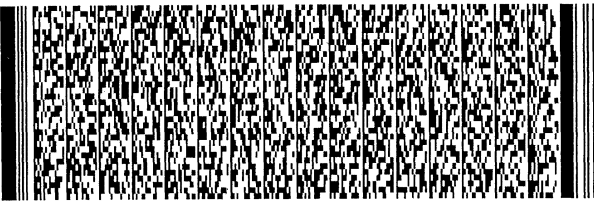


公告本

申請日期:	90.11.21	案號:	90128769
類別:	H01L 2/02		

(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書		511143
一、 發明名稱	中文	氮化物超晶格結構對氮化鎵磊晶之品質改進
	英文	Method for forming GaN/AlN superlattice structure
二、 發明人	姓名 (中文)	1. 龔志榮 2. 葉振隆 3. 程亞桐 4. 藍文厚
	姓名 (英文)	1. Jyh-Rong Gong 2. Cheng-Lung Yeh 3. Ya-Tung Cherng 4. Wen-How Lan
	國籍	1. 中華民國 2. 中華民國 3. 中華民國 4. 中華民國
	住、居所	1. 台中市南屯區田心里50鄰文心南二路229號3樓 2. 台南縣西港鄉南海村4鄰慶安路216號 3. 桃園縣龍潭鄉佳安村忠孝路14號 4. 桃園市中原里10鄰泰昌一街33巷9號
三、 申請人	姓名 (名稱) (中文)	1. 國防部中山科學研究院
	姓名 (名稱) (英文)	1. Chung Shan Institute of Science and Technology
	國籍	1. 中華民國
	住、居所 (事務所)	1. 桃園縣龍潭鄉佳安村六鄰中正路佳安段481號
	代表人 姓名 (中文)	1. 劉金陵
	代表人 姓名 (英文)	1. Ching-Ling Liu
		

申請日期：	案號：
類別：	

(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書

一、 發明名稱	中文	
	英文	
二、 發明人	姓名 (中文)	5. 項裕德 6. 林泰源
	姓名 (英文)	5. Yuh-Der Shiang 6. Tai-Yuan Lin
	國籍	5. 中華民國 6. 中華民國
	住、居所	5. 台中市北區錦村里24鄰自強街47巷15號 6. 嘉義縣朴子市永和里應菜埔1鄰12號之9
三、 申請人	姓名 (名稱) (中文)	
	姓名 (名稱) (英文)	
	國籍	
	住、居所 (事務所)	
	代表人 姓名 (中文)	
	代表人 姓名 (英文)	



本案已向

國(地區)申請專利

申請日期

案號

主張優先權

無

有關微生物已寄存於

寄存日期

寄存號碼

無

五、發明說明 (1)

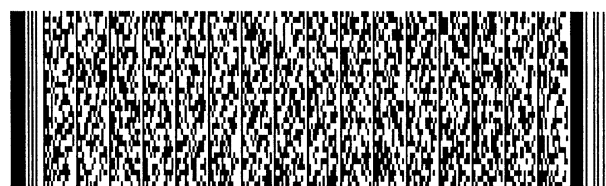
發明範圍

本發明係有關於一種在氮化鎵半導體元件中製作超晶格的方法及結構，特別是關於成長能阻擋差排發展之超晶格的方法及結構。

發明背景

氮化鎵系材料具備直接能隙、寬能隙、高強度化學鍵結與良好之抗輻射強度等優點，近年來已被積極開發，應用在藍/綠~紫外光發光元件、高功率和高溫電子等元件。

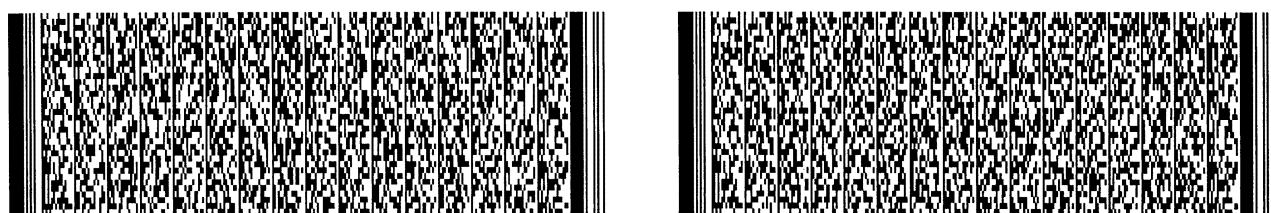
目前大尺寸的氮化鎵晶圓尚無法製成，使得大部份氮化鎵半導體元件需採用和氮化鎵有相當晶格錯配量的基板。一般使用的有C面氧化鋁 (Al_2O_3 , sapphire)、6H-碳化矽 (SiC)、砷化鎵 (GaAs)、矽 (Si)、及立方結構碳化矽 (β -SiC) 等等。由於基板和磊晶薄膜間晶格的不匹配而產生的應變常引發錯位差排 (Misfit Dislocation) 的形成。此外，在典型的光電元件中，其結構常為異質結構，由於磊晶膜之間的晶格不匹配及熱膨脹係數之差異，容易在異質界面累積應變能，這些應變能在元件製造及使用過程往往會形成錯位差排以釋放能量。部分錯位差排更會延伸至晶體表面，被稱之為貫穿式差排 (Threading Dislocation)。這些差排往往是造成元件退化之主要原因。在已退化或失效之元件上作顯微組織分析時，經常可清晰地觀察到錯位差排的存在，這些錯位差排缺陷一般由異質界面上開始產生。在元件之活化區



五、發明說明 (2)

(Active Region)，倘有差排之存在，則會成為少數載子 (Minority Carriers) 之陷阱 (Traps) 或再結合中心 (Recombination Centers)，因而影響此類半導體元件的特性及品質。例如對發光元件而言，差排缺陷的存在使得過剩載子結合不以發光再結合型態 (Radiative Recombination) 釋出能量，反而藉由非輻射再結合效應 (Nonradiative Recombination Effect) 將能量釋出。除了提供陷阱捕捉少數載子外，差排也提供載子濃度擴散的捷徑 (Short Cut)。對一具特定載子分佈的元件而言，載子沿著差排作快速擴散或是載子偏聚於差排附近，均會導致元件載子分佈的不均勻，而影響元件之功能。

由於沒有晶格常數與氮化鎵完全匹配的基板，所以目前在生長氮化鎵薄膜時多採異質磊晶生長。以使用最多的 C 面氧化鋁基板為例，雖然氧化鋁基板的物性及化性皆相當穩定，但是它與氮化鎵薄膜間約有 16% 的晶格錯配量，這造成生長在氧化鋁基板上的氮化鎵薄膜缺陷密度很高，通常內部都會存在 $10^{11} \sim 10^9 / \text{cm}^2$ 密度的差排。為了能夠有效地減少差排密度，相關研究人員開發了許多方法想要解決此一問題，例如：橫向磊晶 (Lateral Epitaxial Overgrowth) 法、緩衝層結構，先在基板上低溫成長很薄的氮化鋁 (AlN) 或氮化鎵 (GaN) 作為緩衝層，以緩和磊晶薄膜和基板間的晶格不匹配，藉以改善後續生長之高溫氮化鎵的磊晶品質、應變超晶格結構 (Strained Layer Superlattice) 及中間層 (Intermediate-Layer) 結構等



五、發明說明 (3)

等。即便如此，一般用於超高亮度藍綠色發光二極體之氮化物材料之差排密度卻仍高達 $10E8 \sim 10E10/cm^2$ 。近年，Nakamura 利用 ELOG (Epitaxial Lateral Overgrowth) 方式製作出壽命達 10000 小時之藍光雷色二極體，其主要的突破之一即利用所謂 ELOG 方式進一步降低貫穿式差排之密度。

發明標的及描述

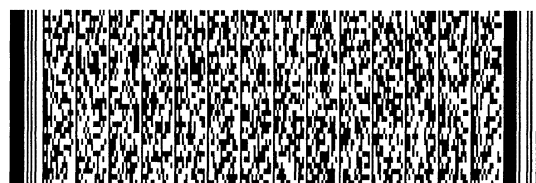
因此想要製造高品質之氮化鎵半導體元件，降低氮化鎵磊晶薄膜中的貫穿式差排密度是非常重要的條件。本發明目的即在提出一種成長超晶格的結構及方法，以降低氮化鎵磊晶薄膜中之差排密度。

本發明係利用在製程中加入氮化鋁/氮化鎵之超晶格結構以阻擋貫穿式差排降低差排密度。氮化鋁/氮化鎵之超晶格結構可分為：(1) 先在基板上成長氮化鋁/氮化鎵超晶格結構再成長氮化鎵化合物磊晶。(2) 在兩層氮化鎵化合物磊晶之間成長氮化鋁/氮化鎵之超晶格結構。為了進一步說明本發明之結構、製作方法及特徵，可由下文詳細之描述及附圖而有更清楚的認識。

詳細描述

下面，以在 C 面氧化鋁基板上，成長氮化鎵磊晶為例，說明本發明之結構。

在較佳具體實施例中，請參閱第 1 圖，一 C 面氧化鋁基

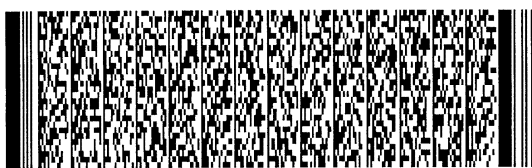


五、發明說明 (4)

板 (標示10) , 在該基板上方生長第一層 (標示20) 之氮化鋁緩衝層, 厚度在100至300nm之間; 第二層 (標示30) , 生長於前述第一層 (標示20) 上, 為氮化鋁/氮化鎵之超晶格結構, 氮化鋁/氮化鎵厚度組合為4~7nm/4~7nm, 對數在3至20對之間, 總厚度在24至280nm之間; 第三層 (標示40) , 生長於前述第二層 (標示30) 上, 為氮化鎵磊晶層。應用第1圖中之超晶格結構可非常有效的阻擋差排往上發展。第2圖是底層未生長氮化鋁/氮化鎵超晶格結構的氮化鎵薄膜之橫截面穿透式電子顯微 (TEM) 照片, 第3圖是底層生長氮化鋁/氮化鎵超晶格結構 (10對) 的氮化鎵薄膜之橫截面穿透式電子顯微 (TEM) 照片, 比較第2圖、第3圖, 明顯顯示氮化鋁/氮化鎵超晶格結構非常有效的阻擋差排往上發展。

第4圖為本發明之另一較佳具體實施例, 氮化鋁/氮化鎵之超晶格結構 (標示60) , 氮化鋁/氮化鎵厚度組合為4~7nm/4~7nm, 對數在3至20對之間, 總厚度在24至280nm之間。此氮化鋁/氮化鎵之超晶格結構 (標示60) 生長於下層氮化鎵化合物磊晶 (標示50) 和上層氮化鎵化合物磊晶層 (標示70) 之間。第5圖是在氮化鎵磊晶膜中間加入氮化鋁/氮化鎵 (5對) 超晶格結構之橫截面穿透式電子顯微 (TEM) 照片, 在此結構中, 明顯顯示氮化鋁/氮化鎵超晶格結構也非常有效的阻擋差排往上發展。

第6圖顯示本發明較佳具體實施例之氮化鋁/氮化鎵超晶格結構, 結構內之磊晶膜界面會有雙軸向應變

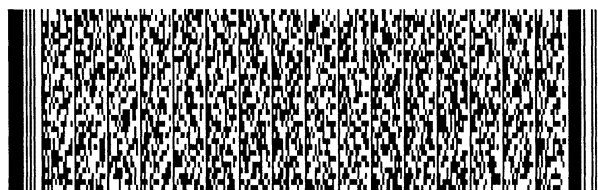
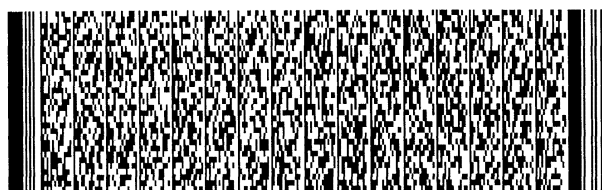


五、發明說明 (5)

(Biaxial Strain) 的產生，氮化鎵薄膜 (標示80) 會感受到雙軸向壓縮式 (Compressive) 應變而氮化鋁薄膜 (標示90) 則感受到雙軸向伸張 (Extensive) 應變。氮化鎵薄膜 (標示80) 的厚度及氮化鋁薄膜 (標示90) 的厚度均會影響阻擋差排的效果並且會導致新的缺陷產生，例如錯位差排，進而影響其後氮化鎵磊晶層的品質，經我們實驗評估的結果，氮化鋁/氮化鎵厚度之組合以5nm/5nm較佳。理論上，超晶格結構中氮化鋁/氮化鎵的對數愈多，阻擋的效果愈好，但就實際應用需求、製作良率及成本的考量下，以三對到二十對的結構較佳。

前述之氮化鎵磊晶層 (標示40、50及70)，可為n型GaN、p型GaN、AlGaN、InGaN及AlGaInN等材料。氮化鎵半導體元件所使用之基板 (標示10) 材料，並不限於前述較佳具體實施例所引述者，其亦包括各種具恰當特性之材料，例如：6H-碳化矽(SiC)、砷化鎵(GaAs)、矽(Si)、及立方結構碳化矽(β -SiC)等等。此外，第1圖第一層 (標示20) 之氮化鋁緩衝層，也可以是氮化鎵緩衝層。

第1圖及第4圖之氮化鋁/氮化鎵之超晶格結構，其生長溫度界於450~600°C之間或900~1200°C之間。雖然本發明的製作方法係利用原子層磊晶(Atomic Layer Epitaxy, ALE)法，但也可使用其他的沉積方法來製作，例如金屬有機化學氣相沉積法(MOCVD)、分子束磊晶法(MBE)等。



五、發明說明 (6)

圖例簡述

- 第1圖係本發明中之一較佳具體實施例的結構示意圖；
第2圖是底層未生長氮化鋁/氮化鎵超晶格結構的氮化鎵薄膜之橫截面穿透式電子顯微 (TEM) 照片；
第3圖是底層生長氮化鋁/氮化鎵超晶格結構 (SLS, 10 對) 的氮化鎵薄膜之橫截面穿透式電子顯微 (TEM) 照片；
第4圖係本發明中之另一較佳具體實施例的結構示意圖；
第5圖是在氮化鎵磊晶膜中間加入氮化鋁/氮化鎵 (5 對) 超晶格結構之橫截面穿透式電子顯微 (TEM) 照片；
第6圖係本發明之氮化鋁/氮化鎵超晶格結構示意圖



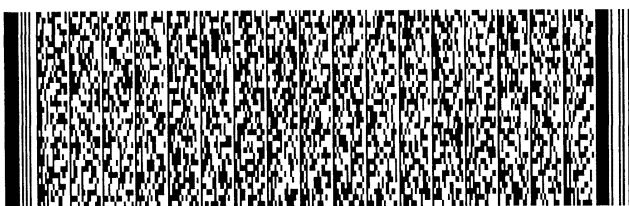
四、中文發明摘要 (發明之名稱：氮化物超晶格結構對氮化鎵磊晶之品質改進)

一種在氮化鎵半導體元件中成長氮化鋁/氮化鎵超晶格 (Superlattice) 應變層的方法及其結構，以得到低差排 (Dislocation) 密度之高品質氮化鎵磊晶。此種超晶格結構是由多層氮化鋁/氮化鎵應變層所形成，能有效阻擋位於結構下方之差排往上發展，因此在結構上方得以生長出低差排密度之高品質氮化鎵化合物磊晶。超晶格結構可位於基板和氮化鎵化合物磊晶之間，或是在氮化鎵化合物磊晶和氮化鎵化合物磊晶之間。

英文發明摘要 (發明之名稱：Method for forming GaN/AlN superlattice structure)

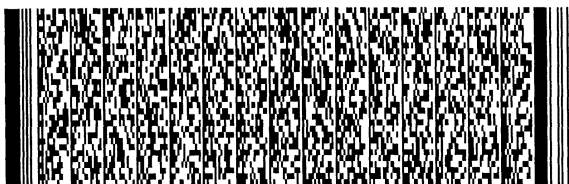
A method of fabricating a GaN/AlN superlattice structure in gallium nitride compound semiconductor materials and devices.

The superlattice structure is formed upon the substrate and/or formed in the gallium nitride semiconductor structure. The proposed superlattice structure suppress the dislocation to improve the performance of gallium nitride based compound semiconductor.



六、申請專利範圍

1. 一種在氮化鎵半導體元件中阻擋差排生長之阻擋結構，該阻擋結構包括：
 - (I) 在基板上形成第一緩衝層，係利用由氮化鋁或氮化鎵所形成；
 - (II) 在前述第一緩衝層上生長氮化鋁/氮化鎵超晶格結構。
2. 如申請專利範圍第1項的阻擋結構，其中，前述氮化鋁/氮化鎵超晶格結構中，單一一對之厚度組成範圍為4~7nm/4~7nm。
3. 如申請專利範圍第1項的阻擋結構，其中，前述氮化鋁/氮化鎵超晶格結構的對數為3對至20對。
4. 一種在氮化鎵半導體元件中阻擋差排生長之阻擋結構，該阻擋結構為一氮化鋁/氮化鎵超晶格結構，形成於兩層氮化鎵化合物磊晶之間。
5. 如申請專利範圍第4項的阻擋結構，其中，前述氮化鋁/氮化鎵超晶格結構中，單一一對之厚度組成範圍為4~7nm/4~7nm。
6. 如申請專利範圍第4項的阻擋結構，其中，前述氮化鋁/氮化鎵超晶格結構的對數為3對至20對。
7. 如申請專利範圍第1項或第4項的阻擋結構，其中，前述氮化鋁/氮化鎵超晶格結構的生長溫度界於450~600℃之間或900~1200℃之間。



圖式

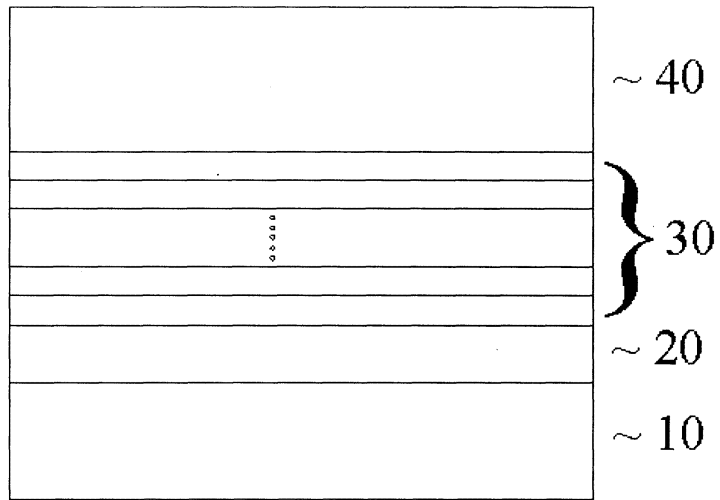
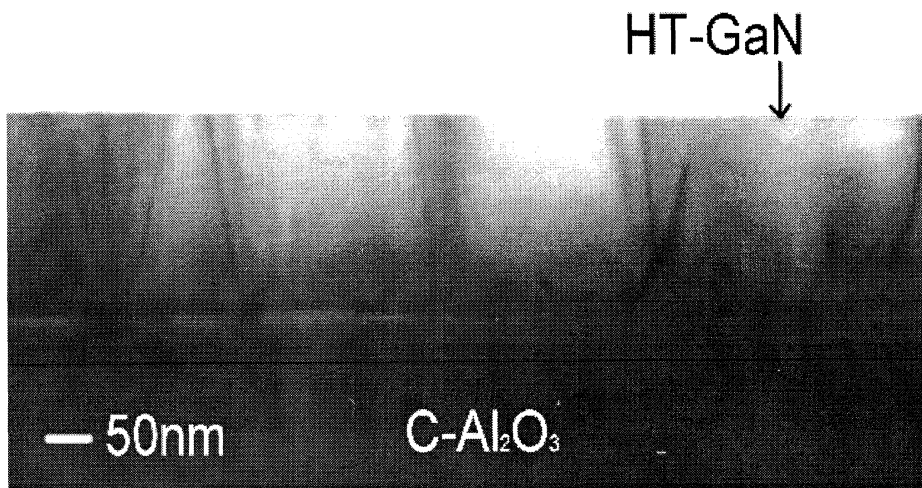
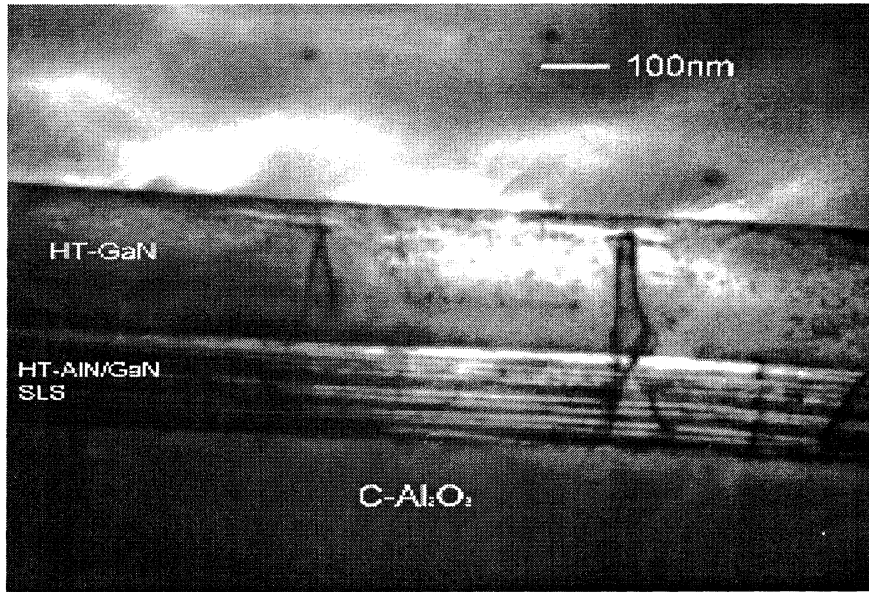


圖 一

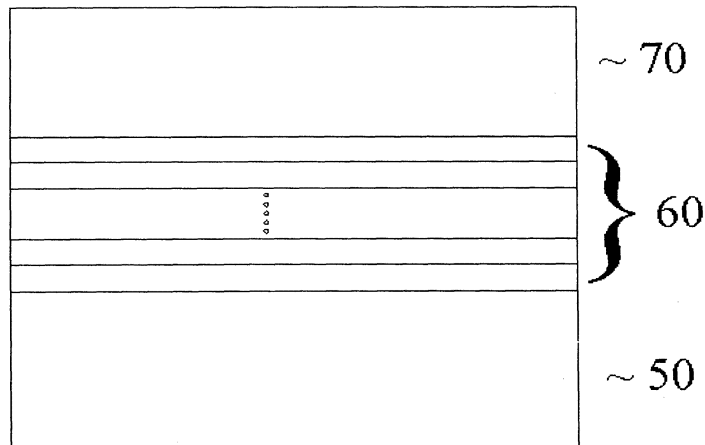


第 2 圖

圖式

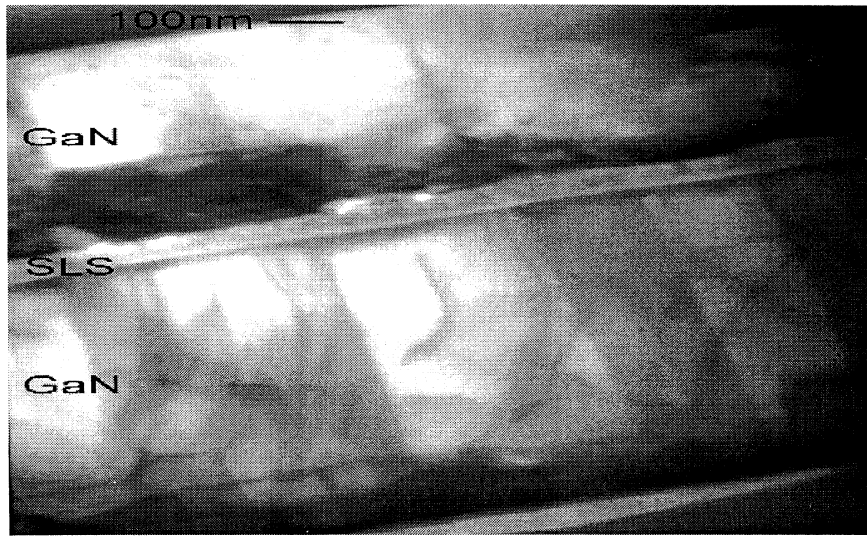


第 3 圖

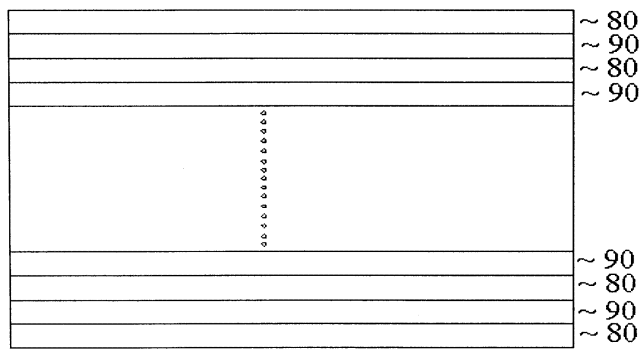


第 4 圖

圖式



第 5 圖



第 6 圖