

модуль волнового вектора электрона или позитрона, χ — модуль волнового вектора нейтрино или антинейтрино, $\vec{\sigma}$ — тройка матриц Паули, E_{in} — энергия системы в начальном состоянии, $E_{fin}^{(j)}$ — энергия системы в конечном состоянии, f — константа слабого взаимодействия, i — мнимая единица, \hbar — постоянная Планка, c — скорость света в вакууме, L — нормировочная длина, b — нормировочная константа в $\Psi_\nu^{(j)}$.

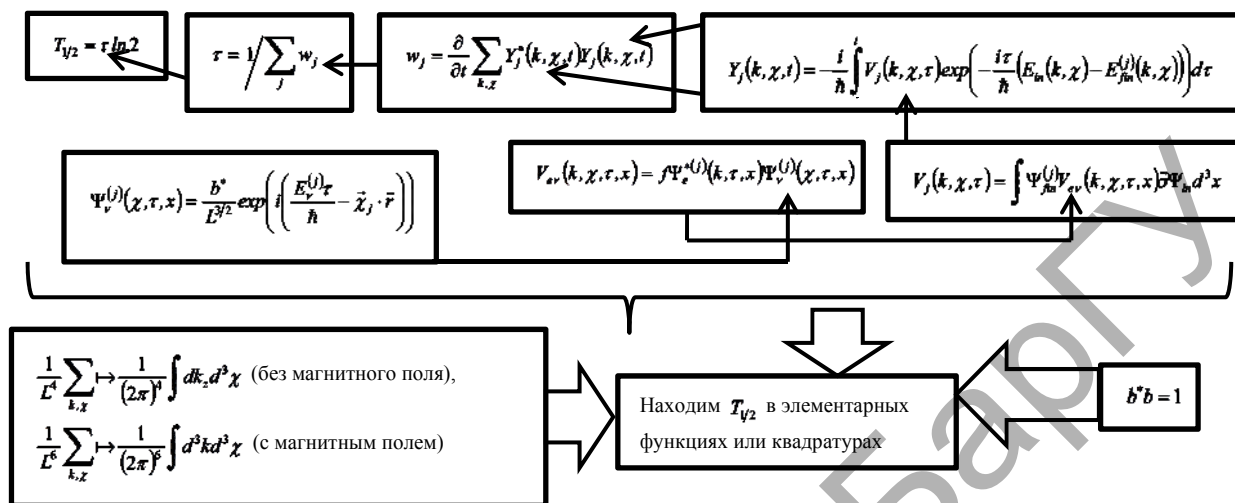


Рисунок 2 — Схема вычисления периода полураспада в общем виде

Заключение. Предложенные таблицы и рисунки могут быть использованы в образовательном процессе в качестве дополнений к опорным конспектам, в том числе при подготовке к экзамену по дисциплине «Физика атомного ядра и элементарных частиц» (для физических специальностей) или по дисциплине «Физика» для нефизических специальностей (если столь углубленное изучение обсуждаемой темы предусмотрено учебными программами). Учащиеся могут пробовать также самостоятельно составлять подобные схемы и таблицы по отдельным вопросам курса «физика атомного ядра и элементарных частиц» на основе материала существующих учебных пособий. Следует, однако, признать, что уровень подготовки большинства современных студентов вынуждает отнести подобные задания к категории сложных и сверхсложных.

Список цитируемых источников

1. Физическая энциклопедия : в 5 т. / гл. ред. А.М. Прохоров ; редкол. Д. М. Алексеев [и др]. — М. : Совет. энцикл., 1988. — Т. 1. Ааронова–Бома эффект — Длинные линии. — 704 с.
2. Квантовая механика / А. А. Соколов [и др.]. — М. : Учпедгиз, 1962. — 591 с.
3. Серый, А. И. О вероятности распада связанного синглетного состояния двух протонов в квантующем магнитном поле в модели параболического потенциала / А. И. Серый // Сучасні виклики і актуальні проблеми науки, освіти та виробництва: міжгалузеві диспути [зб. наук. пр.] : матеріали XXII міжнар. наук.-практич. інтернет-конф. (м. Київ, 19 лист. 2021 р.). — Київ, 2021. — 537 с. — С. 426–436.

УДК 620.92

А. П. Цыкман, М. Е. Шудельский, Г. В. Качкар

Барановичский государственный университет, г. Барановичи, Республика Беларусь

СОЛНЕЧНАЯ БАТАРЕЯ — АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ

Введение. Солнечная энергетика — нетрадиционная энергетика, основанная на преобразовании солнечного излучения в другие виды энергии. В основе преобразования солнечного излучения лежит фотоэлектрический эффект. Фотоэффект — это испускание электронов веществом при поглощении им квантов электромагнитного излучения [1].

Основная часть. Ключевым элементом солнечной батареи является фотоэлемент (кремниевый фотогальванический), который преобразует видимый солнечный свет, инфракрасное и ультрафиолетовое излучение в электричество.

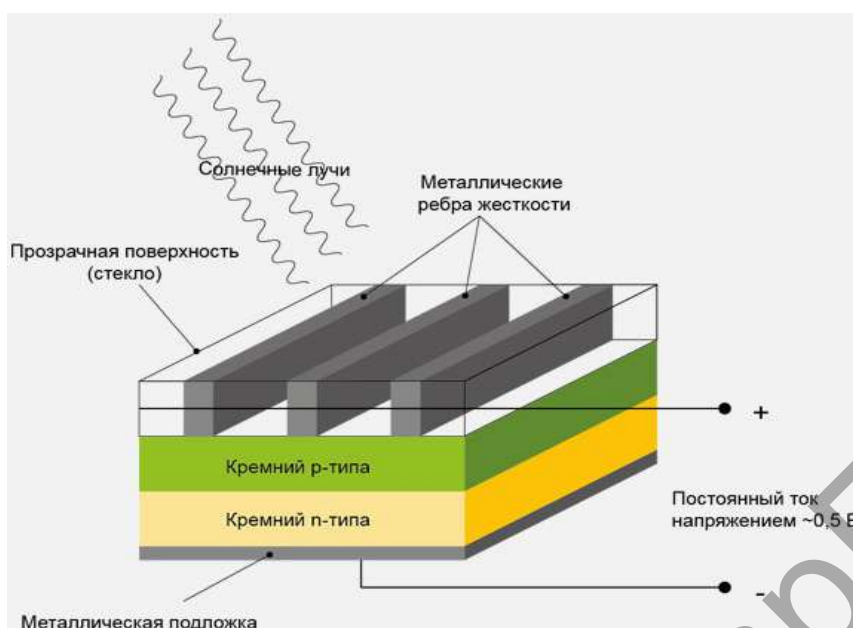


Рисунок 1 — Принцип работы солнечной батареи

На рисунке 1 показан принцип работы солнечной батареи. Основой устройства является поверхность соприкосновения двух типов кремния, которые предусматривает конструкция фотоэлемента. Поскольку верхняя часть элемента прозрачна, солнечный свет без препятствий падает непосредственно на кремний. Положительный электрод сделан в виде ребер жесткости из металла, которые соединяют проводами. Отрицательный электрод представляет собой металлическую подложку, которая в свою очередь находится в контакте с кремниевыми пластинами фотоэлемента [2].

Из закона сохранения энергии, при представлении света в виде частиц (фотонов), следует формула Эйнштейна для фотоэффекта: $E = h\nu = A_{\text{вых}} + \frac{m_0 v^2}{2}$.

Из формулы следует существование красной границы фотоэффекта, то есть существование наименьшей частоты, ниже которой энергии фотона уже недостаточно для того, чтобы «выбить» электрон из металла. Суть формулы заключается в том, что энергия фотона расходуется на ионизацию атома вещества и на работу, необходимую для «вырывания» электрона, а остаток переходит в кинетическую энергию электрона [3].

Принцип действия фотоэлемента. При попадании солнечного света на поверхность фотоэлемента, между двумя типами кремния возникает разница потенциалов или электрическое напряжение.

При подключении к элементу нагрузки сила тока возрастает пропорционально яркости солнечного света, вплоть до определенного критического значения.

При усилении интенсивности освещения сила тока достигает максимума и выравнивается. Такой максимум называется током насыщения.

Коэффициент полезного действия фотоэлемента η определяется соотношением $\eta = \frac{P}{\Phi} \psi = \frac{P}{ES} \psi$, где ψ — световая отдача, которая для волны длиной $\lambda = 555 \text{ нм} = 628 \text{ лм/Вт}$; S — площадь приемной части фотоэлемента.

Максимальная мощность последовательно-параллельного соединения одинаковых элементов — ячеек эквивалентна произведению максимальной мощности каждой ячейки на их количество.

Последовательно соединенные ячейки представляют собой фотоэлектрический модуль. Несколько соединенных модулей образуют фотоэлектрическую панель (солнечную батарею).

Фотоэлектрические преобразователи (ФЭП). В фотовольтаических системах преобразование солнечной энергии в электрическую осуществляется в фотоэлектрических преобразователях (ФЭП). В зависимости от материала, конструкции и способа производства принято различать три поколения ФЭП:

1. ФЭП первого поколения на основе пластин кристаллического кремния (монокристаллический кремний (mc-Si), поликристаллический кремний (m-Si), на основе GaAs, gibbon-технологии (EFG, S-web), тонкослойный поликремний (Apx)).

2. ФЭП второго поколения на основе тонких пленок (аморфный кремний (a-Si), микро- и нанокремний (mc-Si/mc-Si), кремний на стекле (CSG), теллурид кадмия (CdTe), (ди)селенид меди-(индия-)галлия (CI(G)S)).

3. ФЭП третьего поколения на основе органических и неорганических материалов (фотосенсибилизированные красителем (DSC), органические (OPV), неорганические (CTZSS)).

Важным отличием ФЭП третьего поколения от предыдущих поколений является возможность нанесения слоев печатными методами.

Факторы, влияющие на эффективность фотоэлементов. Особенности строения фотоэлементов вызывают снижение производительности панелей с ростом температуры. В таблице 1 представлены достоинства и недостатки эффективности фотоэлементов. Частичное затемнение панели вызывает падение выходного напряжения за счёт потерь в неосвещённом элементе, который начинает выступать в роли паразитной нагрузки. От данного недостатка можно избавиться путём установки байпаса на каждый фотоэлемент панели. Байпас — функция в электронном устройстве (обработки сигнала, стабилизации напряжения и др.), позволяющая выполнить коммутацию входного сигнала непосредственно на выход, минуя все функциональные блоки.

Т а б л и ц а 1 — Достоинства. Недостатки. Потери энергии

| Достоинства | Недостатки | Основные необратимые потери энергии |
|-----------------------------------|---|--|
| Общедоступность | Зависимость от погоды и времени суток | Отражением солнечного излучения от поверхности преобразователя |
| Неисчерпаемость источника | Необходимость аккумуляции энергии | Прохождением части излучения через ФЭП без поглощения в нём |
| Безопасность для окружающей среды | Высокая стоимость конструкции, связанная с применением редких элементов | Рассеянием на тепловых колебаниях решётки избыточной энергии фотонов |
| — | Необходимость периодической очистки отражающей поверхности от пыли | Рекомбинацией образовавшихся фото-пар на поверхностях и в объёме ФЭП |
| — | Нагрев атмосферы над электростанцией | Внутренним сопротивлением преобразователя |

Из рабочей характеристики фотоэлектрической панели видно, что для достижения наибольшей эффективности требуется правильный подбор сопротивления нагрузки. Для этого фотоэлектрические панели не подключают напрямую к нагрузке, а используют контроллер управления фотоэлектрическими системами, обеспечивающий оптимальный режим работы панелей.

Органические солнечные батареи. Органические солнечные элементы (OSC) — это устройства, которые преобразуют свет в электричество, в отличие от того, что происходит в OLED. Активный слой ячеек соответствует полупроводнику из органического материала, сопряженному полимеру, в котором проявляется так называемый фотоэлектрический эффект. Сегодня эти устройства рассматриваются как возможные источники энергии.

В OSC при попадании света в полимерной матрице генерируются оптические возбуждения, которые создают электронно-дырочные пары. Фотогенерированные носители заряда в донорной полимерной матрице могут быть диссоциированы введением акцепторных органических молекул или наноструктур. Основной задачей при создании органического солнечного элемента является увеличение количества фотогенерированных экситонов в донорной части, диффундирующих на границе донор-акцептор. Для достижения этой цели были предложены два основных типа конфигураций OSC:

- 1) бислойная органическая клетка: состоит из слоя, выполняющего функцию донора и затем оседающего, поверх него слоя, выполняющего функцию акцептора;
- 2) ячейка органического гетероперехода в объёме, которая в отличие от бислоя состоит только из одной смеси, состоящей из донорно-акцепторных материалов [4].

В ячейке объёмного гетероперехода донором обычно является сопряженный полимер. Несмотря на интенсивные исследования в области фотофизики сопряженных органических материалов, механизм фотогенерации носителей заряда все еще остается предметом дискуссий. Однако считается, что экситоны возникают в основном из фотоэкситонов, то есть из электронно-дырочных пар, генерируемых продвижением электронов на низшие незанятые молекулярные орбитали (НСМО) путем поглощения фотонов, которые имеют определенную вероятность диссоциации на свободные заряжается, если энергия связи экситона может быть скомпенсирована. Эти фотогенерированные носители заряда, электронно-дырочные пары, могут быть диссоциированы введением акцепторного материала. поскольку, когда донорный полимер возбуждается, электрон продвигается к НСМО полимера, так что электрон может иметь достаточно энергии, чтобы перейти к НСМО акцептора.

Закключение. Солнце — главный источник энергии для всего живого и самой нашей планеты. Количество энергии, поступающей на землю, хватает, чтобы удовлетворить энергетические потребности всех жителей земного шара. Учитывая возобновляемые и практически безграничные ресурсы солнца, перспективы использования солнечной энергии велики. Именно солнечная энергия признана самой безопасной и экологически чистой. Поэтому энергия солнца становится все более востребованной в самых разных сферах жизнедеятельности человека.

Список цитируемых источников

1. Ташлыкова-Бушкевич, И. И. Физика : уч. пособие : в 2 ч. / И. И. Ташлыкова-Бушкевич. — Минск : АСАР, 2010. — Ч. 2. Оптика. Квантовая физика. Строение и физические свойства вещества. — 288 с.
2. Рывкин С. М. Фотоэлектрические явления в полупроводниках / С. М. Рывкин. — М., 1963. — 376с.
3. Трофимова Т. И. Курс физики / Т. И. Трофимова. — М. : Высш. шк., 1997. — 542 с.
4. Блайт Э. Р. Электрические свойства полимеров / Э. Р. Блайт, Д. Блурю — М. : Физматлит, 2008. — 376 с.

УДК 535.421.004.94

М. Е. Шудельский, Д. Н. Кендыш, Т. С. Петлицкая

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи, Республика Беларусь

АНАЛИЗ ИНТЕНСИВНОСТИ ИЗЛУЧЕНИЯ ДИФРАКЦИИ ПЛОСКИХ ВОЛН В ПРОСТРАНСТВЕ

Введение. В рамках изучения раздела Оптика, в частности темы «Дифракция света», особое внимание следует уделить возможности визуального представления изучаемых оптических явлений. Приложений для всестороннего рассмотрения и дальнейшего анализа оптических явлений существует немного, поэтому в данной статье рассматривается возможность моделирования дифракции плоских волн, так называемая дифракция Фраунгофера, в системе компьютерной алгебры MathCad. Данная автоматизированная система обладает широким набором имеющегося инструментария, что делает её универсальной в плане математических расчётов и визуализации представления данных с последующим их анализом.

Основная часть. Из курса физики [1], известно, что дифракции света — это отклонение световой волны от прямолинейного распространения, т.е. световая волна, огибая препятствие заходит в область геометрической тени, что не свойственно выполнению закона прямолинейности. В связи с этим и возникают чередующиеся тёмные и светлые полосы.

Используемое оборудование: лазерные лучи двух цветов (зелёный и красный), устройство для наблюдения дифракции света на одной щели (в эксперименте ширина щели устройства изменялась), белый экран и цифровая фотокамера.

Используя принцип обработки фотографий интерференционных картин, описанный в источнике [2], мы провели сравнительный анализ полученных дифракционных картин. Сам принцип состоит с следующим: сфотографированная дифракционная картина преобразуется в чёрно-белое изображение, затем обрабатывается в Mathcad (получение матрицы, элементы которой соответствуют яркости отдельных пикселей цифровой фотографии) и на последнем этапе происходит суммирование отдельных элементов полученной матрицы и строится график зависимости интенсивности от координаты.

Наша задача состояла в определении изменения интенсивности дифракции плоских волн для различных длин волн (красный и зелёный цвет), а также определение зависимости интенсивности получаемого изображения от ширины щели.

На рисунке 1 представлены фото дифракционных картин на одной щели для красного цвета и графики зависимости интенсивности излучения (N_j) от координаты (j). Ширина щели постепенно увеличивается от рисунка а) к рисунку в).

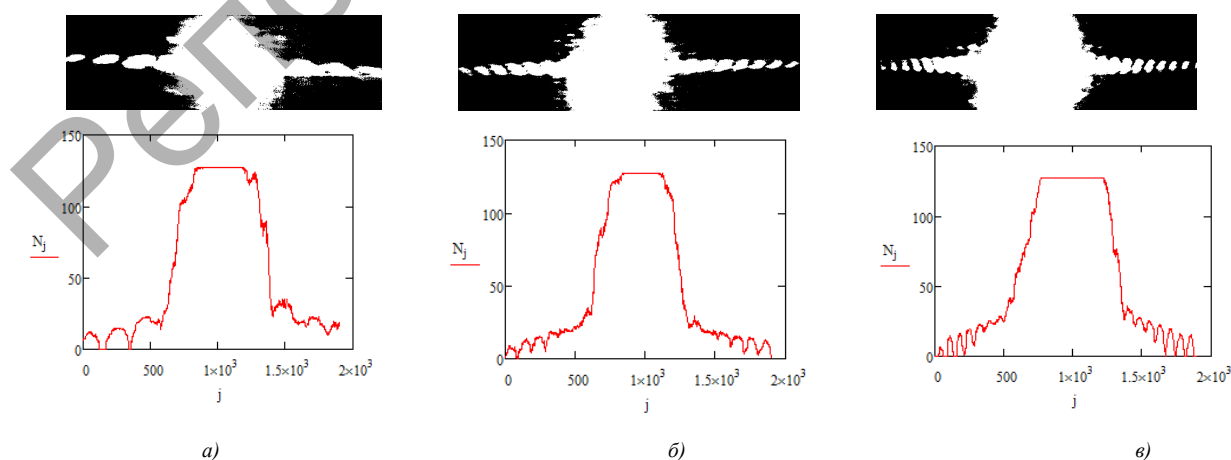


Рисунок 1 — Дифракция света на одной щели (красный луч)