

Optoelectronic Material and Display Technology

1 25 98 45 151 5 98 66 73 99 45 15 04 98 66

Connect the unit to equipment with an optical cable (available separately). Using an optical digital signal to ... music allows very high quality. It is not necessary to adjust the recording level. A track number is automatically assigned to each track of music from the sound source.

●Main equipment :
CS/BS tuner, CD/MS-tuner, digital synthesizer, etc.

●Cable required :
Digital cable (AD-M1DC or AD-M2DC, available separately)

Connect the unit to equipment with an optical cable (available separately). Using an optical digital signal to ... music allows very high quality. It is not necessary to adjust the recording level. A track number is automatically assigned to each track of music from the sound source.

●Main equipment :
CS/BS tuner, CD/MS-tuner, digital synthesizer, etc.

●Cable required :
Digital cable (AD-M1DC or AD-M2DC, available separately)

Connect the unit to equipment with an optical cable (available separately). Using an optical digital signal to ... music allows very high quality. It is not necessary to adjust the recording level. A track number is automatically assigned to each track of music from the sound source.

●Main equipment :
CS/BS tuner, CD/MS-tuner, digital synthesizer, etc.

●Cable required :
Digital cable (AD-M1DC or AD-M2DC, available separately)

科技大浪潮

光電材料與顯示技術

徐敘瑤 編著
陳憲偉 校訂

光電材料與顯示技術

Luminous Material and Display Technology

徐敘琰 編著

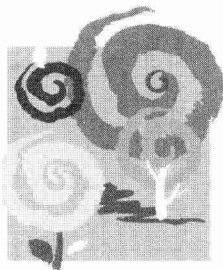
陳憲偉 校訂

國立交通大學應用化學所博士

五南圖書出版公司 印行

國家圖書館出版品預行編目資料

光電材料與顯示技術／徐敘琇編著。
—初版。—臺北市：五南，2004 [民93]
面：公分
含參考書目
含索引
I S B N 978-957-11-3644-8 (平裝)
1. 光電科學 2. 顯示器
448.68 93010418



5E24

光電材料與顯示技術

Luminous Material and Display Technology

編 著 — 徐敘琇

校 訂 — 陳憲偉

發行人 — 楊榮川

總編輯 — 王秀珍

主 編 — 穆文娟

編 輯 — 蔣和平

出版者 — 五南圖書出版股份有限公司

地 址：106台北市大安區和平東路二段339號4樓

電 話：(02)2705-5066 傳 真：(02)2706-6100

網 址：<http://www.wunan.com.tw>

電子郵件：wunan@wunan.com.tw

劃撥帳號：01068953

戶 名：五南圖書出版股份有限公司

台中市駐區辦公室/台中市市區中山路6號

電 話：(04)2223-0891 傳 真：(04)2223-3549

高雄市駐區辦公室/高雄市新興區中山一路290號

電 話：(07)2358-702 傳 真：(07)2350-236

法律顧問 得力商務律師事務所 張澤平律師

出版日期 2004年8月初版一刷
2007年2月初版二刷

定 價 新臺幣420元

出版聲明

作品版權(2003.1)歸化學工業出版社所有，特此聲明，保留一切權利。繁體中文版的版權(2004.8)歸五南圖書股份有限公司所有，保留一切權利。未經出版人書面許可，不得翻印或以任何形式或方法使用本書中的任何內容或圖片版權所有。

出版者的話

網路泡沫後的 21 世紀，全球高科技浪潮波濤洶湧，新的技術與創新發明令人目不暇接，未來的資通訊技術及潛力無限的生命科技，特別是奈米科技的挑戰，都將對人類的生活帶來變革。

為了對台灣的學術界和產業界有所貢獻，五南圖書出版公司針對高新科技熱點產業，積極快速、高品質的編輯出版了以自然科學理論為基礎，涵蓋各產業技術領域的「科技大浪潮系列」叢書。本系列叢書的特點是：介紹當今科學產業中的一些高科技原理、特點、重要地位、應用及產業化的現狀與發展前景；重點論述「高」與「新」，介紹的新技術、新理論和新方法不僅經實踐證明是成熟、可靠的，而且是有應用前景的實用技術；力求深入淺出，圖文並茂，知識性、科學性與通俗性、可讀性及趣味性的統一，並充分體驗科學思想和科學精神對開拓創新的重要作用。

「科技大浪潮系列」涉及經濟和社會可持續發展密切相關的高科技，包括《綠色化學與化工》、《基因工程技術》、《奈米材料》、《幹細胞技術》、《無性複製技術》、《基因轉殖食品》、《人工智慧》、《智慧材料》、《生物農藥》、《化學雷射》、《燃料電池》、《新能源材料》、《生物製藥技術》、《光電材料與顯示技術》、《訊息傳輸材料》……等等。本系列叢書適

合各大專院校的老師及同學、專業學術領域的科技工作者，或對相關領域感興趣的人士閱讀，真摯地祈盼我們的努力能對莘莘學子及業界先進有所助益。

前言

人類的生活，每一天都離不開光線，太陽光是最偉大的自然光，從遠古以來，人類就是在陽光的照耀下進行生產與生活的。隨著人類社會的進步，只有白天才有的太陽光已經不能滿足人類生活及生產的需要，於是人們就致力於創造人造光。最早的人造光源是火，後來愛迪生發明的白熾燈是利用加熱而不是燃燒來獲得人造光的。到目前為止，白熾燈仍然是廣泛應用的一種照明工具。但是，利用白熾燈這樣的加熱方法製造光源並不理想：一方面，這種方法製造的光源的光譜與人們已經習慣的太陽光光譜偏差很大；另一方面，利用加熱產生光的方法是靠光源材料的所有原子的熱振動產生的發射，因而發射效率很低。

非常幸運的是，人們發現並發明了「冷光」，它不是利用加熱產生的發射，只是物質在吸收能量後，這些能量以輻射的形式釋放出來，因此產生所謂的發光。這種輻射不需要加熱物質就可以產生，所以也叫「冷光」。人們生產活動及日常生活已經離不開發光。作為照明的光源，如日光燈的照明替我們驅走了黑暗，給我們創造了工作及生活的舒適環境，提高了工作效率，方便了生活。發光是很多顯示技術得以實現的根本，當我們希望

了解國內外的新聞，希望透過公共媒體獲得各種資訊及娛樂時，我們可以從電視上看到生動的畫面；還可以藉助資訊高速公路了解各方面的動態。在上下資訊高速公路時我們離不開顯示器。在具有核輻射的條件下，還可以用探測器了解輻射強度及劑量。在醫院裡X光透視是經常使用的檢驗方法。機場和車站上航班、車次的指示，時鐘、路標、電子秤、驗鈔機等都是日常生活中的常見設備。所有這些都是根據發光原理製成的，在此基礎上施加特殊條件產生的雷射，已成為一種光學高科技的依據。

微腔結構可以控制發光強度及顏色。多孔矽發光展示了光電積體的可能。有機場致發光吸引了眾多研究者探索新的顯示技術。量子剪裁有可能提供無汞螢光燈或者提高電漿顯示的發光效率。整合發光能快速、有效地探測核輻射。新的發光材料，包括低維的量子阱、超晶格、奈米材料及各種形式、成分的材料，提供了新的發光性能。另外在研究方法上也有了很大的進展，如可測 10^{-15} 秒的時間分辨技術、突破光學鑑別極限的近場光學顯微鏡等。

通常形容要像「保護眼睛一樣」保護你最重要的事情，但是眼睛能看見又必須有光，而發光是除去陽光、白熾燈光之外的重要光源，因此發光的重要性就可想而知了。本書共10章，主要介紹發光的產生、性質及應用以及與此相關的顯示技術。其中，第1、2章主要由徐敘琰院士與劉舒曼博士編寫；第2章中的第3節由樓立人教授編寫；第3章第4節由黃世華教授編寫，其他部分

由徐敘琰院士、劉舒曼博士及冀國蕊共同編寫；第4章的第1節由徐征博士編寫，第2節由鄧振波教授編寫，第3節由滕楓博士編寫；第5章第1、3節由滕楓博士編寫，第2節由鄧振波教授編寫；第6章第2節由黃世華教授編寫，其他部分由王永生教授與梁春軍博士編寫；第7章由何大偉博士編寫；第8章由王吉有博士編寫；第9章由由芳田博士編寫；第10章由滕楓博士編寫。雖然參與編寫的人員在各自的相關領域有豐富的經驗，但是本書的編寫還是存在許多問題：本書的用語和表現方式可能過於專業化，望廣大讀者諒解；其次，發光學及發光材料所涉及的領域非常廣泛，本書並沒有包括發光領域的所有現象及應用，而只是介紹了其中最常見的一些方面。由於本書編寫人員的能力有限，難免存在錯誤和不足之處，懇請廣大讀者指正。

徐敘琰



目 錄

• 第一章	光——世界因此而絢麗多彩——	1
1. 1	光在我們生活中的作用——	2
1.1.1	取之不盡的能源／	2
1.1.2	資訊的載體／	4
1.1.3	生命之源／	6
1. 2	光的物理性質——	7
1.2.1	光的本質——波粒二象性／	7
1.2.2	光的波長及顏色／	10
1.2.3	光的傳播／	13
1.2.4	光與物質的相互作用／	21
1. 3	怎樣觀察到光？——	25
• 第二章	人造光——發光——	29
2. 1	發光學中的物理常識——	36
2.1.1	表徵發光特性的幾個物理量／	37
2.1.2	發光光譜／	39
2.1.3	發光過程中的能量衰減／	42
2.1.4	發光過程中的能量輸運／	44
2. 2	物理發光——	45

2.2.1	氣體放電發光／	45
2.2.2	液體發光／	48
2.2.3	固體發光／	48
2.3	化學發光與生物發光——	58
• 第三章	固體材料的光致發光——	67
3.1	固體的吸收、激發和發射光譜	67
3.1.1	吸收光譜／	68
3.1.2	激發光譜／	70
3.1.3	發射光譜／	72
3.1.4	斯托克斯規則／	74
3.2	由加熱產生的發光——熱釋發光——	75
3.3	長餘輝發光——	77
3.4	上轉換發光及量子剪裁——	79
3.4.1	上轉換發光／	79
3.4.2	量子剪裁／	83
• 第四章	以發光材料為基礎的顯示技術——	89
4.1	真空電子束激發發光顯示技術	89
4.1.1	引言／	89
4.1.2	CRT 彩色顯像管／	91
4.1.3	VFD 低壓螢光管／	102

4.1.4	場發射 (FED) 顯示技術 / 107	
4. 2	電致發光	111
4.2.1	引言 / 111	
4.2.2	無機電致發光 / 114	
4.2.3	發光層材料 / 128	
4.2.4	接面型發光——發光二極體 (LED)	
	/ 133	
4.2.5	有機電致發光 / 136	
4. 3	電漿顯示器 (PDP)	177
4.3.1	PDP 概況 / 177	
4.3.2	PDP 技術原理 / 179	
4.3.3	PDP 優缺點 / 181	
• 第五章	其他顯示技術	183
5. 1	引言	183
5. 2	液晶顯示器	184
5.2.1	什麼是液晶 / 185	
5.2.2	液晶顯示器的結構 / 185	
5. 3	電子紙顯示技術	195
5.3.1	電子油墨——電子紙顯示的核心	
	/ 196	
5.3.2	塑料薄膜電晶體——新一代的驅動方式 / 198	

• 第六章	光子儲存技術	201
6.1	光致變色儲存	205
6.2	光譜燒孔儲存	211
6.3	電子俘獲光儲存	216
6.3.1	電子俘獲光儲存原理	216
6.3.2	電子俘獲光儲存材料	220
6.4	光折變儲存	223
6.4.1	全息圖的記錄與再現	223
6.4.2	光折變效應	225
6.4.3	光折變儲存	227
• 第七章	發光與照明	229
• 第八章	發光物理中的一些前瞻技術	241
8.1	低維發光體系的發光	241
8.1.1	半導體低維體系的發光	241
8.1.2	多孔矽——從不發光到發光	246
8.1.3	奈米發光材料——顏色可調的發光半導體	256
8.2	光學微腔發光	263
8.2.1	微腔的特性	264
8.2.2	「回音壁模式」型微盤腔	267

- 8.2.3 微球腔／ 268
- 8.2.4 變形微腔／ 270
- 8.2.5 光學微腔的應用展望／ 271

• 第九章 常用發光材料及其製造方法 —— 273

- 9. 1 粉末發光材料的製造 —— 274
- 9. 2 薄膜製造 —— 285
- 9. 3 單晶的製造 —— 292
- 9. 4 有機發光材料 —— 299
 - 9.4.1 有機小分子發光材料／ 300
 - 9.4.2 金屬配合物／ 305
 - 9.4.3 高分子聚合物／ 307

• 第十章 發光在分析中的應用 —— 315

- 10. 1 利用發光進行的分析 —— 315
- 10. 2 螢光分析在化學分析中的應用 —— 318
 - 10.2.1 無機物的螢光分析／ 318
 - 10.2.2 有機化合物的螢光分析方法／ 322
 - 10.2.3 化學發光分析／ 324
- 10. 3 發光分析在生物分析中的應用 —— 326
 - 10.3.1 發光在生物化學中的應用／ 326

10.3.2 發光分析在疾病檢測方面的應用
／ 330

- 參考文獻 ————— 333
- 索 引 ————— 335

光——世界因此而絢麗多彩

1

試想，宇宙中沒有了光，我們生活的星球將是什麼樣？地球上幾乎所有的物質都可存放，唯獨光來去匆匆。到目前為止，人類除了把光能轉化為其他能量儲存起來以外，還無法直接有效地儲存光。因而，千百年來人們一直在問：光從哪裡來，又到哪裡去？所幸的是，科學發展到今天，人類已經對其賴以生存的光進行了比較深入的研究，得到了一些令人滿意的答案，並利用光為我們的生活帶來了前所未有的變革。例如，各種類型的光源使人們的活動不再限制於「日出而作，日落而息」，光通訊使資訊的傳輸速率增加了幾個數量級（order），各種顯示器使人們與無形的資訊有了更親密的接

觸等。

任何人恐怕都很難全面、透徹地回答光到底有哪些功能，它對我們的影響到底有多大？本書將只在發光材料與顯示技術這一光學的分支進行敘述，希望藉此窺其一斑。

1.1 光在我們生活中的作用

整體來說，光在能源、資訊和生命科學領域中起著舉足輕重的作用，下面的實例或許可以說明這一點。

1.1.1 取之不盡的能源

人類的生活、生產都離不開能源，重要的能源有水、煤炭、石油、原子能及太陽能等，其中水、煤和石油稱為常規能源，由於超量的開發使用，其儲存量正在劇減，越來越無法滿足人們日益增長的需求。

據統計顯示，自 20 世紀以來，全世界淡水用量增長了約 8 倍。如今，世界淡水年平均用量仍在增加，淡水資源的人均占有量減少約 20%，而每年全世界淡水總量的 14% 已被污染，因此尋找水源和節約用水成為當務之急。煤炭直接用於能源時的污染是十分嚴重的，其煙塵可占總排放量的 73%，二氧化硫、二氧化碳、氧化氮等都占很大比例。石油是重要的化工原料，但用作能源時

也有污染，城市中汽車的廢氣就是急需消除的污染源。煤和石油的利用，除受環保要求的限制之外，其資源儲量也有用盡之時。核能的和平利用在西方發達國家已有發展，其中美國建立了 110 座核電站，為數最多，但從核能發電占全國發電總量的百分比來看，應首推法國，其核能發電占總發電量的 78%。不過，核電站的一個最大隱患是放射性物質一旦發生洩漏，它的污染將造成重大事故，遺害無窮。前蘇聯烏克蘭的切爾諾貝利核電站的核洩漏事故就是一個十分慘痛的實例。

眾所皆知，太陽是沒有污染的能源，而且取之不盡。最簡單的利用太陽能的方式就是用太陽能電池（solar cell）將太陽的光能變成電能。太陽能電池可以用低成本的單晶矽、非晶矽製造，只是效率低些，現在大部分計算器的電源就是這類太陽能電池。另外，用 II～VI 族半導體製造的太陽能電池效率高，但成本也高，一般鑲嵌在人造衛星的大面積展翼上，用來截取太陽光，使它變成電，供給人造衛星的需要。美國還製造了一種利用太陽能電池的雙翼式飛機，它不需要化學燃料，只靠幾百個太陽能電池，就可以長時間停留在空中，有的甚至可以放飛幾個月。其他如海水淡化，煤、油開採，核能啟動等無不需要電力，因此無污染的電力能源就更顯得重要，如果將來有一天所有這些電能都可取自太陽，即取自無污染的光，那麼我們的地球也許會成為美麗的花園。

那麼為什麼目前人們還沒有大量地使用光轉換成的電能呢？我們先看一些數據：為得到 1000W 的電力，火電的投資要 2000～3000 元，水電需 4000 元，核電需 8500