

СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГИЯ И ДИОДЫ ШОТТКИ

В.А. Алехин

В данной статье рассматривается независимый источник энергии – солнечная батарея, в основе которой лежит фотоэлектрический элемент, выполняющий роль фотоэлектрического преобразователя. Работа фотоэлемента невозможна без использования диодов. В статье также рассказано о диодах Шоттки – полупроводниковых диодах, имеющих малое падение напряжения при прямом включении.

Ключевые слова: независимый источник энергии, солнечные батареи, фотоэлектрические преобразователи, солнечные элементы, диод Шоттки, p-n переход, кремневые элементы, солнечные панели.

Благодаря цивилизации и техническому прогрессу каждый современный человек имеет всё, что необходимо для его удобства. Мы уже рефлекторно открываем кран с горячей или холодной водой, зажигаем газ и включаем свет для удовлетворения своих каких-либо потребностей, и уже временное отсутствие воды или электричества по техническим причинам нам доставляет массу неудобств. Однако вряд ли многие задумываются, что когда-то эти блага закончатся, как же тогда нам быть? На этот случай сама природа подсказала нам новые возобновляемые источники энергии, например, Солнце.

С помощью Солнца практически каждый из нас может получить независимый источник электроэнергии, основанный на солнечных батареях [4]. Непосредственное преобразование солнечной энергии в электрическую происходит посредством фотоэлектрических преобразователей – солнечных элементов, из которых и состоит солнечная батарея.

Самой распространенной основой фотоэлементов является кремний, хотя и процесс производства с этим материалом весьма сложен и экономически невыгоден. Есть и альтернативы кремниевым солнечным батареям, в частности, полимерные солнечные батареи, которые являются более компактными, легкими, недорогими, а самое главное, экологичными. Тем не менее, на экономичность всей установки влияет такой технический параметр, как полезная мощность. Ее можно определить с помощью напряжения и выходного тока, которые в свою очередь зависят от интенсивности солнечного излучения. Увеличить эти параметры позволяет параллельно-последовательное соединение фотоэлементов: параллельное соединение повышает выходной ток, а параллельное – выходное напряжение. Такая комбинация позволяет также повысить надежность батареи, так как выход из строя одного элемента не влияет на работу всей цепочки [6].

Если по каким-либо причинам свет не попадает на часть батареи, и она оказалась затемненной, то возможен ее выход из строя. Предотвратить

это могут диоды, правда генерируемая выходная мощность будет на 25 % меньше, чем при нормальном освещении. Однако же и без диодов солнечным элементам не обойтись: на время затемнения они начинают перегреваться и превращаться в потребителей тока. При использовании диодов они шунтируются, и ток через них уже не идет. Чтобы минимизировать падение напряжения, диоды должны иметь низкое сопротивление, поэтому в последнее время наиболее часто используют низкоомные диоды Шоттки.

Диод Шоттки – это полупроводниковый диод, который имеет малое падение напряжение при прямом включении. Назван он в честь немецкого физика Вальтера Шоттки. Его особенность заключается в том, что в нем используется переход металл-проводник в качестве барьера Шоттки (потенциального барьера, образующегося в приконтактном слое полупроводника, граничащего с металлом и равного разности работ выхода металла и полупроводника) вместо р-n перехода, как у обычных диодов [6, 7].

Обратим внимание на особенности работы диода с барьером Шоттки на основе контакта металла с полупроводником n-типа. При контакте электроны из материала, имеющего меньшую работу выхода, переходят в материал с большей работой выхода. В этом случае выравниваются уровни Ферми металла и полупроводника. Возникающее внутреннее электрическое поле препятствуют переходу электронов в металл, поэтому полупроводник оказывается положительно заряженным. Между металлом и полупроводником возникает разность работ выхода, благодаря чему происходит обмен электронами: электроны из полупроводника с меньшей работой выхода переходят в металл с соответственно большей работой выхода. Электрическое поле, прекращающее однородный переход электронов, возникает в равновесном состоянии, когда металл заряжается отрицательно.

Так как концентрации свободных электронов по обе стороны от контакта имеет значительное различие, напряжение в основном падает на приконтактную область полупроводника. Если приложить внешнее напряжение, то оно всего лишь изменит высоту барьера со стороны полупроводника. Создается слой с низкой концентрацией подвижных носителей, потому что электронные зоны проводимости отталкиваются возникшим контактным полем. Вследствие изгиба границ зон около контакта полупроводник n-типа переходит в полупроводник p-типа.

На практике линейная зависимость высоты барьера от работы выхода металла наблюдается довольно редко, так как на поверхности полупроводника имеются поверхностные заряды. Высота потенциального барьера определяется состоянием поверхности полупроводника. Так же нельзя не учитывать токи утечки и токи генерации – воссоединения носителей заряда в области бедной электронами и возможного туннельного перехода отрицательно заряженных частиц в случае, если полупроводник сильно легирован.

Вольт-амперная характеристика контакта с барьером Шоттки в ши-

роких пределах изменения тока имеет вид:

$$I = I_0 [\exp(eU/akT) - 1], \quad (1)$$

где a – коэффициент «неидеальности» [9].

Ток через контакт обычно увеличивается вместе с ростом напряжения, когда речь идет об обратном смещении. Еще одной отличительной особенностью контакта металл-проводник является полное отсутствие при прямых напряжениях инжекции неосновных зарядов. Таким образом, можно сделать вывод, что в диоде Шоттки при прямом напряжении не происходит накопление таких зарядов, а при обратном напряжении он высасывается, что позволяет говорить о быстродействии такого диода.

Стоит отметить, что применение диодов Шоттки в сравнении, например, с обычными кремниевыми диодами, позволяет снизить прямое падение напряжения с 0,6 - 0,7 В до 0,2 - 0,4 В.

Кроме того, не менее важное достоинство диодов заключается в том, что барьер Шоттки имеет маленькую электрическую емкость перехода, что позволяет заметно повысить рабочую частоту. Примером использования этого свойства может служить его использование в интегральных микросхемах, где диодами Шоттки шунтируются переходы транзисторов логических элементов. В силовой же электронике малое время восстановления позволяет строить выпрямители на частоты в сотни кГц и выше. Например, диод MBR4015 (15 В, 40 А), оптимизированный под высокочастотное выпрямление, нормирован для работы при dV/dt до 10 кВ/мкс.

Также благодаря лучшим временным характеристикам и малым емкостям перехода выпрямители на диодах Шоттки отличаются от традиционных диодных выпрямителей пониженным уровнем помех, поэтому они более предпочтительней в традиционных трансформаторных блоках питания аналоговой аппаратуры.

Однако диоды Шоттки имеют и ряд недостатков. В частности, при кратковременном превышении максимального обратного напряжения он необратимо выходит из строя по причине короткого замыкания. Кроме того, диоды Шоттки характеризуются повышенными обратными токами при росте температуры кристалла, что может грозить пробоем его полупроводниковой структуры при возникновении положительной обратной связи.

Согласно известным данным, доля электричества в мировом использовании энергии составляет 39 %. Европа уже давно поняла преимущества использования солнечной энергии и поощряет частные лица и компании, которые решили перейти на естественный источник энергии. Многие производители оборудования, благодаря увеличению эффективности систем с диодами Шоттки, перешли на использование этой технологии для преобразования солнечной энергии [8, 9].

Сегодня доступны две основные категории системы преобразования солнечной энергии: связанные с коммунальными сетями и автоном-

ные. В первой категории существует зависимость от потребляемой нагрузки, времени суток и т. д., так как электроэнергия к потребителям подается как от солнечных панелей, так и от коммунальных сетей, поэтому эти системы могут отдавать энергию в сеть преимущественно в периоды малого потребления. Автономные же системы содержат аккумуляторы и генераторы резервного питания, которые заряжаются с помощью контроллеров и обеспечивают необходимое напряжение для работы инверторов, подающих в свою очередь электроэнергию конечным потребителям.

Несмотря на то, что наибольший рынок солнечной энергии в основном сосредоточен в Европе, он начинает распространяться и по всему миру. Отчасти это происходит не только в связи с увеличением усилий по охране окружающей среды и экономного использования исчерпаемых природных ресурсов, но и потому, что коммунальные энергетические сети дополнительно стимулируют потребителей, покупая у них излишнюю энергию как минимум в три раза дороже ее себестоимости.

Рынок солнечных панелей постоянно стремится к разработке все более эффективных систем, КПД которых обычно находится в пределах от 15 % до 20 %. В настоящее время на общий КПД системы влияние оказывают инверторные преобразователи, поэтому диоды на основе карбида кремния, т. е. диоды Шоттки, играют очень важную роль. Сейчас производителям таких диодов необходимо обратить внимание на нужды потребителей, предлагая все более мощные устройства. В перспективе лежат изыскания по разработке более высокоэффективных материалов для фотогальванических панелей, для того, чтобы больше электроэнергии выделять с меньших площадей солнечных панелей. Такими темпами в ближайшем будущем удастся полностью перейти на автономную систему энергообеспечения, в основе которой будут абсолютно экологически чистые возобновляемые источники энергии [1].

Список литературы

1. Ахмедов Р.Б. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии / Ахмедов Р.Б. М.: Знание, 1988. 46 с.
2. Безруких П.П. Состояние и перспективы развития возобновляемой энергетики // Электрика. 2008. № 9. С. 3-10.
3. От энергии пара до энергии солнца. М.: Высшая школа, 1969. 72 с.
4. Уделл С. Солнечная энергия и другие альтернативные источники энергии / Уделл С. М.: Знание, 1980. 88 с.
5. «Идеальные диоды» от компании STMicroelectronics. Джафер Меджахед, Дмитрий Цветков / Новости электроники, 2009, №14. С. 23-25.
6. Полупроводниковые приборы. Диоды высокочастотные, диоды импульсные, оптоэлектронные приборы: справочник / А.Б. Гитцевич,

А.А. Зайцев, В.В. Мокряков и др.; под ред. А.В. Голомедова. М.: Радио и связь, 1988. 592 с.

7. Основы микроэлектроники: учеб. пособие для вузов / И.П. Степаненко. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2003. 488 с.

8. http://www.rom.by/blog/Diody_Shottki

9. http://library.tuit.uz/el_ucheb/microvoln_poluprov_pribori/main/Lectures/lecture6-2.htm

Алехин Владимир Анатольевич, магистр, alehin7777@mail.ru, Россия, Тула, Тульский государственный университет

SOLAR ENERGY AND SCHOTTKY DIODES

V.A. Alekhin

This article discusses an independent energy source - solar battery, which is based on the photoelectric cell, performing the role of a photovoltaic cell. Work photocell impossible without the use of diodes. The article describes the Schottky diodes - semiconductor diodes with low voltage drop when the direct inclusion.

Key words: independent source of energy, solar panels, photovoltaic cells, solar cells, Schottky diode, p-n transition, flint elements, solar panels.

Alekhin Vladimir Anatolievich, master, alehin7777@mail.ru, Russia, Tula, Tula state University

УДК 621.311.243

МЕТОД РАСЧЕТА РАЦИОНАЛЬНОГО ШАГА ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ

Нго Сян Кьонг

В статье определен рациональный шаг позиционирования электромеханической системы солнечных батарей путем сэкономленной энергии двигателя и потери энергии солнечных батарей в режиме шагового автосопровождения.

Ключевые слова: электромеханическая система, солнечная батарея, шаг позиционирования.

Для повышения эффективности электромеханической системы (ЭМС) солнечных батарей (СБ) [1] нужно устанавливать функциональную связь шага позиционирования с КПД, потерями энергии солнечных батарей и сэкономленной энергией двигателя.