«Организация серийного производства нового поколения солнечных фотоэлектрических установок с использованием нанотехнологий»

Физико-технический институт им.А.Ф.Иоффе РАН

РОСНАНО

ПРОЕКТ «РОССОЛ»

«Организация серийного производства нового поколения солнечных электрических установок с использованием нанотехнологий»

Разработчик технологии: Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН

Наблюдательный совет РОСНАНО одобрил участие Корпорации в проекте

Цель проекта: Организация производства высокоэффективных солнечных фотоэнергоустановок (СФЭУ) на основе наногетероструктурных фотоэлектрических преобразователей и концентраторов солнечного излучения с системами слежения за положением Солнца.

2010 – 2012 гг. Опытно-промышленное производство, включая выпуск наногетероструктур, чипов фотопреобразователей, концентраторных фотоэлектрических модулей и солнечных концентраторных фотоэлектрических установок на суммарную установленную мощность 10 МВт в год.

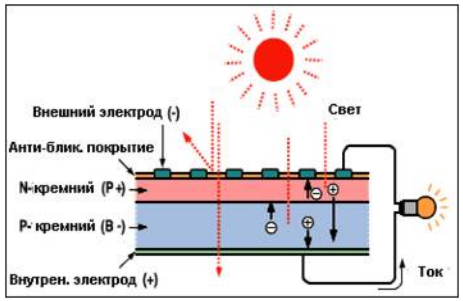
2013 – 2015 гг. Серийное производство солнечных концентраторных фотоэлектрических установок на суммарную установленную мощность 85 МВт в год.

Физико-технический институт им.А.Ф.Иоффе РАН

РОСНАНО

Развитие технологий производства солнечных элементов

1ое поколение: Кристаллический Кремний



Объем рынка (2008): 33,4 млрд. $

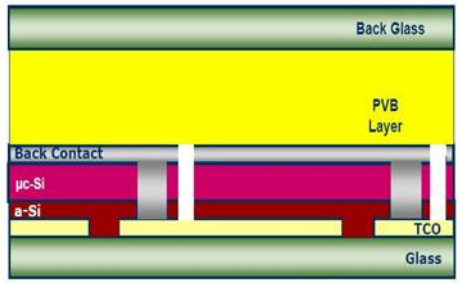
Эффективность монокристаллических модулей

Min: 12,1%	Сред.: 13,8%	Макс.: 19,3%

Эффективность мультикристаллических модулей

Min: 11,1%	Сред.: 13,2%	Макс.: 14,2%

2ое поколение: Тонкие пленки



Объем рынка (2008): 7,1 млрд. $

Эффективность модулей на основе аморфного кремния

Лаб.: 13%	Коммерч.: 8,5%

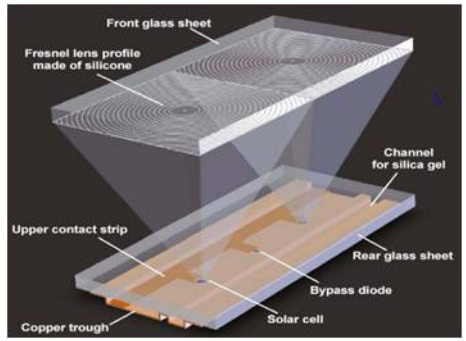
Эффективность модулей на основе кадмий-теллур

Лаб.: 16,5%	Коммерч.: 10,6%

Эффективность модулей на основе селенидов (CIGS)

Лаб.: 19,9%	Коммерч.: 11,8%

3ое поколение: Гетероструктуры (концентраторы)



Объем рынка (2008): 341 млн. $

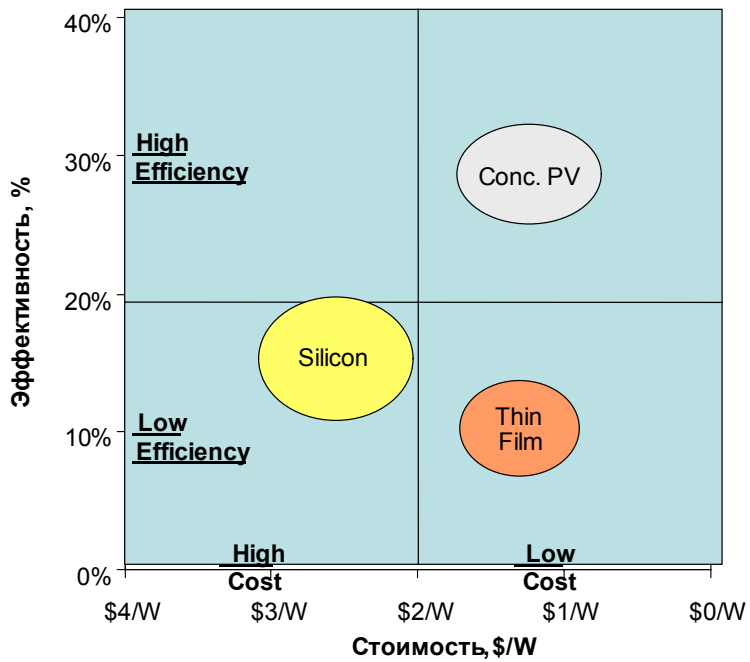
Эффективность гетероструктурных чипов

Лаб.: 41,6%	Коммерч.: 37%

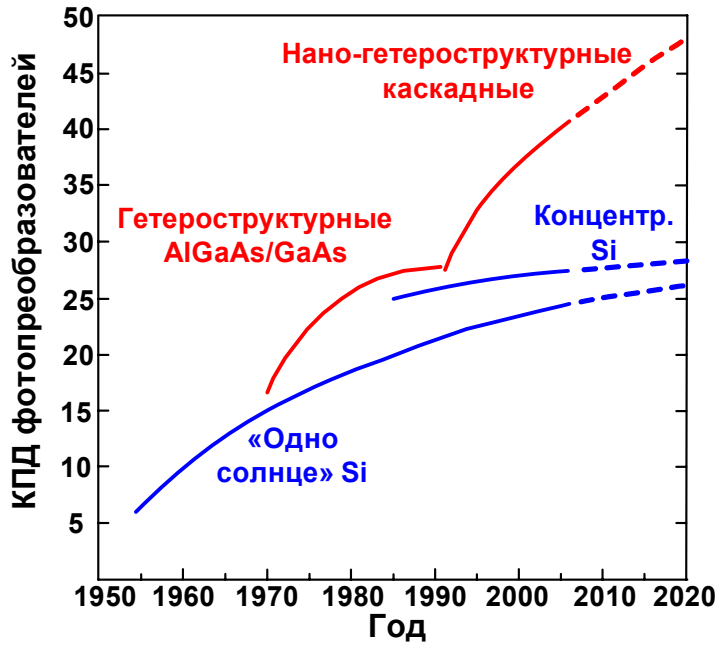
Эффективность модулей на основе концентраторных фотоэлементов

Min: 20%	Сред.: 23%	Макс.: 28%

Концентраторные солнечные энергоустановки на основе каскадных фотопреобразователей обеспечивают наивысшую эффективность и низкую стоимость фотоэлектрического преобразования солнечной энергии



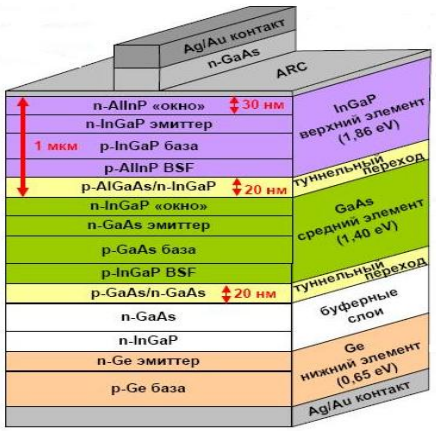
Прогнозная (2010- 2020 годы) карта распределения технологий фотоэлектрических модулей по соотношению «КПД-стоимость»:
- “Silicon” – традиционные кремниевые батареи,
- “Thin Film” – тонкопленочные батареи,
- “Conc. PV” – концентраторные батареи с каскадными фотопреобразователями

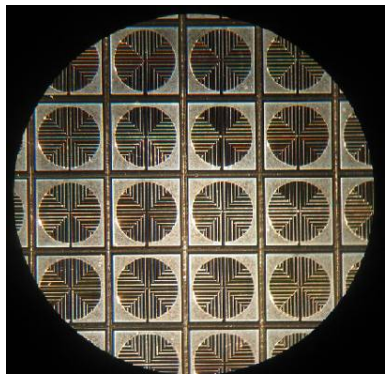


Динамика увеличения КПД фотопреобразователей на основе кристаллического кремния и наногетероструктур

Производственная цепочка проекта РОССОЛ

Изготовление эпитаксиальных структур → **Изготовление фотоэлектрических преобразователей** → **Изготовление панелей линз Френеля и модулей** → **Сборка концентраторных фотоэлектрических энергоустановок**





- Подготовка Ge-подложек
- Эпитаксиальный рост наногетероструктуры Ge/GaAs/GaInP каскадного фотопреобразователя

- Фотолитография
- Напыление контактов
- Нанесение покрытий
- Разделение на чипы

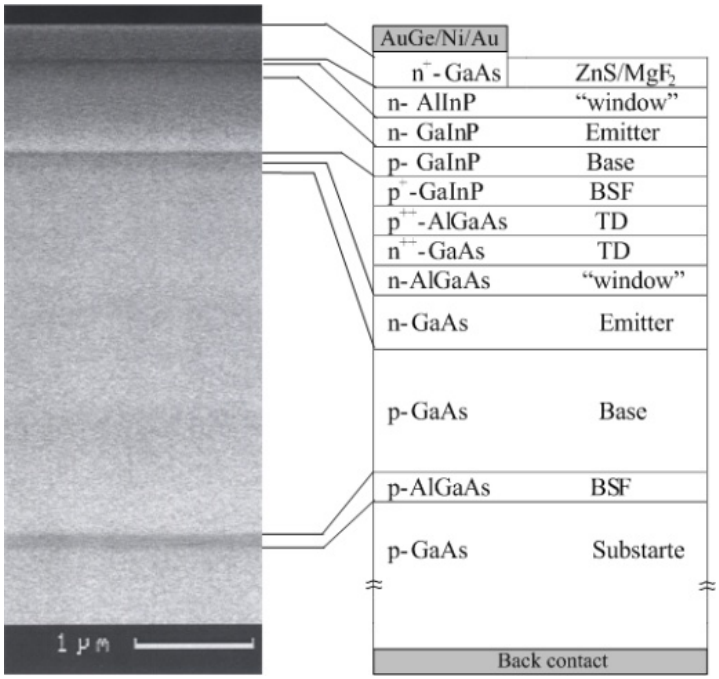
- Изготовление линзовых панелей
- Сборка электро-генерирующих оснований
- Сборка модулей

- Изготовление системы слежения
- Изготовление и сборка энергоустановок

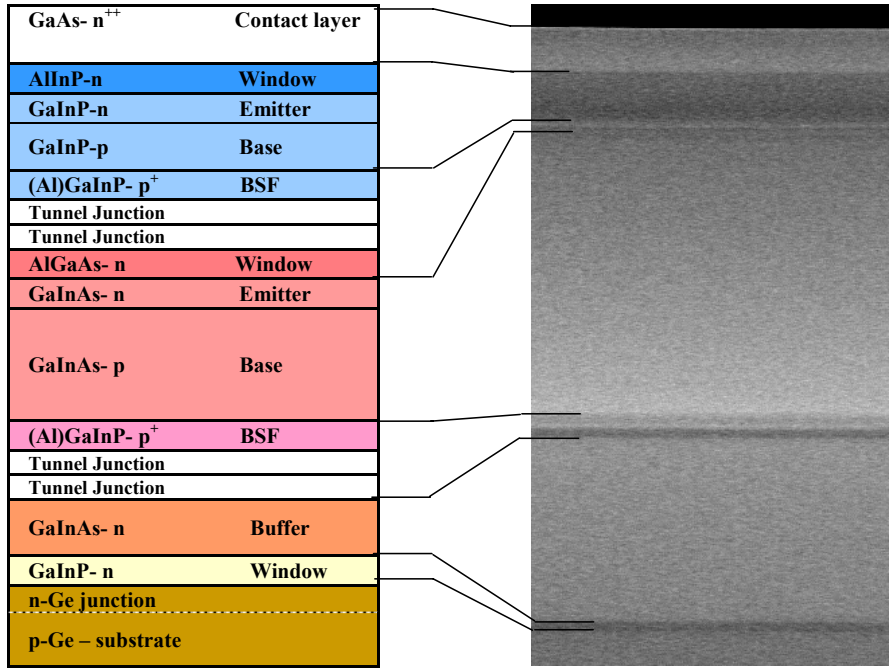
Физико-технический институт им.А.Ф.Иоффе РАН

РОСНАНО

Наногетероструктура трехпереходного каскадного солнечного фотопреобразователя обеспечивает КПД > 37% при концентрировании солнечного излучения до 1000 «солнц»



GaInP/GaAs наногетероструктура двухпереходного каскадного фотопреобразователя



GaInP/GaAs/Ge наногетероструктура трехпереходного каскадного фотопреобразователя

Толщины отдельных слоев 20-70 нм при общей толщине гетероструктур 5-7 мкм

Солнечные концентраторные фотоэнергоустановки с использованием наногетероструктурных фотопреобразователей

Солнечная концентраторная фотоэнергоустановка с системой слежения за солнцем

В концентраторных солнечных энергоустановках использованы:

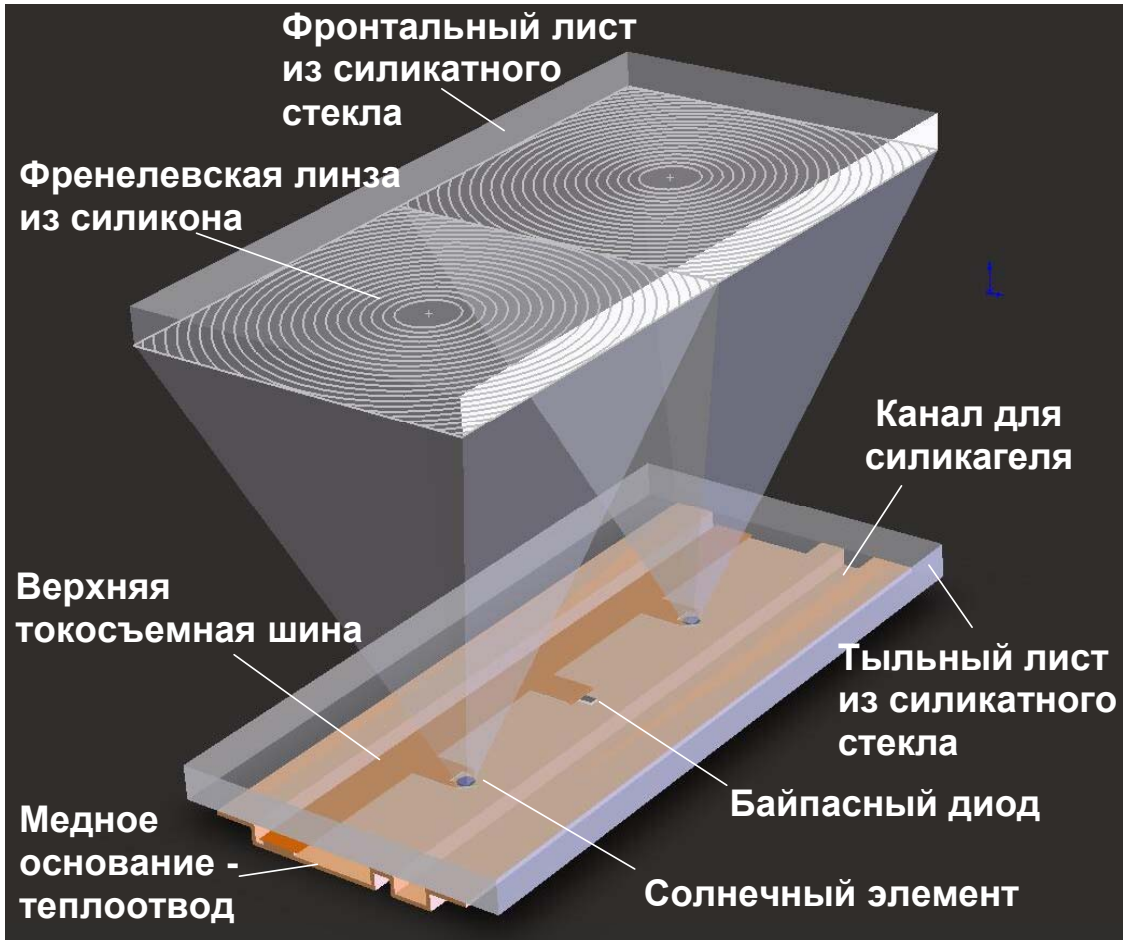
- солнечные элементы нового поколения (каскадные на основе наногетероструктур) для фотоэлектрического преобразования концентрированного излучения с КПД до **37- 45**%;
- фокусирующие системы – линзы Френеля и вторичная концентрирующая оптика (оптический КПД до 90%, кратность концентрирования до **1000x**);
- высокоточные (±0,1 угл. град) 2-х координатные системы слежения за Солнцем.

Предлагаемые технические решения и технологии обеспечивают:

- снижение площади полупроводниковых ФЭП в **800-1000** раз пропорционально кратности концентрирования;
- увеличение в **2,5 раза** (к солнечным элементам первого поколения на основе кристаллического кремния) количества электроэнергии, вырабатываемой концентраторными солнечными модулями с единицы площади за счет большей эффективности ФЭП и слежения за Солнцем;
- низкую себестоимость концентраторных фотоэнергоустановок (не более **2 $/Вт**) ;
- прогнозируемый срок службы систем более 25 лет.

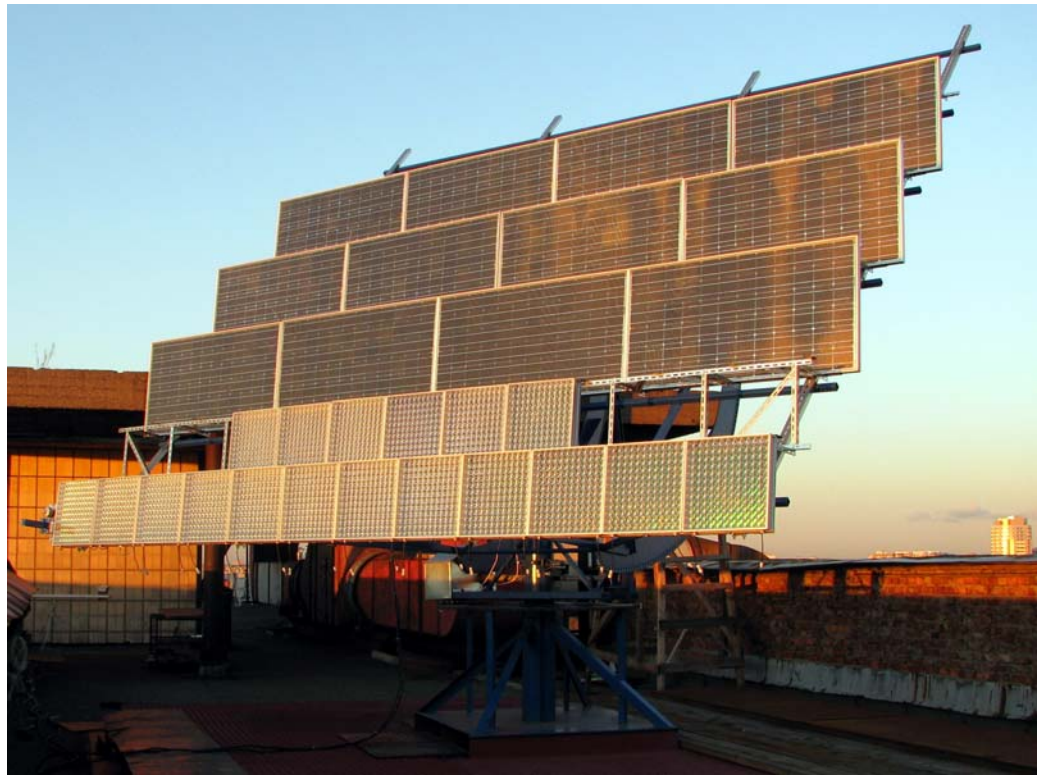
Концентраторный фотоэлектрический модуль

Фрагмент поперечного сечения концентраторного фотоэлектрического модуля



Концентраторные солнечные фотоэлектрические установки (СФЭУ) с номинальной мощностью 1-5 кВт

(на крыше ФТИ им. А.Ф. Иоффе, г. Санкт-Петербург)

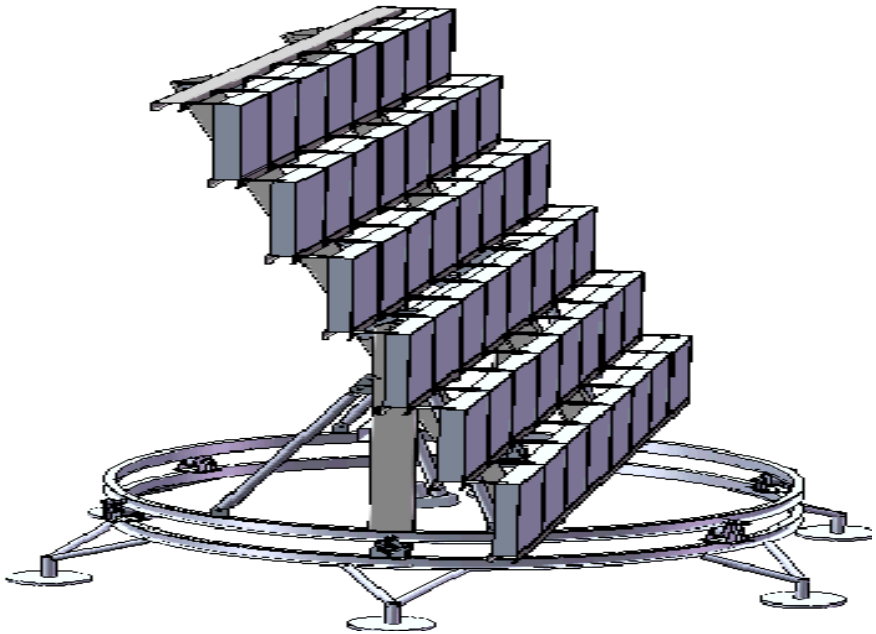


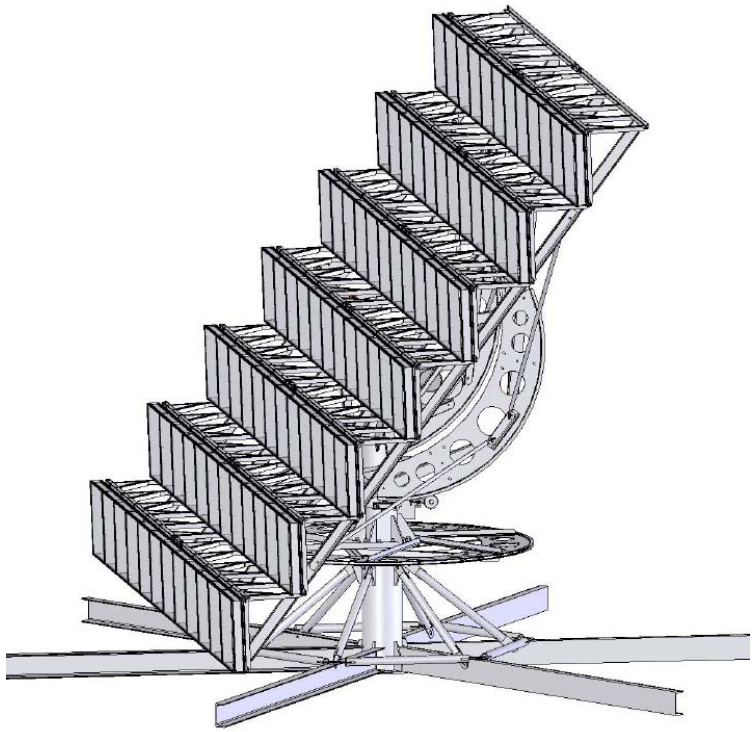
Концентраторная СФЭУ с установленной мощностью 1,5 кВт

(с возможностью расположения на крышах зданий)

Установленная мощность установки:	1710 Вт
КПД установки:	31%
Количество координат системы ориентирования:	Две (zenithal and azimuthal)
Тип системы слежения:	Маловысотная карусельного типа. Suitable for flat roof
Точность системы слежения:	Лучше 0.1 ang. deg.
Выходное напряжение Voc, T=25°C:	520 В
Short circuit current (I_{SC}):	3.3 A
Размеры установки, H x W x D:	2260 mm x 3930 mm x 3930 mm
Вес установки:	420 кг
Максимально допустимая скорость ветра:	100 км в час
Диапазон допустимых температур окружающей среды:	-30°C to +60°C
Напряжение питания системы слежения:	12 В with inbuilt battery backup
Средняя потребляемая мощность системы слежения:	< 1.8 Вт Dc
Диапазон по азимуту:	±130° both around the South and the North directions
Диапазон по углу места:	0 - 90°
Положение модулей установки ночью:	Vertical modules position eliminate night soiling, frost and snow build-up
Светоприемная площадь:	5,54 m^2
Количество модулей:	24

Концентраторные СФЭУ с установленной мощностью 3-5 кВт





Концентраторная СФЭУ с установленной мощностью 3 кВт

Установленная мощность установки:	3430 Вт
КПД установки:	31%
Количество координат системы ориентирования:	Две (zenithal and azimuthal)
Тип системы слежения:	Carousel
Точность системы слежения:	Лучше 0.1 ang. deg.
Выходное напряжение Voc, T=25°C:	520 В
Short circuit current (I_{SC}):	6.6 A
Размеры установки, H x W x D:	3850 mm x 4050 mm x 3430 mm
Вес установки:	750 кг
Максимально допустимая скорость ветра:	100 км в час
Диапазон допустимых температур окружающей среды:	-30°C to +60°C
Напряжение питания системы слежения:	12 В with inbuilt battery backup
Средняя потребляемая мощность системы слежения:	< 3.5 Вт Dc
Диапазон по азимуту:	±130° both around The South and the North directions
Диапазон по углу места:	0 - 90°
Положение модулей установки ночью:	Vertical modules position eliminate night soiling, frost and snow build-up
Светоприемная площадь:	11,04 m^2
Количество модулей:	48

Варианты реализации концентраторных солнечных установок

СФЭУ ФТИ им. А.Ф. Иоффе

Amonix Inc., USA

Isofoton, Spain

Solar Systems (Австралия)

Concentrix Solar (Германия)

SolFocus (США)

Заключение: Технические параметры продукта, обеспечивающие конкурентоспособность на рынке солнечной энергетики:

- Использование каскадных фотопреобразователей с КПД более 37%.
- Промежуточное концентрирование до 1000 крат солнечного излучения с помощью линз Френеля с оптическим КПД до 90%, пропорциональное снижение площади и удельной стоимости фотопреобразователей и, как следствие этого, снижение стоимости энергоустановок.
- Увеличение более, чем в 2,5 раза количества электроэнергии, вырабатываемой с единицы площади СФЭУ (за счет большей эффективности и слежения за Солнцем) по сравнению со стационарными кремниевыми солнечными батареями.
- 1 грамм полупроводника в каскадном солнечном фотопреобразователе, работающем при 1000-кратном концентрировании солнечного излучения в солнечной энергоустановке, эквивалентен по вырабатываемой электроэнергии 5 тоннам бензина.