

РСТ

ВСЕМИРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ  
Международное бюро



МЕЖДУНАРОДНАЯ ЗАЯВКА, ОПУБЛИКОВАННАЯ В СООТВЕТСТВИИ  
С ДОГОВОРОМ О ПАТЕНТНОЙ КООПЕРАЦИИ (РСТ)

<p>(51) Международная классификация изобретения<sup>3</sup>: H01L 33/00, 21/18</p>	<p>A1</p>	<p>(11) Номер международной публикации: WO 83/02685 (43) Дата международной публикации: 4 августа 1983 (04.08.83)</p>
<p>(21) Номер международной заявки: PCT/SU82/00002 (22) Дата международной подачи: 2 февраля 1982 (02.02.82)</p> <p>(71) (72) Заявители и изобретатели: БАГРАТИШВИЛИ Гиви Давидович [SU/SU]; Тбилиси 380060, ул. Павлова, д. 13, кв. 8 (SU) [BAGRATISHVILI, Givi Davidovich, Tbilisi (SU)]. ДЖАНЕЛИДЗЕ Русудан Бидзиновна [SU/SU]; [SU/SU]; Тбилиси 380008, ул. Белинского, д. 24 (SU) [DZHANALIDZE, Rusudan Bidzinovna, Tbilisi (SU)]. ЗОРИКОВ Владимир Васильевич [SU/SU]; Тбилиси 380012, ул. Клары Цеткин, д. 137, кв. 13 (SU) [ZORIKOV, Vladimir Vasilevich, Tbilisi (SU)]. МИХЕЛАШВИЛИ Виссарион Мордехович [SU/SU]; Тбилиси 380059, Дигомский массив, квартал 6, корп. 22а, кв. 28 (SU) [MIKHELASHVILI, Vissarion Mordekhovich, Tbilisi (SU)]. ПЕКАР Иосиф Ефимович [SU/SU]; Тбилиси 380002, ул. Меунаргия, д. 22 (SU) [PEKAR, Iosif Efimovich, Tbilisi (SU)]. ЧИКОВАНИ Рафаэль Ираклиевич [SU/SU]; Тбилиси 380077, пр. Важа Пшавела, д. 51, квартал 1, корп. 8, кв. 13 (SU) [CHIKOVANI, Rafael Iraklievich, Tbilisi (SU)]. ЧХАИДЗЕ Манана Акакиевна [SU/SU]; Тбилиси 380060, ул. Ардзениани, д. 30,</p>		<p>(SU) [CHKHAIDZE, Manana Akakievna, Tbilisi (SU)]. АКОПОВА Светлана Зарзандовна [SU/SU]; Тбилиси 380060, ул. Цуцкиридзе, д. 13 (SU) [AKOPOVA, Svetlana Zarzandovna, Tbilisi (SU)]. БОГДАНОВИЧ Виктор Борисович [SU/SU]; Киев 252035, ул. Урицкого, д. 9, кв. 93 (SU) [BOGDANOVICH, Viktor Borisovich, Kiev (SU)]. СВЕЧНИКОВ Сергей Васильевич [SU/SU]; Киев 252003, ул. Владимирская, д. 51/53, кв. 28 (SU) [SVECHNIKOV, Sergey Vasilevich, Kiev (SU)]. ЧАРМАКАДЗЕ Реваз Александрович [SU/SU]; Тбилиси 380086, пр. Важа Пшавела, квартал 6, корп. 24, кв. 22 (SU) [CHARMAKADZE, Revaz Aleksandrovich, Tbilisi (SU)].</p> <p>(74) Агент: ТОРГОВО-ПРОМЫШЛЕННАЯ ПАЛАТА СССР; Москва 103012, ул. Куйбышева, д. 5/2 (SU) [USSR CHAMBER OF COMMERCE AND INDUSTRY, Moscow (SU)].</p> <p>(81) Указанные государства: AT, CH, DE, GB, JP, US</p> <p>Опубликована С отчетом о международном поиске</p>
<p>(54) Title: SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING DEVICE ON GALLIUM NITRIDE BASE AND METHOD FOR MANUFACTURE THEREOF</p> <p>(54) Название изобретения: ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ СВЕТОИЗЛУЧАЮЩИЙ ПРИБОР НА ОСНОВЕ НИТРИДА ГАЛЛИЯ И СПОСОБ ЕГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ</p> <div data-bbox="582 1444 1141 1758"></div> <p>(57) Abstract: The device comprises a substrate (1) fabricated of monocrystalline material, which is transparent in a visible region of a spectrum. A gallium nitride layer (2) having n-type conductivity is deposited on the substrate (1) on which layer another gallium nitride layer (3), doped with acceptor impurities, is deposited. The device comprises also two metal electrodes (5) and (6), to which a voltage is applied so that the electrode (5) has a negative polarity and the electrode (6) has a positive polarity. According to the invention, on the gallium nitride layer (3), doped with acceptor impurities, a layer (4) is formed, which layer consists of insulating material. The method of manufacturing the device includes an epitaxial growth of the gallium nitride layer having n-type conductivity on the substrate which is transparent in the visible spectrum, epitaxial growth of the gallium nitride layer doped with acceptor impurities on the layer (2), and a formation of two metal electrodes. According to the invention, the layer of insulating material is formed before two metal electrodes have been formed on the gallium nitride layer doped with acceptor impurities.</p>		

(57) **Аннотация:** Прибор содержит подложку (1) из монокристаллического материала, прозрачного в видимой области спектра. На подложку (1) нанесены слой (2) нитрида галлия p-типа проводимости и поверх него слой (3) нитрида галлия, легированный акцепторными примесями. Прибор также содержит два металлических электрода (5) и (6). При этом к электроду (5) приложено напряжение отрицательной полярности, а к электроду (6) — положительной полярности. Согласно изобретению поверх слоя (3) нитрида галлия, легированного акцепторными примесями, сформирован слой (4) изолирующего материала. Способ изготовления прибора включает эпитаксиальное выращивание на подложке из монокристаллического материала, прозрачного в видимой области спектра, слоя нитрида галлия p-типа проводимости, эпитаксиальное выращивание на указанном слое нитрида галлия, легированного акцепторными примесями, и формирование двух металлических электродов. Согласно изобретению перед формированием металлических электродов на слое нитрида галлия, легированном акцепторными примесями, формируют слой изолирующего материала.

### ИСКЛЮЧИТЕЛЬНО ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ИНФОРМАЦИИ

Коды, используемые для обозначения стран-членов РСТ на титульных листах брошюр, в которых публикуются международные заявки в соответствии с РСТ:

AT	Австрия	LI	Лихтенштейн
AU	Австралия	LK	Шри Ланка
BE	Бельгия	LU	Люксембург
BR	Бразилия	MC	Монако
CF	Центральноафриканская Республика	MG	Мадагаскар
CG	Конго	MR	Мавритания
CH	Швейцария	MW	Малави
CM	Камерун	NL	Нидерланды
DE	Федеративная Республика Германия	NO	Норвегия
DK	Дания	RO	Румыния
FI	Финляндия	SE	Швеция
FR	Франция	SN	Сенегал
GA	Габон	SU	Советский Союз
GB	Великобритания	TD	Чад
HU	Венгрия	TG	Того
JP	Япония	US	Соединённые Штаты Америки
KP	Корейская Народно-Демократическая Республика		

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ СВЕТОИЗЛУЧАЮЩИЙ ПРИБОР  
НА ОСНОВЕ НИТРИДА ГАЛЛИЯ И СПОСОБ ЕГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ

Область техники

5 Настоящее изобретение относится к полупроводниковой оптоэлектронной технике, а именно - к конструкции полупроводниковых светоизлучающих приборов на основе нитрида галлия и технологии их изготовления.

Предшествующий уровень техники

10 Полупроводниковые светоизлучающие приборы на основе нитрида галлия и технология их изготовления известны сравнительно давно, однако до сих пор не создан прибор, обладающий устойчивой эффективностью контролируемого светоизлучения в широком диапазоне спектра (от ультрафиолетового до красного).

15 Известен полупроводниковый светоизлучающий прибор на основе нитрида галлия (см. Н.Р. Maruska, D.A. Stevenson, Solid State Electronics, v. 17, № II, 1974, p. II71-II79), содержащий подложку из монокристаллического материала, прозрачного в видимой области спектра, на которую нанесены слой нитрида галлия

20 и -типа проводимости и поверх него слой нитрида галлия, легированный акцепторными примесями. Прибор содержит также два металлических электрода. При этом металлический электрод, к которому приложено напряжение отрицательной полярности, сформирован на слое нитрида галлия, легированном акцепторными примесями, а

25 металлический электрод, к которому приложено напряжение положительной полярности, сформирован на слое нитрида галлия и -типа проводимости (в торцевой части слоя).

30 Способ изготовления указанного прибора включает эпитаксиальное выращивание на подложке из монокристаллического материала, прозрачного в видимой области спектра, слоя нитрида галлия и -типа проводимости, эпитаксиальное выращивание на указанном слое

35 слоя нитрида галлия, легированного акцепторными примесями, формирование на торцевой части первого слоя



- 2 -

металлического электрода, к которому приложено напряжение положительной полярности, а на втором слое - металлического электрода, к которому приложено напряжение отрицательной полярности.

5 В описанном выше светоизлучающем приборе выращенные слои нитрида галлия представляют собой сросшиеся микроскопические островки, образующие сплошную монокристаллическую фасеточную структуру. Поверхность выращенных слоев представляет собой чередующиеся гребни  
10 и впадины.

Структурные несовершенства и особенность морфологии поверхности слоя нитрида галлия, легированного акцепторными примесями (чередование гребней и впадин), приводят к неравномерному распределению акцепторных  
15 примесей в слое, а также к неравномерному распределению потенциала на поверхности слоя. При этом акцепторные примеси накапливаются в вершинах и во впадинах слоя в промежутках между зернами.

При работе прибора (при приложении внешнего на-  
20 пражения) вышеуказанные факторы приводят к возникновению в слое нитрида галлия, легированном акцепторными примесями, каналов утечки тока (т.е. низкоомных участков) или же к необратимому пробою слоев и, следовательно, к исчезновению светоизлучения.

25 В некоторой степени описанные выше недостатки устранены в полупроводниковом светоизлучающем приборе на основе нитрида галлия (см. описание изобретения к патенту Франции № 2363900, публ. 5.05.78). Указанный прибор содержит подложку из монокристаллического мате-  
30 риала, прозрачного в видимой области спектра. На подложку нанесен слой нитрида галлия  $n$ -типа проводимости. На указанный слой нанесен слой нитрида галлия, легированный акцепторными примесями и состоящий из двух подслоев. При этом первый подслой лишь слабо ле-  
35 гирован акцепторными примесями и нанесен непосредственно на слой нитрида галлия  $n$ -типа проводимости, а



- 3 -

второй активный подсло́й сильно легирован акцепторными примесями и нанесен на первый подсло́й.

- Прибор содержит также два металлических электрода. Металлический электрод, к которому приложено напряжение отрицательной полярности, сформирован на активном подслое слоя нитрида галлия, легированном акцепторными примесями. Металлический электрод, к которому приложено напряжение положительной полярности, сформирован на слое нитрида галлия  $n$ -типа проводимости.
- 10       Способ изготовления указанного прибора включает эпитаксиальное выращивание на подложке из монокристаллического материала, прозрачного в видимой части спектра, слоя нитрида галлия  $n$ -типа проводимости, эпитаксиальное выращивание на указанном слое слоя
- 15       нитрида галлия, легированного акцепторными примесями и состоящего из двух подслоев. При этом вначале выращивают подсло́й, слабо легированный акцепторными примесями, а затем активный подсло́й, сильно легированный акцепторными примесями. Путем прецизионной регулировки расхода реагентов, высокой точности поддержания
- 20       температуры выращивания и малой начальной скорости роста слоя нитрида галлия  $n$ -типа проводимости получают гладкую поверхность активного подслоя слоя нитрида галлия, легированного акцепторными примесями, что
- 25       делает возможным более равномерное распределение акцепторных примесей по слою.
- Затем формируют металлические электроды. Металлический электрод, к которому приложено напряжение отрицательной полярности, формируют на активном подслое
- 30       слоя нитрида галлия, легированном акцепторными примесями. Металлический электрод, к которому приложено напряжение положительной полярности, формируют на слое нитрида галлия  $n$ -типа проводимости. При этом второй металлический электрод формируют или на торце слоя нитрида галлия  $n$ -типа проводимости, или создают меза-
- 35       структуру (т.е. вытравливают легированный слой нитри-

- 4 -

да галлия до вскрытия слоя нитрида галлия и (типа проводимости), после чего формируют на поверхности вскрытого слоя металлический электрод.

5 Как уже указывалось выше, относительно равномерное распределение акцепторных примесей по слою нитрида галлия в определенной степени повышает качество изготовленного прибора.

10 Однако из-за критичности технологических параметров при изготовлении прибора не обеспечивается высокая воспроизводимость результатов. Это объясняется тем, что технологически сложно нанести ровный по толщине сильно легированный акцепторными примесями тонкий (порядка  $1000 \text{ \AA}$ ) активный подслой слоя нитрида галлия, обеспечив в то же время равномерное распределение 15 указанных примесей по всему подслою. В связи с этим в активном подслое имеет место наличие низкоомных участков, что приводит к утечке тока через активный подслой при работе прибора, различной величине падения напряжения в разных участках активного под- 20 слоя и неравномерности цвета светозлучения отдельных участков активного подслоя.

Все это не позволяет обеспечить при работе прибора устойчивую эффективность контролируемого светозлучения в широком диапазоне спектра (от ультрафиолетового до красного). 25

Кроме того, сложность нанесения активного подслоя и формирования металлических электродов в значительной степени удлиняет технологический цикл изготовления прибора, увеличивая затраты на его изготовление. 30

#### Раскрытие изобретения

В основу настоящего изобретения положена задача создать полупроводниковый светозлучающий прибор на основе нитрида галлия и способ его изготовления, 35 конструктивные и технологические особенности которых позволили бы, упростив технологию изготовления прибо-



- 5 -

ра, обеспечить при его работе устойчивую эффективность контролируемого светового излучения в широком диапазоне спектра (от ультрафиолетового до красного).

Поставленная задача решается тем, что в полупроводниковом световом излучающем приборе на основе нитрида галлия, содержащем подложку из монокристаллического материала, прозрачного в видимой области спектра, на которую нанесены слой нитрида галлия *n*-типа проводимости и поверх него слой нитрида галлия, легированный акцепторными примесями, а также два металлических электрода, к одному из которых приложено напряжение отрицательной полярности, а к другому - положительной полярности, согласно изобретению, поверх слоя нитрида галлия, легированного акцепторными примесями, сформирован слой изолирующего материала.

Сформированный слой изолирующего материала отделяет критичные для пробоя низкоомные участки слоя нитрида галлия, легированного акцепторными примесями, от контакта с металлическим электродом. Тем самым исключается возможность утечки тока и возникновения пробойных эффектов в процессе работы прибора.

Таким образом, при работе прибора обеспечивается устойчивая эффективность контролируемого светового излучения в широком диапазоне спектра (от ультрафиолетового до красного).

Кроме того, отпадает необходимость получения гладкой поверхности слоя нитрида галлия, легированного акцепторными примесями, что в значительной степени упрощает технологию изготовления прибора, сокращает технологический цикл и уменьшает затраты на изготовление.

При использовании прибора, имеющего легированный слой нитрида галлия, характеризующийся сильной неоднородностью по сопротивлению, целесообразно, чтобы слой изолирующего материала был сформирован из окиси алюминия.



- 6 -

При использовании прибора, имеющего легированный слой нитрида галлия, характеризующийся относительной однородностью по сопротивлению, целесообразно, чтобы слой изолирующего материала был сформирован из окиси нитрида галлия.

Наиболее простой в изготовлении является модификация заявляемого прибора, в которой на слое изолирующего материала сформированы оба металлических электрода. При этом исключается необходимость формирования электрода на торце слоя нитрида галлия или создания меза-структуры с последующим формированием электрода.

Кроме того, в описанной конструкции прибора размер светонзлучающих площадок ограничен только лишь разрешающей способностью фотолитографии, используемой при формировании электродов, что позволяет создавать многоэлементные линейные шкалы и матрицы.

Более эффективной по величине рабочего напряжения является модификация заявляемого прибора, в которой на слое изолирующего материала сформирован металлический электрод, к которому приложено напряжение отрицательной полярности, а другой электрод сформирован на слое нитрида галлия, легированном акцепторными примесями.

В данной модификации прибора при его работе отсутствует увеличение падения напряжения, что присуще предыдущим модификациям прибора. Это вызвано шунтированием металлического электрода со слоем нитрида галлия  $n$ -типа проводимости через каналы утечки токов в легированном слое нитрида галлия.

Поставленная задача решается также тем, что в способе изготовления заявляемого полупроводникового светонзлучающего прибора, включающем эпитаксиальное выращивание на подложке из монокристаллического материала, прозрачного в видимой области спектра, слоя нитрида галлия  $n$ -типа проводимости, эпитаксиальное



- 7 -

выращивание на указанном слое слоя нитрида галлия, легированного акцепторными примесями, и формирование двух металлических электродов, согласно изобретению, перед формированием металлических электродов на слое нитрида галлия, легированном акцепторными примесями, формируют слой изолирующего материала.

Указанная технология изготовления прибора является более простой и дешевой по сравнению с известной технологией, так как исключается необходимость получения гладкой поверхности слоя нитрида галлия, легированного акцепторными примесями.

Слой изолированного материала отделяет критичные для пробоя низкоомные участки легированного слоя нитрида галлия от металлического электрода, исключая тем самым возможность утечки тока и возникновения пробойных эффектов в процессе работы прибора.

При изготовлении прибора, имеющего легированный слой нитрида галлия, характеризующийся сильной неоднородностью по сопротивлению, целесообразно, чтобы слой изолирующего материала формировали электрохимическим осаждением алюминия в электролите, содержащем соль алюминия, и последующим анодным окислением осажденного алюминия.

При изготовлении прибора, имеющего легированный слой нитрида галлия, характеризующийся относительной однородностью по сопротивлению, целесообразно, чтобы слой изолирующего материала формировали анодным окислением слоя нитрида галлия, легированного акцепторными примесями.

Краткое описание чертежей.

В дальнейшем изобретение поясняется конкретными примерами его выполнения со ссылками на сопровождающие чертежи, на которых:

фиг. I изображает полупроводниковый световозлучающий прибор на основе нитрида галлия, продольный разрез, согласно изобретению;



- 8 -

фиг. 2 изображает модификацию заявляемого прибора с электродами, сформированными на слое изолирующего материала, продольный разрез, согласно изобретению;

фиг. 3 изображает модификацию заявляемого прибора, один электрод которого сформирован на слое изолирующего материала, а другой - на слое нитрида галлия, легированном акцепторными примесями, продольный разрез, согласно изобретению.

Лучший вариант осуществления изобретения

10 Полупроводниковый световылучающий прибор на основе нитрида галлия содержит подложку I (см. фиг. I чертежей) из монокристаллического материала, прозрачного в видимой области спектра (например, сапфира). На подложку I нанесен слой 2 нитрида галлия  $n$ -типа проводимости. Поверх указанного слоя 2 нанесен слой 3 нитрида галлия, легированный акцепторными примесями. При этом в качестве легирующих акцепторных примесей могут быть использованы элементы второй группы периодической системы:  $Zn$ ,  $Be$ ,  $Cd$ ,  $Li$  и  $Mg$ .

20 Согласно изобретению поверх слоя 3 нитрида галлия, легированного акцепторными примесями, сформирован слой 4 изолирующего материала.

При использовании прибора, имеющего легированный слой 3 нитрида галлия, характеризующийся сильной неоднородностью по сопротивлению, целесообразно, чтобы слой 4 был сформирован из окиси алюминия.

При использовании прибора, имеющего легированный слой 3 нитрида галлия, характеризующийся относительной однородностью по сопротивлению, целесообразно, чтобы 30 слой 4 был сформирован из окиси нитрида галлия.

Прибор содержит два металлических электрода 5 и 6. При этом металлический электрод 5, к которому приложено напряжение отрицательной полярности, сформирован на слое 4 изолирующего материала. Металлический электрод 35 6, к которому приложено напряжение положительной полярности, сформирован на торцевой части слоя 2 нитрида

- 9 -

галлия  $n$ -типа проводимости.

Наиболее простой в изготовлении является модификация заявляемого прибора, изображенная на фиг. 2 прилагаемых чертежей. Конструктивное выполнение данной модификации прибора в основном такое, как это было описано выше. Однако в данной модификации прибора на слое 4 изолирующего материала сформированы оба металлических электрода 5 и 6.

10 Более эффективной по величине рабочего напряжения является модификация заявляемого прибора, изображенная на фиг. 3 прилагаемых чертежей. Конструктивное выполнение данной модификации прибора в основном такое, как это было описано выше. Однако в данной модификации прибора на слое 4 изолирующего материала сформирован 15 металлический электрод 5, к которому приложено напряжение отрицательной полярности. Металлический электрод 6, к которому приложено напряжение положительной полярности, сформирован на слое 3 нитрида галлия, легированном акцепторными примесями.

20 Способ изготовления заявляемого полупроводникового светоизлучающего прибора на основе нитрида галлия включает следующие операции.

На подложке I (см. фиг. I-3 прилагаемых чертежей) из монокристаллического материала, прозрачного в видимой области спектра (например, из сапфира), хлоридно-гидридным методом эпитаксиально выращивают слой 2 нитрида галлия  $n$ -типа проводимости. На указанном слое 2 эпитаксиально выращивают слой 3 нитрида галлия, легированный акцепторными примесями (например, цинком). 25 На слое 3 формируют слой 4 изолирующего материала.

При изготовлении прибора, имеющего легированный слой 3 нитрида галлия, характеризующийся сильной неоднородностью по сопротивлению, слой 4 формируют электрохимическим осаждением алюминия в электролите, содержащем соль алюминия, и последующим анодным окислением осажденного алюминия. 35

- 10 -

При изготовлении прибора, имеющего легированный слой 3 нитрида галлия, характеризующийся относительной однородностью по сопротивлению, слой 4 формируют анодным окислением слоя 3 нитрида галлия, легированного акцепторными примесями.

В процессе формирования слоя 4 изолирующий материал в основном располагается в низкоомных участках легированного слоя 3 нитрида галлия.

Затем осуществляют формирование металлических электродов 5 и 6. Для этого напыляют металлический слой (например, слой алюминия) и методом фотолитографии формируют электроды 5 и 6.

Рассмотрим конкретные примеры изготовления полупроводникового светоизлучающего прибора на основе нитрида галлия.

#### Пример I.

На подложке из сапфира с ориентацией (10 $\bar{1}2$ ) хлоридно-гидридным методом эпитаксиально выращивали слой нитрида галлия  $n$ -типа проводимости. Выращивание осуществляли при температуре  $1040 \pm 2^\circ\text{C}$  в течение 600 секунд. Толщина слоя была равна  $10^{-5}$  м.

На указанном слое эпитаксиально выращивали слой нитрида галлия, легированный цинком. Выращивание осуществляли при температуре  $900 \pm 2^\circ\text{C}$  в течение 120 секунд. При этом температура источника легирующей примеси составляла  $580 \pm 3^\circ\text{C}$ . Толщина слоя была равна  $8 \cdot 10^{-7}$  м.

Полученную структуру помещали в электролит, содержащий соль алюминия и имеющий следующий состав:

30	- бромистый алюминий (безводный), в кг	0,080;
	- бромистый водород (газообразный), в кг	0,010
	- парафин, в кг	0,015
35	- диметилбензол, в м <sup>3</sup>	$10^{-3}$

Слой изолирующего материала формировали электро-



- II -

химическим осаждением алюминия в указанном электролите. Осаждение алюминия осуществляли в течение 60 секунд при температуре  $23 \pm 2^\circ\text{C}$  и плотности тока  $100 \text{ A}/\text{M}^2$ .

5 Затем осуществляли анодное окисление осажденного алюминия в водном растворе щавелевой кислоты  $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$ . Водный раствор щавелевой кислоты был взят в следующей пропорции:  $50 \text{ кг}/\text{M}^3$  воды. Анодное окисление осажденного алюминия осуществляли в течение 120 секунд при  
10 температуре  $30 \pm 2^\circ\text{C}$  и плотности тока  $200 \text{ A}/\text{M}^2$ .

Затем на полученный слой изолирующего материала наносили методом напыления слой алюминия толщиной  $6 \cdot 10^{-7} \text{ м}$  и методом фотолитографии формировали электроды.

15 Изготовленный описанным выше способом полупроводниковый светоизлучающий прибор имел следующие параметры:

- длина волны светоизлучения, в метрах  $(4,6-5) \cdot 10^{-7}$ ;
- 20 - рабочее напряжение, в вольтах 5 - 8;
- сила света при силе тока  $(5 - 10) \cdot 10^{-3} \text{ А}$ , в канделах  $\geq 10^{-4}$ .

Пример 2.

25 При изготовлении прибора эпитаксиальное выращивание на сапфировой подложке слоя нитрида галлия и - типа проводимости и слоя нитрида галлия, легированного цинком, осуществляли так, как это было описано в примере I.

30 Слой изолирующего материала формировали анодным окислением легированного слоя нитрида галлия. Для этого полученную структуру помещали в электролит в виде раствора пиррофосфорной кислоты  $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$  в сурфуроловом спирте  $\text{C}_5\text{H}_6\text{O}_2$  и проводили анодное окисление легированного слоя нитрида галлия.  
35 Анодное окисление осуществляли в течение 90 секунд при температуре  $18 \pm 2^\circ\text{C}$  и плотности тока  $100 \text{ A}/\text{M}^2$ .





- 13 -

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Полупроводниковый светоизлучающий прибор на основе нитрида галлия, содержащий подложку из монокристаллического материала, прозрачного в видимой области спектра, на которую нанесены слой нитрида галлия *n*-типа проводимости и поверх него слой нитрида галлия, легированный акцепторными примесями, а также два металлических электрода, к одному из которых приложено напряжение отрицательной полярности, а к другому положительной полярности, отличающийся тем, что поверх слоя (3) нитрида галлия, легированного акцепторными примесями, сформирован слой (4) изолирующего материала.

2. Полупроводниковый светоизлучающий прибор по п.1, отличающийся тем, что слой (4) изолирующего материала сформирован из окиси алюминия.

3. Полупроводниковый светоизлучающий прибор по п.1, отличающийся тем, что слой (4) изолирующего материала сформирован из окиси нитрида галлия.

4. Полупроводниковый светоизлучающий прибор по любому из пунктов 1-3, отличающийся тем, что на слое (4) изолирующего материала сформированы оба металлических электрода (5) и (6).

5. Полупроводниковый светоизлучающий прибор по любому из пунктов 1-3, отличающийся тем, что на слое (4) изолирующего материала сформирован металлический электрод (5), к которому приложено напряжение отрицательной полярности, а другой электрод (6) сформирован на слое (3) нитрида галлия, легированном акцепторными примесями.

6. Способ изготовления полупроводникового светоизлучающего прибора по п.1, включающий эпитаксиальное выращивание на подложке из монокристаллического материала, прозрачного в видимой области спектра, слоя нитрида галлия *n*-типа проводимости, эпитаксиальное выращивание на указанном слое слоя нитрида галлия,

- 14 -

легированного акцепторными примесями, и формирование двух металлических электродов, отличающийся тем, что перед формированием металлических электродов на слое нитрида галлия, легированном акцепторными примесями, формируют слой изолирующего материала.

5 7. Способ по п.6, отличающийся тем, что слой изолирующего материала формируют электрохимическим осаждением алюминия в электролите, содержащем соль алюминия, и последующим анодным окислением осажденного алюминия.

10 8. Способ по п.6, отличающийся тем, что слой изолирующего материала формируют анодным окислением слоя нитрида галлия, легированного акцепторными примесями.



1 /  
/ 1

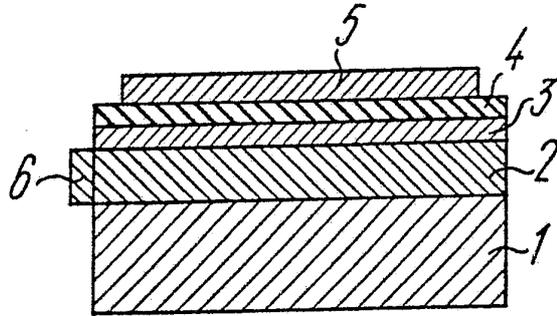


FIG. 1

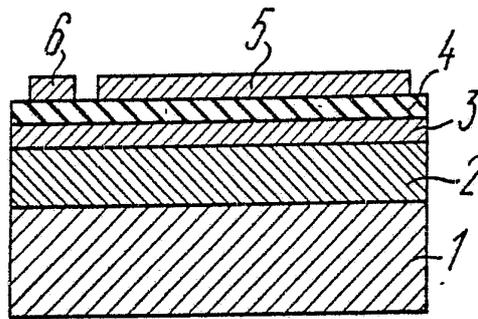


FIG. 2

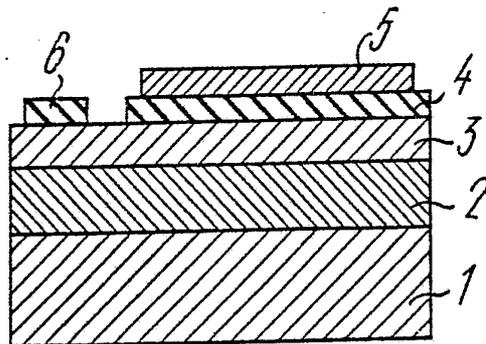


FIG. 3

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No PCT/SU 82/00002

<b>I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> (if several classification symbols apply, indicate all) <sup>3</sup>				
According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC				
IPC                      HOLL 33/00, HOLL 21/18				
<b>II. FIELDS SEARCHED</b>				
Minimum Documentation Searched <sup>4</sup>				
<b>Classification System</b>	<b>Classification Symbols</b>			
IPC IPC.2: German	HOI 17/34; HOI 5 B 33/00, 02, 10 HOLL 21/18, 31/18, 33/00 21 G II/02	US 148-33, 171, 172: 313-108; 498; 317-234 235; 357-17 GB 37 K; H(I) K		
Documentation Searched other than Minimum Documentation to the Extent that such Documents are Included in the Fields Searched <sup>5</sup>				
<b>III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b> <sup>14</sup>				
<b>Category *</b>	<b>Citation of Document, <sup>16</sup> with indication, where appropriate, of the relevant passages <sup>17</sup></b>	<b>Relevant to Claim No. <sup>13</sup></b>		
A	GB, A, 1448285 (RCA CORPORATION), 02 September 1976 (02.09.76)	1-8		
A	FR, A2, 2382103 (G. JACOB et al) 22 September 1978 (22.09.78)	1-8		
A	US, A, 4268842 (G. JACOB et al), 19 May 1981 (19.05.81)	1-8		
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p>* Special categories of cited documents: <sup>15</sup></p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.</p> <p>"&amp;" document member of the same patent family</p> </td> </tr> </table>			<p>* Special categories of cited documents: <sup>15</sup></p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.</p> <p>"&amp;" document member of the same patent family</p>
<p>* Special categories of cited documents: <sup>15</sup></p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.</p> <p>"&amp;" document member of the same patent family</p>			
<b>IV. CERTIFICATION</b>				
Date of the Actual Completion of the International Search <sup>2</sup>		Date of Mailing of this International Search Report <sup>2</sup>		
16 September 1982 (16.09.82)		29 October 1982 (29.10.82)		
International Searching Authority <sup>1</sup>		Signature of Authorized Officer <sup>20</sup>		
ISA/SU				

# ОТЧЕТ О МЕЖДУНАРОДНОМ ПОИСКЕ

Международная заявка №

PCT/SU82/00002

**I. КЛАССИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТА ИЗОБРЕТЕНИЯ** (если применяются несколько классификационных индексов, укажите все)<sup>3</sup>

В соответствии с Международной классификацией изобретений (МКИ) или как в соответствии с национальной классификацией, так и с МКИ

H01L 33/00, H01L 21/18

**II. ОБЛАСТИ ПОИСКА**

Минимум документации, охваченной поиском<sup>4</sup>

Система классификации

Классификационные рубрики

МКИ<sup>2</sup>  
МКИ<sup>2</sup>

немецкая

H01 17/34; H05B 33/00, 02, 10  
H01L 21/18, 31/18, 33/00  
21 gII/02

US

I48-33, I71, I72;  
313-108, 498; 317-234,  
235; 357-17

GB

377; II(I)K

Документация, охваченная поиском и не входившая в минимум документации, в той мере, насколько она входит в область поиска<sup>5</sup>

**III. ДОКУМЕНТЫ, ОТНОСЯЩИЕСЯ К ПРЕДМЕТУ ПОИСКА<sup>14</sup>**

Категория*	Ссылка на документ <sup>16</sup> , с указанием, где необходимо, частей, относящихся к предмету поиска <sup>17</sup>	Относится к пункту формулы №18
A	GB, A, I448285, (RCA CORPORATION), 02 сентября 1976 (02.09.76)	I-8
A	FR, A2, 2382103 (G... Jacob et al) 22 сентября 1978 (22.09.78)	I-8
A	US, A, 4268842 (G... Jacob et al), 19 мая 1981 (19.05.81)	I-8

\* Особые категории ссылочных документов<sup>15</sup>:

- |   |   |
|---|---|
| <p>„A“ документ, определяющий общий уровень техники.</p> <p>„E“ более ранний патентный документ, но опубликованный на дату международной подачи или после нее.</p> <p>„L“ документ, ссылка на который делается по особым причинам, отличным от упомянутых в других категориях.</p> <p>„O“ документ, относящийся к устному раскрытию, применению, выставке и т. д.</p> | <p>„P“ документ, опубликованный до даты международной подачи, но на дату испрашиваемого приоритета или после нее.</p> <p>„T“ более поздний документ, опубликованный на или после даты международной подачи или даты приоритета и не порочащий заявку, но приведенный для понимания принципа или теории, на которых основывается изобретение.</p> <p>„X“ документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска.</p> |
|---|---|

**IV. УДОСТОВЕРЕНИЕ ОТЧЕТА**

Дата действительного завершения международного поиска <sup>2</sup>	Дата отправки настоящего отчета о международном поиске <sup>2</sup>
16 сентября 1982 (16.09.82)	29 октября 1982 (29.10.82)
Международный поисковый орган <sup>1</sup>	Подпись уполномоченного лица <sup>20</sup>
ISA/SU	(Ю.И. Плотников)