

**ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ
И ПРАКТИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ УКРАИНЫ
ФОТОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МОДУЛЯ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ,
РАЗРАБАТЫВАЕМОГО КАФЕДРОЙ ФМЭГ**

Актуальность разработки

Согласно современным экспертным оценкам не менее 12 % производства электроэнергии к 2020 году должно быть обеспечено в странах ЕС за счет фотоэлектрoэнергетики. Для Украины эта проблема особо актуальна, поскольку важнейшая составляющая ее национального богатства – солнечная энергия - в своем поступлении за год превышает энергию всех украинских запасов минеральных и расщепляющегося топлив. В настоящее время с целью решения указанной проблемы расширяется производство отечественных кристаллических однопереходных кремниевых фотоэлектрических преобразователей (ОП Si-ФЭП) с горизонтальной диодной структурой (см. Рис. 1.2, Рис. 1.4) и разрабатываются новые для соответствующей отечественной отрасли монокристаллические многопереходные кремниевые фотоэлектрические преобразователи МП Si-ФЭП с ВДЯ.

Последние обладают рядом практически важных преимуществ по сравнению с ОП Si-ФЭП], среди которых наиболее существенными являются упрощенная технология изготовления и возможность обеспечения КПД более 20 % в условиях высококонцентрированного солнечного излучения (ВКСИ). При их крупносерийном производстве и широкомасштабном применении указанное позволит получать солнечную электроэнергию по цене около 0,1 грн. за кВт·час.

Поэтому нами впервые была предложена концепция и проводится практическая разработка фотоэнергетического модуля нового поколения (ФМНП) на основе солнечной минибатареи (СМБ) из МП Si-ФЭП с усовершенствованными ВДЯ, находящейся в стационарном магнитном поле постоянного магнита и предназначенной для работы в условиях ВКСИ.

Физико-технические особенности модуля

Разрабатываемый ФМНП предназначен для высокоэффективного преобразования поступающей на его фотоприемную поверхность энергии ВКСИ не только в электрическую, но и в низкопотенциальную тепловую. Согласно хорошо известным экспертным оценкам это является значительно более выгодным способом автономного энергообеспечения бытовых потребностей по сравнению с отдельным использованием для их удовлетворения фотоэлектрических солнечных батарей и тепловых коллекторов.

Схематически изображенный на Рис. 1.10 ФМНП содержит в своем составе СМБ из МП Si-ФЭП с ВДЯ и коэффициентом полезного действия η_1 , обеспечивающую получение годового количества электроэнергии W_1 , а также сопряженный с СМБ теплообменник, который оставшуюся часть энергии ВКСИ преобразует в низкопотенциальную тепловую энергию (годовое количество W_2) с коэффициентом полезного действия η_2 . Концентрирующее устройство, обеспечивающее поступление ВКСИ на фотоприемную поверхность ФМНП, не показанное на этом рисунке, относится к разряду широко используемых зеркальных факетных концентраторов с 2D-поворотным приводом для слежения за Солнцем (см., например, Рис. 1.6, б).

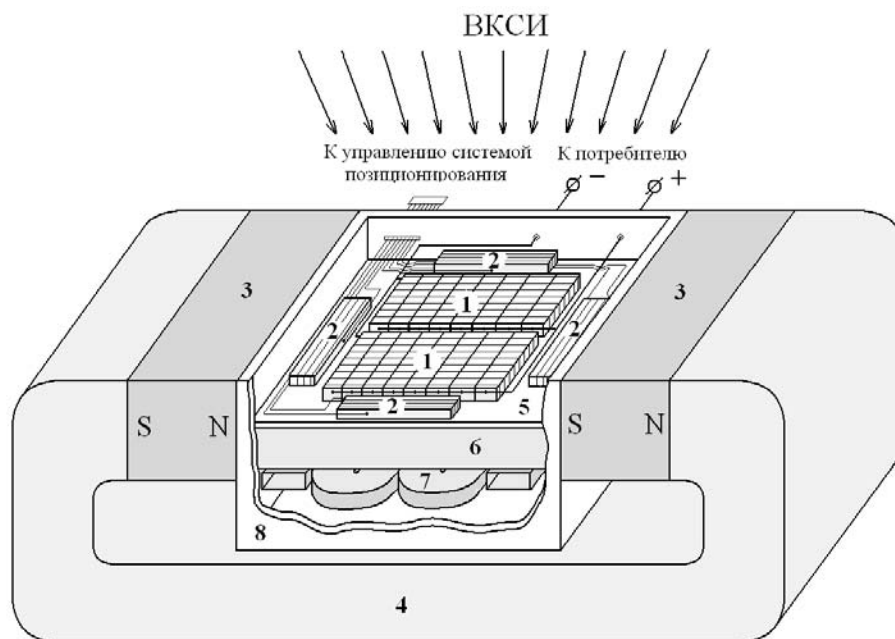


Рисунок 1.10 - Схематическое изображение фотоэнергетического модуля: 1 – солнечная минибатарея; 2 - энергонезависимые фотоэлектрические датчики; 3 - постоянные магниты; 4 – магнитопровод; 5 - теплопроводящая диэлектрическая прослойка; 6 - основание теплообменника; 7 – контур с теплоносителем; 8 – теплоизолирующий кожух

Принципиальными отличительными физико-техническими особенностями ФМНП являются:

1) использование в составе МП Si-ФЭП вертикальных диодных ячеек нового поколения с ИТО-рефлекторами, обеспечивающей устранение потерь энергии фотоактивной компоненты солнечного излучения на нефотоактивное поглощение вертикальными границами ВДЯ и существенное снижение зависимости η_1 от угла α падения света на фотоприемную поверхность МП Si-ФЭП;

2) применение МП Si-ФЭП с ВДЯ со специально существенно усиленной зависимостью напряжения холостого хода от угла α в качестве энергонезависимых датчиков солнечного излучения для управления системой позиционирования модуля относительно прямого потока солнечного излучения;

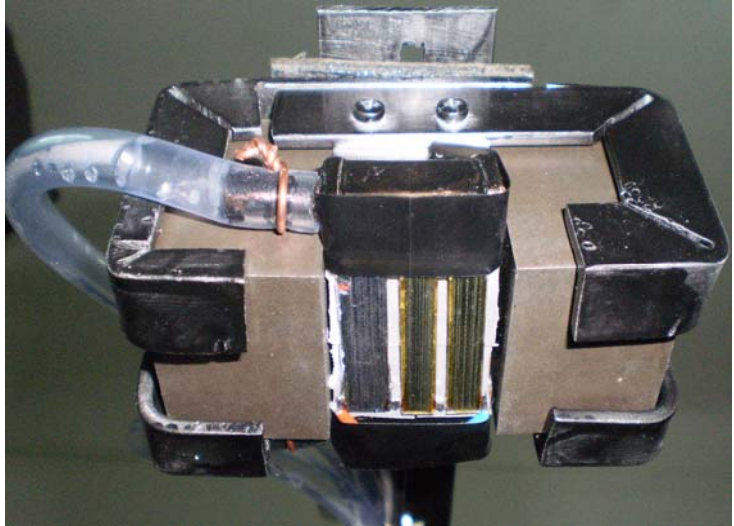
3) наличие в зоне размещения СМБ достаточно сильного стационарного магнитного поля, обеспечиваемого системой постоянных магнитов и дополнительно повышающего величину η_1 .

Эти особенности ФМНП обуславливают его рекордно высокое значение η_1 , а следовательно и заметно повышенный интегральный коэффициент полезного действия η , что в конечном счете позволяет получать значительный выигрыш в полной энергии $W = W_1 + W_2$, отдаваемой потребителю.

К настоящему моменту изготовлен уменьшенный по габаритам лабораторный макет модуля с зеркальным фацетным концентратором для отработки на нем технических деталей КТР разрабатываемой полномасштабной СФЭУ. Макет этой СФЭУ (без 2D-поворотного привода для слежения за Солнцем) и собственно ФМНП показаны на Рис. 1.11.



а



б

Рисунок 1.11 – Лабораторный масштабированный макет СФЭУ (*а*) с фотоэнергетическим модулем нового поколения на основе МП Si-ФЭП с ВДЯ (*б*)

Расчетные предельные возможности модуля на территории Украины

Принятые для расчета исходные данные:

$P_{II}^* = 925 \text{ Вт/м}^2$ (г. Ялта, июнь, 11.00-13.00 киевского времени);
 $\eta_1 = 26 \%$; $\eta_2 = 65 \%$ (КПД промышленных тепловых коллекторов);
 максимальная электрическая мощность, отдаваемая потребителю,
 $P_{ФМНП} = 0,5 \text{ кВт}$;
 степень концентрации солнечного излучения $K_{II} = 500$;
 коэффициент оптического отражения от серебряных зеркал $r_K = 0,85$.

Полученные расчетные результаты:

площадь апертуры зеркальным фацетного концентратора $S_{AK} \approx 2,75 \text{ м}^2$,
 что соответствует планарным размерам $1,7 \text{ м} \times 1,7 \text{ м}$;
 площадь солнечной минибатареи $S_{СМБ} \approx 55 \cdot \text{см}^2$;
 расход монокристаллического кремния $m_{Si} \approx 13 \text{ г}$;
 годовое количество полученной электроэнергии $W_1 \approx 820 \text{ кВт} \cdot \text{час}$;
 годовое количество полученной тепловой энергии $W_2 \approx 1518 \text{ кВт} \cdot \text{час}$;
 полное годовое количество полученной энергии $W \approx 2338 \text{ кВт} \cdot \text{час}$;
 интегральный максимальный КПД модуля с концентратором $\eta = 63 \%$.

При использовании десяти СФЭУ с ФМНП будет сэкономлено 2,5 тыс. м³ природного газа либо 2 тонны нефти или дизельного топлива, либо 3,8 тонны каменного угля, доставка которых в Крым требует дополнительных расходов.

По сравнению с двумя отечественными кремниевыми солнечными модулями модели KV-185 производства ПАО «Квазар» с суммарной фотоприемной поверхностью 2,50 м² разрабатываемая СФЭУ с апертурой концентратора площадью 2,75 м² способна вырабатывать в течение года на 340 кВт·часов больше электрической энергии. При этом 1 Вт установленной электрической мощности разрабатываемого ФМНП будет стоить предположительно на 33 % меньше, чем в случае кремниевых солнечных модулей модели KV-185, изготавливаемых ПАО «Квазар» (г. Киев).