

УСТРОЙСТВО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ

Сычик В.А. докт.техн.наук, профессор

УО «Белорусский национальный технический университет»
г. Минск, Республика Беларусь

Русан В.И., докт.техн.наук, профессор

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
г. Минск, Республика Беларусь

Уласюк Н.Н., кандидат наук, доцент

УО «Белорусский национальный технический университет»
г. Минск, Республика Беларусь

Для преобразования солнечной энергии в электрическую используются устройства, содержащие оптический усилитель в форме линзы Френеля и фотоэлектрический элемент, представляющий структуру в виде двух гетеродиодов, гомоперехода и туннельного диода [1, 2].

Недостатками такого типа преобразователей солнечной энергии являются невысокая выходная мощность, узкий частотный спектр оптической энергии.

Нами разработана конструкция устройства преобразования солнечной энергии в электрическую (УПСЭ) на полупроводниковых р-п структурах, в котором существенно улучшены указанные параметры.

Конструктивно УПСЭ состоит из полупроводниковой р⁺-i-n-p⁺ фоточувствительной структуры, включающей i-слой широкозонного полупроводника, n-слой широкозонного полупроводника и р-слой того же широкозонного полупроводника. На р-слое широкозонного полупроводника сформирован р⁺-слой, который размещен на металлическом основании и является омическим контактом к этому основанию. На i-слое широкозонного полупроводника сформирован сильнолегированный р⁺-слой, на котором размещен проводящий слой из прозрачного материала, одновременно являющийся просветляющим слоем. На проводящий слой, являющийся омическим контактом к р⁺-слою, нанесены внешние металлические выводы.

При воздействии квантов света на рабочую поверхность фоточувствительной структуры УПСЭ со стороны электропроводящего просветляющего слоя фотоны с энергиями $E\nu \geq E_d$, где E_d ширина запрещенной зоны широкозонного полупроводника, проходят просветляющий слой, р⁺-слой широкозонного полупроводника и достигают i-слоя собственной проводимости, в котором создают избыточную концентрацию носителей. Избыточная концентрация фотогенерированных электронов и дырок в i-слое определяется из зависимости

$$\Delta n = \beta \eta I_v \tau_n, \quad \Delta p = \beta \eta I_v \tau_p \quad (1)$$

где β - квантовый выход, η - коэффициент поглощения света в i-слое, I_v - интенсивность света, τ_n , τ_p - время жизни избыточных электронов и дырок. Фотогенерированные дырки разделяются полем второго i-n перехода фоточувствительной структуры и движутся под действием электрического поля первого р⁺-i-перехода к омическому контакту, а фотогенерированные электроны в i-слое движутся под действием электрического поля второго i-n перехода через n-слой к третьему n-p переходу фоточувствительной структуры УПСЭ.

Вследствие разделения зарядов на последовательно соединённых р⁺-i и i-n переходах возникает суммарное фото ЭДС U_d , максимальное значение которой при холостом ходе

$$U_d = \frac{kT}{e} \ln(I_{\phi} / I_s), \quad (2)$$

и течёт ток через i-n переход, обусловленный оптически генерированными электронами и дырками

$$I_s = I_s \left[\exp \frac{eU_d}{kT-1} \right] - I_{\phi} \quad (3)$$

Здесь I_{ϕ} - максимальная плотность фототока, соответствующая данной освещенности; I_s - ток насыщения n-p перехода.

В общем случае при заданной интенсивности света фототок, обусловленный избыточными носителями заряда с концентрациями Δn и Δp , определяется выражением:

$$I_{\phi} = e(\Delta n \mu_n + \Delta p \mu_p) U_d \quad (4)$$

Напряжение U_d прямой полярности и градиент концентрации носителей в n-слое широкозонного полупроводника обеспечивает инжекцию электронов из n-слоя через третий резкий n-p переход в p-слой причем плотность тока через него при последовательном соединении всех трех переходов фоточувствительной структуры одинакова и равна значению тока I_s . Величина фото ЭДС определяется суммарной высотой потенциальных барьеров первого p⁺-i и второго i-n переходов и составляет величину (0,8÷1,0) В.

Создано экспериментальное устройство - полупроводниковый преобразователь солнечной энергии в электрическую размером 48 x 48 мм, который может использоваться как элемент-модуль солнечной электростанции. Устройство выполнено структурой p⁺-i Si резкий переход n-p Si резкий переход с омическими контактами из светопроводящего прозрачного окисла олова.

Экспериментальный полупроводниковый преобразователь солнечной энергии размером полезной площади 48 x 48 мм при интенсивности солнечного излучения $P_{\Sigma} = 65 \text{ мВт/см}^2$ позволяет получать рабочий ток $I = 0,32 \text{ А}$, рабочее напряжение 0,9 В, полезную выходную мощность $P_{\text{вых}} = 0,3 \text{ Вт}$. Рабочая температура $T_p = 20^{\circ}\text{C}$, расчётная надёжность безотказной работы УПСЭ составляет 10^5 часов. Для прототипа аналогичных размеров эти параметры соответственно составляют: $I = 0,21 \text{ А}$, $P_{\text{вых}} = 0,15 \text{ Вт}$, $T_p = 25^{\circ}\text{C}$ и надёжность работы не выше $2 \cdot 10^4$ часов.

На базе созданного УПСЭ при использовании матрицы элементов может быть изготовлена солнечная батарея электрической энергии больших мощностей, используемая как автономный источник электроэнергии в стационарных, подвижных и космических объектах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент России RU 02122259, МКИ⁷ Н 01L 31/18.
2. Патент США 4191593, МКИ⁵, Н01L 31/06, 1990.

УДК 681.3

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

Сычик В.А. докт. техн. наук, проф., Уласюк Н.Н., канд. техн. наук, доц.

УО «Белорусский национальный технический университет»

г. Минск, Республика Беларусь

Шумило В.С., кандидат наук, доцент

ЗАО «Атлант» г. Минск, Республика Беларусь

Для использования энергии солнца находят применение преобразователи солнечной энергии в электрическую, в состав которых входят фоточувствительные структуры, включающие p-n переходы, из высокоомных элементов типа A_3B_5 . Однако, такие преобразователи обладают существенными недостатками: невысокой выходной мощностью и высоким сопротивлением растекания носителей.

Созданная нами конструкция полупроводникового преобразователя солнечной энергии (ППСЭ) обладает улучшенными электрофизическими параметрами.

Конструктивно ППСЭ состоит из полупроводниковой p⁺-p-i-n⁺ фоточувствительной структуры, включающей p⁺-слой широкозонного полупроводника (подложка), на которой последовательно размещен i-слой собственной проводимости, p-слой и p⁺-слой, которые