

Изобретение относится к электротехнике и касается твердотельного фотогальванического элемента для преобразования энергии света в электрическую энергию.

Известны твердотельные фотогальванические элементы для преобразования энергии света в электрическую энергию, представляющие собой сэндвич-структуры, включающие слои монокристаллического неорганического полупроводника и электропроводящего органического полимера, к которым подведены металлические контакты [1]. В качестве монокристаллического неорганического полупроводника в указанных элементах используют кремний n- или p-типа, а в качестве электропроводящего органического полимера - полиацетилен, допированный пентафторидом мышьяка, иодом или калием.

Недостатком известных элементов является их очень малая эффективность в процессе преобразования световой энергии в электрическую, характеризующаяся КПД менее 10%, и низкая стабильность используемых в них электропроводящих органических полимеров на воздухе.

Известен твердотельный фотогальванический элемент, выбранный в качестве прототипа на основе сэндвич-структуры - (электропроводящий полимер) - пленка золота, где в качестве электропроводящего полимера используют полиацетилен, допированный иодом.

Недостатком предложенного элемента является его малая эффективность в процессе преобразования световой энергии в электрическую энергию, характеризующаяся КПД равным $3 \cdot 10^{-4}\%$ и ухудшение его параметров в процессе хранения.

Задачей данного изобретения является усовершенствование элемента путем введения нового электропроводящего полимера, повышающее его эффективность в процессе преобразования энергии света в электрическую энергию и стабильность в процессе хранения и эксплуатации.

Поставленная задача решается тем, что, согласно изобретению, твердотельный фотогальванический элемент представляет собой сэндвич-структуру, включающую монокристаллический полупроводник - кремний с n-типа проводимостью, электропроводящий органический полимер - поли-N-эпоксипропилкарбазол (ПЭПК), допированный пентахлоридом сурьмы с толщиной слоя 200-600 Å и полупрозрачную пленку золота.

Новым является - использование в качестве электропроводящего органического полимера - поли-N-эпоксипропилкарбазола, допированного пентахлоридом сурьмы.

Схематическое изображение заявляемого фотогальванического элемента представлено на чертеже, где 1 - монокристалл кремния с n-типа проводимостью; 2 - галлий-индиевая эвтектика; 3 - вывод из медной проволоки; 4 - поли-N-эпоксипропилкарбазол, допированный пентахлоридом сурьмы; 5 - тонкий слой золота; V - вольтметр.

Сущность изобретения поясняется следующими примерами.

Пример 1. Твердотельный фотогальванический элемент готовят путем нанесения слоя поли-N-эпоксипропилкарбазола на поверхность монокристаллического кремния n-типа с ориентацией (111) и удельным сопротивлением $4 \text{ Ом} \cdot \text{см}$. С этой целью на тыльную сторону кристалла n-Si, площадью 1 см^2 , наносят омический контакт с использованием индий-галлиевой эвтектики, который снабжают выводом из медной проволоки и всю эту сторону кристалла покрывают эпоксидной смолой. Лицевую свободную грань кремния травят трижды, в 48%-ном водном растворе HF в течение 20 сек, промывают дистиллированной водой и сушат на воздухе. Затем, приготовленный таким образом электрод, погружают в раствор поли-N-эпоксипропилкарбазола в бензоле с концентрацией $5,0 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л}$ ($0,055 \text{ г}$ полимера с молекулярным весом 1100, растворяют в 10 мл бензола квалификации "хч"), выдерживают в растворе 15 сек, вынимают и сушат на воздухе. Процесс допирования пленки поли-N-эпоксипропилкарбазола, нанесенный на кремний, осуществляют путем погружения электрода на 10 сек в раствор пентахлорида сурьмы в ацетонитриле (концентрация SbCl_5 равна $5,6 \cdot 10^{-2} \text{ моль/л}$), затем электрод промывают ацетонитрилом и сушат на воздухе. Эту операцию проводят три раза. В результате допирования полимера пентахлоридом сурьмы бесцветная пленка ПЭПК приобретает зеленую окраску, а в спектре поглощения появляется полоса с максимумом 800 нм, принадлежащая катион-радикальному карбазольному хромофору. Спектр поглощения допированного ПЭПК снимают на спектрофотометре "Specord UV VIS", при этом пленку полимера наносят на кварцевую оптически прозрачную пластину и допируют описанным выше путем. Толщина пленки допированного ПЭПК на поверхности кремния

составляет порядка 200 Å , а ее удельная электропроводность равняется $6 \cdot 10^{-5} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$, которую определяют по стандартной методике с использованием четырехточечного зонда. На поверхность пленки допированного полиэпоксипропилкарбазола методом термовакuumного напыления наносят полупрозрачную пленку золота

толщиной 100 Å и с помощью серебряной пасты подводят вывод из медной проволоки. В результате проведенных операций получают фотогальванический элемент с сэндвич-структурой n-Si/ПЭПК (допированный SbCl_5)/Au, схематическое изображение которого представлено на чертеже. Основные характеристики данного элемента определяют с помощью вольтметра В7-21 и потенциостата ПИ-50-1 при облучении светом лампы накаливания КГМ-24В, 150 Вт через стеклянные светофильтры СЗС-24 с интенсивностью падающего света $21,2 \text{ мВт/см}^2$. Полученные значения напряжения холостого хода ($U_{\text{хх}}$), тока короткого замыкания ($I_{\text{кз}}$), фактора заполнения (η) и КПД приведены в табл.1.

Пример 2. Фотогальванический элемент готовят как в примере 1 с той лишь разницей, что в качестве полимерного слоя используют недопированный поли-N-эпоксипропилкарбазол, т.е. исключают стадию допирования полимера SbCl_5 . Полученные значения $U_{\text{хх}}$ и $I_{\text{кз}}$ приведены в табл.1.

Пример 3. Твердотельный фотогальванический элемент, приготовленный по примеру 1, хранят в течение 12 месяцев на воздухе и затем измеряют его характеристику ($U_{\text{хх}}$ и $I_{\text{кз}}$) при облучении светом лампы накаливания КГМ-24В, 150 Вт через стеклянные светофильтры СЗС-24 с интенсивностью падающего света $21,2 \text{ мВт/см}^2$. Полученные результаты приведены в табл.1.

Пример 4. Твердотельный фотогальванический элемент, приготовленный по примеру 1, облучают как в примере 3 в течение 98 ч и затем измеряют его характеристики ($U_{\text{хх}}$ и $I_{\text{кз}}$), которые приведены в табл.1.

Пример 5. Твердотельный фотогальванический элемент готовят как в примере 1 с той лишь разницей, что в качестве органического карбазолсодержащего полимера используют поли-N-винилкарбазол (ПВК) с молекулярным весом 1000, характеризующегося после допирования SbCl_5 удельной электропроводностью $5 \cdot 10^{-6} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$. Полученные значения $U_{\text{хх}}$ и $I_{\text{кз}}$ приведены в табл.1.

Примеры 6-9. Твердотельные фотогальванические элементы готовят как в примере 1 с той лишь разницей, что варьируют концентрацию поли-N-эпоксипропилкарбазола в бензоле ($5,0 \cdot 10^{-2}$, $1,0 \cdot 10^{-2}$, $8,0 \cdot 10^{-3}$, $1,0 \cdot 10^{-3}$ моль/л), из которого наносят пленку полимера на поверхность кремния. Толщина пленок допированного ПЭПК на кремнии составляет 1500, 600, 400 Å. Полученные значения $U_{\text{хх}}$ и $I_{\text{кз}}$ для элементов, приготовленных в примерах 6-9, а также в примере 1, приведены в табл.2.

В табл.3 представлены основные характеристики предлагаемого твердотельного фотогальванического элемента и элемента по прототипу.

Т а б л и ц а 1

Основные характеристики элементов для преобразования энергии света в электрическую энергию

№№ приме- ра	Структура элемента	Мощность падающего света, мВт/см ²	$U_{\text{хх}}$, В	$I_{\text{кз}}$, мА/см ²	f	КПД, %
1	n-Si/ПЭПК (допиро- ванный SbCl ₅)/Au	21,2	0,405	1,2	0,50	1,2
2	n-Si/ПЭПК (не допи- рованный)/Au	21,2	0,309	$1,9 \cdot 10^{-3}$	—	—
3*	n-Si/ПЭПК (допиро- ванный SbCl ₅)/Au	21,2	0,390	1,3	—	—
4*	n-Si/ПЭПК (допиро- ванный SbCl ₅)/Au	21,2	0,395	1,2	—	—
5	n-Si/ПЭПК (допиро- ванный SbCl ₅)/Au	21,2	0,337	0,2	—	—

*) Элемент, приготовленный по примеру 3, хранился в течение 12 месяцев на воздухе.

**) Элемент, приготовленный по примеру 4, облучали 98 ч, а затем измеряли $U_{\text{хх}}$ и $I_{\text{кз}}$.

Т а б л и ц а 2

Вольтамперные характеристики твердотельных фотогальванических элементов при различных толщинах слоя электропроводящего органического полимера

№№ примера	Концентрация ПЭПК в растворе, из которо- го наносили пленку, моль/л	Толщина пленки ПЭПК, Å	$U_{\text{хх}}$, В	$I_{\text{кз}}$, мА/см ²
6	$5,0 \cdot 10^{-2}$	1500	Практически не работает	
7	$1,0 \cdot 10^{-2}$	600	0,396	0,8
8	$8,0 \cdot 10^{-3}$	400	0,395	1,0
1	$5,0 \cdot 10^{-3}$	200	0,405	1,2
9	$1,0 \cdot 10^{-3}$	—	0,400	$3,2 \cdot 10^{-4}$

Таблица 3

Основные характеристики предлагаемого элемента и элемента по прототипу

Элемент	Структура элемента	Мощность падающего света, мВт/см ²	U _{хх} , В	I _{кз} , мА/см ²	f	КПД, %
Предлагаемый	n-Si/ПЭПК (допированный SbCl ₅)/Au	21,2	0,405	1,2	0,5	1,2
Предлагаемый (после 12 месяцев хранения на воздухе)	—"	21,2	0,390	1,3	—	—
Предлагаемый (после 98 часов облучения)	—"	21,2	0,395	1,2	—	—
По прототипу	n-Si/полиацетилен (допированный иодом)/Au	66,0	0,420	1,7	0,26	3,0 · 10 ⁻⁴
По прототипу (после 24 часов хранения на воздухе)	—"	Эффективность преобразования световой энергии в электрическую уменьшилась более, чем в три раза				

