管特点（见图 1.2.1）。

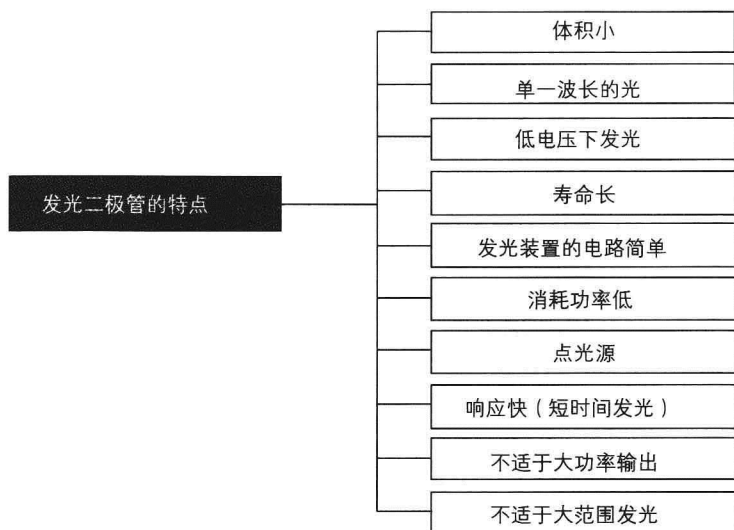


图 1.2.1 发光二极管的特点

1) 体积小

发光二极管的一大特点是体积可以做得非常小。留意一下手机上的发光二极管，米粒大小的东西可以发出很亮的光。不需要做灯丝和做成真空管状，可以说是半导体发光器件的一大特点。

2) 发出单一波长的光

单一波长的光指的是像红色、蓝色等波长非常单纯的光。激光的波长尤其如此。发光二极管的另一特点是发出的光非常单纯，只发出特定波长的光。这也是区别于其他光源的一大特点。那么，发光二极管为什么只发出特定波长的光呢？这是由构成半导体器件的原子结构发出的能量所决定的。发光机制不像白炽灯那样发出各种波长的光（见图 1.2.2）。

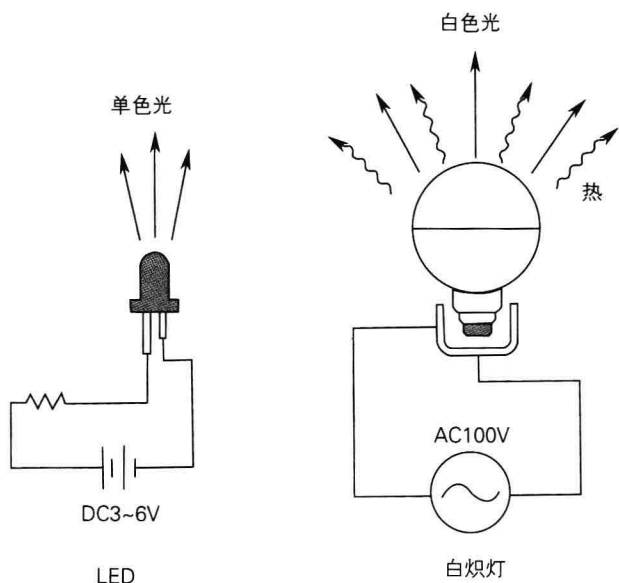


图 1.2.2 LED 和白炽灯的发光方式

寻找短波长光的元器件是发光二极管研究领域很重要的一个课题。在晶体管和集成电路领域中有名的硅 (Si) 的禁带宽度为 $0.6 \sim 0.7\text{V}$ ，只能发出远红外线，开发出了禁带宽度达到 1.4V 的砷化镓 (GaAs) 之后，才能发出近红外光。到了开发出禁带宽度达到 3.5V 的氮化镓 (GaN) 之后，才可以做出发出蓝色光的发光二极管。禁带宽度对二极管的发光波长起决定性的作用。白光发光二极管是把黄色的荧光材料涂在蓝色的发光二极管，由蓝色和黄色的混合发光起到近似发白色的光。

3) 低电压下发光

发光二极管在 $1.5 \sim 6\text{V}$ 极其简单的电源下就可以发光，即使用干电池也能发光。红色发光二极管用 1.5V 干电池就可以发光，而蓝色/白色发光二极管需要 3.5V 电压才能发光（见图 1.2.3）。

4) 近似于点光源

由于工艺上的原因，发光二极管的发光面不能做得太大，即使

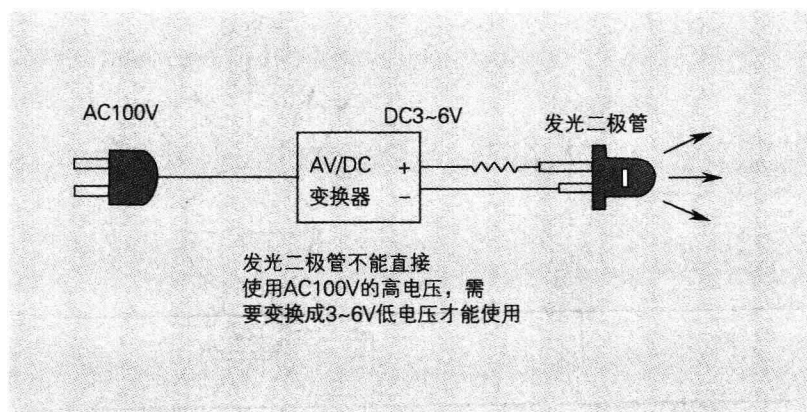


图 1.2.3 低电压下发光的 LED

是发光面积大的，也不过 $3\text{mm} \times 3\text{mm}$ 而已。所以，一般用于点光源照射的场所。用在交通信号灯上的大功率发光二极管是将多个发光二极管拼在一起使用的。由于发光二极管为点光源，利用透镜和反射镜的话，可以构成各种所需的光源。携带式照明灯、汽车前照灯等就是利用了发光二极管的点光源特性的例子（见图 1.2.4）。

5) 寿命长

由于发光二极管不是靠加热发光，不需使用像灯丝那样的消耗品，也不用将气体密封在放电灯里。发光二极管的结构坚固，只要按额定功率使用，它的寿命非常长。用在电子仪器中的 LED 指示灯，即使用 10 年以上也不会坏（见图 1.2.5）。

6) 发光装置的电路简单

发光二极管在低电压（ $1.5 \sim 6\text{V}$ ）、小电流下（ $5 \sim 500\text{mA}$ ）就可以发光。由于发光二极管本身不会抑制电流（限流），所以必须串接电阻来抑制电流。发光二极管可以在非常简单的电路下工作，读者也可以手工制作发光电路（见图 1.2.6）。利用发光二极管发光时要注意的，使其在额定电压和额定电流的设定下工作，注意散热。

7) 消耗功率低

发光二极管的发光机理不是利用加热发光，可以将输入电能有