



**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLY VA O'RTA MAXSUS
TALIM VAZIRLIGI**



**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
INNOVATSION
RIVOJLANISH VAZIRLIGI**

**IQTIDORLI TALABALAR, MAGISTRANTLAR, TAYANCH
DOKTORANTLAR VA DOKTORANTLARNING**

TAFAKKUR VA TALQIN

**MAVZUSIDARESPUBLIKA
MIQYOSIDAGI ILMY-AMALY
ANJUMAN TO'PLAMI**



Бухоро-2021

бўладиган физик жараёнлар ҳосил бўладиган шудринг нуктасининг конденсация жараёни ёритилиб махсус формулалар орқали ёритилган.

АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ

1. В.КН. Razhabov, Z.M. Abdullaev, SH.M. Mirzaev. Technique for calculating geometric dimensions of a greenhouse-type solar-based one-cascade apparatus for demineralizing water.// Applied Solar Energy 46 (4), 2010. 288-291.
2. Б.Х. Ражабов. Анализ физических процессов в двухступенчатых солнечных опреснителях.// Вестник науки и образования. 2020.
3. Б.Х. Ражабов, Ф.Б. Ата-Курбонова. Метод выбора типов и рациональных геометрических размеров аккумуляторов энергии для солнечных опреснителей.// International Scientific and Practical Conference World science 1 (6), 2017. 53-54.

ФОТОВОЛЬТАИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ В ДИОДНОМ РЕЖИМЕ ВКЛЮЧЕНИЯ ПОЛЕВОГО ТРАНЗИСТОРА

Д.Р.ДЖУРАЕВ¹, Ш.А.САИДОВА²

д. ф.-м.н, профессор кафедры физики БухГУ¹

магистрант, БухГУ²

Аннотация. В работе приведены результаты исследования полевого фототранзистора при диодном включении в качестве фотопреобразователя. Экспериментально показано, что при интенсивностях освещения до 200 лк наблюдается фотовольтаический эффект с характерной линейной зависимостью тока короткого замыкания и напряжения холостого хода, которые при больших интенсивностях освещения сменяются суперлинейной зависимостью.

Ключевые слова: фототранзистор, диодном включении, полевые транзистор, фототок, фоточувствительность, Шоттки, фотопреобразовател, фотовольтаический, напряжения, холостого ход.

Повышение потока информации и улучшение параметров линий передачи стало возможным благодаря развитию оптических методов передачи и приема информации и систем их питания. В области разработки энергетических установок и их элементной базы, а также в области разработки систем управления питанием больших мощностей достигнуты существенные результаты. Однако проблемам разработки микромощных источников и устройств уделяется сравнительно мало внимания [1].

В этом аспекте представляет интерес разработка и исследование фотоприемных устройств, которые могут использоваться в системах слежения за Солнцем, в качестве микрофотоэлементов для питания экономичных сенсорных устройств и тиристорных переключателей. В их числе фотовольтаические диоды, микромощные фотопреобразователи, а также фототранзисторы.

Фототранзистор можно представить в виде эквивалентного фотодиода и биполярного усилительного транзистора. Сравнительная оценка параметров фототранзисторов показывает, что наибольшая чувствительность достигается у составного фототранзистора, а максимальное быстродействие при хорошей чувствительности у структуры фотодиод - биполярный транзистор (ФД - БТ) [2].

Аналогично полевой фототранзистор тоже эквивалентен фотодиоду затвор-канал и усилительному полевому транзистору с управляющим *p-n*-переходом. В обоих фототранзисторах решающим является диодный *p-n*-переход: коллектор-база и затвор-исток, соответственно. В свою очередь, как биполярный, так и полевой транзистор можно использовать в диодном включении, рис. 1. При этом путем соответствующего диодного включения биполярного транзистора можно получить наибольшее быстродействие или в

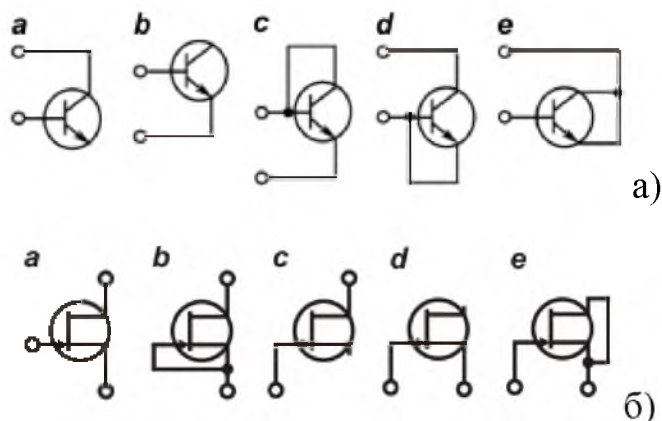


Рис. 1. Схемы диодного включения (а)

биполярного транзистора

(а-Б-К; б-Б-Э; с-БК-Э; d-БЭ-К; е-Б-ЭК) и (б)

полевого транзистора (а-С-И; б-С-ЗИ; с-С-З; d-З-И; е-З-СИ)

отдельно взятом переходе база-коллектор, большее рабочее напряжение по сравнению с переходом коллектор-эмиттер [3]. Аналогичным образом можно поступить и с полевыми транзисторами. Использование фототранзисторов в диодном включении открывает возможность для их применения в фотодиодном и фотогальваническом режимах. Фотодиодный режим используется для получения усиленного полезного сигнала. Вентильный режим позволяет получить полную световую добавку тока I_{ϕ} в режиме тока короткого замыкания и обладает определенными преимуществами по сравнению с фотодиодным. Во-первых, отсутствие источников питания и, во-вторых, чрезвычайно низкий уровень шумов. Весьма малая величина шумов в вентильном режиме (существенно меньшая, чем в фотодиодном) обусловлена в основном тем, что в этом режиме темновой ток равен нулю, в то время как в фотодиодном режиме этот ток имеет значительную величину, флуктуации которого (из-за нестабильности контактов и т. п.) ответственны за шумы [4].

В настоящей работе приводятся результаты исследования кремниевого полевого фототранзистора при диодном включении в фотовольтаическом режиме, то есть без подачи рабочего напряжения.

Исследуемые полевые транзисторы с управляющим *p-n*-переходом получены на подложках кремния *p*⁺-типа проводимости с концентрацией носителей $1 \cdot 10^{19} \text{ см}^3$, толщиной 200 мкм. Канал *n*-типа проводимости сформирован эпитаксиальным наращиванием из газовой фазы плёнки кремния с концентрацией носителей $2 \cdot 10^{15} \text{ см}^3$ толщиной 1÷2 мкм. Геометрии контактов стока и истока Ш-образные с шириной 12 мкм. Длина канала - расстояние между контактами стока и истока равна 25 мкм. Ширина канала составляет 1000 мкм. Фоточувствительная площадь составляет 0.025 мм². Стоковые вольтамперные характеристики имеют типичный вид. Ток стока насыщается при напряжении 2 В. С увеличением запирающего напряжения, ток стока уменьшается и в интервале напряжений от 0.6 до 3.0 В наступает отсечка канала, а максимальный ток стока составляет 1.85÷2 мА. Передаточные характеристики в темноте описываются квадратичной зависимостью [5]. То есть, в координатах корень из темнового тока стока от запирающего напряжения дает прямую линию. Максимальная крутизна вольтамперной характеристики составляет $\Delta I_{СИ} / \Delta U_{ЗИ} = 3.2 \text{ мА/В}$.

Зависимости спектральной чувствительности фототока короткого замыкания и напряжения холостого хода, от длины волны монохроматического излучения, начиная с 0.65 мкм, приобретают нарастающий характер и достигают максимума при 1.0 мкм и затем уменьшаются до минимума при 1.2 мкм, рис. 2.

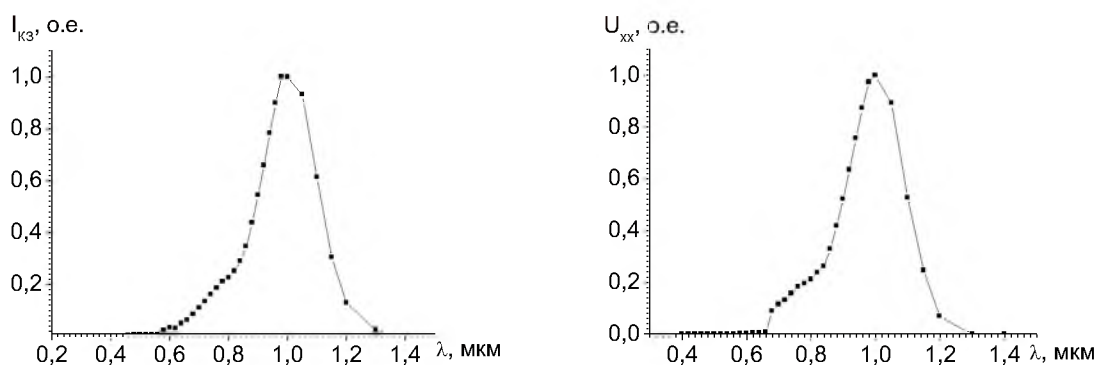


Рис. 2. Зависимости спектральной чувствительности фототока короткого замыкания и напряжения холостого хода от длины волны

Соответственно, как показано на рис. 3 при подсветке канальной области интегральным излучением от вольфрамовой лампы с максимумом при $\lambda = 860$ мкм появляется фототок. При нулевом смещении на затворе и рабочем напряжении $U_{сш} = 3.0$ В фоточувствительность (отношение приращения тока стока от освещения к интенсивности излучения) имея максимум при малой освещенности уменьшается от 0,0005 мА/лк до 0,00015 мА/лк при $\Phi = 400$ лк, что находится на уровне чувствительности

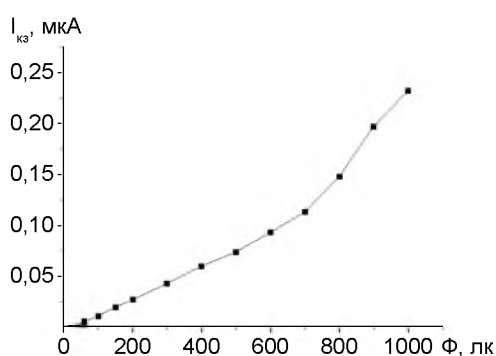


Рис. 3. Зависимость тока короткого замыкания от интенсивности освещения.

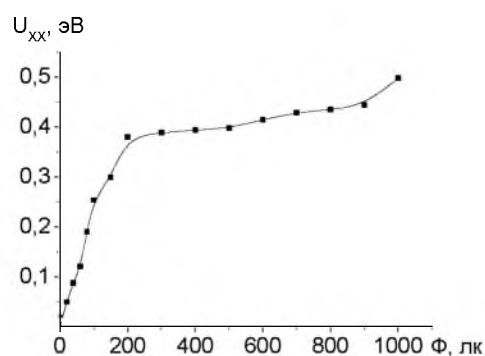


Рис. 4. Зависимость напряжения холостого хода от интенсивности освещения.

фототранзисторных структур на основе кремния [6]. То есть, данный полевой транзистор является эффективным для приема слабых оптических сигналов в диапазоне спектра от 0.7 до 1.1 мкм.

На рис. 3 приведена зависимость тока короткого замыкания от интенсивности освещения. Как видно из рисунка фототок короткого замыкания, в отличие от фотодиодных структур с двумя барьерами Шоттки, вместо спада [7], увеличивается линейно вплоть до освещенностей 600 лк и далее наблюдается его нелинейный рост.

Склонность к суперлинейной зависимости тока короткого замыкания от освещенности, по-видимому, можно объяснить с особенностями генерации фотоносителей в тонкопленочном эпитаксиальном канале от интенсивности освещения.

Так, по мере увеличения интенсивности освещения увеличивается глубина поглощения излучения, а контактная разность потенциалов р-п-перехода (диффузионный потенциал которого полностью расположен в п-слое) будет уменьшаться, приводя к увеличению толщины проводящей части канала - п-слоя. Это в свою очередь приведет к увеличению концентрации генерированных фотоносителей пропорционально интенсивности освещения и уменьшению сопротивления канала (толщиной 1-2 мкм) обуславливая суперлинейную зависимость люксамперной характеристики.

Заключение

Исследуемый полевой фототранзистор при диодном включении в качестве фотовольтаического приемника имеет участки линейной зависимости тока короткого замыкания и напряжения холостого хода при интенсивностях освещения до 200 лк, что открывает возможность для его использования в качестве фотовольтаического приемника оптических сигналов. При освещенностях свыше 500 лк обнаружено стремление к суперлинейной зависимости тока короткого замыкания от интенсивности

освещения и прирост напряжения холостого хода в отличие от классического кремниевого фотоэлемента, что связано с особенностями генерации фотоносителей в тонкопленочном эпитаксиальном канале от интенсивности освещения.

Литература

1. Karimov A.V., Yodgorova D.M., Kamanova G.O. Photovoltaic silicon structures with two Schottky barriers. Applied solar energy. -2013, -V.49, - №2, -pp.67-89.
2. Abdulxaev, OA, Yodgorova, DM, Karimov, AV, Kamanov, BM, va To'raev, AA (2013). Oqimni cheklaydigan rejimda maydon effekti tranzistorining harorat xususiyatlarining xususiyatlari. Muhandislik fizikasi va termofizika jurnali , 86 (1), 248-254.
3. Karimov, A. V., Dzhuraev, D. P., Kuliev, S. M., & Turaev, A. A. (2016). Distinctive features of the temperature sensitivity of a transistor structure in a bipolar mode of measurement. Journal of Engineering Physics and Thermophysics, 89(2), 514-517.
4. Djuraev, D. R., Karimov, A. V., Yodgorova, D. M., & Turaev, A. A. (2019). THE PRINCIPLES OF INCREASING THE SENSITIVITY OF TRANSISTOR STRUCTURES TO EXTERNAL INFLUENCES. Euroasian Journal of Semiconductors Science and Engineering, 1(1), 36.

5A130202 – Amaliy matematika va axborot texnologiyalari

SONLI DIFFERENSIALLASH. SONLI DIFFERENSIALLASH XATOLIGI. ANIQMAS KOEFFISIYETLAR METODI.

B.B. Mo'minov¹, A.B. Malikov²

TATU Informatika asoslari kafedra mudiri¹

Buxoro davlat universiteti, magistr²

M.B.Bekmurodova, A.H.Xudoyberdiyev	<i>Issiqlik uzatilishi va issiqlik almashinuvi jarayonlarini o'qitish masalasi</i> 71
J.O. Arabov, F.S. Saidov	<i>Qiya-namlanadigan sirtli quyosh suv chuchitgich qurilmasini tadqiq qilish</i>75
I.I. Raxmatov O. Tolibova	<i>Dorivor o'simliklarni quritish samaradorligini quyosh energiyasidan foydalanib oshirish usullari</i>81
C.O. Саидов, И.М. Бадриддинов	<i>Ҳозирги замон физикасини олий таълимда ўқитишнинг айрим долзарб масалалари</i>84
B.B.Qobilov, J.X.Ergashev	<i>Fizika ta'limi mazmunini takomillashtirishda kompyuter texnologiyalaridan foydalanish imkoniyatlari</i> 90
C.O. Саидов, M.O. Жураев	<i>Механизм электропроводности собственного полупроводника с точки зрения зонной теории</i>93
C.O. Саидов, H.X. Каримова	<i>Перспективы использования возобновляемых источников энергии в узбекистане</i> 98
A.A.Тураев, Ф.К.Шарапов	<i>Температурной чувствительности транзисторной структуры в двухполюсном режиме</i> 102
C.O. Саидов, Ж.Ж. Камолов	<i>Эффект холла как один из методов исследования свойств твердого тела</i>109
C.O. Саидов, C. И. Махмудов	<i>Микромир - от атома демокрита до кварков</i>114
B.A. Hikmatov	<i>Ohakning fizik-mexanik xossalari</i>118
И.Н.Намозов, Б.Э.Ниязхонова	<i>Кредит-модул тизими: имкониятлари ва афзалликлари</i>124
Ҳ.О.Жўраев, М.И.Насриддинов	<i>Муқобил энергия манбаларига доир ўқув материаллари тушуниришида интеграциялашган медиатаълим воситаларидан фойдаланиши</i> 126
H.O. Jo'rayev, Sh. Jamolova	<i>Fizika darslarida mobil dasturiy vositalardan foydalanish</i>130
B.E. Niyozxonova, F.A. Nurilloeva	<i>Elektromagnit nurlanishlar</i>136
M. Ravshanov, M. Ravshanov,	<i>Optik aloqaning qo'llanish sohalari</i>138
S.A. Muzaffarov, T.D. Jo'rayev	<i>Quyosh kollektorlari</i>141
B.A. Hikmatov, Z.H. Fayziyeva	<i>Tibbiyotda lazerlar va nanotexnologiyalar</i>147
J.R.Qodirov , F. Y. Ramazonova	<i>Takomillashgan quyosh quritgichi qurilmasini yaratish va ishlash rejimini tadqiq qilish</i>153
Б. Ҳ. Ражабов, С. О. Ҳалимова	<i>Икки каскадли қуёш сув чучитгич қурилмаларининг температура режими</i> 158
Д.Р.Джўраев,	<i>Фотовольтаический эффект в диодном режиме</i>

Ш.А. Саидова	<i>включения полевого транзистора</i>163
5A130202 – Амалий математика ва ахборот технологиялари	
В.В. Мо'минов, А.В. Malikov	<i>Sonli differensiallash. sonli differensiallash xatoligi. aniqmas koeffitsiyetlar metodi</i> 169
Х. Ш. Рустамов М. А.Бабаджанова	<i>Словари и работа с ними в python</i> 172
У.У. Намроев, Д.А. Остонава	<i>Maxsuslikka ega bo'lgan chegaraviy masala uchun istalgan aniqlikdagi ayirmali sxemalar</i>175
У.У. Намроев, V.R. Rajabova	<i>Shturm – liuvill masalasini yechishning variatsion - ayirmali usuli</i> 179
М.Ш. Фатуллаева, Н. Рашиданов	<i>Математическое моделирование процессов сушки и хранения сельхозпродуктов под воздействием естественных факторов</i>183
Ж. Жумаев, У. Халикова	<i>Мактабгача yoshdagi bolalarga xos multimedia texnologiyalari va dasturiy vositalar</i>189
S.S. Boboyev, M.M. Mahmudov	<i>Funksiyalarni yaqinlashtirish.splaynlar bilan yaqinlashish (chiziqli,kvadratlik va kubik)</i>194
O.I. Jalolov, Sh.D. Fayziyeva	<i>Differensial tenglamalarni taqribiy yechish</i> 198
A.R. Hayotov, S.S. Babaev S, N.N. Olimov	<i>Bisection method and solution of nonlinear equations using bisection method</i> 201
Ж. Жумаев., M.M. Тошева	<i>Моделирование конвективного теплообмена с учётом плотности среды</i>207
S.S. Babaev, S.Z. Polvonov	<i>Pythonda kompyuter tomografiyasi masalalarini modellashtirish</i>210
O'. Toshboyeva	<i>Axborot tizimlarini ishlab chiqish metodlari</i> 212
М.Б. Файзиев, Т.Б. Болтаев, У.Х.Арабов	<i>Ўқувчиларнинг ўзлаштириши мониторингини қўллаб -қувватловчи тизим</i>215
E.L. Qobulova	<i>Jamiyatimiz rivojlanishida elektron tijorat tizimlarining modellarini yaratish</i>219
Х.И. Эшанкулов., М.Н. Салимова	<i>Методы и подходы к системной интеграции</i>223
М. Хусенов, К. Жураев	<i>Разработка электронная системы для онлайн-оценки работы профессорско-преподавательского состава по 110-балльной системе</i>226
Н.С. Сайидова, Д.Қ. Содиқова	<i>О мультимедийных курсов обучения</i> 231
U.H. Arabov	<i>Ta'limda katta ma'lumotlar (big data)ning imkoniyatlari</i> 235