ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИКРИСТАЛЛОВ В СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОНИКЕ

Холиков Алимардон Султанович

Старший преподаватель, Андижанский государственный технический институт

ORCID 0009-0007-0960-7561,

Тел: +998 97 834 8505

Anotatsiya: Ushbu maqolada yarimo‘tkazgich polikristallarni quyma yoki parda ko‘rinishida olishning ancha soddaligi va texnologik jarayonini unimdorligi, yarimo‘tkazgichlarda donorlik chegarasi maxsus elektr va rekombinatsion xarakteristikalarga ega ekanligi haqida muloxazalar kiritilgan.

Kalit so‘zlar: Fotoelementlar, epitaksial struktura, ichki gettor, rezistorlar, diffuzion elektr maydon, energetik diogramma, energetik zona, Vol‘t – amper xarakteristika, spektral xrakteristika.

Аннотация: В данной статье приводятся соображения о простоте и эффективности технологического процесса получения полупроводниковых поликристаллов в объемном или пленочном виде, о том, что донорный предел в полупроводниках имеет особые электрические и рекомбинационные характеристики.

Ключевые слова: Фотоэлементы, эпитаксиальная структура, внутренний геттер, резисторы, диффузионное электрическое поле, энергетическая диаграмма, энергетическая зона, Вольт-амперная характеристика, спектральная характеристика.

Abstract. In this article, considerations are made about the simplicity and efficiency of the technological process of obtaining semiconductor polycrystals in the form of bulk or film, the fact that the donor limit in semiconductors has special electrical and recombination characteristics.

Key words: Photocells, epitaxial structure, internal getter, resistors, diffusion electric field, energy diagram, energy zone, Volt-ampere characteristic, spectral characteristic.

Введение

Поликристаллические полупроводники представляют большой интерес по трём причинам. **Во-первых,** по сравнению с монокристаллическими и эпитаксиальными структурами, поликристаллические полупроводники гораздо проще получать в виде пластины или плёнки, а сам процесс более эффективен, а оборудование менее затратно. Это снижает стоимость получения материала и устройств на его основе**. Во-вторых,** донорная граница в таких полупроводниках обладает особыми электрическими и рекомбинационными характеристиками, что

ISSN 3030-3907

представляет интерес для использования в некоторых устройствах. **В-третьих,** донорная граница является одним из основных дефектов кристаллической решётки и играет роль внутреннего геттера, эффективно очищающего объём материала от остаточных включений и специфических точечных дефектов. [3,8]

Это свойство порогов доноров повышает эксплуатационные характеристики приборов, повышает термостабильность и радиационную стойкость полупроводниковых электронных приборов.

С учётом современных тенденций развития электронной техники большое практическое значение имеют тонкие плёнки полупроводников, а не поликристаллические слитки. В настоящее время в производстве полупроводниковых приборов широко используются плёнки поликристаллического кремния. Они используются для изготовления резисторов, диодов, полевых и биполярных транзисторов интегральных схем. Поликристаллический кремний позволяет уменьшить ёмкость полевых транзисторов и обеспечивает существенно более низкое пороговое напряжение прибора по сравнению с приборами с металлическим затвором. Резисторы из поликристаллических плёнок кремния имеют малые габариты, но их сопротивление не зависит от приложенного напряжения. Высокоомные плёнки поликристаллического кремния широко используются для изоляции активных элементов ИМС. В результате после защиты p–n-переходов резко снижаются проскальзывающее и паразитное сопротивления, а также повышаются надёжность, стабильность и радиационная стойкость прибора. Малолегированный поликристаллический кремний используется для создания излучателей СВЧ-транзисторов и структуры металлодиэлектрических полупроводниковых структур.[224]

В последние годы наблюдается большой интерес к использованию поликристаллических слоев для создания недорогих солнечных элементов. Прежде чем обсуждать проблемы преобразования солнечной энергии в электрическую, кратко рассмотрим полупроводниковые фотоэлектрические элементы и их характеристики. Полупроводниковый фотоэлектрический элемент (или солнечный элемент) – это полупроводниковый прибор с выпрямляющим электрическим переходом, который непосредственно преобразует световую энергию в электрическую.

Фотоэлектрический элемент работает без внешнего источника и сам является источником электрической энергии.

Рассмотрим принцип работы фотоэлектрического элемента с p-n-переходом как выпрямляющего перехода. При освещении фотоэлектрического элемента происходит генерация новых носителей заряда

ISSN 3030-3907

в результате поглощения квантов света в p-n-переходе и прилегающих к нему областях полупроводника. Диффузное электрическое поле, возникающее в области p-n-перехода, приводит к разделению несбалансированных носителей заряда.

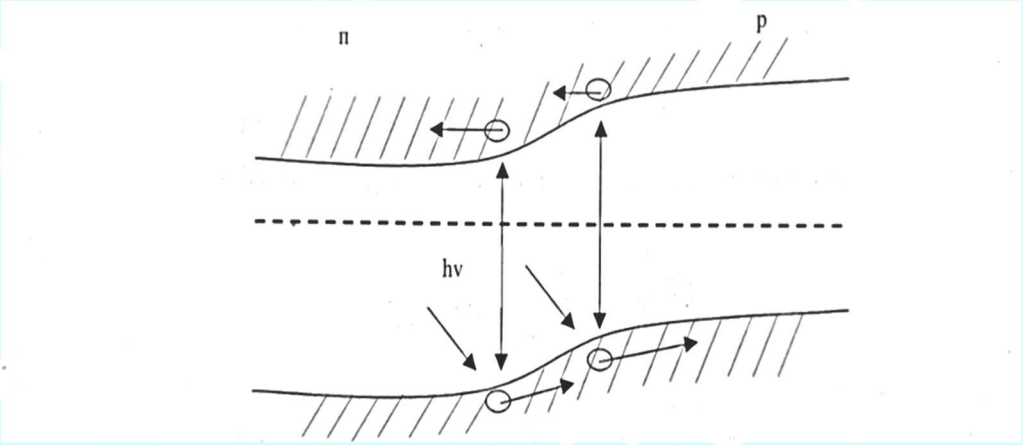


Рисунок 1. Несбалансированное разделение носителей заряда при поглощении кванта света на потенциальном барьере p-n-перехода.

Другими словами, с точки зрения энергетической диаграммы p-n-перехода (рисунок 1), несбалансированные электроны перекатываются через потенциальный барьер и попадают в n-область. Дырки же, наоборот, попадают в p-область. В результате накопление электронов в n-области и дырок в p-области создаёт дополнительную разность потенциалов между областями — фотоэлектрический потенциал.

Рассмотрим теперь величину фототока, генерируемого в солнечном элементе (рисунок 2). В большинстве случаев солнечные элементы изготавливаются из кремния; конструкция солнечного элемента показана на рисунке 2а, а энергетическая диаграмма – на рисунке 2б. Если солнечный свет с энергией кванта, равной или большей E_g, падает на n-слой p-n-перехода, то в обедненной области возникают электронно-дырочные пары. Внутреннее электрическое поле в этой области заставляет электроны двигаться в сторону n-области, а дырки – в сторону p-области. При наличии напряжения в цепи под действием света возникает ток $I_{свет}$.

ISSN 3030-3907

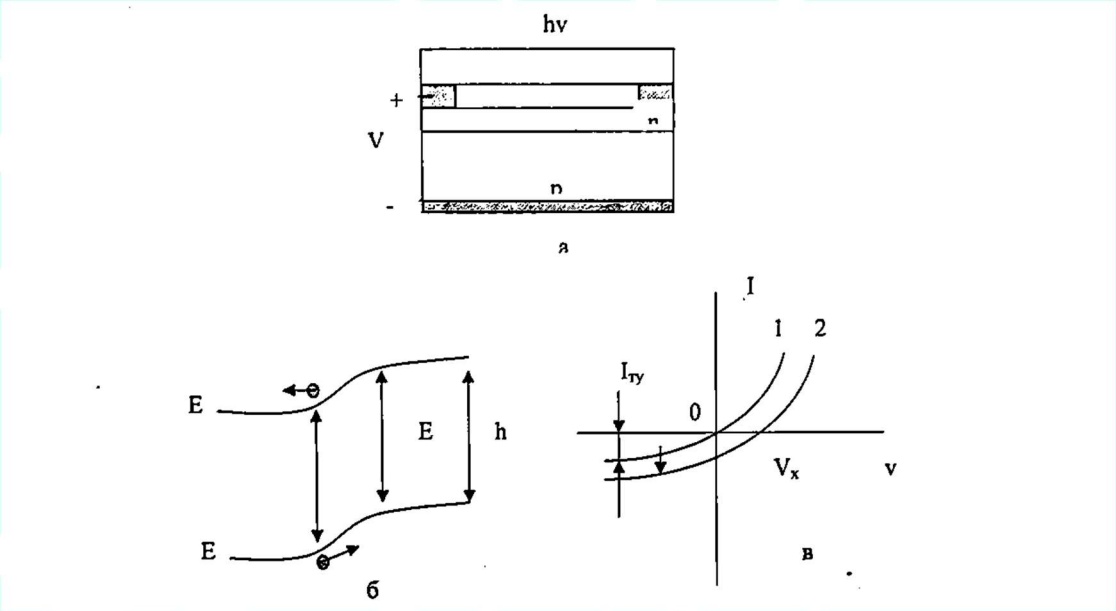


Рисунок 2. Солнечный элемент

а – структура устройства сверху вниз через стеклянную пластину, солнечный свет проходит через тонкие n-зону, p-зону и коллекторный электрод: б – простая зонная диаграмма энергии: в – вольт-амперная характеристика (линия 1 – темной режим, линия 2 – световой режим). Согласно формуле (3), цепь разомкнута (только рабочий режим).

Вольт-амперная характеристика идеального диода без подсветки от солнечного элемента (2б – рассматривается как рисунок).

$$I = I_{нас}\left(e^{N/kt} - 1\right), \qquad (1)$$

Здесь $I_{нас}$ обратного смещения; для солнечного элемента

$$I_{нас} = AgNcNv\left(\sqrt{\frac{Dn/b}{Na}} + \sqrt{\frac{Dpbp}{Na}}\right)e^{-Eg/kt} \qquad (2)$$

Здесь A — площадь элемента; Nc, Nv — плотность уровней в зоне проводимости и валентной зоне; Dn, Dp — коэффициенты диффузии электронов; Q — заряд электрона; δn, λp — средние времена жизни электронов и дырок; Na, Nd — концентрации акцепторов и доноров.

Если элемент освещен, то

$$I=I_{нас}\left(\frac{ev}{kt^{-1}}\right) - I_{свет} \qquad (3)$$

В этом случае ток Ior считается отрицательным, поскольку он генерируется непервичными носителями заряда и направлен в противоположном направлении. На рисунке $2_б$ показана вольт-амперная характеристика солнечного элемента в темновом режиме с вычетом значения Ior.

Чтобы найти напряжение при I = 0:

ISSN 3030-3907

$$v_{xx} = V_T E_n(\frac{I_{свет}}{I_{нас}} + 1) \approx V_T I_n I_{свет}/I_{нас} \quad (4)$$

Здесь V_T kt/q — температурный потенциал при 300 К.

$$V_T \approx 26\,MV$$

Выходная мощность

$$P = IV = I_{нас}\,V(e^{V/Vt}) - I_{свет}\,V \qquad (I_{свет})$$

Эта мощность достигает значения P при dp/dv. Следовательно, максимальное напряжение V должно удовлетворять следующему уравнению:

$$\mathrm{d}/\mathrm{dV}\left\{I_{нас}V\left(e^{\frac{V}{VT}} - 1\right) - I_{свет}V\right\} = 0$$

от него

$$V_{мак} = V_T I_n\left(I_{свет}/I_{нас} + 1 \,/\, 1 + V_{мак}/V_T\right) \approx V_{xx} - V_T ln(1 + V_{мал}/V_T) \quad (5)$$

$$I_{мак} = I_{нас}V_{мак}/V_T exp(I_{мак}/V_T) \approx I_{свет}(1 - V_T \setminus V_{мак}) \quad (6)$$

Так,

$$P_{мак} = I_{мак}V_{мак} = I_{нас}\,V_{мак}^2/V_T exp(V_{мак}/V_T) \approx I_{свет}V_{мак}^2 \setminus V_T(1 + V_{мак}/V_T) * (1 + I_{свет}/I_{нас}) \quad (7)$$

Или

$$P_{мак} = I_{сиет}\{V_{xx} - V_T ln(1 + V_{мак}/V_T) - V_T\} \quad (8)$$

Эту формулу можно также записать в следующем виде:

$$P_{мак} = I_{свет}/qE_{мак} \quad (9)$$

Здесь

$$E_{мак} = q[V_{xx} - V_T ln(1 + V_{мак}/V_T) - V_T]$$

- фотоэнергия, передаваемая носителю заряда при максимальной выходной мощности.

Идеальная эффективность солнечного элемента

$$\eta = P_{мак} \setminus P_{отп} * 100\%$$

Или

$$\eta = I_{свет} * (E_{мак} \setminus q) \setminus P_{отп}$$

Коэффициент насыщения вольт-амперной характеристики

$$K_{нас} = V_{мак}I_{мак} \setminus (I_{нас}V_{xx})$$

определяется.[392]

Вольт-амперные характеристики.

К основным характеристикам фотоэлектрических преобразователей относятся:

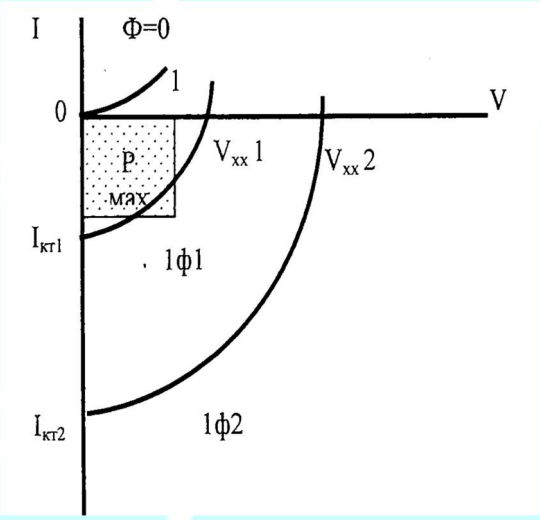
1) вольт-амперная характеристика, 2) световая характеристика, 3) спектральная характеристика.

Вольт-амперная характеристика: Вольт-амперная характеристика фотоэлектрического преобразователя расположена в четвертом квадранте

ISSN 3030-3907

рабочего режима при различных освещённостях или световых потоках (рис. 3). Точки VAX, пересекающие ось напряжения при различных освещённостях, соответствуют фотоэлектрическому напряжению (Vxx) или рабочему напряжению (Vxx). В кремниевых фотоэлектрических преобразователях фотоэлектрическое напряжение составляет 0,5… …0,55 В.

Точки отсечки токов VAX соответствуют токам короткого замыкания, а их величина зависит от площади выпрямляющего электрического перехода фотоэлемента. Для этого фотоэлементы сравниваются и оцениваются по плотности тока короткого замыкания. Ток короткого замыкания фотоэлементов с вольт-амперной характеристикой солнечного света составляет 20... ...25 мА/см² из-за средней освещённости.



При различной освещенности фотоэлектрического элемента можно выбрать оптимальный режим его работы по VAX, то есть обеспечить выделение значительно большей мощности на нагрузке. При освещенности, соответствующей альтернативному режиму работы фотоэлектрического элемента, VAX соответствует площади прямоугольного прямоугольника.

Для кремниевых фотоэлектрических элементов напряжение на альтернативной нагрузке составляет 0,35…0,4 В, плотность тока через фотоэлектрический элемент 15…20 мА/см².

В настоящее время в Узбекистане проводятся научные исследования по дальнейшему упрощению производства солнечных элементов и технологий их производства, достигнуты определенные результаты, и научные исследования продолжаются. [17,75,81]

ЛИТЕРАТУРА.

1. С.З.Зайнабидинов, Х.Акрамов. «Методы определения параметров полупроводников». Ташкент. <<Узбекистан>>, 2001.

2. А.Тешбоев, С.Зайнобиддинов, Э.Мусаев, «Полупроводники и технология полупроводниковых приборов», Учебник, «Узбекский государственный университет технологий и науки», 2005, с. 392.

3. А.Тешбоев, С.Зайнобиддинов, И.Каримов, Н.Рахмов, Р.Алиев. «Физика полупроводниковых приборов», Издательство «Хаёт», Андижан, 2002.

4. С.Зайнобиддинов, А.Тешбоев, «Физика полупроводников», Ташкент, Издательство «О’китувч», 1999, с. 224.

ISSN 3030-3907

5. Зайнабидинов С.З., Алиев Р., Авчибоев Б., Мансуров Х. «Способ изготовления кремниевой платины для солнечных элементов» Патент № 20030030 от 15.01.2003.
6. А.С. Холиков. «Изучим свет». Научно-технический журнал по машиностроению. №1 (Спецвыпуск). http://www.andmiedu.uz, с. 1092-1097.
7. А.С. Холиков. Международный научный журнал. «ОПТИМИЗАЦИЯ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КРЕМНИЯ И ЕГО ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА», №19(100), часть 1, 01.03.2024, с. 352-359.
8. А.С. Холиков. «Применение поликристаллов в солнечной электронике», 23-24 февраля, Международная научно-практическая конференция «Обеспечение безопасности движения в Ферганской долине: проблемы и решения», Часть II. С. 967-971.
9. А.П. Егоров, Б.Б. Пельц. "Современное состояние и проблемы получения кремния для фотоэлектрических преобразователей наземного рпименения" Электроника, 1983г, №7б, стр. 17.
10. Тешабаев А., Зайнабидинов С.З., Ш. Эрматов, «Физика твердого тела» <<Финансы>> Ташкент 2001.
11. Р.Алиев, С.З.Зайнабидинов, “ Применение поликристаллического кремния в полупроводниковой микроэлектронике и солнечной энергетике ” , Geliotexnika, 1998. №2, 75-81-betlar.
12. А. Фаренбрух, Р. Бюб, “ Солнечные элементы: Теория и эксперимент ”, М. Энергоатомиздат, 1987, 169-bet.
13. Аписимова.И, Д.Викулиню << Полипроводниковие фото – приемники >> М. 1987у.
14. Василъев. А, Ланхма. М. “ Полипроводниковие фото – проброзователь ”, М. 1971у.

ISSN 3030-3907