

公 告 本

申請日期	2002,06,24
案 號	91113748
類 別	H01L 21/18

0217494
559900

(以上各欄由本局填註)

發 明 專 利 說 明 書

一、發明 名稱	中 文	磷化硼系半導體元件及其製法
	英 文	BORON PHOSPHIDE-BASED SEMICONDUCTOR ELEMENT AND PROCESS FOR PREPARING SAME
二、發明 創作 人	姓 名	宇田川隆(Takashi UDAGAWA)
	國 籍	日本
	住、居所	日本國埼玉縣秩父市大字下影森 1505 番地 昭和電工株式会社 研究開發センター内
三、申請人	姓 名 (名稱)	昭和電工股份有限公司(昭和電工株式会社) (SHOWA DENKO K.K.)
	國 籍	日本
	住、居所 (事務所)	日本國東京都港區芝大門一丁目 13 番 9 號
	代 表 人 姓 名	大橋光夫(Mitsuo OHASHI)

承辦人代碼：
大類：
I P C 分類：

本案已向：

日本國(地區) 申請專利，申請日期： 案號 ， 有 無主張優先權
2001.06.29 特願 2001-197788

有關微生物已寄存於： ，寄存日期： ，寄存號碼：

五、發明說明 (1)

[發明的技術領域]

本發明和利用可有效迴避元件動作電流無必要之漏電或流通的高電阻磷化硼(BP)系半導體層構成磷化硼系半導體元件之技術相關。

[習知技術]

由屬於元素周期律之 III 族的硼(B)及 V 族元素所構成之 III-V 族化合物半導體，以磷化硼(BP)為大家所熟知(參照 Nature、179(No. 4569)(1957)、1075 頁)。關於磷化硼，從以前就有頻帶閘的各種相關報告。例如，B. Stone 等就發現多晶 BP 膜約有 6 電子伏特(eV)之室溫頻帶閘(參照 Phys. Rev. Lett., Vol. 4、No.6(1960)、282~284 頁)。又，Manca 則提出 4.2eV 之頻帶閘(參照 J. Phys. Chem. Solids, 20(1961)、268.)。然而，從以往將磷化硼之頻帶隙視為約 2eV(參照① RCA Review, 25(1964)、159~167 頁、② Z. anorg. allg. chem., 349(1967)、151~157 頁、及③寺本巖著、「半導體 DEVICE 概論」(株)培風館、1995 年 3 月 30 日發行初版、28 頁)。

此外，磷化硼之菲律賓離子鍵結度只有相當低的 0.006 (參照 PHILLIPS 著、「半導體結合論」((株)吉岡書店、1985 年 7 月 25 日發行、第 3 版)、49~51 頁)，具有容易獲得導電性半導體層之特徵(參照日本特開平 2-288388 號公報)。因此，以往就知道有人將導電性 BP 層當做構成 III 族氮化物半導體雷射二極體(LD)之電流壓縮層使用的

五、發明說明 (2)

實例(參照日本特開平 10-242569 號公報)。又，在發光電二極體(LED)則當做如單晶體基板上之緩衝層使用(參照日本特開平 2-275682 號公報)。另一方面，爲了使磷化硼具有相對較大之電子有效質量(參照前述日本特開平 2-275682 號公報)，而不易獲得 n 型低電阻 BP 結晶(參照前述日本特開平 2-288388 號公報)。

從結晶學之性質的觀點而言，閃鋅礦型(參照 PHILLIPS 著、「半導體結合論」((株)吉岡書店、1985 年 7 月 25 日發行、第 3 版)、14~15 頁)之磷化硼，具有和等軸晶體(cubic)之氮化鎵(c-GaN:晶格常數=4.510Å)大致相同的 4.538Å 晶格常數。又，BP 之 {110} 晶格面間隔約爲 3.209Å，和六方晶 GaN(h-GaN)之 a 軸晶格常數 3.180Å 概略相等(參照前述「半導體 DEVICE 概論」、28 頁)。以往就是利用此良好晶格相似性，以 BP 緩衝層及 GaN 結晶層之連接構造來構成蕭特基(Schottky)連接場效型電晶體(MESFET)(參照日本特開 2000-31164 號公報)。

磷化硼(BP)爲間接躍遷型半導體(參照前述「半導體 DEVICE 概論」、28 頁)。和直接躍遷型半導體相比，間接躍遷型半導體會導致發光之載體的輻射性復合效率較小(參照 K. Seeger 著、「半導體之物理學(下)」(株)吉岡書店、1991 年 6 月 25 日發行第 1 版、392 頁)。因此間接躍遷型半導體之磷化硼未被利用做 LED 及 LD 之發光層(活化層)，而利用爲如前面所述之電流壓縮層。此外，正嚐試

五、發明說明 (3)

當做場效型電晶體中之緩衝層來應用。

[發明所欲解決之問題]

以場效型電晶體用途之緩衝層為例來進行說明時，爲了防止汲極電流之漏電，必須以高電阻之結晶層構成緩衝層。然而，傳統之磷化硼的室溫下頻帶隙爲較低的約 2eV (參照前述① RCA Review、及② Z. anory. allg. chem.)，因爲是離子連接性較低之結晶而容易附與導電性，故具有傳統技術不易獲得適合 MESFET 用途之高電阻緩衝層的缺點。

此外，習知技術中，有製造 2eV 頻帶隙之磷化硼、及氮化鋁 (AlN) 系混晶之超晶格構造，而獲得 2eV 以上之室溫頻帶隙的構造體之技術 (參照前述日本特開平 2-275682 號)。然而，習知技術手段之問題點，就是必須以煩雜之機構才能形成超晶格構造。

本發明的目的就在提供一種磷化硼系半導體元件及其製造方法，不但可以克服習知技術之缺點，且無需傳統上之複雜步驟即可形成高電阻磷化硼系半導體層，並利用該高電阻磷化硼系半導體層來構成磷化硼系半導體元件。

[解決問題之手段]

本發明提供下面 (1) 至 (4) 之具有含氧磷化硼系半導體層之磷化硼系半導體元件。

(1) 含有積層於基板上之硼 (B) 及磷 (P) 的構成元素，且有含氧 (O) 之含氧磷化硼系半導體層的磷化硼系半導體元

五、發明說明（4）

件。

(2) 含氧磷化硼系半導體層中含有之氧原子濃度為 $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 以上、 $5 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$ 以下，具有前述特徵之前述(1)磷化硼系半導體元件。

(3) 含氧磷化硼系半導體層之電阻率為 $10^2 \Omega \cdot \text{cm}$ 以上，具有前述特徵之前述(1)或(2)的磷化硼系半導體元件。

(4) 含氧磷化硼系半導體層設置於非晶或多晶之磷化硼系半導體層上，具有前述特徵之前述(1)至(3)中任一項的磷化硼系半導體元件。

本發明為前述(1)至(4)中任一項具有含氧磷化硼系半導體層之磷化硼系半導體元件當中之下面記載的電晶體或發光元件，也是利用發光元件之燈或光源。

(5) 具備前述(1)至(4)中任一項之含氧磷化硼系半導體層的電晶體。

(6) 由含氧磷化硼系半導體層構成之緩衝層，具有前述特徵之前述(5)電晶體。

(7) 電晶體為在含氧磷化硼系半導體層上設置通道層之場效型電晶體，具有前述特徵之前述(5)或(6)的電晶體。

(8) 電晶體為在含氧磷化硼系半導體層上設有蕭特基閘極之場效型電晶體，具有前述特徵之前述(5)至(7)中任一項的電晶體。

(9) 具有由前述(1)至(4)中任一項之含氧磷化硼系半導體層所構成之電流阻止層的發光元件。

五、發明說明（5）

(10) 發光元件為在含氧磷化硼系半導體層構成之電流阻止層上設置電極的發光二極體(LED)，具有前述特徵之前述(9)的發光元件。

(11) 使用前述(10)之發光元件的燈。

(12) 使用前述(11)之燈的光源。

(13) 發光元件為含氧磷化硼系半導體層構成之電流阻止層以對向方式配置而在其中央之開口部上設置電極的發光二極體(LED)，具有前述特徵之前述(9)的發光元件。

此外，本發明提供下面(14)至(17)之磷化硼系半導體元件的製造方法。

(14) 在基板上以金屬有機化學蒸氣沉積法(MOCVD法)積層而成之磷化硼系半導體層上，以含氧化合物為原料添加氧而形成含氧磷化硼系半導體層，具有前述特徵之前述(1)至(4)中任一項的磷化硼系半導體元件之製造方法。

(15) 含氧化合物為附有烷氧基(-OR；R為碳數1至12之直鏈狀或分支狀的飽和或不飽和烷基、碳數6至20之芳香族基或脂環基等和氧結合之基(group)。然而，前述芳香族基之基本架構之實例為苯環、萘環、蒽環、及菲環等，而芳香族基可任意以CN、鹵原子、OH、羰基、及羧基等取代。又，前述脂環基之基本架構如環己基環。)之有機化合物，具有前述特徵之前述(14)磷化硼系半導體元件製造方法。

(16) 具有含氧化合物為三烷氧基硼化合物之特徵的前

五、發明說明（6）

述(14)或(15)之磷化硼系半導體元件製造方法。

(17) 在基板上以 250°C 以上、700°C 以下之溫度形成以非晶或多晶為主體之磷化硼系半導體層後，以 700°C 以上、1200°C 以下之溫度形成含氧磷化硼系半導體層，具有前述特徵之前述(4)之磷化硼系半導體元件製造方法。

[發明之實施形態]

本發明中，將含有如以一般式 $B_{\alpha}Al_{\beta}Ga_{\gamma}In_{1-\alpha-\beta-\gamma}P_{1-\delta}As_{\delta}$ ($0 < \alpha \leq 1$ 、 $0 \leq \beta < 1$ 、 $0 \leq \gamma < 1$ 、 $0 < \alpha + \beta + \gamma \leq 1$ 、 $0 \leq \delta < 1$) 標記之硼(B)及磷(P)構成元素的 III-V 族化合物半導體稱為磷化硼系半導體。又，以 $B_{\alpha}Al_{\beta}Ga_{\gamma}In_{1-\alpha-\beta-\gamma}P_{1-\delta}N_{\delta}$ ($0 < \alpha \leq 1$ 、 $0 \leq \beta < 1$ 、 $0 \leq \gamma < 1$ 、 $0 < \alpha + \beta + \gamma \leq 1$ 、 $0 \leq \delta < 1$) 標記之 III-V 族化合物半導體亦稱為磷化硼系半導體。本發明之第 1 實施形態中，利用含有積層於基板上之硼(B)及磷(P)的構成元素、及含有氧之含氧磷化硼系半導體層來構成磷化硼系半導體元件。例如，利用含氧磷化鋁·硼混晶 ($B_{\alpha}Al_{\beta}P$: $0 < \alpha \leq 1$ 、 $\alpha + \beta = 1$) 來構成磷化硼系半導體元件。或者，以含氧磷化硼·鎵混晶 ($B_{\alpha}Ga_{\gamma}P$: $0 < \alpha \leq 1$ 、 $\alpha + \gamma = 1$)、或含氧磷化硼·銦混晶 ($B_{\alpha}In_{1-\alpha}P$: $0 < \alpha \leq 1$) 來構成磷化硼系半導體元件。或者，利用以含氧氮磷化硼 ($BP_{1-x}N_x$: $0 < x < 1$) 等複數 V 族元素為構成元素之含氧磷化硼系半導體來構成磷化硼系半導體元件。和由 3 種或 4 種構成元素構成之 3 元或 4 元半導體的混晶等相比，2 元結晶較容易形成(參照前述「半導體裝置概論」、24 頁)。因

五、發明說明 (7)

此，第 1 實施形態之磷化硼系半導體層，最好由單體之磷化硼(BP)所構成。

在無摻雜狀態下，磷化硼系半導體層上之殘留雜質的氧原子若為前述(2)發明之濃度，則不必為了形成含氧磷化硼系半導體層而在磷化硼系半導體層中摻雜氧。另一方面，若殘留雜質之氧原子濃度為 $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 以下時，為了製作本發明之磷化硼系半導體元件，在積層磷化硼系半導體層時就需摻雜氧，形成氧原子濃度為 $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 以上之含氧磷化硼系半導體層。本發明之第 2 實施形態中，以金屬有機化學蒸氣沉積法(MOCVD法)(參照 Inst. Phys. Conf. Ser., No. 129(IOP Publishing Ltd., 1993)、157~162 頁)、分子束泵晶(MBE)法(參照 J. Solid State Chem., 133(1997)、269~272 頁)、鹵化物(halide)法(參照①「日本結晶成長學會誌」、Vol. 24、No. 2(1997)、150 頁、② J. Appl. Phys., 42(1)(1971)、420~424 頁)、及氫化物(hydride)法等蒸氣沉積機構，依據殘留之氧濃度，配合需要摻雜氧，形成氧原子濃度為 $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 以上含氧磷化硼系半導體層。為了維持半導體層之良好結晶性，含氧磷化硼系半導體層之氧原子濃度最好為 $5 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$ 以下。磷化硼系半導體層內之氧原子濃度，可以利用如一般之 2 次離子質量分析法(SIMS)等分析機構來實施定量。

本發明之電阻率為 $10^2 \Omega \cdot \text{cm}$ 以上之含氧磷化硼系半導體層，可有效應用於半導體元件之、防止元件動作電流漏

五、發明說明 (8)

之高電阻層上。電阻率會隨著磷化硼系半導體層內部含有之氧原子濃度而變化。會呈現氧原子濃度愈高則電阻率亦愈高的傾向。這是因為半導體層中之氧對電子或電子空洞會發揮補償作用。因此，本發明之第 3 實施形態中，就是利用適度調整氧之摻雜量形成電阻率為 $10^2 \Omega \cdot \text{cm}$ 以上磷化硼系半導體層，並利用其來製作磷化硼系半導體元件。電阻率(比電阻)可利用一般之霍爾(Hall)效應測量機構來測得。

例如，利用具有三乙基硼($(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{B}$)/硼烷(BH_3)/磷(PH_3)反應系、三乙基硼/乙硼烷(B_2H_6)/磷反應系、或三乙基硼及第三丁基磷等有機磷化合物之反應系的常壓(近大氣壓)或減壓 MOCVD 法實施氧摻雜，而得到氧原子濃度為 $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 以上之含氧磷化硼系半導體層。氧之摻雜原料如氧氣(O_2)。例如，利用 $(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{B}/\text{PH}_3/\text{H}_2$ 反應系之 MOCVD 法成磷化硼系半導體層成長時，以每分鐘 20cc 添加含有約 50vol. ppm(體積百萬分率)之氧的氫氣，在 800°C 下使其成長，則可得到電阻率約 $10^3 \Omega \cdot \text{cm}$ 以上之高電阻磷化硼(BP)單晶層。為了得到單晶之含氧磷化硼系半導體層，積層溫度最好為超過 700°C 之高溫。然而，磷化硼系半導體層之層積溫度若為超過 1200°C 之高溫時，磷化硼結晶層內之單體 BP 會明顯轉變成如 B_{13}P_2 等之聚合體(參照 J. Amer. Ceramic Soc., 47(1964)、44~46 頁)，而無法獲得均質之磷化硼層。

五、發明說明 (9)

爲了獲得含氧磷化硼系半導體層，其他適當之氧添加原料如附有含氧之官能基的有機硼化合物。尤其是，附有烷氧基(-OR;R 爲碳數 1 至 12 之直鏈狀或分支狀的飽和或不飽和烷基、碳數 6 至 20 之芳香族基或脂環基等和氧結合之基。然而，前述芳香族基之基本架構之實例爲苯環、萘環、蔥環、及菲環等，而芳香族基可任意以 CN、鹵原子、OH、羰基、及羧基等取代。又，前述脂環基之基本架構如環己基環。)之有機化合物，最適合當做氧添加原料。例如，若以構成磷化硼系半導體層之元素--烷氧化合物做爲氧添加原料，則在積層磷化硼系半導體層時，具有很容易形成含氧磷化硼系半導體層之優點。構成元素之烷氧化合物如三甲氧基硼($B(OCH_3)_3$; 融點 $\approx -29^\circ C$ 、沸點 $\approx +69^\circ C$)、三乙氧基硼($B(OC_2H_5)_3$; 融點 $\approx -85^\circ C$ 、沸點 $\approx +117^\circ C$)、及異丙氧基硼($B(i-OC_3H_7)_3$; 沸點 $\approx +140^\circ C$)等。又，含低級烷基之硼烷氧化合物之融點較低，而沸點又高於室溫，故很容易以一般之發泡機構即可添加於反應系內，是十分便利的液體原料。含氧磷化硼系半導體層之構成元素--磷(P)之烷氧化合物則爲磷酸甲酯($PO(OCH_3)_3$)、亞磷酸三甲酯($P(OCH_3)_3$)、磷酸三乙酯($PO(OC_2H_5)_3$)、亞磷酸三乙酯($P(OC_2H_5)_3$)等。這些磷烷氧化合物在室溫爲液體，可以利用發泡機構添加於反應系。又，砷(As)之烷氧化合物有三乙氧基砷($As(OC_2H_5)_3$; 沸點 $\approx +165^\circ C$)等。磷化硼系半導體之構成元素的烷氧化合物中，前述之硼烷氧化合

五、發明說明 (10)

物因毒性較其他磷或砷化合物小，故特別適合用做氧添加原料。

本發明之含氧磷化硼系半導體設置於如矽單晶(Si)、砷化鎵(GaAs)、磷化鎵(GaP)、氮化鎵(GaN)等 III-V 族化合物半導體單晶、藍寶石(α -Al₂O₃ 單晶)及氧化鋅(ZnO)等氧化物單晶、或鉬(Mo)等之金屬的結晶基板表面上。又，磷硼(BP)單晶亦可當做基板使用(參照 J. Electrochem. Soc., 120(1973)、802~806 頁)。然而，BP 以外之基板材料及 BP 系半導體層一般因晶格失配，晶格失配等導致之移位等結晶缺陷的增長，而不易安定地得到結晶性優良之磷化硼系半導體層。故，本發明之第 4 實施形態中，在結晶基板上以含氧磷化硼系半導體層之底層方式，配置可緩和晶格失配之磷化硼系半導體層當做緩衝層。

當做緩衝層使用磷化硼系半導體層，在生成態以非晶或多晶構成，其可發揮之緩和晶格失配的作用，比單晶構成時更大。由生成狀態之非晶或多晶磷化硼系半導體構成的緩衝層(磷化硼系緩衝層)，在前述氣相成長機構中，可以 250°C ~ 700°C 之積層溫度形成。積層溫度愈低，則愈容易形成以非晶為主體之磷化硼系緩衝層。然而，250°C 以下時，因積層用原料無法充份分解，會由積層不安定之問題。在超過大約 450°C 之積層溫度時，則容易形成以多晶為主體之磷化硼系緩衝層。若為超過 700°C 之溫度，則容易形成無法充份發揮晶格失配緩和效果之單晶層，故應避免

五、發明說明 (11)

。以緩和晶格失配為目的之磷化硼系緩衝層的層厚應約為 2nm ~ 50nm。將適當層厚之磷化硼系緩衝層配置於基板及含氧磷化硼系半導體層間，同時具有另外的效果，例如，可避免因兩材料間之熱膨脹差異而導致含氧磷化硼層從基板表面上剝離。緩衝層為非晶層或多晶層，一般可以 X 線繞射法或電子束繞射法等來解析。

磷化硼系緩衝層可以由故意不摻雜雜質之無摻雜層所構成。又，積層磷化硼系緩衝層時，添加 n 型或 p 型雜質，可以得到具導電性之緩衝層。例如，添加屬於 II 族之鋅 (Zn) 及鎂 (Mg)，可以得到 p 型磷化硼系緩衝層。又，添加矽 (Si) 或錫 (Sn) 等之第 IV 族元素，則可得到 n 型磷化硼系緩衝層。又，添加硫 (S) 及硒 (Se) 亦可得到 n 型磷化硼系緩衝層。又，添加時可以利用離子植入法植入這些元素之離子。不論採用摻雜或離子植入，添加過度雜質元素會損害磷化硼系緩衝層之結晶性，故元素之添加量，以原子濃度而言，最好為 $5 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 以下。又，亦可利用摻雜氧 (O) 之高電阻含氧磷化硼系半導體層來形成緩衝層。氧環境下，具有容易形成多晶磷化硼層之特徵 (參照日本特開 2000-351692 號公報)。

為了獲得合併含有前述 n 型或 p 型雜質及氧之磷化硼系緩衝層，適合採用含有 n 型或 p 型雜質元素之烷氧化合物。Si 之烷氧化合物如四甲氧基矽烷 ($\text{Si}(\text{OCH}_3)_4$ ；沸點 $\approx +121^\circ\text{C}$)、四乙氧基矽烷 ($\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$ ；融點 $\approx -77^\circ\text{C}$ 、沸點 \approx

五、發明說明 (12)

+166°C)、異丙氧基矽烷($\text{Si}(\text{i-OC}_3\text{H}_7)_4$; 沸點 = +226°C)等。又，鋅(Zn)則如二甲氧基鋅($\text{Zn}(\text{OCH}_3)_2$)等。這些烷氧化合物中，因為含有之附與導電性的元素(在上述實例為 Si、Zn)、以及對其進行電氣補償之非活化氧(O)的比率為 1:1，以單純之推論，應很容易可以得到高電阻之含氧磷化硼系結晶層。然而，因為各雜質元素進入結晶層內之機率並不一定相同，故因為實際情況進入結晶層之雜質量的不均一性，無法保證一定可以獲得高電阻層。因此，例如為了全部形成導電性結晶層，除了前述烷氧化合物以外，應將如氧-氫(H_2)、氧-氮(N_2)、或氧-氬(Ar)等含氧混合氣體當做另一氧添加源，亦是獲得高電阻層的一種方法。

前述含氧磷化硼系半導體層因為是高電阻，故可有效抑制元件動作電流之沒有必要的漏電。所以，本發明之第 6 實施形態中，就是利用此種高電阻層，構成具優良特性之電晶體，例如，異質結雙極電晶體(HBT)或場效型電晶體(FET)。例如，將本發明之高電阻磷化硼系半導體層當做緩衝層而連接於活性層之下方的蕭特基連接型 FET(MESFET)中，因可抑制汲極電流對緩衝層之漏電，而具有良好之閘極夾斷特性。又，因而可得到具有優良跨導(gm)之 MESFET。又，本發明之含氧磷化硼系半導體高電阻層上若具有 2 次元電子移動層(通道層)，則可提供同時發揮良好閘極夾斷特性及跨導之 2 次元電子場效型電晶體(TEGFET)。

五、發明說明 (13)

在單晶基板上以非晶或多晶為主體之緩衝層上設置含氧磷化硼系半導體層，會形成可更有效防止元件動作電流漏電之高電阻含氧磷化硼系半導體層。例如，利用非晶之緩衝層的作用，可以獲得導致動作電流短路之失配位移較少的高電阻含氧磷化硼系半導體層。又，利用和此良質高電阻含氧磷化硼系半導體層之晶格相配的半導體材料構成通道層，則會明顯提高電子移動度，除了可實現良好夾斷特性以外，尚可獲得雜訊指數較小之低雜訊 MESFET。本發明之第 7 實施形態的晶格相配系積層構造的較佳實例，就是在高電阻含氧磷化硼 (BP:晶格常數=4.538 Å)層上，連接由氮組成比為 3%(=0.03)之等軸晶體的 n 型氮磷化鎵 ($\text{GaN}_{0.97}\text{P}_{0.03}$:晶格常數=4.538Å)所構成的通道層。又，亦可為在高電阻含氧氮磷化硼 ($\text{BP}_{0.97}\text{N}_{0.03}$)上設置由等軸晶體氮化鎵 (c-GaN)構成之通道層。

含氧磷化硼系半導體高電阻層並非只配置於通道層之正下方而已，亦可當做以形成蕭特基閘極為目的之閘極 (gate) 形成層。本發明之第 8 實施形態中，因為閘極係形成於高電阻之含氧磷化硼系半導體層上，故可形成漏電電流較少的閘極。因此，可提供跨導較大、夾斷特性優良之場效型電晶體。因為 MESFET 之構成上，有時會將源極/汲極之兩電極和閘極都設置在高電阻含氧磷化硼系半導體層上，故高電阻含氧磷化硼系半導體層之層厚，應為構成此二電極之材料的合金前緣能浸透、到達活性層、或是 TEGFET

五、發明說明 (14)

時可充份浸透、到達電子供應層之厚度。一般而言，以形成蕭特基閘極為目的之高電阻含氧磷化硼系半導體層的層厚約為 100 奈米 (nm) 以內。又，高頻用 MESFET 之蕭特基電極之構成，亦可為鈦 (Ti)、白金 (Pt)、或鉬 (Mo) 等高融點金屬、或由其構成之層所積層而成之多層構造。

除了前述電子裝置用途以外，本發明之第 9 實施形態亦可將高電阻含氧磷化硼系半導體層應用於發光元件上。發光元件上以故意阻礙元件動作電流通過為目的之電流阻止層上，應用此磷化硼係高電阻半導體層特別有效。例如，將含氧磷化硼系半導體層當做電流阻止層使用，可以構成具有使元件動作電流優先流至外部開口之發光區域之機能的發光二極體 (LED)。若以發揮電流阻止作用而配置高電阻磷化硼系半導體層，因可使元件動作電流集中流通開口發光區域，可實現有效率之光電轉換，而提供高發光強度之 LED。

基座電極之水平剖面的最大剖面積 ($=S_0$; 基座電極對被積層層之投影區域的平面積)、及敷設電流阻止層之平面積 ($=S$) 有極端差異時，無法獲得高發光強度之發光元件。例如，電流阻止層之平面積相對於基座電極之平面積為極小時 (亦即 $S/S_0 \ll 1$)，無法充份防止元件動作電流之短路電流流至基座電極之正下方區域。因此，因為元件動作電流無法有效流至開口發光區域，故無法獲得具有充份發光強度之發光元件。另一方面，若 $S/S_0 \gg 1$ ，則因為電流阻止

五、發明說明（15）

層佔有大部份開口發光區域，會縮小元件動作電流可流通之區域。發光元件、尤其是 LED 之 S/S_0 的範圍應為 0.7 以上、1.2 以下。

本發明之電流阻止型 LED，在本發明之第 10 實施形態中，係在以流通動作電流為目的之基座 (pad) 電極的正下方配置高電阻含氧磷化硼系半導體層。亦即，在相當於基座電極之投影區域，例如，構成單異質 (SH) 或雙異質 (DH) 連接構造發光部之包覆 (clad) 層表面上，配置含氧磷化硼系半導體層。基座電極及高電阻含氧磷化硼系半導體層之間，則以覆蓋基座電極之投影區域以外的開口發光區域表面方式插入導電性層。利用此種配置，經由基座電極提供之元件動作電流，會因為高電阻含氧磷化硼系半導體層的存在，而阻止其流至基座電極之正下方區域 (亦即，不易對外部發光之區域)，相反的，會優先流至開放發光區域。

又，高電阻含氧磷化硼系半導體層應可當做雷射二極體 (LD) 用之電流壓縮層。具體說明本發明之第 11 實施形態，首先，就是以連接當做 DH 連接型發光部之包覆層表面方式，設置當做電流壓縮層之高電阻含氧磷化硼系半導體層。其次，採用眾所皆知之光石版印刷技術的選擇圖案化技術，以濕式蝕刻或電漿蝕刻等，對電流壓縮層之中央部進行帶狀蝕刻，形成開口部。利用此方式，殘留之電流壓縮層會隔著帶狀開口部相對。其次，將歐姆電極連接於使電流壓縮層開口部外露之包覆層等之表面。一般而言， n

五、發明說明（16）

型用或 p 型用之歐姆電極的平面形狀和開口部之平面形狀相似。對電流壓縮層實施此加工，利用電流壓縮層阻止電流通之作用，可使歐姆電極提供之元件動作電流只流入連接著電極之特定區域。因為和發光部之平面積相比，特定區域--亦即前述開口部之表面積較小，故高密度動作電流會集中流入開口部正下方之發光部。因此，可以獲得良好之受激發射的雷射光振盪。

傳統技術上，LD 用途之電流壓縮層係由和包覆層等基底層相對之電導型磷化硼系半導體所構成(參照前述日本特開平 10-242569 號公報)。例如，針對 p 型包覆層配置 n 型磷化硼系半導體層。然而，傳統技術上，因為電子有效質量之緣故，不容易獲得可以和當做電流壓縮層之 p 型磷化硼系半導體層相比的 n 型磷化硼系半導體層。然而，本發明因為利用含有氧而形成高電阻之含氧磷化硼系半導體層，故對 p 型基底層亦可容易形成電流壓縮層。亦即，具有下述優點，就是在添加氧而形成高電阻之含氧磷化硼系半導體層上，可以在和被積層層之導電型式無關的情形下，形成泛用的電流阻止層。

由本發明之 LED，可以構成高亮度之發光二極體燈。例如，如第 4 圖所示，以導電性黏結材料，將基板 11 上具有本發明之含氧磷化硼系半導體層 12，固定於基座 15 上以銀(Ag)或鋁(Al)等金屬電鍍之金屬製碗體 16 的中央部。利用此方式，可以使設於基板 11 之底部的一方之極性的背

五、發明說明（17）

面電極 14 電性相連於附屬於基座 15 之一方端子 17。而設置於 LED10 上之正面電極 13 則連接於另一方之端子 18。其後，以一般半導體密封用環氧樹脂 19，以環繞碗體 16 之方式進行密封，即構成燈。又，利用本發明亦可形成約 $200\ \mu\text{m} \sim 300\ \mu\text{m}$ 方形的小型 LED，因此，可以構成特別適合設置容積較小之顯示器等的小型發光二極體燈。

又，集合前述 LED 燈即可構成光源。例如，將複數 LED 燈進行電性並聯，即可構成定電壓驅動型光源。又，若將 LED 燈實施電性串聯，則可構成定電流型光源。利用此 LED 燈之光源，和傳統之白熱型燈光源不同，因為不會因為亮燈而產生太大的放熱，故為十分有用之冷光源。例如，可利用為冷凍食品之展示用光源。另外，亦可構成適合屋外顯示器、以顯示交通信號為目的之信號器、以及方向指示器或照明機器等之光源。

[發明之作用]

含氧之含氧磷化硼系半導體層中，氧會補償半導體層內之載體，具有電性非活化作用，而使其具有高電阻磷化硼系半導體層之作用。

利用氧之電性補償作用形成高電阻之含氧磷化硼系半導體層，具有防止元件動作電流之無必要漏電的作用。尤其是，氧原子濃度為 $1 \times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ 以上、電阻率為 $10^2\ \Omega \cdot \text{cm}$ 以上之含氧磷化硼系半導體層可以當做電晶體用途之緩衝層、及發光元件之電流阻止層或電流壓縮層來使用。

五、發明說明（18）

非晶或多晶之磷化硼系半導體層具有優良結晶性之連續高電阻含氧磷化硼系半導體層的作用。良質高電阻之含氧磷化硼系半導體層且有優良結晶性之活性層的作用。

[實施例]

(實施例 1)

本實施例 1 中，採用製作具有高電阻之含氧磷化硼系 (BP) 半導體層之發光二極體 (LED) 做為實例，具體說明本發明。第 1 圖為本實施例 1 之 LED110 的剖面模式圖。第 2 圖為 LED110 之平面模式圖。

本發明之發光元件用途的積層構造體 111，係以各種結晶材料構成基板 101。本實施例中，利用硼 (B) 摻雜以具有 p 型 (111) 面之 Si 單晶體構成基板 101。基板 101 上，利用三乙硼 ((C₂H₅)₃B)/磷 (PH₃)/氫 (H₂) 系常壓 MOCVD 法，在 350°C 下積層由磷化硼所構成的低溫緩衝層 102。低溫緩衝層 102 之層厚約 5nm。

低溫緩衝層 102 之表面，利用前述 MOCVD 氣相成長機構，在 800°C 下積層摻雜鎂 (Mg) 之 p 型 BP 層，當做下部包覆層 103。鎂之摻雜源採用二茂合鎂 (bis-(C₅H₄)₂Mg)。構成下部包覆層之 p 型 BP 層 103 的載體濃度約為 $8 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 。層厚為 700nm。因為以低溫緩衝層 102 做為基底層，故 p 型 BP 層 103 為無龜裂之連續膜。P 型 BP 下部包覆層 103 上，積層和磷化硼 (BP: 晶格常數 = 4.538Å) 為晶格相配之等軸晶體的 n 型 GaN_{0.97}P_{0.03} 層 (晶格常數 = 4.538Å)

五、發明說明 (19)

，當做發光層 104。採用矽(Si)做為摻雜劑，使載體濃度約為 $1 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 。發光層 104 之層厚約 180nm。n 型 $\text{GaN}_{0.97}\text{P}_{0.03}$ 層發光層 104 之表面，利用前述 MOCVD 氣相成長機構積層由 n 型 BP 層構成之上部包覆層 105。採用矽(Si)做為 n 型摻雜劑，使載體濃度約為 $8 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$ ，層厚則約 80nm。形成由以同樣為 800°C 之成長溫度積層之 p 型 BP 下部包覆層 103、n 型 $\text{GaN}_{0.97}\text{P}_{0.03}$ 發光層 104、及 n 型 BP 上部包覆層 105 構成之 pn 連接型雙異質(DH)構造的發光部。

在 n 型 BP 上部包覆層 105 上，利用添加三甲氧基硼 ($\text{B}(\text{OCH}_3)_3$)，當做氧摻雜原料之 MOCVD 氣相成長機構，積層部份殘留之含氧磷化硼(BP)層當做電流阻止層 106。三甲氧基硼 ($\text{B}(\text{OCH}_3)_3$) 之 MOCVD 反應系的添加量，以使電流阻止層 106 內之氧原子濃度成為 $2 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 來設定。電流阻止層 106 之室溫下的電阻率，依一般之霍爾(Hall)效應測量法約為 $3 \times 10^3 \Omega \cdot \text{cm}$ 。電流阻止層 106 之層厚約為 70nm。

只在特定區域(基座電極 108 之預定形成區域)上，利用光石版印刷技術在電流阻止層 106 形成選擇圖案化。其次，使用甲烷(CH_4)/氫/氫混合氣體之電漿蝕刻機構，在只限於相當於基座電極 108 之預定形成區域下方之基座電極投影區域上殘留電流阻止層 106。殘留之電流阻止層 106 的平面形狀為和基座電極 108 之底面形狀相似的圓形，直徑

五、發明說明 (20)

為 $130\ \mu\text{m}$ 。殘留之電流阻止層 106 以外的區域，則露出上部包覆層 105 之表面。然後，以導電性 n 型銻·錫複合氧化物膜 (ITO) 107 覆蓋於上部包覆層 105 及殘留之電流阻止層 106 的表面。銻·錫複合氧化物膜 107 之電阻率約為 $6 \times 10^{-4}\ \Omega \cdot \text{cm}$ ，層厚約為 500nm 。

以連接於電流阻止層 106 上之銻·錫複合氧化物膜 107 表面的方式配置基座電極 108。基座電極 108 為金 (Au) 構成之真空蒸鍍膜。基座電極 108 之直徑為 $120\ \mu\text{m}$ 。基座電極 108 之配置上，其中心應和殘留之圓形電流阻止層 106 相似。電流阻止層之平面積 (=S) 及基座電極之平面積 (=S₀) 之比率 (S/S₀) 約為 1.17。又，p 型 Si 單晶基板 101 之背面的幾乎全面都配置 p 型歐姆電極 109，構成 LED110。p 型歐姆電極 109 為鋁 (Al) 之真空蒸鍍膜。以和 [211] 方向平行及垂直之方向裁切 Si 單晶基板 101 而得到之 LED 晶片 110 的平面形狀，為一邊長約 $300\ \mu\text{m}$ 之正方形。

基座電極 108 及 p 型歐姆電極 109 間，依順向流過 20 毫安 (mA) 之動作電流時的 LED110 發光中心波長約為 410nm 。利用一般積分球測量之晶片 (chip) 狀態的 LED 的亮度約為 6 毫燭光 (mcd)，提供高發光強度之磷化硼系半導體構成之 LED。以 I-V 特性求取之順向電壓 (亦即、V_f) 約 3.8V (順向電流 = 20mA)。又，逆向電壓約為 8V (逆向電流 = $10\ \mu\text{A}$)，提供高耐壓之 LED。

(實施例 2)

五、發明說明 (21)

本實施例 2 中，採用製作具有以高電阻含氧磷化硼系 (BP) 半導體層做為緩衝層之蕭特基接合型場效型電晶體 (MESFET) 做為實例，具體說明本發明。第 3 圖為本實施例 2 之 MESFET20 的剖面模式圖。

MESFET20 用途之積層構造體 21，係以藍寶石 ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 單晶) 構成基板 201。基板 201 上，利用 $(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{B}$ /三甲鋁 $(\text{CH}_3)_3\text{Al}/\text{PH}_3/\text{H}_2$ 系常壓 MOCVD 法，在 400°C 下積層無摻雜磷化硼鋁 ($\text{B}_{0.95}\text{Al}_{0.05}\text{P}$) 所構成的低溫緩衝層 202。低溫緩衝層 202 之層厚約 12nm 。因為在 400°C 之低溫積層此低溫緩衝層 202，故為非晶或多晶之構成。

低溫緩衝層 202 之表面，利用前述 $(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{B}/\text{PH}_3/\text{H}_2$ 系常壓 MOCVD 法，以含有 20vol. ppm 氧之 H_2 為主體的混合氣體當做氧源，在 800°C 下積層摻雜氧之高電阻之 BP 層，當做緩衝層 203。緩衝層 203 為無龜裂之連續膜。緩衝層 203 內部之氧原子濃度約為 $8 \times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ 。緩衝層 203 之室溫的電阻率約為 $1 \times 10^4 \Omega \cdot \text{cm}$ 。層厚約為 500nm 。從複數介電常數之虛數部 ($=2 \cdot n \cdot k$ 、但、 n =折射率、 k =消耗係數) 之波長依賴性，針對構成含氧高電阻 BP 緩衝層 203 之 BP，求取之室溫頻帶隙為 3.1eV 。

在含氧高電阻 BP 緩衝層 203 上，積層積層摻雜矽 (Si) 之 n 型活性層 204。活性層 204 係由和構成基底層含氧高電阻 BP 緩衝層 203 之 BP (晶格常數 $=4.538\text{\AA}$) 為晶格相配之等軸晶體 $\text{GaN}_{0.97}\text{P}_{0.03}$ 層所構成。矽摻雜源採用乙矽烷 (Si_2H_6)

五、發明說明 (22)

，將載體濃度設定為約 $1 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 。因為低溫緩衝層 202 之作用，連續膜之含氧高電阻 BP 緩衝層 203 可當做基底層使用，而且，因為以晶格相配之半導體材料(等軸晶體 $\text{GaN}_{0.97}\text{P}_{0.03}$)構成活性層 204，故以霍爾效應法測得約 $1000 \text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ 之高室溫電子移動度。又，活性層 204 之層厚約為 250nm。

活性層 204 之表面上，利用 $(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{B}/\text{PH}_3/\text{H}_2$ 系常壓 MOCVD 法，以含有 20vol. ppm 氧之氫為主體的混合氣體當做氧源，在 800°C 下積層摻雜氧之含氧高電阻 BP 層，當做以形成蕭特基閘極 207 為目的之閘極形成層 205。閘極形成層 205 內部之氧原子濃度約為 $5 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 。閘極形成層 205 之室溫的電阻率約為 $9 \times 10^3 \Omega \cdot \text{cm}$ 。層厚約為 50nm。

閘極形成層 205 之表面上，利用 $(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{B}/\text{PH}_3/\text{H}_2$ 系常壓 MOCVD 法，在 800°C 下積層摻雜矽之 n 型 BP 層，當做以形成源極 208 及汲極 209 為目的之接點層 206。接點層 206 之載體濃度約為 $2 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 。層厚約為 50nm。

利用眾所知之光石版印刷技術之選擇圖案化機構、及使用甲烷(CH_4)/氫/氫混合氣體之電漿蝕刻機構，將閘極 207 之預定形成區域當做凹面構造部 210。凹面構造部 210 係利用蝕刻將閘極 207 之預定形成區域上的接點層 206 去除，使閘極形成層 205 從底部露出。凹面構造部 210 之中約中央的閘極形成層 205 之表面上，則配置由鈦(Ti)/鋁(Al)

五、發明說明 (23)

積層構造所構成之蕭特基閘極 207。閘極長度約為 $2\mu\text{m}$ 。位於凹面構造部 210 之兩側、對向設置之殘留接點層 206 上，分別配置源極 208 及汲極 209，構成 MESFET20。

對源極 208 及汲極 209 間施加 15 伏特(V)之汲極電壓時，飽和汲極電流 (I_{dss}) 約為 2.5 毫安 (mA)。在本實施例 2 中，因採用高電阻含氧磷化硼 (BP) 層當做緩衝層 203，故具有良好夾斷特性。以每次增加 -2.5V 之閘極電壓測量汲極電流特性，閘極夾斷電壓為約 -2.5V。此外，本實施例 2 中，將蕭特基閘極 207 設置於高電阻含氧 BP 層構成之閘極形成層 205 上並接地，閘極漏電電流為 10Ma 時之閘極耐壓約為 25V 以上，此即為高耐壓蕭特基閘極 207 的效果。跨導 (gm) 會相對於對蕭特基閘極電壓之負電壓變化量，而為大致一定之約 20 毫西門子 (mS)，提供具有優良靜特性 (直流 (DC) 特性) 之磷化硼系 MESFET。

[發明之效果]

依據本發明，將添加氧形成高電阻之磷化硼系半導體層配置於活性層正下方當做緩衝層使用，構成場效型電晶體 (MESFET)，故可抑制汲極電流對緩衝層之漏電，而提供具有良好夾斷特性及跨導特性之 MESFET。

依據本發明，將添加氧形成高電阻之磷化硼系半導體層當做以形成蕭特基電極為目的之閘極形成層使用，構成場效型電晶體 (MESFET)，因可抑制閘極電流之漏電，故可提供具有閘極漏電電流較小之高耐壓蕭特基電極的

五、發明說明（24）

MESFET。

依據本發明，經由非晶或多晶緩衝層積層含氧磷化硼系半導體層，可得到無龜裂之連續含氧磷化硼系半導體層，並將其為基底層實施積層之優良結晶性的半導體層當做活性層，而提供具有高發光強度之磷化硼系半導體元件、及反映高電子移動度之優良跨導(gm)特性的場效型電晶體等。

[圖式之簡單說明]

第 1 圖為本實施例 1 之 LED 的剖面模式圖。

第 2 圖為本實施例 1 之 LED 的平面模式圖。

第 3 圖為本實施例 2 之 MESFET 的剖面模式圖。

第 4 圖為本發明之燈的剖面構造模式圖。

[元件符號之說明]

- | | |
|-------|------------|
| 10 | 發光元件(LED) |
| 11 | 基板 |
| 12 | 含氧磷化硼系半導體層 |
| 13 | 正面電極 |
| 14 | 背面電極 |
| 15 | 基座 |
| 16 | 碗體 |
| 17、18 | 端子 |
| 19 | 環氧樹脂 |
| 101 | Si 單晶基板 |

五、發明說明 (25)

- 102 低溫緩衝層
- 103 n 型 BP 下部包覆層
- 104 n 型 $\text{GaN}_{0.97}\text{P}_{0.03}$ 發光層
- 105 n 型 BP 上部包覆層
- 106 電流阻止層
- 107 銻·錫複合氧化物膜
- 108 基座電極
- 109 p 型歐姆電極
- 110 LED
- 111 LED 用途積層構造體
- 20 MESFET
- 21 MESFET 用積層構造體
- 201 藍寶石基板
- 202 低溫緩衝層
- 203 含氧高電阻 BP 緩衝層
- 204 活性層
- 205 閘極形成層
- 206 接點層
- 207 蕭特基電極
- 208 源極
- 209 汲極
- 210 凹面構造部

四、中文發明摘要（發明之名稱： 磷化硼系半導體元件及其製法 ）

本發明之課題係製造形成高電阻磷化硼系半導體層，並利用該高電阻磷化硼系半導體層之磷化硼系半導體元件。

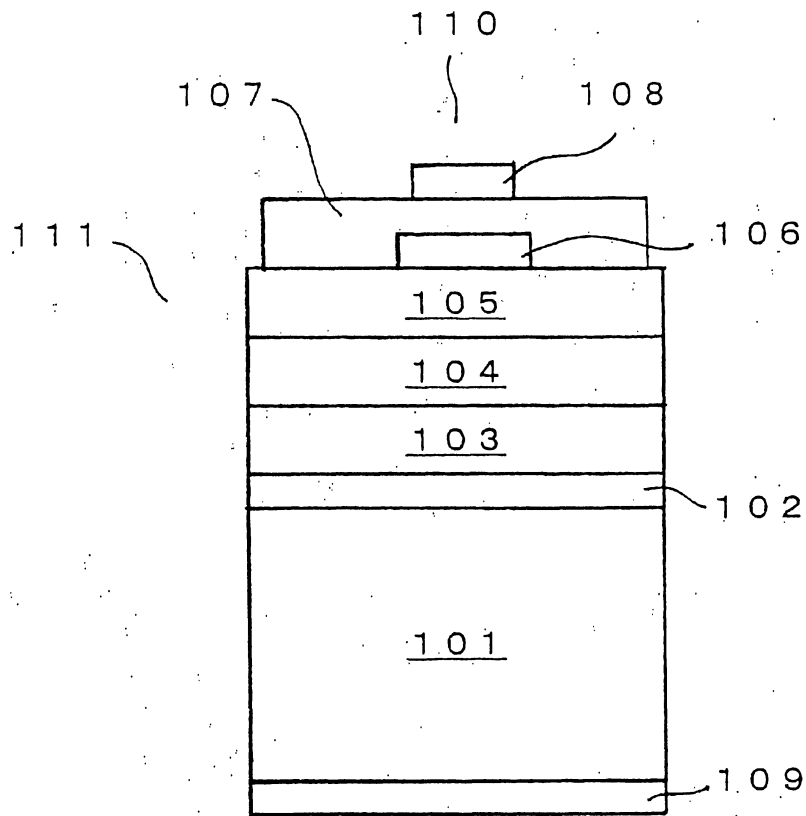
本發明之解決手段，則是含有硼及磷之構成元素，且利用含有氧之含氧磷化硼系半導體層構成磷化硼系半導體元件。含氧磷化硼系半導體層中含有之氧原子濃度為 $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 以上、 $5 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$ 以下，含氧磷化硼系半導體層之電阻率為 $10^2 \Omega \cdot \text{cm}$ 以上。

英文發明摘要（發明之名稱： BORON PHOSPHIDE-BASED SEMICONDUCTOR ELEMENT AND PROCESS FOR PREPARING SAME ）

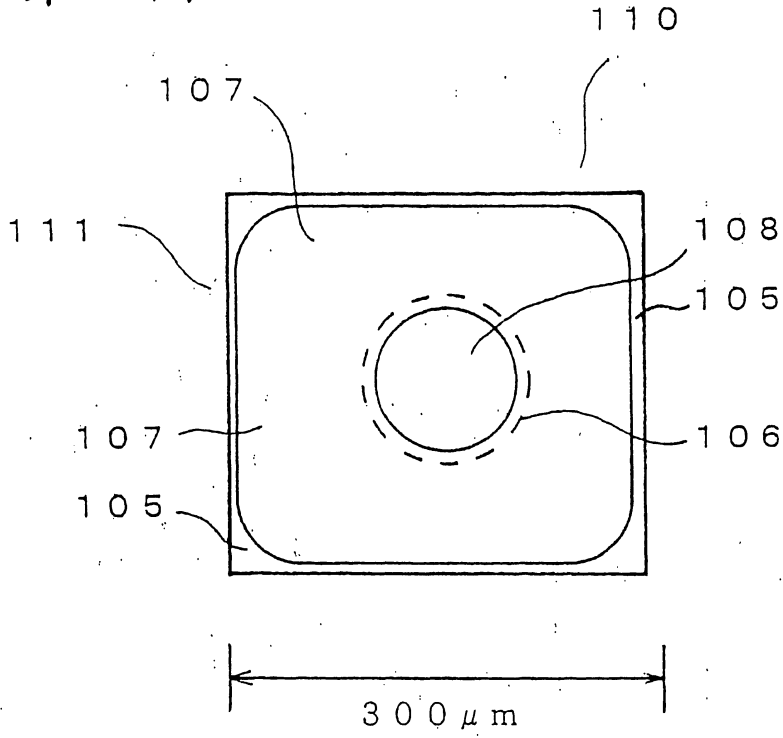
The objects of the invention are to form a boron phosphide-based semiconductor layer having high resistance, and to prepare a boron phosphide based semiconductor element by using the boron phosphide-based semiconductor layer.

The solving means of the invention are to provide a boron phosphide-based semiconductor element by using a boron phosphide-based semiconductor layer comprising essential elements consisting of boron and phosphorous, and further comprising oxygen. The concentration of oxygen presented in the oxygen-containing boron phosphide-based semiconductor layer is between $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ and $1 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$, and the resistance of the oxygen-containing boron phosphide-based semiconductor layer is higher than $10^2 \Omega \cdot \text{cm}$.

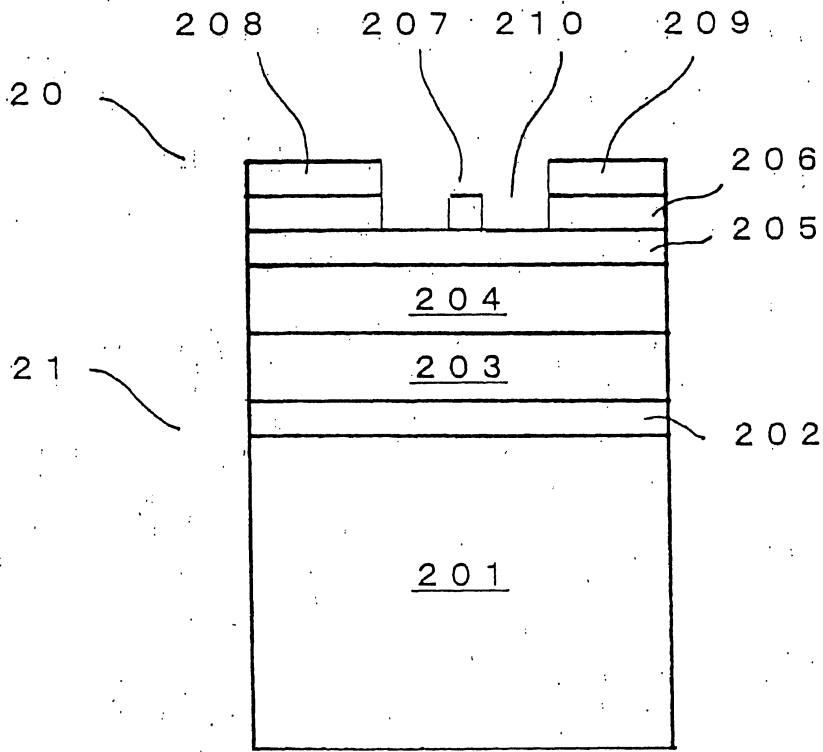
第 1 圖



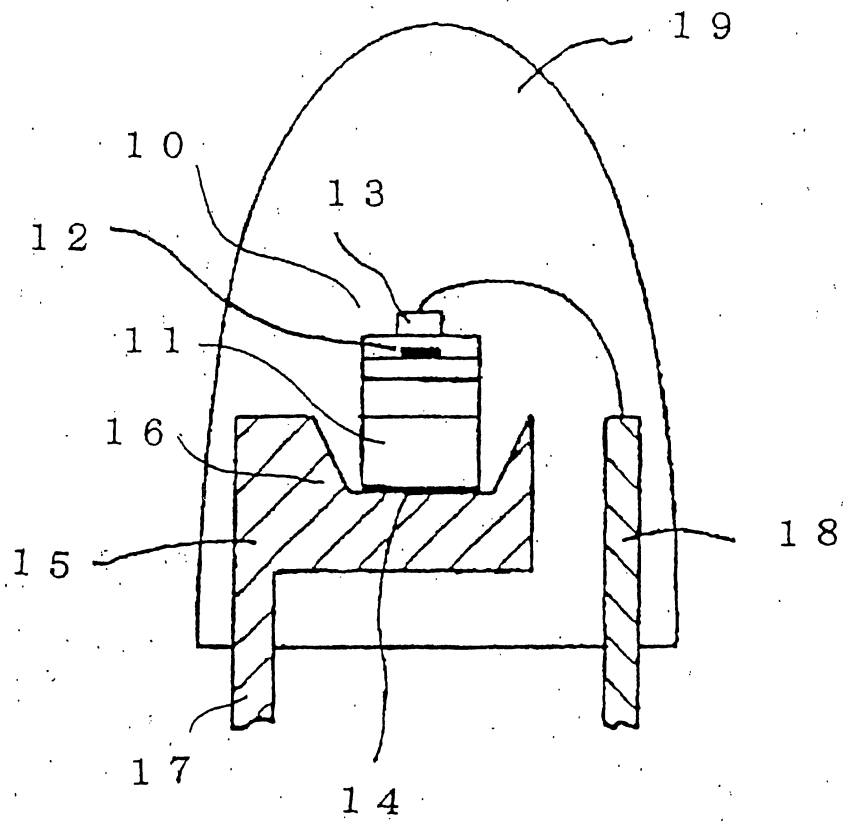
第 2 圖



第 3 圖



第 4 圖



六、申請專利範圍

第 91113748 號「磷化硼系半導體元件及其製法」專利案

(92 年 8 月 4 日修正本)

六申請專利範圍：

1. 一種磷化硼系半導體元件，其特徵為具備積層於基板上之含有以硼(B)及磷(P)做為構成元素，且有含氧(O)之含氧磷化硼系半導體層。
2. 如申請專利範圍第 1 項之磷化硼系半導體元件，其中含氧磷化硼系半導體層中所含有之氧原子濃度為 $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 以上、 $5 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$ 以下。
3. 如申請專利範圍第 1 項之磷化硼系半導體元件，其中含氧磷化硼系半導體層之電阻率係為 $10^2 \Omega \cdot \text{cm}$ 以上。
4. 如申請專利範圍第 1 項之磷化硼系半導體元件，其中含氧磷化硼系半導體層係設置於非晶或多晶之磷化硼系半導體層上。
5. 一種電晶體，其特徵為具備如申請專利範圍第 1 至 4 項中任一項之磷化硼系半導體元件。
6. 如申請專利範圍第 5 項之電晶體，其係具備由含氧磷化硼系半導體層構成之緩衝層。
7. 如申請專利範圍第 5 項之電晶體，其中電晶體為具備設置在含氧磷化硼系半導體層上之通道層之場效型電晶體。
8. 如申請專利範圍第 5 項之電晶體，其中電晶體為具備設置在含氧磷化硼系半導體層上之蕭特基閘極之場效型電晶體。

六、申請專利範圍

9. 一種具備由含氧磷化硼系半導體層所構成之電流阻止層的發光元件，其特徵為具備如申請專利範圍第 1 至 4 項中任一項之磷化硼系半導體元件。
10. 如申請專利範圍第 9 項之發光元件，其中發光元件為在由含氧磷化硼系半導體層構成之電流阻止層上設有電極的發光二極體(LED)。
11. 一種燈，其特徵為使用如申請專利範圍第 10 項之發光元件。
12. 一種光源，其特徵為使用如申請專利範圍第 11 項之燈。
13. 如申請專利範圍第 9 項之發光元件，其中發光元件為在由含氧磷化硼系半導體層構成之電流阻止層之相對方向上中央位置處殘留之開口部上設有電極的發光二極體(LED)。
14. 一種磷化硼系半導體元件的製造方法，其中在基板上以金屬有機化學蒸氣沉積法(MOCVD 法)所積層而成之磷化硼系半導體層上，係經添加含氧化合物做為氧之原料而形成具備有含氧磷化硼系半導體層的如申請專利範圍第 1 至 4 項中任一項之磷化硼系半導體元件。
15. 如申請專利範圍第 14 項之磷化硼系半導體元件的製造方法，其中含氧化合物為附有烷氧基(-OR;R 為碳數 1 至 12 之直鏈狀或分枝狀的飽和或不飽和烷基、碳數 6 至 20 之芳香族基或脂環基等和氧結合之基；但該芳香族基之基本構造係例如可以是苯環、萘環、蔥環、及菲環等

六、申請專利範圍

；而芳香族基也可任意以 CN、鹵原子、OH、羰基、及羧基等取代；又且該脂環基之基本構造例如可以是環己基環)之有機化合物。

16. 如申請專利範圍第 15 項之磷化硼系半導體元件的製造方法，其中含氧化合物為三烷氧基硼化合物。

17. 如申請專利範圍第 14 項之磷化硼系半導體元件的製造方法，其係在基板上以 250°C 以上、700°C 以下之溫度，使形成以非晶或多晶為主體之磷化硼系半導體層後，以 700°C 以上、1200°C 以下之溫度，來形成含氧磷化硼系半導體層。