

白光發光二極體製作技術

劉如熹 主編

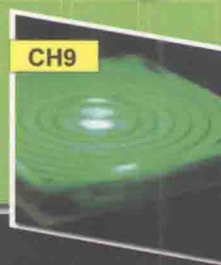
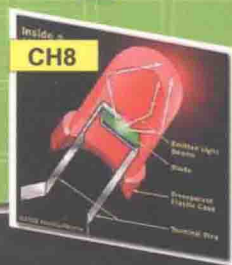
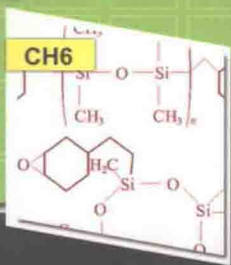
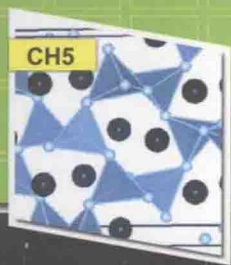
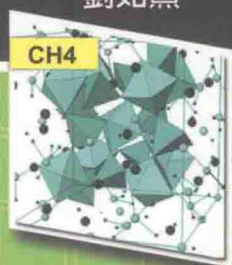
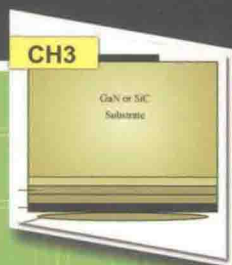
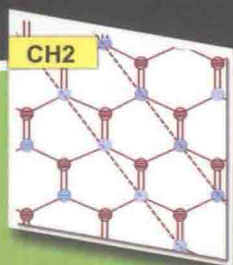
一、由晶粒金屬化至封裝

許育賓

徐大正

丁逸聖

林群哲
劉如熹



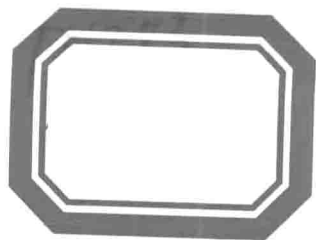
解榮軍
廣崎尚登

劉如熹

黃振東

陳海英
蕭國偉

蘇宏元



半導體光二極體製作技術－ 由晶粒金屬化至封裝

劉如熹 主編



全華圖書股份有限公司 印行

國家圖書館出版品預行編目資料

白光發光二極體製作技術：由晶粒金屬化至封

裝 / 劉如熹編著. -- 初版. -- 臺北縣土城

市：全華圖書, 2008.08

面；公分

ISBN 978-957-21-6770-0(平裝)

1. 二極體 2. 光電工業

469.45

97015291

白光發光二極體製作技術－ 由晶粒金屬化至封裝

主 編 劉如熹

編 著 許育賓、徐大正、丁逸聖、林群哲
解榮軍、廣崎尚登、黃振東、陳海英
肖國偉、蘇宏元

執行編輯 陳盈君

發行人 陳本源

出版者 全華圖書股份有限公司

地 址 23671 台北縣土城市忠義路 21 號

電 話 (02)2262-5666 (總機)

傳 真 (02)2262-8333

郵政帳號 0100836-1 號

印刷者 宏懋打字印刷股份有限公司

圖書編號 06053

初版一刷 2008 年 12 月

定 價 新台幣 450 元

I S B N 978-957-21-6770-0

全華圖書

www.chwa.com.tw

book@chwa.com.tw

全華科技網 OpenTech

www.optentech.com.tw

有著作權・侵害必究

主編序

近年來，由於地球暖化與物價飆漲，造成大自然環境與人類均飽受威脅。入夏以來，台灣氣候溫度居高不下，暴風雨接踵而至，且世界各地天氣一年比一年熱。民生相關之電、汽油與天然氣，汽車、火車及機票價格全面上揚。為減低溫室效應，聯合國制訂京都議定書，其中限制各國溫室氣體排放量。台灣雖非簽署國，但 98% 能源來自外國，為避免國際制裁，我們亦必須遵守議定書之規範，而全民也應該自覺，推動「全民減碳與節能」運動。

發光二極體(Light Emitting Diode, LED)為台灣光電產業中最具競爭力的產品之一，台灣之光電產業發展至今建構最完整之項目亦首推 LED，由上游之磊晶片，中游晶粒至下游封裝，均有業者投入。台灣目前已成為全球可見光 LED 下游封裝產品最大供應中心，高亮度 LED 也已進入世界排名，全球競爭力大幅提升。台灣在發光二極體產業僅次於日本、美國，排名世界第三。台灣 LED 中下游的晶粒切割、封裝和應用產業結構完整，上游磊晶片的研發及生產也在快速成長中，具有成為全球第一大 LED 生產國的實力。

LED 依製程可分為上、中、下游與應用四層，上游為單晶片與磊晶片的製造，中游為晶粒，下游則為 LED 產品的封裝，至於應用層面則是將 LED 產品運用於顯示看板、指示燈等產品上。我國業者初期由 LED 下游封裝起家，逐步發展至中游的晶粒，近幾年更切入上游磊晶片的製造。

早期藍光發光二極體(Light emitting diodes, LED)受限於製程並無重大突破，直至 1996 年日亞化學 Nakamura 等人成功成長藍光發光二極體，並搭配黃色銻摻雜之鈹鋁石榴石(cerium doped yttrium aluminum

garnet, YAG:Ce)，成功發展白光 LED。其可應用於未來之照明領域，被視為愛迪生於 1879 年發明電燈泡以來，人類對照明方式之另一波革命。

本書乃由國內、日本及香港之研發專家親自撰寫，由磊晶與金屬化製作技術、封裝材料(含螢光粉、膠材與散熱基材)至應用之白光 LED 相關知識。本書得以付梓，誠摯感謝所有作者們於百忙之中戮力完成，並感謝晶元光電王健源博士協助聯絡。希望藉由本書使初學者得以窺見白光 LED 製作技術與應用之全貌。

台灣大學化學系

劉如熹
敬上

編輯部序

「系統編輯」是我們的編輯方針，我們所提供給您的，絕不只是一本書，而是關於這門學問的所有知識，它們由淺入深，循序漸進。

發光二極體(Light Emitting Diode; LED)為台灣光電產業中最具競爭力的產品之一。台灣目前已成為全球可見光 LED 下游封裝產品最大供應中心，高亮度 LED 也已進入世界排名，全球競爭力大幅提升。台灣 LED 中下游的晶粒切割、封裝和應用產業結構完整，上游磊晶片的研發、生產也在快速成長中，將具有成為全球第一大 LED 生產國的實力。

本書乃由國內、日本及香港之研發專家親自撰寫由磊晶與金屬化製作技術、封裝材料(含螢光粉、膠材與散熱基材)至應用之白光 LED 相關知識。全文內容豐富扎實，詳細閱讀必能對白光 LED 製作技術與應用有更深一層的認識。

同時，為了使您能有系統且循序漸進研習相關方面的叢書，我們以流程圖方式，列出各有關圖的閱讀順序，以減少您研習此門學問的摸索時間，並能對這門學問有完整的知識。若您在這方面有任何問題，歡迎來函連繫，我們將竭誠為您服務。

相關叢書介紹

書號：0093902

書名：光電元件應用技術(增訂版)

日譯：許書務.游金湖

20K/440 頁/290 元

書號：05073

書名：白光發光二極體製作技術

－ 21世紀人類的新曙光

編著：劉如熹.王健源

20K/168 頁/280 元

書號：0587701

書名：發光二極體之原理與

製程(修訂版)

編著：陳隆建

20K/264 頁/320 元

書號：03901

書名：現代半導體發光及雷射

二極體材料技術

編著：史光國

20K/480 頁/480 元

書號：05177

書名：紫外光發光二極體用螢光粉

介紹

編著：劉如熹.紀曉勝

20K/192 頁/280 元

書號：05682

書名：半導體發光二極體及固體照明

編著：史光國

20K/368 頁/450 元

書號：05702

書名：白光發光二極體使用螢光粉

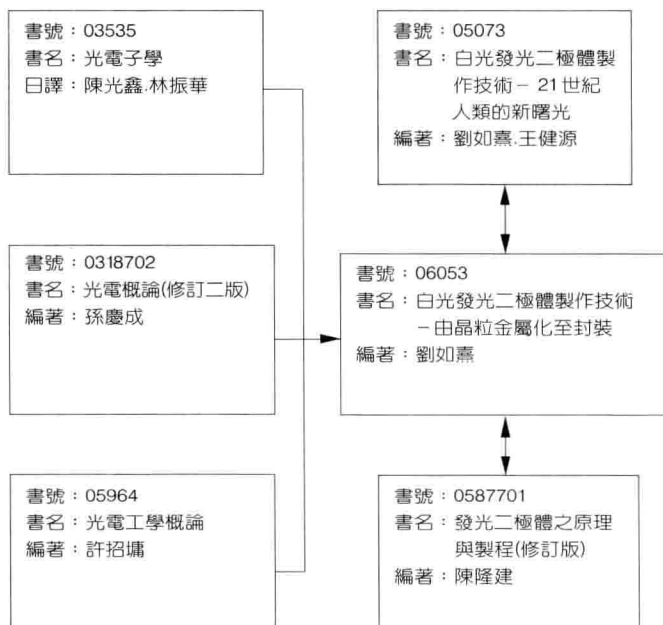
專利解析

編著：劉如熹.林益山.康佳正

20K/368 頁/400 元

◎上列書價若有變動，請
以最新定價為準。

流程圖



目 錄

第 1 章 氮化物發光二極體磊晶製作技術

1-1	前言	1-2
1-2	MOCVD 的化學反應	1-4
1-3	基板	1-6
1-4	GaN 材料	1-8
1-5	p-GaN 材料	1-10
1-6	氮化銦鎵／氮化鎵(InGaN/GaN)材料	1-12

第 2 章 高亮度 AlGaInP 四元化合物發光二極體磊晶製作技術

2-1	前言	2-2
2-2	化合物半導體材料系統	2-2
2-3	AlGaInP 的磊晶成長	2-6
2-3-1	前趨物(precursors)的選擇	2-6
2-3-2	AlGaInP 的 MOCVD 磊晶成長條件	2-7
2-3-3	AlGaInP-based LED 磊晶成長中的 n-type 和 p-type 摻雜	2-12

第 3 章 發光二極體金屬化製作技術

3-1	前言	3-2
3-2	LED 晶粒製程說明	3-4
3-2-1	常用製程技術簡介	3-5
3-2-2	晶粒前段製程.....	3-9
3-2-3	晶粒後段製程.....	3-22
3-2-4	晶粒檢驗方法.....	3-32
3-3	高功率 LED 晶粒之製程趨勢	3-33
3-3-1	高功率 LED 晶粒之發展方向.....	3-33
3-3-2	高功率 LED 晶粒的散熱考量.....	3-36

第 4 章 紫外光及藍光發光二極體激發之螢光粉介紹

4-1	前言	4-2
4-2	螢光材料之組成.....	4-2
4-3	影響螢光材料發光效率之因素與定則	4-5
4-3-1	主體晶格效應(host effect).....	4-5
4-3-2	濃度淬滅效應(concentration quenching effect).....	4-6
4-3-3	熱淬滅(thermal quenching).....	4-6
4-3-4	斯托克位移(Stokes shift)與卡薩定則 (Kasha rule)	4-7
4-3-5	法蘭克-康頓原理(Franck-Condon principle)	4-8
4-3-6	能量傳遞(energy transfer)	4-10

4-4	螢光粉種類概述.....	4-11
4-4-1	鋁酸鹽系列螢光粉	4-12
4-4-2	矽酸鹽系列螢光粉	4-16
4-4-3	磷酸鹽系列螢光粉	4-21
4-4-4	含硫系列螢光粉	4-29
4-4-5	其它 LED 用之螢光粉	4-34

第 5 章 氮及氮氧化物螢光粉製作技術

5-1	前言	5-2
5-2	氮化物的分類和結晶化學	5-4
5-2-1	氮化物的分類.....	5-4
5-2-2	氮化物之結晶化學	5-5
5-3	氧氮化物／氮化物螢光粉的晶體結構 和發光特性	5-6
5-3-1	氧氮化物藍色螢光粉.....	5-6
5-3-2	氧氮化物綠色螢光粉.....	5-13
5-3-3	氧氮化物黃色螢光粉.....	5-19
5-3-4	氮化物紅色螢光粉	5-21
5-4	氧氮化物／氮化物螢光粉的合成.....	5-26
5-4-1	高氮氣壓熱壓燒結法(高溫固相反應法) ..	5-26
5-4-2	氣體還原氮化法	5-27
5-4-3	炭熱還原氮化法	5-29
5-4-4	其他方法.....	5-31
5-5	氧氮化物／氮化物螢光粉在白光 LED 中的應用.....	5-31
5-5-1	藍色 LED+ α -sialon 黃色螢光粉	5-32

5-5-2	藍色 LED+綠色螢光粉+紅色螢光粉	5-33
5-5-3	近紫外 LED+藍色螢光粉+綠色螢光粉+ 紅色螢光粉	5-33

第 6 章 發光二極體封裝材料介紹及趨勢探討

6-1	前言	6-2
6-2	LED 封裝方式介紹	6-3
6-2-1	灌注式(casting)封裝	6-3
6-2-2	低壓移送成型(transfer molding)封裝	6-6
6-2-3	其他封裝方式	6-11
6-3	環氧樹脂封裝材料介紹	6-12
6-3-1	液態封裝材料	6-13
6-3-2	固體環氧樹脂封裝材料介紹	6-20
6-4	環氧樹脂封裝材料特性說明	6-20
6-5	環氧樹脂紫外光劣化問題	6-26
6-6	Silicone(矽膠)樹脂封裝材料	6-27
6-7	LED 用封裝材料發展趨勢	6-30
6-8	環氧樹脂封裝材料紫外光劣化改善	6-32
6-9	封裝材料散熱設計	6-35
6-10	無鉛焊錫封裝材耐熱性要求	6-37
6-11	高折射率封裝材料	6-38
6-12	Silicone 樹脂封裝材料發展	6-39

第 7 章 發光二極體封裝基板及散熱技術

7-1	前言	7-2
-----	----------	-----

7-2	LED 封裝的熱管理挑戰	7-2
7-3	常見 LED 封裝基板材料	7-5
7-3-1	印刷電路基板(PCB).....	7-8
7-3-2	金屬芯印刷電路基板(MCPCB).....	7-9
7-3-3	陶瓷基板(ceramic substrate).....	7-13
7-3-4	直接銅接合基板(direct copper bonded substrate).....	7-15
7-4	先進 LED 複合基板材料	7-16
7-5	LED 散熱技術	7-20
7-5-1	熱管.....	7-29
7-5-2	平板熱管(vapor chamber).....	7-33
7-5-3	迴路式熱管(loop heat pipe)	7-34

第 8 章 白光發光二極體封裝與應用

8-1	白光 LED 的應用前景	8-2
8-1-1	特殊場所的應用	8-3
8-1-2	交通工具中應用	8-5
8-1-3	公共場所照明.....	8-7
8-1-4	家庭用燈.....	8-9
8-2	白光 LED 的挑戰.....	8-10
8-2-1	白光 LED 效率的提高	8-10
8-2-2	高顯色指數的白光 LED.....	8-11
8-2-3	大功率白光 LED 的散熱解決.....	8-12
8-2-4	光學設計.....	8-12
8-2-5	電學設計.....	8-13

8-3	白光 LED 的光學和散熱設計的解決方案	8-13
8-3-1	光學設計	8-14
8-3-2	散熱的解決	8-18
8-3-3	矽膠材料對於光學設計和熱管理重要性	8-21
8-4	白光 LED 的封裝流程及封裝形式	8-24
8-4-1	直插式小功率草帽型白光 LED 的封裝 流程包括以下的步驟	8-24
8-4-2	功率型白光 LED 的封裝流程	8-25
8-5	白光 LED 封裝類型	8-27
8-5-1	引腳式封裝	8-27
8-5-2	數碼管式的封裝	8-28
8-5-3	表面貼裝封裝	8-30
8-5-4	功率型封裝	8-31
8-6	超大功率大模組的解決方案	8-34
8-6-1	傳統正裝晶片實現的模組	8-34
8-6-2	用單電極晶片實現的模組	8-35
8-6-3	用倒裝焊方法實現的模組	8-35
8-6-4	封裝良率的提升	8-36
8-6-5	散熱的優勢	8-37
8-6-6	封裝流程的簡化	8-37
8-6-7	長期使用可靠性的提高	8-38

第 9 章 高功率發光二極體封裝技術及應用

9-1	高功率 LED 封裝技術現況及應用	9-2
9-1-1	單顆 LED 晶片之封裝模組與產品	9-3
9-1-2	多顆 LED 晶粒封裝模組	9-12

9-2	高功率 LED 光學封裝技術探析	9-18
9-2-1	LED 之光學設計	9-18
9-2-2	白光 LED 之色彩封裝技術	9-20
9-2-3	LED 用透明封裝材料現況	9-21
9-2-4	LED 用透明封裝材料未來趨勢	9-26
9-3	高功率 LED 散熱封裝技術探析	9-31
9-3-1	LED 整體的散熱能力之評估	9-31
9-3-2	散熱設計	9-34

氮化物發光二極體 磊晶製作技術

- 1 前言
- 2 MOCVD 的化學反應
- 3 基板
- 4 GaN 材料
- 5 p-GaN 材料
- 6 氮化銦鎵／氮化鎵(InGaN/GaN)材料



1-1 前言

自 1960 年至今，發光二極體已被廣泛應用於各種電器產品的顯示應用上。因發光二極體的亮度不斷地迅速提升，加上藍、綠與紫外光發光二極體研發成功，使發光二極體的應用層面愈來愈廣，帶來無限的商機。其中主要的成長為車用市場、中小尺寸面板背光源和照明設備等三大應用領域。其中，氮化物(GaN-based)系列具有高直接能隙(direct band gap)，波長可從紫外光至紅外光，涵蓋整個可見光(圖 1-1)。但是由於缺乏適合的基板，導致很難成長出高品質的氮化物薄膜。直到 1971 年 Pankove^[1]實驗室第一個製造出氮化物系列的發光二極體。然而，由於一直無法找到晶格常數匹配的基板和無法得到高品質的 p-型的氮化鎵，使得在 1984 年之前氮化物系列的發光二極體研究無法有所突破。在 1986 年 Amano^[2]研究團隊以有機金屬化學氣相磊晶法，於低溫成長一層薄的氮化鋁緩衝層減少缺陷密度，再於高溫成長氮化鎵層。利用此方法可以得到像鏡面的薄膜。在 1991 年日亞公司中村修二(Nakamura)^[3]改用低溫的氮化鎵緩衝層，亦可得到高品質且像鏡面般的薄膜。1989 年 Amano^[4]研究團隊首先利用低能量電子束(low-energy electron-beam irradiation, LEEBI)照射摻雜 Mg 的氮化鎵得到 p-型氮化鎵，利用此技術可使摻雜濃度達約 10^{17} cm^{-3} 和片電阻約 $12 \Omega\text{-cm}$ 。Nakamura^[5]技術團隊發現只要利用在高溫和氮氣的環境中，即可得低阻值之 p-型氮化鎵。至此如何得到 p-型氮化鎵的問題也獲得解決。從圖 1-2 可清楚看到，自從 1991 年 Nakamura 解決 p-型氮化鎵問題之後，氮化物近十幾年發展迅速，在 2006 年日本日亞公司已經發表 133 lm/W，在 2007 年更將發光二極體的亮度推到 150 lm/W，因此本文乃著重於氮化鎵系列之材料研究做系統性的報告。

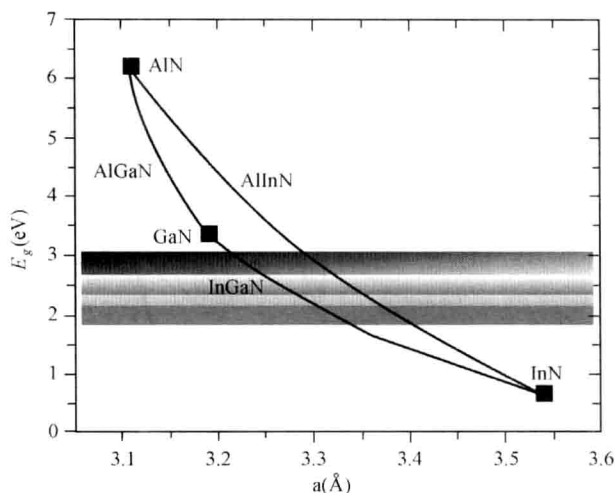


圖 1-1 能隙與晶格常數之關係

目前主要有三種方式成長氮化物系列材料：氮化物氣相磊晶法(hydride vapor-phase epitaxy, HVPE)，分子束磊晶成長法(Molecular-beam epitaxy, MBE)和有機金屬化學氣相磊晶法(metalorganic chemical vapor deposition, MOCVD)。在業界最主要的方式是 MOCVD 成長高品質的氮化物系列材料，其中採用的 III-族有機金屬包括：三甲基鎵(trimethyl-gallium, TMGa)、三甲基鋁(trimethyl-aluminum, TMA)、三甲基銦(trimethyl-indium, TMIn)和三乙基鎵(triethyl-gallium, TEGa)。另外，五族及摻雜物分別通入氨氣(NH_3)提供氮原子的來源而矽甲烷(SiH_4)、二茂鎂(Cp_2Mg)則提供 n-氮化鎵和 p-氮化鎵的雜質。所以本文特別敘述此種磊晶法。