

**МНОГОСЛОЙНЫЕ СОЛНЕЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ,
ПРЕДНАЗНАЧЕННЫЕ ДЛЯ РАБОТЫ В СИСТЕМАХ
С КОНЦЕНТРАТОРАМИ ИЗЛУЧЕНИЯ****Я.Ю.ГУСЕЙНОВ, В.Д.ШУКУРОВА**
Сумгаитский Государственный Университет

На основе проделанной работы установлено, что путем естественного водяного охлаждения системы, состоящей из фотоэлементов на специальной конструкции, можно добиться значительного увеличения эффективности солнечных батарей. Используя водяное охлаждение, можно добиться увеличения КПД фотоэлементов приблизительно на 1%.

Полученные экспериментальные данные во многих научно-технологических центрах мира свидетельствуют о том, что газ и солнце являются основными и экологически чистыми источниками энергии ближайшего будущего. Речь идет не только об использовании природного газа, но и об искусственном получении из солнечной энергии различного вида жидкого или газообразного топлива. В качестве наиболее вероятного “партнера” солнечной энергетики (гелиоэнергетики) рассматривается водород. Его получение с использованием солнечной энергии, например, путем электролиза воды, может быть достаточно дешевым, а сам газ, обладающий высокой теплотворной способностью, легко транспортировать в другие регионы или длительно хранить для последующего использования.

В настоящее время, аналогичные научно-технологические программы по созданию и эксплуатации гелиоэнергетических установок – солнечных и солнечно – газовых электростанций приняты более чем в 70 странах мира – от северной Скандинавии до южных пустынь Африки.

Быстрое развитие гелиоэнергетики стало возможным благодаря снижению стоимости фотоэлектрических преобразователей /1/.

До недавнего времени солнечные батареи изготавливались на основе относительно дорогого монокристаллического кремния. Снижение стоимости исходного кремния, прогрессивные технологии изготовления солнечных элементов позволили в несколько раз снизить стоимость сегодняшних солнечных батарей. Вторым направлением по дальнейшему снижению стоимости солнечной электроэнергии является осуществление преобразования концентрированного солнечного излучения.

В связи с этим, возрастают требования, предъявляемые к солнечным преобразователям, способным работать при многократных концентрациях солнечного облучения. В настоящей работе приводятся результаты исследований характеристик фотоэлектрического преобразователя на основе кремния, работающего при многократной концентрации солнечного облучения.

Поперечное сечение солнечного фотоэлемента представлено на рис.1. Солнечное излучение поступает со стороны алюминиевой сетки с прозрачностью около 90%. Для уменьшения отражения на поверхности фотоэлемента сформировано просветляющее покрытие из SiO_2 толщиной $\sim 0,05\text{ мкм}$. Изготовленный образец фотоэлемента имеет квантовый выход на уровне известных аналогов в мире. В рабочем режиме обратный контакт фотоэлемента соединяется с периферийным лицевым электродом для уменьшения последовательного внутреннего сопротивления прибора.

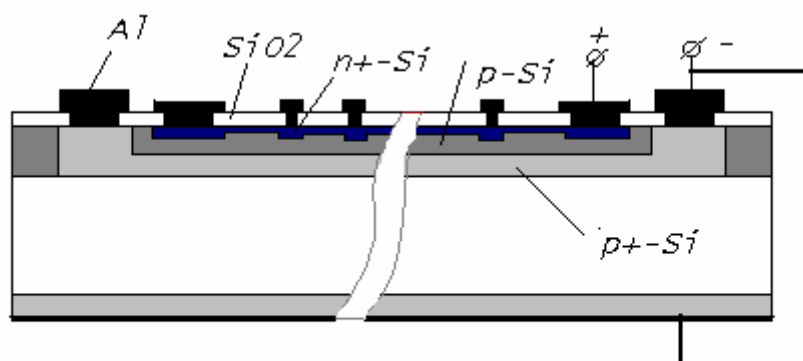


Рис.1. Сечение кремниевого фотоэлемента с высокой эффективностью преобразования солнечной энергии (подложка – 12 Ом x см, 300 мкм)

Рабочая поверхность элементов текстурирована, ориентация пластин кремния $\langle 100 \rangle$, тыльная поверхность гладкая, контакты на рабочей поверхности - сетчатые, полученные нанесением металлических паст методом трафаретной печати.

Проблема создания эффективных фотопреобразователей концентрированного солнечного излучения включает в качестве основной задачи выбор наиболее выгодного исходного полупроводника, что требует пересмотра выводов, полученных теоретически при исследовании фотопреобразователей для обычного однократного солнечного излучения. Для конкретных конструкций фотопреобразователей существует предельный физический КПД, включающий максимально возможный коэффициент собирания носителей /2/.

На рис.2 приведено семейство ВАХ фотоэлемента при различных кратностях концентрации падающего излучения начиная с 1 до 10, измеренных при различных температурах системы пластина – радиатор. Кратности 1 соответствует общепринятое значение падающей мощности излучения спектра AM1,5 равная – 1000 Вт/м^2 . В таблице 1 приведены рассчитанные из ВАХ параметры исследуемого преобразователя. Аналогичные данные для структуры при постоянной температуре 15°C приведены на рис.3 и таб.2 соответственно. Исследуемая структура площадью $S = 5 \text{ см}^2$, располагалась на радиаторе с активной охлаждающей поверхностью равной 50 см^2 . Выбор радиатора был произвольный и соответствовал режиму максимального рассеяния тепла с сохранением стабильной температуры. Из таб.1 видно, что увеличение концентрации солнечной радиации приводит к естественному повышению температуры элемента. При $K=10$ температура достигало примерно 50°C . При производстве элементов, предназначенных для работы с концентраторами излучения, первоочередное значение приобретает разработки технологии изготовления приборов с минимально возможным последовательным сопротивлением - R_s . С учетом работы при относительно больших токах, и исключения возможного влияния сопротивления токосъемных коллекторов на характеристики активного элемента, были использованы короткие медные провода большого сечения, сопротивление которых не превышало $0,01 \text{ Ом}$.

Из рис.2 видно, что с увеличением кратности облучения наблюдается монотонный рост фототока. Однако напряжение холостого хода ($U_{\text{хх}}$) растет, достигнув максимума при кратности $K=4$, а далее уменьшается, достигнув значения $U_{\text{хх}}$ меньшего, чем для $K=1$. Аналогичная картина наблюдается и для других характеристик элемента; коэффициента заполнения (FF) и КПД. При этом наблюдается значительное улучшение последовательного сопротивления R_s (см. таб. 1).

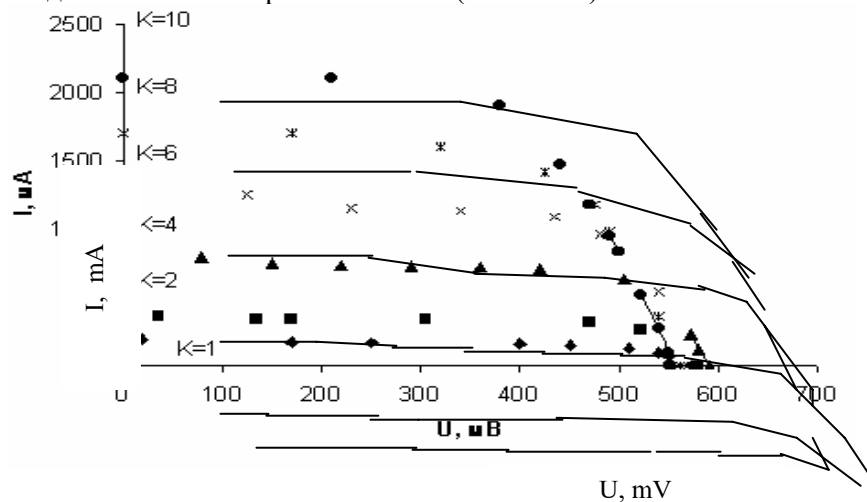


Рис.2 Вольт-амперная характеристика солнечного элемента при обычных условиях

Как отмечалось выше, с увеличением кратности облучения повышалась температура структуры. С целью исключения влияния температуры на характеристики фотопреобразователя, аналогичные измерения были проведены с естественным водяным охлаждением системы – то есть за счет конвекции воды. На рис.3 приведено семейство ВАХ того же фотоэлемента при различных кратностях концентрации падающего излучения измеренных при температуре 15°C. В таб.2 приведены параметры преобразователя в новых условиях.

Таблица 1

Характеристические данные СЭ в обычных условиях

K	I _{max} , mA	V _{max} , mV	FF, %	η, %	t, °C	R _s , Ω
1	190	567	63	14,7	25	0,152
2	360	580	70	15,8	31	0,108
4	790	590	69	17,4	36	0,056
6	1250	579	65	17,0	41	0,040
8	1700	560	63	16,2	46	0,044
10	2100	550	62	15,5	50	0,036

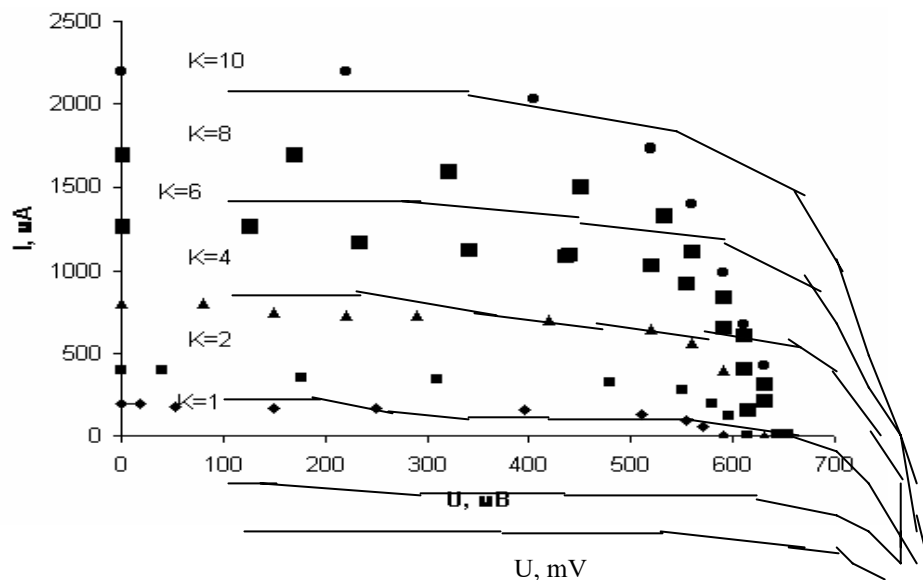


Рис.3 Вольт-амперная характеристика солнечного элемента при температуре 15°C

Таблица 2

Характеристические данные СЭ при температуре 15⁰С

K	I _{max} , mA	V _{max} , mV	FF, %	η, %	t, °C	R _s , Ω
1	190	590	58	14,1	15	0,242
2	400	615	62	16,4		0,122
4	800	631	67	18,3		0,074
6	1260	645	66	19,3		0,064
8	1700	650	64	19,1		0,046
10	2200	652	63	18,7		0,052

Видно, что с увеличением кратности облучения наблюдается рост фототока. Росту подвержены также U_{хх}, КПД и FF. Как и в первом случае наблюдается улучшение R_s характеристики системы.

Солнечные элементы и батареи данной структурой смогут найти применение и во многих индустриальных приложениях, например, при питании различных беспроводных датчиков или портативных контрольно-измерительных приборов, пультов управления. Обладая эффективностью более 17%, эти солнечные элементы при небольших отбираемых мощностях способны значительно продлить срок службы батарей, не занимая при этом больших объемов в корпусах аппаратуры.

Таким образом, на основе проделанной работы приходим к заключению, что путем естественного водяного охлаждения системы, состоящих из фотоэлементов на специальной конструкции можно добиться к значительному увеличению эффективности солнечных батарей. Используя водяное охлаждение можно добиться к увеличению КПД элементов приблизительно на 1%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Səfərov N.Ə., Cəfərova E.Ə., Tapdıqov E.S., Əlixanova Ş.Ə. Günəş batareyalarının maya dəyəri və bu dəyəərə uyğun xidmət müddəti. Azərbaycan Respublikası Prezidenti H.Ə.Əliyevin 80-illik yubileyinə həsr olunmuş elmi konfrans., Bakı, 2003, səh.100
2. Арбузов Ю.Д., Евдокимов В.М. Принципы и перспективы фотоэлектрического преобразования энергии концентрированного солнечного излучения // Гелиотехника.- 1993.- №1.- с. 3-22.

İŞIQ KONSENTRATORLU SISTEMLƏRDƏ İŞLƏMƏK ÜÇÜN NƏZƏRDƏ TUTULAN ÇOXTƏBƏQƏLİ GÜNƏŞ ELEMENTLƏRİ

Y.Y.HÜSEYNOV, V.D.ŞÜKÜROVA

ANNOTASIYA

Görülmüş işlər əsasında müəyyən edilmişdir ki, xüsusi konstruksiyalı fotoelementlərdən ibarət sistemin təbii olaraq su ilə soyudulması nəticəsində günəş batareyalarının effektivliyinin artmasına nail olmaq mümkündür. Su ilə

soyutmadan istifadə edərək fotoelementlərin FİƏ – nın əlavə olaraq təxminən 1% artmasını təmin etmək olur.

**MULTILAYERED SOLAR CELLS AND ITS APPLICATION IN THE
CONCENTRATED SUNLIGHT**

Y.Y.QUSEYNOV, V.D.SHUKUROVA

ABSTRACT

On the basis of the done work it is established that, by natural water cooling system consisting of photo cells on a special design it is possible to achieve to substantial growth of efficiency of solar batteries. Using water cooling it is possible to achieve to increase in efficiency of photo cells approximately on 1 %.