Перспективные Технологии
Возобновляемой Энергетики

Перспективные технологии и технические решения в области солнечной энергетики

РОССИЙСКАЯ СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГЕТИКА В ОТРАЖЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМОЙ «ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ»

Докладчик - С.О. Когновицкий

Технологическая платформа «Перспективные технологии возобновляемой энергетики», рабочая группа по направлению «Солнечная энергетика»

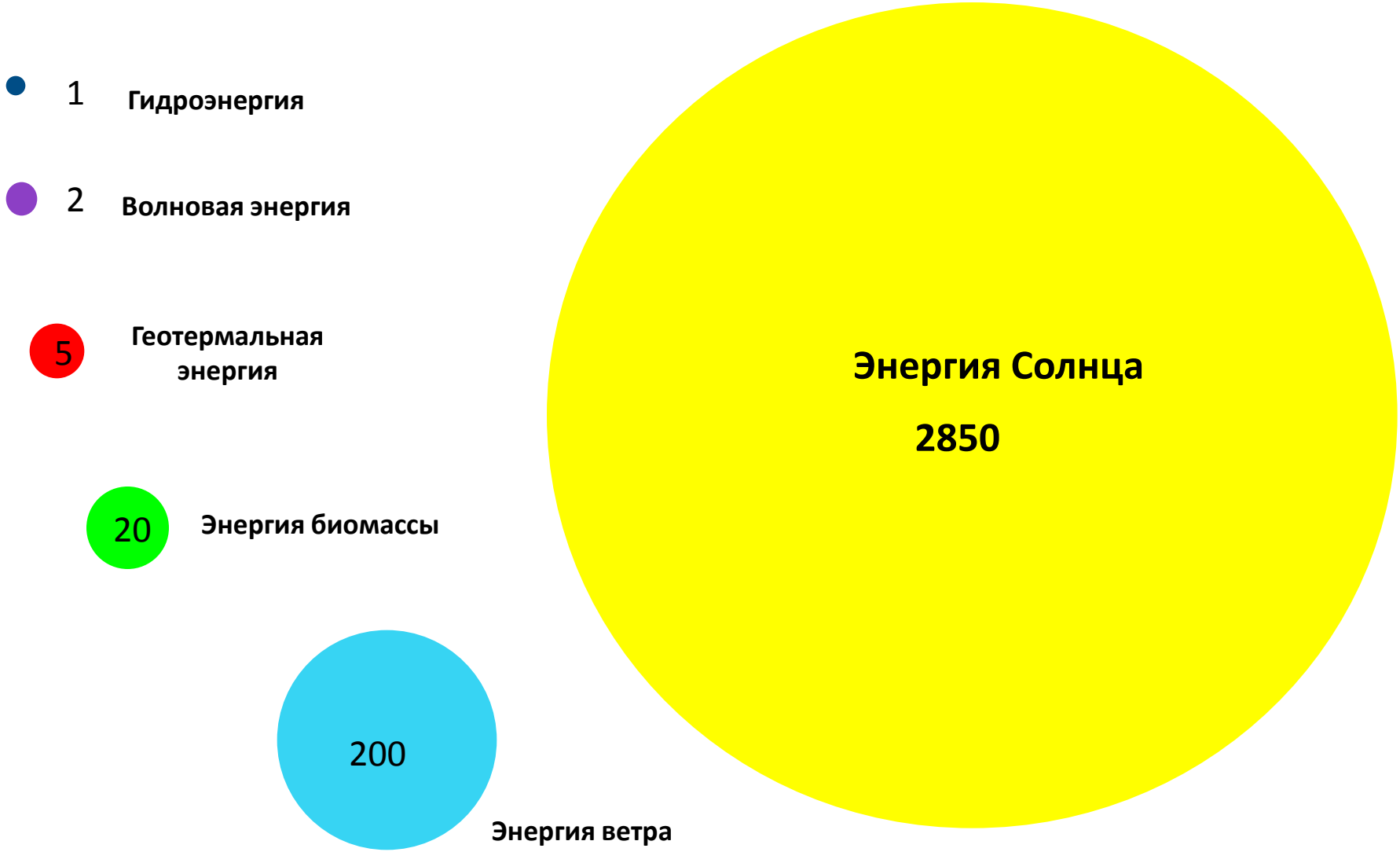
ФТИ им. А.Ф. Иоффе , ООО «Солнечный поток»

Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе

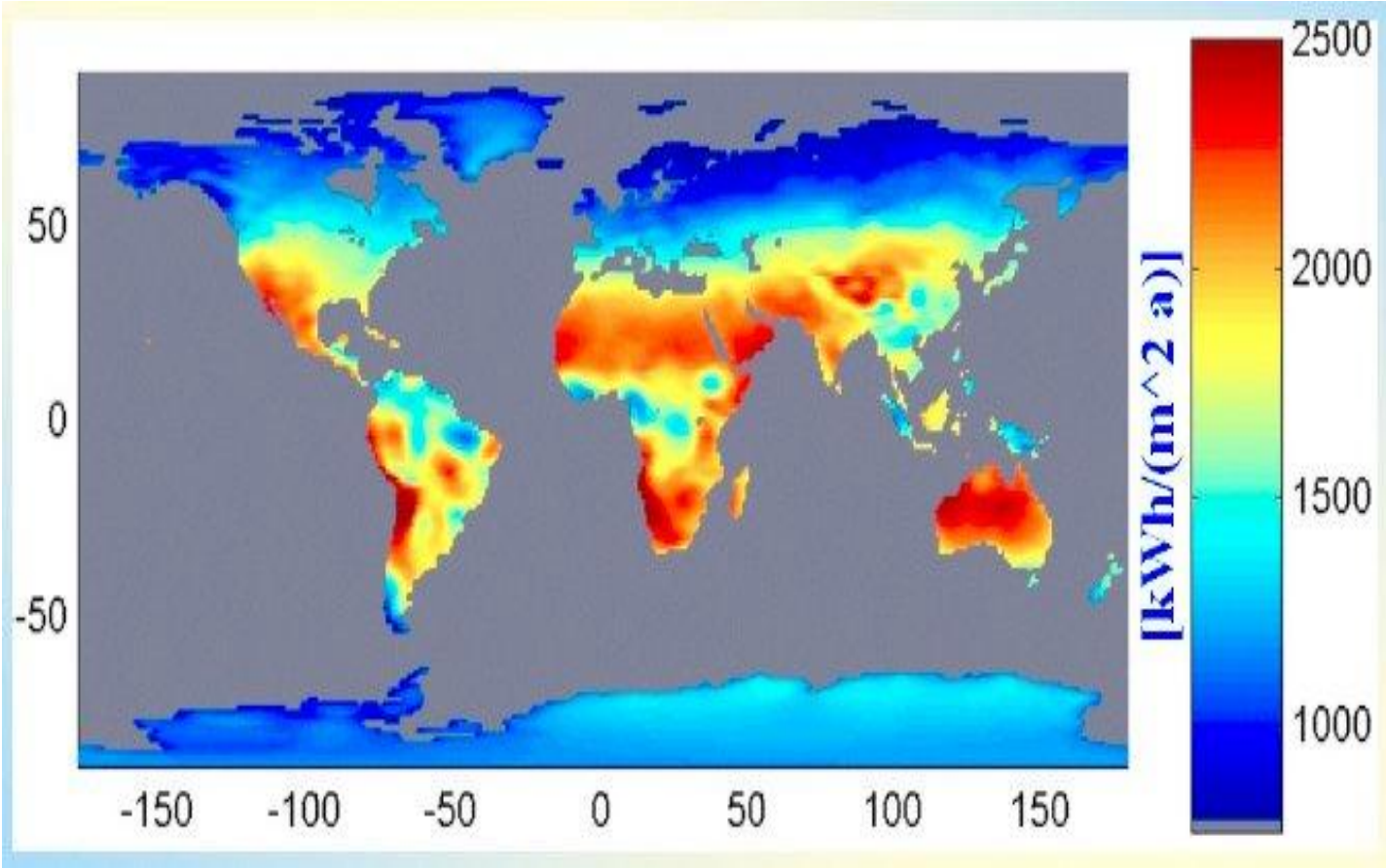
ООО «Солнечный поток» «Sunny Stream» Co. Ltd.

Потенциал возобновляемых энергетических ресурсов Земли

(отн. ед.)



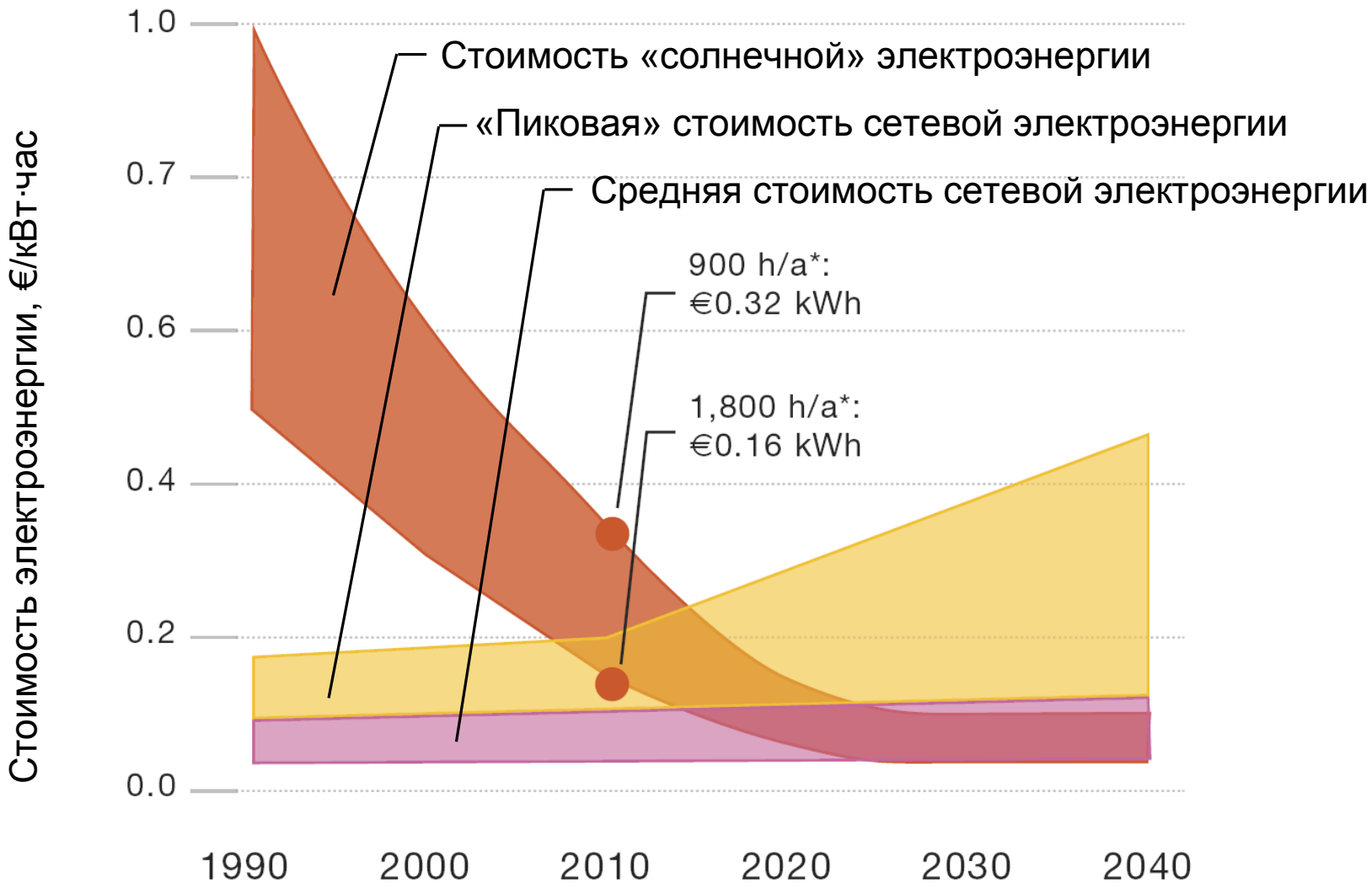
Source: European Renewable Energy Council, Energy Revolution, January 2007



Распределение годового поступления солнечного излучения (кВт · часов/м^2 в год) по Земному шару

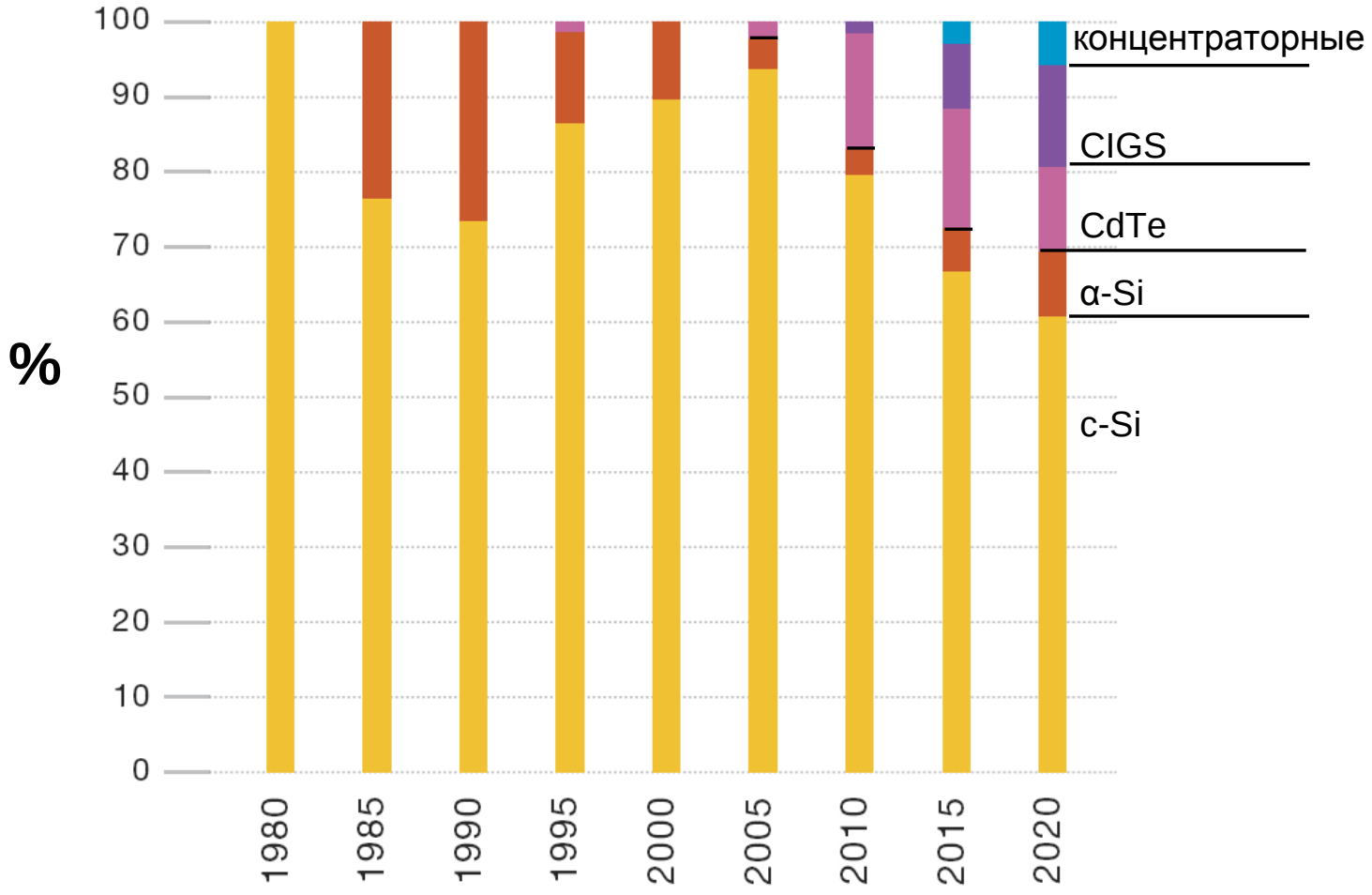
http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis

Прогноз снижения стоимости «солнечной» электроэнергии



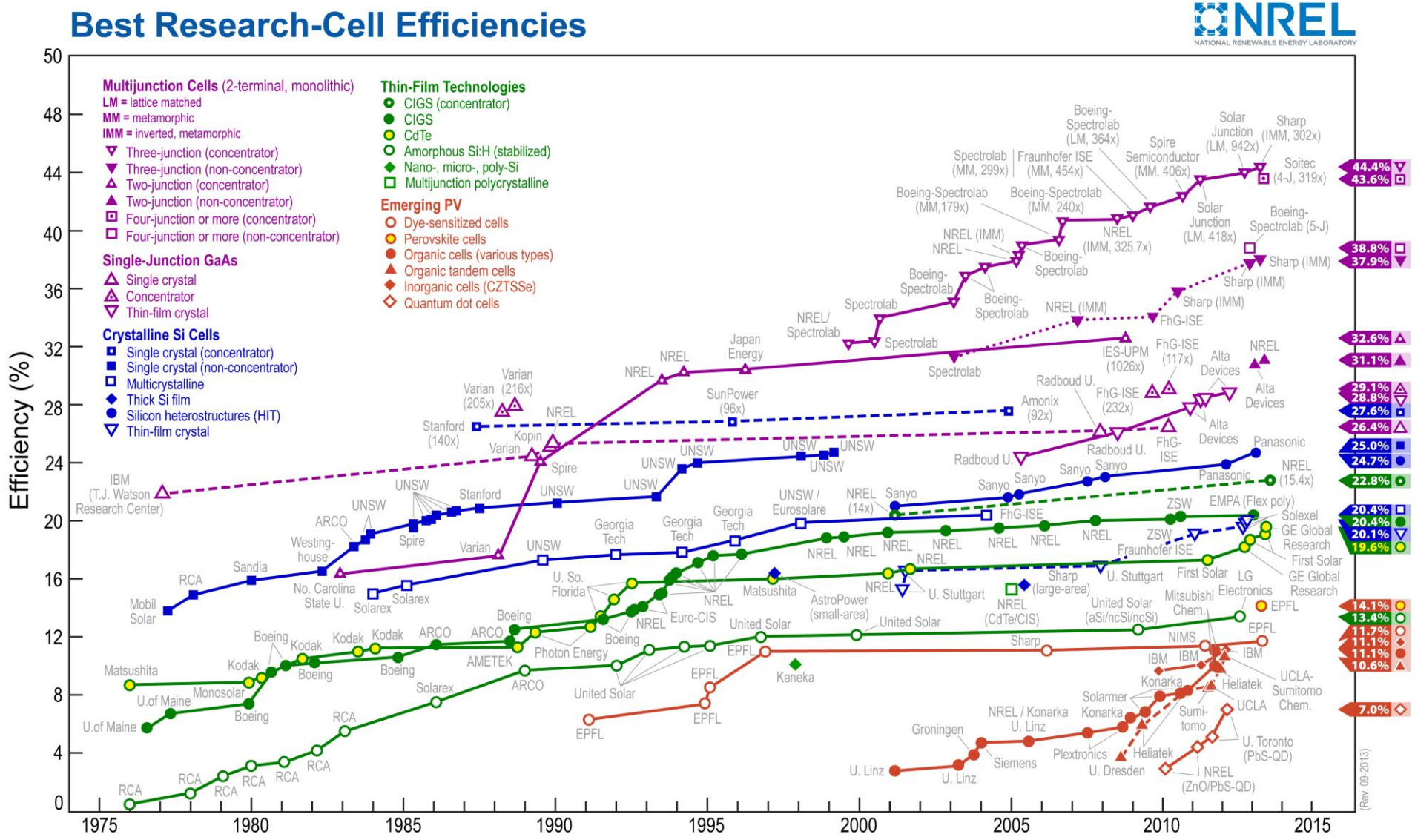
Изменение стоимости «солнечной» и сетевой электроэнергии в 1990-2010 годах и прогноз до 2040 года. Стоимость солнечной электроэнергии приведена для различных регионов Европы: 900 h/a – 900 «солнечных» часов в году в северной Европе; 1800 h/a – 1800 «солнечных» часов в году в южной Европе *(источник: EPIA)*

Распределения технологий фотоэнергетики



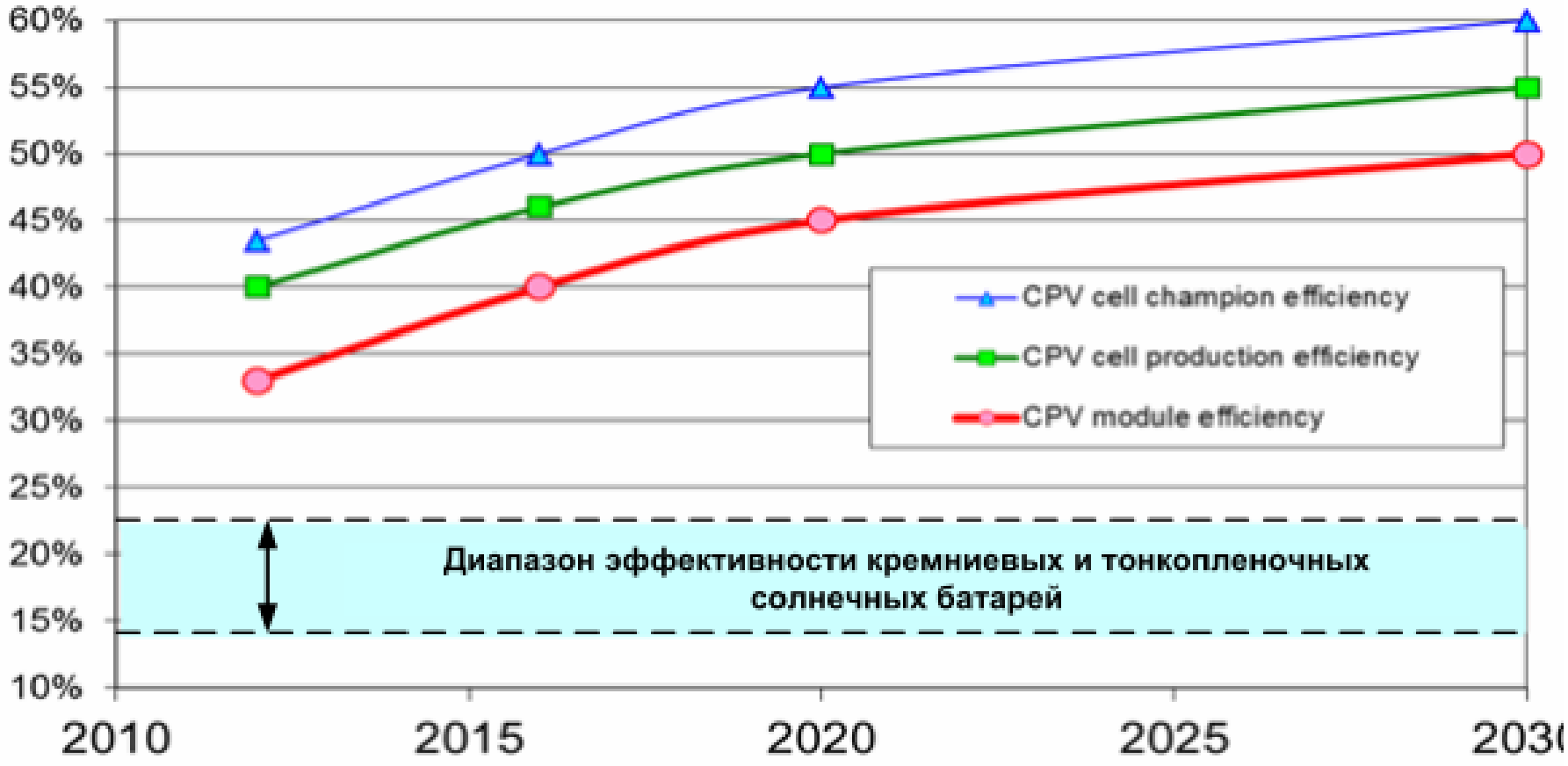
Изменение в 1980-2010 г.г. «доли» различных типов солнечных батарей и прогноз до 2020 г., % *(источник: Historical data (until 2009) based on Navigant Consulting Estimations based on EPIA analysis)*

Эффективность фотоэлектрического преобразования солнечного излучения



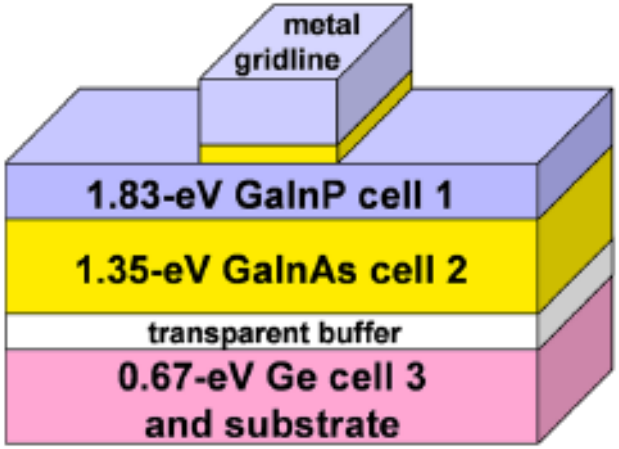
http://www.nrel.gov/ncpv/images/efficiency_chart.jpg

Дорожная карта эффективности каскадных наземных СЭ (2012-2030 гг.)

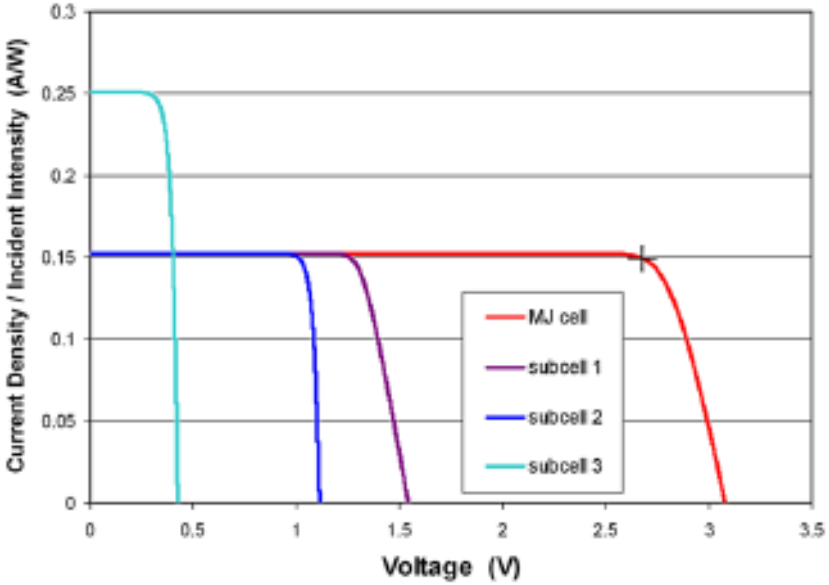


Верхняя кривая – рекордные КПД СЭ. Средняя кривая – КПД СЭ в производстве. Нижняя кривая – КПД фотоэлектрических модулей.

Основной в производстве трёхпереходный СЭ со средней эффективностью при промышленном производстве до 40% при концентрированном солнечном излучении

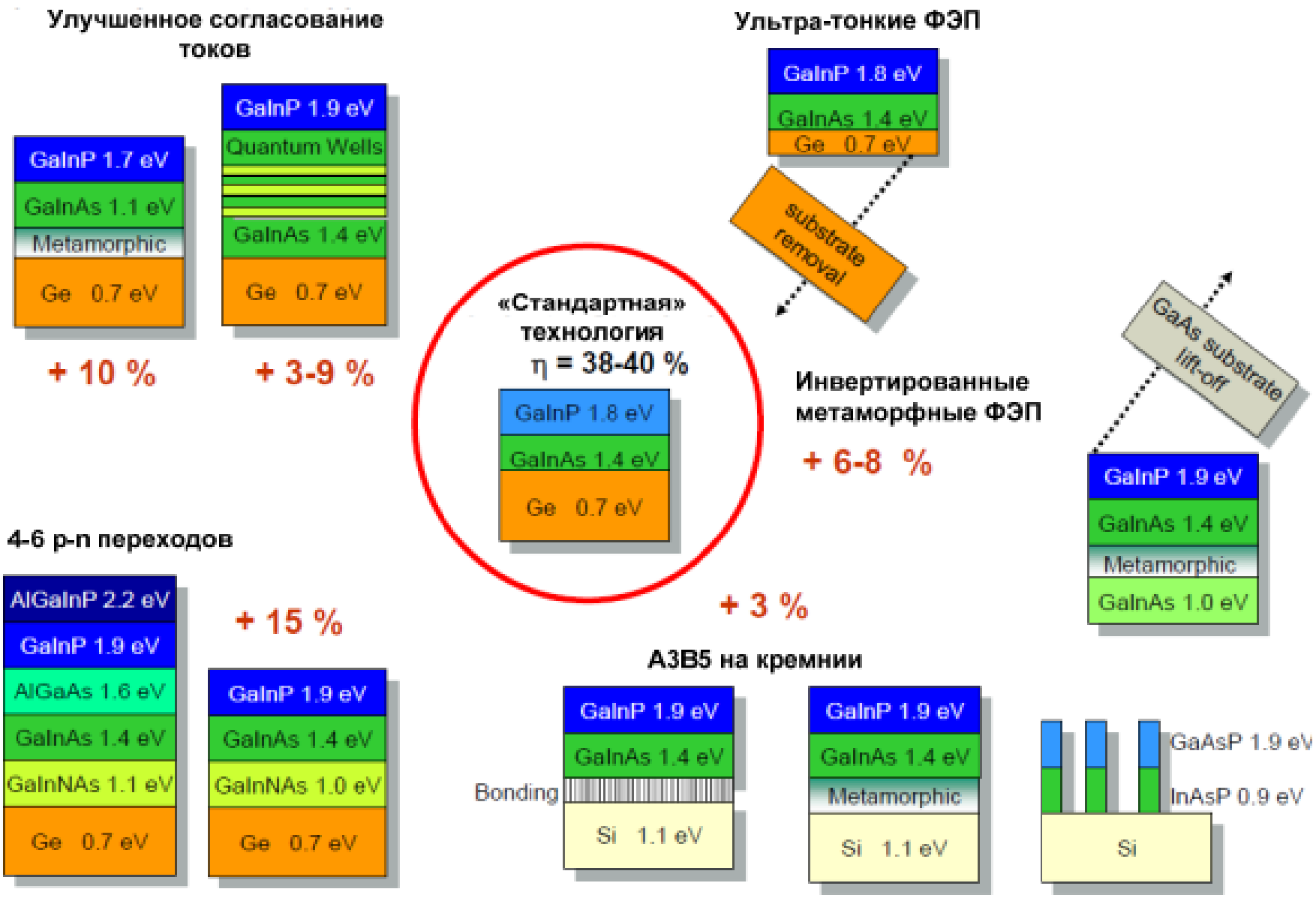


(a)

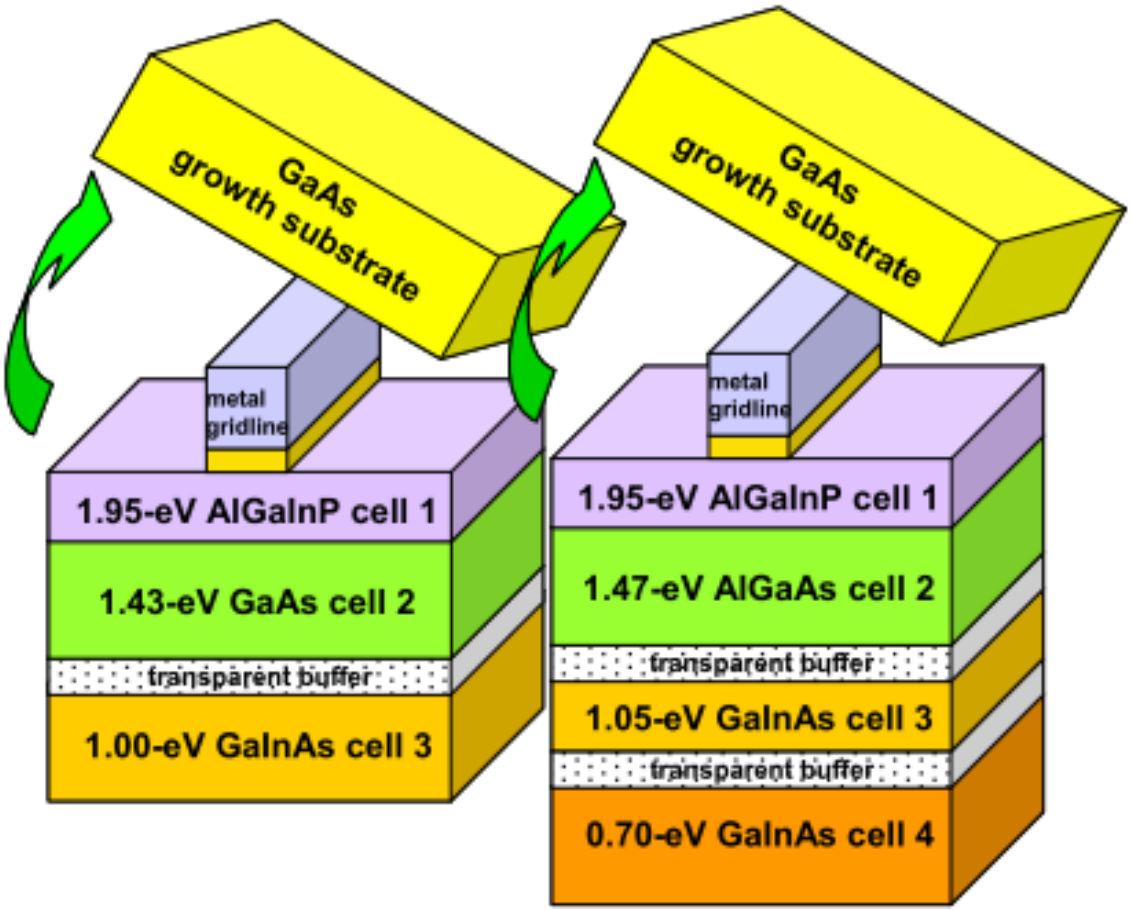


(b)

Подходы к увеличению КПД каскадных СЭ

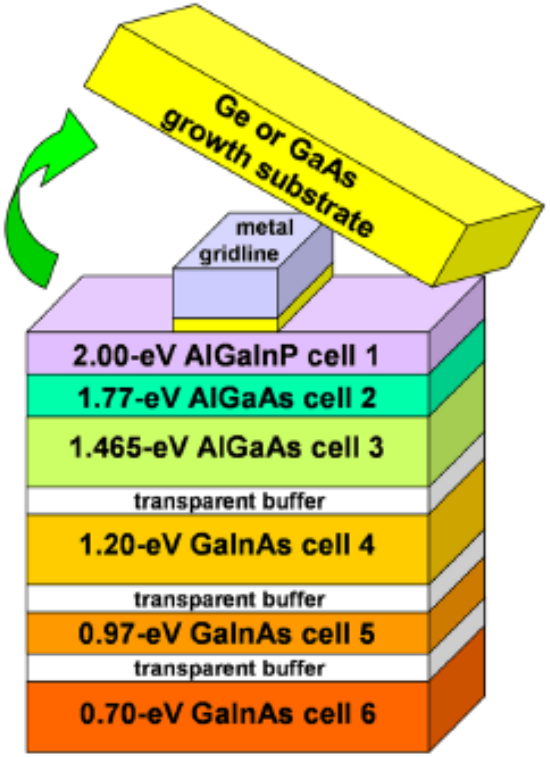


Трехпереходный и четырехпереходный СЭ на основе инвертированной метаморфной (ИММ) структуры

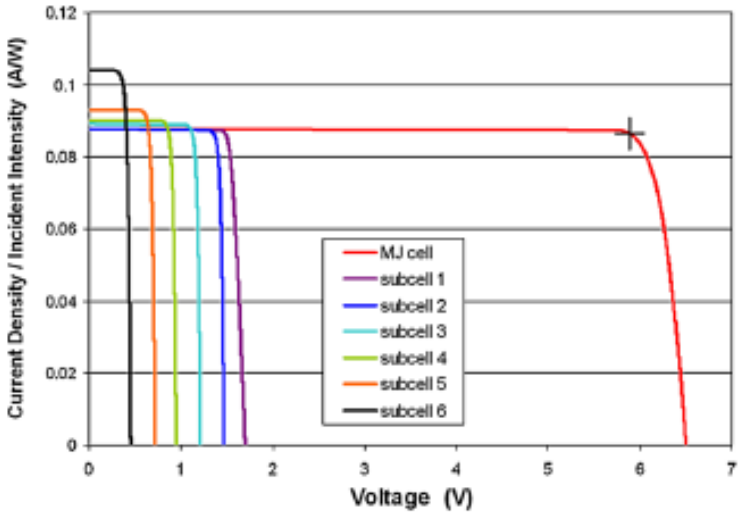


Рекордные значения эффективности в настоящее время получены в компании Sharp в СЭ на основе GaInP/GaAs/GaInAs ИММ структуры.
КПД = 44,4±2,6% (AM1.5D, 302 солнца, температура 25C).

(Martin A. Green , Keith Emery , Yoshihiro Hishikawa , Wilhelm Warta and Ewan D. Dunlop, Solar cell efficiency tables (version 42), Progress in Photovoltaics: Research and Applications 2013; 21, pp.827–837)



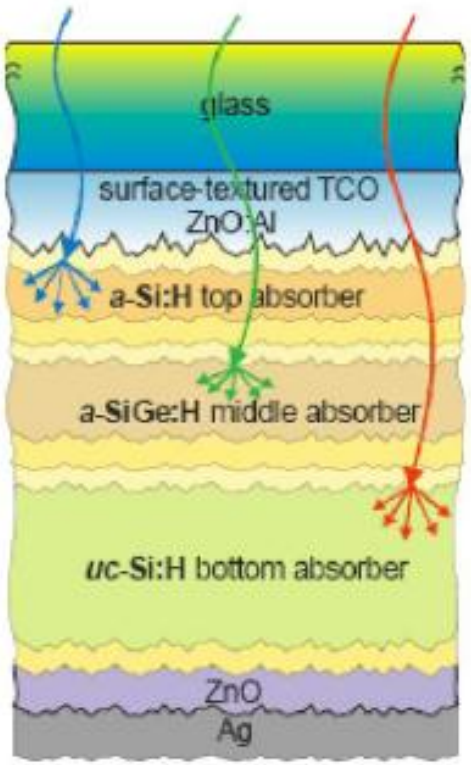
(a)



(b)

6-переходный инвертированный метаморфный СЭ со структурой AlGaInP/AlGaAs/AlGaAs/GaInAs/GaInAs/GaInAs и ожидаемой эффективностью 50.9% при 500 «солнцах».

Трехкаскадный СЭ на основе a-Si:H/a-SiGe:H/μc-Si:H



Основные проблемы:

- осаждение высококачественного a-SiGe:H, устойчивого к фотоиндуцированной деградации
- TCO с низким поглощением в ИК области

J. Krc, B. E. Pieters, M. Zeman *et al.*, EU-PVSEC, Dresden, 2006

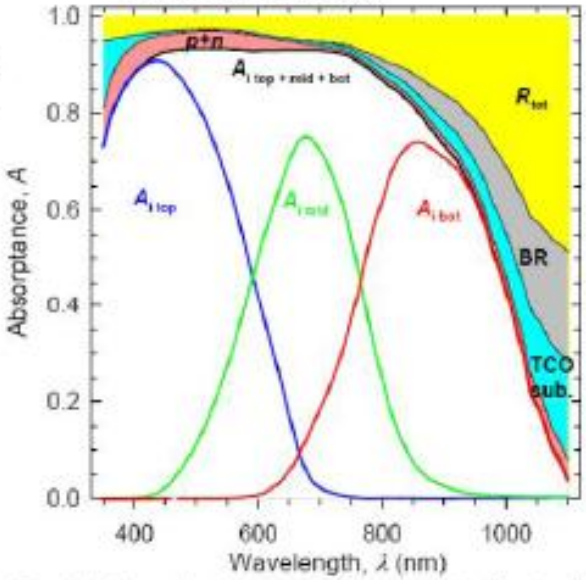
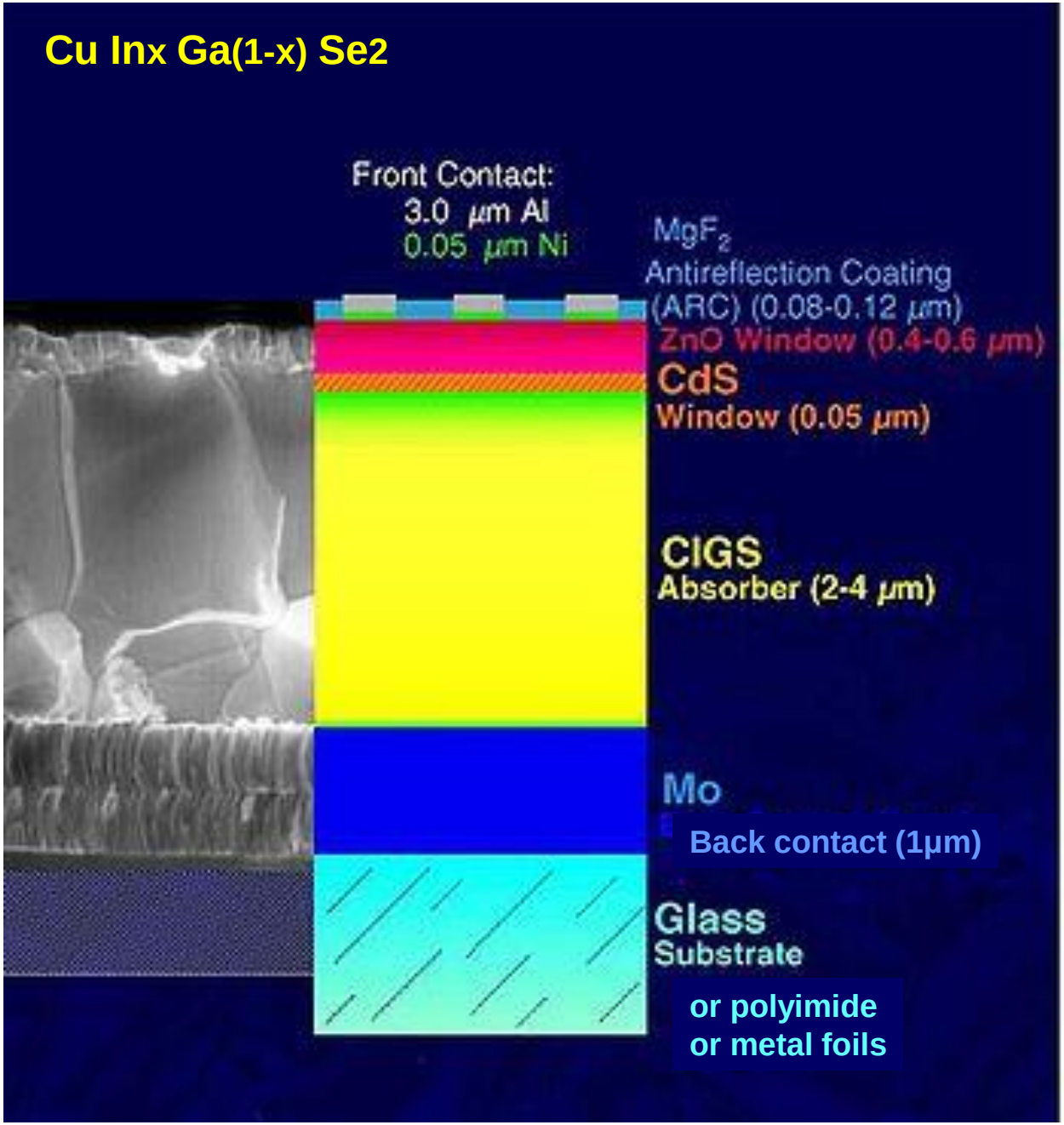


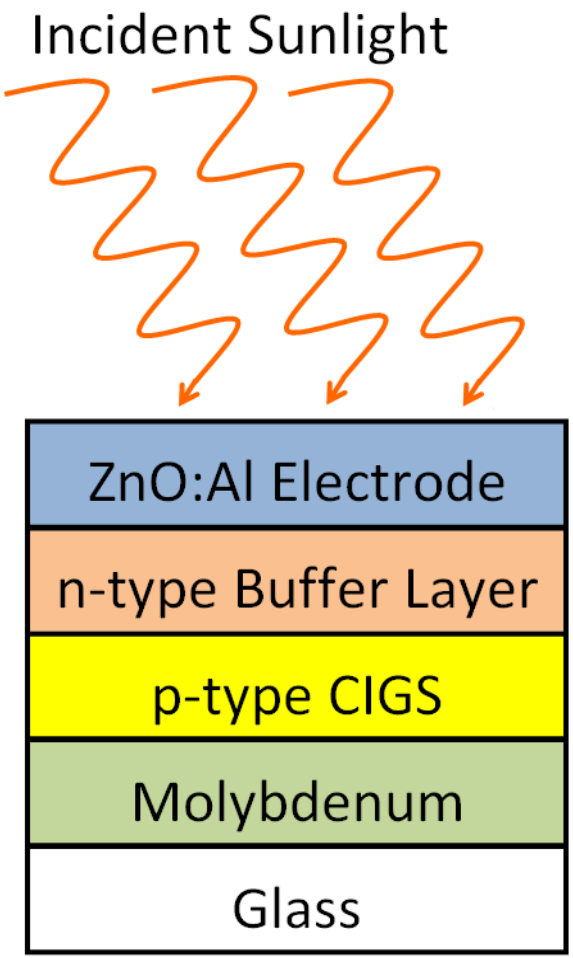
Fig. 1(b): Absorption losses and absorptances in the absorber layers for the optically improved a-Si:H/a-SiGe:H/*mc*-Si:H solar cell (*d*i top = 110 nm, *d*i mid = 280 nm, *d*i bot = 2.1 mm).

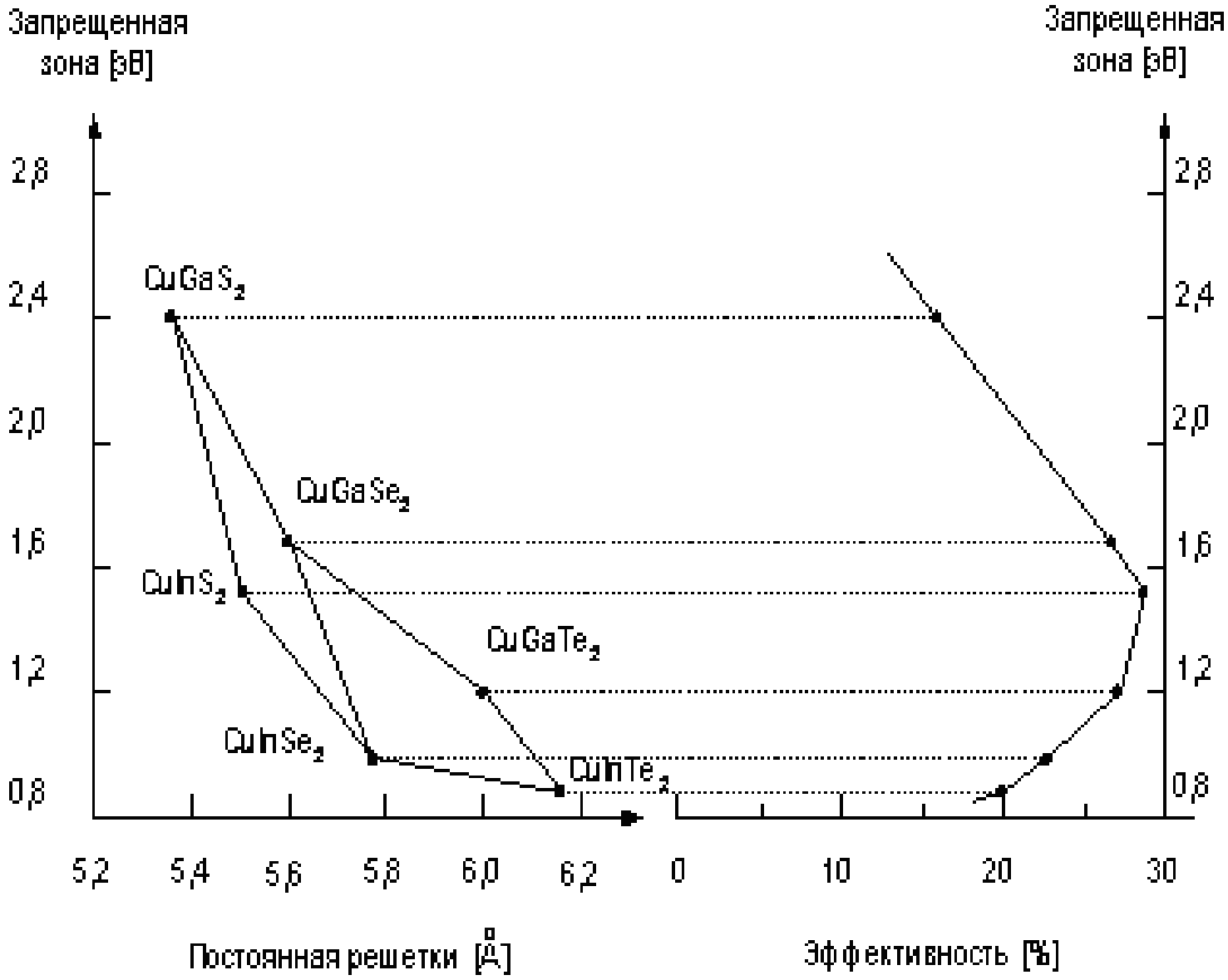
Теоретическая эффективность свыше 17 %

Источники: ООО «Хевел», ФТИ им. А.Ф. Иоффе

Структура CIGS солнечного элемента Cu(InGa)Se2







Материалы Cu(In,Ga)(S,Se,Te)2 и соответствующие им теоретические значения КПД солнечных элементов на их основе

Преимущества CIGS солнечных батарей

- Наиболее высокий КПД среди тонкоплёночных солнечных батарей (рекорд – 22.8% (конц.), промышленный уровень - 19%).
- Радиационная стойкость, необходимая для комических применений.
- Меньшее падение эффективности при работе в условиях с повышенной температуре, по сравнению с кремниевыми.
- Долговременная стабильность (около 20 лет).
- Возможность изготовления на гибкой подложке и малый удельный вес, привлекательные для портативных применений и для встраивания в архитектуру зданий.
- Монолитная технология изготовления, обеспечивающая высокую скорость нанесения полупроводниковых материалов на большой площади.
- Малый расход полупроводниковых материалов (полупроводниковый слой толщиной несколько микрометров), в ~ 50-100 раз, меньший, чем в кремниевых солнечных батареях.
- Меньшие удельные затраты энергии на производство, по сравнению с кремниевыми.
- Низкая себестоимость.

- CIGS солнечные батареи дешевле и эффективнее, чем тонкоплёночные батареи на основе CdTe или Si.
- CIGS-солнечные элементы являются наиболее перспективными по соотношению себестоимость-эффектиность.

Варианты технологий создания CIGS-солнечных элементов

- Напыление или распыление меди, индия и галлия последовательно или одновременно; последующая обработка полученной пленки парами селена (селенизация) (вакуумная технология).

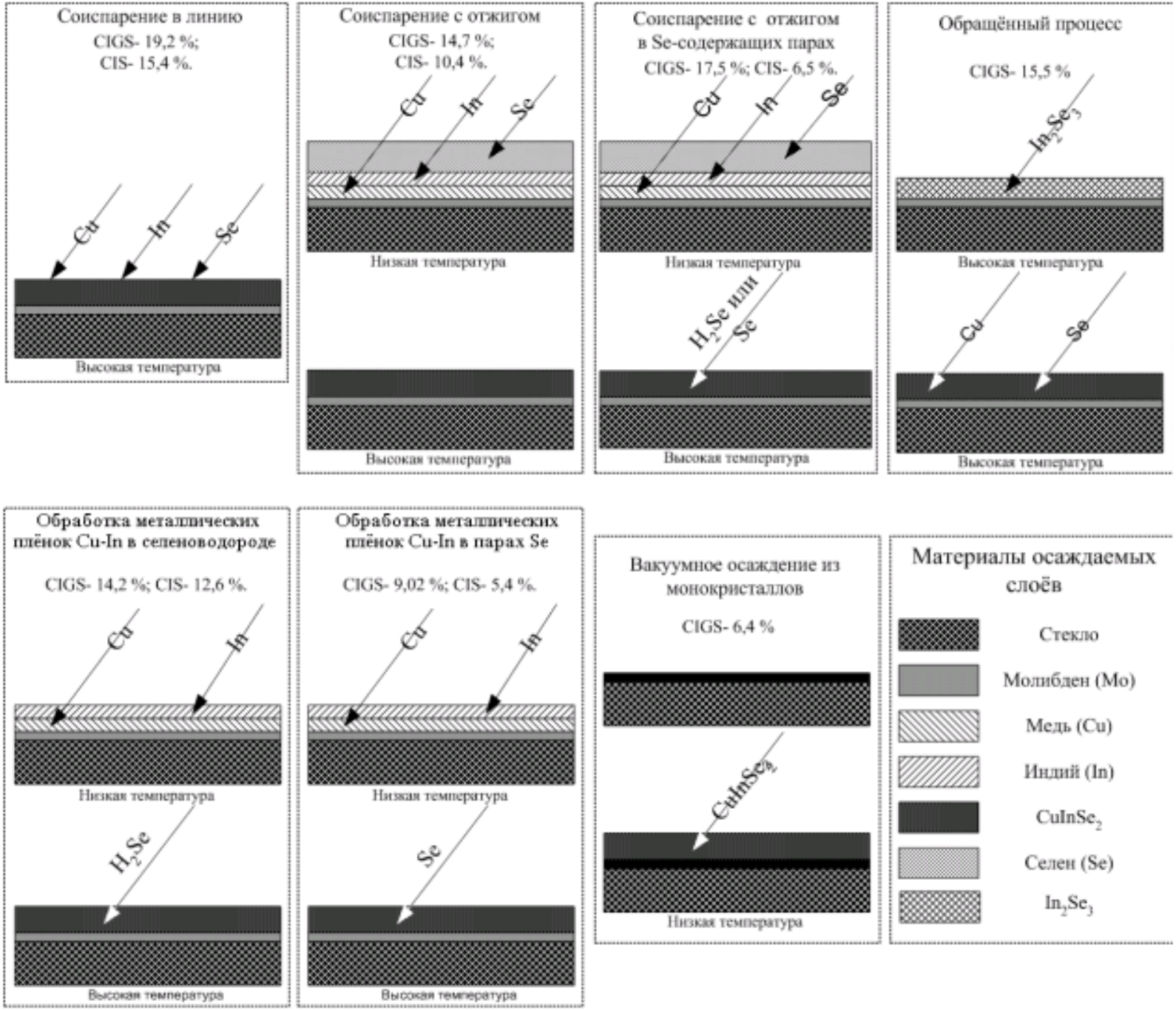
- Метод одновременного осаждения материалов CIGS (медь, галлий, индий и селен). Требует использования вакуумных камер. При использовании методов ионного, электронного или термического распыления пленкой покрывается не только подложка, но и вся камера, что ведёт к большому расходу материалов. (Использует компания AQT).

- Безвакуумный метод «печати» (Roll to Roll), от трафаретной печати до струйного осаждения «чернил». Используют такие фирмы, как International Solar Electric Technology, Nanosolar и другие. В этих методах получают суспензии частиц оксидов металлов. Метод относительно низкотемпературный, поэтому можно применять различные подложки, включая пластик (на основе полиимида), металлическую фольгу и стекло. В этих методах достигается коэффициент использования материалов выше 90% при использовании более дешевого оборудования, чем то, которое необходимо в вакуумных процессах. При осаждении частиц образуется пористая пленка, которая в процессе термической стадии уплотняется и восстанавливается от оксида до металла, происходит химическое взаимодействие элементов с образованием поликристаллической структуры CIGS-плёнки.

- Гальванопокрытие. Применяет компания SoloPower.

- Осаждение CIGS-слоя из раствора. (Разрабатывает и применяет группа UCLA).

Различные способы синтеза базовых слоев CuInSe2



Сырьё

На изготовление CIGS-солнечных батарей на установленную мощность 1ГВт расходуется 15 т меди, 20 т индия, 4 т галлия и 55 т селена.

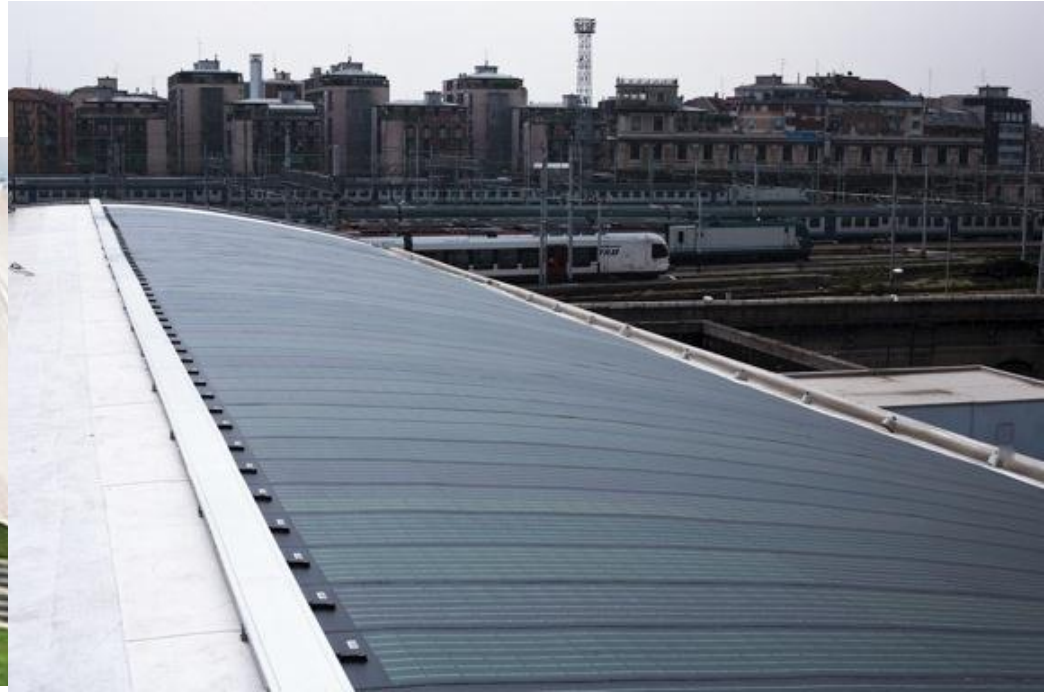
Ежегодно из недр земли извлекаются и перерабатываются бокситы, теоретически содержащие свыше 3 тыс т галлия.

Объемы мирового производства селена за 2008-2010 гг. составляют около 2600- 2700 тонн/год.

Мировое производство индия за последние годы составило около 1100 тонн/год. (сегодня вся электроника потребляет около 110 тонн/год).

Из изложенного следует, что лимитирующим сырьевым фактором для CIGS-технологии станет индий.
Т.о., если предположить, что к 2025 г. солнечная энергетика сможет получить 300 т индия, то это позволит произвести солнечные модули мощностью 15 ГВт. Это составит 9-10% общего выпуска в 2025 г.
Возможность получать большие количества лимитирующего сырья реальна.
Российский индий извлекается из медноколчеданных месторождений Урала (75% объема всех российских цинковых концентратов, среднее содержание индия 3.2 г/т).
Индий содержится также в полиметаллических месторождениях Южной Сибири и Приморья (среднее содержание индия 14.7 г/т). Всего же запасы российского индия учтены в рудах 61 месторождения.
Можно предположить, что максимальный вклад CIGS-солнечных батарей может составить до 35-40 ГВт/год к 2030 г. (или 15-20%)

Примеры применения CIGS солнечных батарей



Интегрированная в здания фотовольтаика
Building Integrated PV – BIPV. Примеры

Общая мощность установленных в мире DIPV систем составляет около 70 МВт.

The Solar Wall forms a sweeping façade covering the entire south face of the Welsh Development Agency "Technium" in St. Asaph.

Компании – производители BIPV систем: Suntech, Solyndra, Heliovolt, Pythagoras Solar.

Новая нормативная база в США и ЕС будут способствовать ускорению развития сектора BIPV.

Примеры солнечных электростанций на основе CIGS-батарей

Espacasa – Orgiano Array
» Location: Orgiano, Vicenza, Italy
» Installation: March, 2010
» Modules: Yohkon (Panel manufacturer) / CIGS – 228 Wp
(Global Solar Energy Gen2 cells)
» Area: 7+ acres
» Power: 820 kWp
» Energy: 1.1 MWh / yr (estimated)

Rita Road Power Field
» Location: Tucson, Arizona, USA
» Installation: October, 2008
» Modules: Solon (Panel Manufacturer) / CIGS – 115 Wp
(Global Solar Energy Gen1 cells)
» Area: 5+ Acres
» Power: 750 kWp (6,600 panels)
» Energy: 1.31 MWh (2009)
» Green: Generates 1,200,000 kWh annually, providing about 30% of Global Solar Energy's Tucson plant's annual energy needs. Will offset 30,000 tons of CO2 over its 25 year lifetime.

Недостатки CIGS солнечных батарей и технологий

- Технологические процессы требуют точного контролирования, в том числе состава и толщин слоёв, из-за сложности состава CIGS.

- Получение однородного состава слоёв CIGS на больших площадях – в настоящее время основная технологическая проблема.

- Отсутствие единой принятой технологии и отсутствие стандартного технологического оборудования, что требует от каждого производителя CIGS-батарей разрабатывать и комплектовать свою уникальную технологическую линию. Это усложняет планирование и расчёт финансово-экономической модели при разработке бизнес-плана.

Укрупнённая СПИ ТП ПТВЭ по направлению «Солнечная энергетика»

№	Название проекта	Цель (задачи) проекта	Инициатор – головной исполнитель, соисполнители проекта
Тонкоплёночные технологии для солнечных элементов и модулей			
1	Разработка, создание и исследование новых материалов для тонкоплёночных органических солнечных батарей на основе металлоорганические комплексов и полимеров.	Снижение стоимости СБ за счет дешевых материалов. Должны быть разработаны: - ряд материалов для органических СБ; - органические СБ; - перспективных технологий получения ленточных (пленочных) полимерных материалов для повышения эффективности преобразования ИК и УФ части солнечного излучения (например, в кремниевых солнечных батареях); - технологии получения ленточных полимерных материалов с встроенными наноантеннами для эффективного преобразования излучения в и солнечных элементах; - технологии получения ленточных полимерных материалов с наночастицами, работающими как концентраторы электромагнитной энергии.	- Томский политехнический университет (ТПУ), - ОАО «Научно-исследовательский институт полупроводниковых приборов» (Томск)
Кремниевые технологии для солнечных элементов			
2	Исследование возможностей изготовления КВМП – кремниевых высоковольтных многопереходных фотопреобразователей, с величиной коэффициента преобразования солнечного излучения в электричество до 25%. Разработка маршрутных технологических карт производственного изготовления КВМП.	Повышение эффективности прямого преобразования солнечной электроэнергии в электричество. Снижение стоимости электрической энергии, произведенной солнечными энергетическими установками.	- ФГУП ВЭИ, - ОАО «Оборонэнерго» (Москва), - Московский государственный университет инженерной экологии (МГУИЭ) (кафедра ЮНЕСКО “Техника экологически чистых производств”), - МИСиС (кафедра «Полупроводниковой электроники и физики полупроводников»), - ООО НПК «ДАЛЕКС» (Владимирская обл., г Александров)

Технологии высокоэффективных каскадных солнечных элементов и модулей			
3	Разработка многопереходных солнечных элементов на основе полупроводниковых наногетероструктур с повышенной интегральной эффективностью преобразования солнечного спектра и создание перспективных источников энергии на их основе	Должны быть созданы технологии и конструкции каскадных солнечных элементов с высокой эффективностью фотоэлектрического преобразования.	- ФТИ им. А.Ф. Иоффе, - НИТУ “МИСиС”, - ООО НПП «Донские технологии» (Новочеркасск)
Отдельные узлы и системы для солнечных энергоустановок			
4	Разработка параметрического ряда устройств отбора максимальной мощности от солнечных батарей (как для индивидуального фотоэлектрического модуля, так и для их группы)	Повышение КПД фотоэнергоустановок за счёт обеспечения их функционирования в режиме отбора максимальной мощности.	- Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, - ООО «Солнечный поток» (Санкт-Петербург)
5	Разработка параметрического ряда систем слежения за Солнцем для солнечных батарей	Обеспечение увеличения выработки солнечной электроэнергии за счёт слежения за Солнцем.	- ООО «Солнечный поток» (Санкт-Петербург), - Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
Солнечные энергоустановки и электростанции			
6	Разработка параметрического ряда солнечных электростанций с системами слежения за Солнцем	Увеличение энерговыработки и снижение себестоимости солнечной электроэнергии за счёт слежения за Солнцем.	- ФТИ им. А.Ф. Иоффе, - ОАО «РАО Энергетические системы Востока», - ООО «Солнечный поток» (Санкт-Петербург)
7	Концентраторные модульные солнечные электростанции с каскадными гетероструктурными фотопреобразователями	Разработка унифицированных модульных высокоэффективных солнечных электростанций, отдельные модули которых могут объединяться в электростанцию требуемого диапазона мощности.	- ФТИ им. А.Ф. Иоффе, - Санкт-Петербургский академический университет – научно-образовательный центр РАН, - ООО «Солнечный поток» (Санкт-Петербург)

Стратегическая программа исследований ТП ПТВЭ по направлению «Солнечная энергетика»

№ п/п	Технологическое поднаправление	Наименование тематики	Цели	Задачи	Методы и подходы	Ожидаемые результаты
Солнечная энергетика						
1	Сверхчистые материалы и полуфабрикаты для производства солнечных элементов	Изготовление кремния «солнечного» качества (слитки и пластины)	Повышение качества слитков и пластин моно- и поликристаллического кремния для солнечных элементов	Совершенствование технологий изготовления слитков кремния.	.	Обеспечение отечественных производителей солнечных элементов исходными материалами и полуфабрикатами высокой чистоты и структурного совершенства.
				Совершенствование технологий изготовления пластин кремния и подготовки их поверхности для дальнейших технологических операций.		Снижение рисков, связанных с зависимостью от импорта важнейших базовых материалов, используемых на начальной стадии технологической цепочки изготовления солнечных элементов.
						Создание новых экспортно-ориентированных групп высокотехнологичных товаров.

		Изготовление германия «солнечного» качества (слитки и пластины)	Повышение качества слитков и пластин монокристаллического германия для каскадных солнечных элементов	Совершенствование технологий изготовления слитков германия.		Повышение технологической независимости.
				Совершенствование технологий изготовления пластин германия, в том числе утонённых.	Резка слитков, шлифовка, полировка.	
				Совершенствование технологий подготовки поверхности пластин германия для дальнейших технологических процессов эпитаксии (качество поверхности – epi-ready).	Комбинирование сухого (ионного, плазмохимического) и жидкостного травления, отмывка, сушка, консервация готовых подложек.	
		Производство газов и источников металлорганических соединений для изготовления полупроводниковых структур A3B5	Повышение качества или организация отсутствующего производства следующих материалов: арсин, фосфин, триметилгалий, триметилиндий, триметилалюминий, диэтилцинк, моносилан и др.			Повышение технологической независимости.

2	Солнечные элементы	Каскадные (гетероструктурные многопереходные) солнечные элементы на основе полупроводников A3B5 (и, возможно, германия)	Снижение удельной себестоимости и повышение эффективности фотоэлектрического преобразования солнечных элементов.	Разработка технологических методов формирования многопереходных гетероструктур для последующего изготовления каскадных солнечных элементов.	На основе газофазной эпитаксии из металлорганических соединений (для отработки лабораторной технологии допускается применение молекулярно-пучковой эпитаксии).	Постановка отечественной промышленной технологии изготовления СЭ на основе структур $Ga_{0.51}In_{0.49}P$/ $Ga_{0.99}In_{0.01}As$/Ge с КПД до 48% (AM 1.5D, конц.)
				Разработка многопереходных гетероструктур для каскадных солнечных элементов.	Увеличение числа каскадов фотоэлектрического преобразования более 3-х.	Целевое значение КПД - 4-х переходных СЭ - 52% (AM 1.5D, конц.); - 5-и переходных – 54% (AM 1.5D, конц.).
					Применение встроенных Брегговских отражателей.	Увеличение радиационной стойкости
					Применение встроенных туннельных переходов.	Уменьшение омических потерь при совмещении каскадов СЭ.
					Применение утонённой подложки.	Уменьшение массы СЭ.
					Инжиниринг состава и структуры слоёв СЭ (легирование сурьмой субэлемента GaInP).	Увеличение напряжения на СЭ.

					Создание инвертированных метаморфных структур (GaInP/GaAs/GaInAs, AlGaInP/AlGaAs/ GaInAs/GaInAs) с отделённой подложкой.	Целевое значение КПД - 3-х переходных СЭ - 48% (AM 1.5D, конц.); - 4-х переходных СЭ - 52% (AM 1.5D, конц.).
					Использования метаморфных структур, выращиваемых через многослойные гетеропереходные буферные слои.	Уменьшение ширины запрещённой зоны субэлемента GaInAs, достижение оптимальной (для 3-х переходного СЭ на Ge) зонной структуры $Ga_{0.35}In_{0.67}P$ (Eg = 1.7 эВ), $Ga_{0.83}In_{0.17}As$ (Eg = 1.17 эВ) и Ge (Eg = 0.66 эВ).
					Инжиниринг зонной структуры СЭ. Использование квантоворазмерных структур (с квантовыми ямами состава InGaAs/GaAsP или GaAs/Ge) и сверхрешёток, в том числе короткопериодных.	Расширение спектрального диапазона чувствительности субэлементов СЭ.
					СЭ на основе InGaAsNSb	Целевое значение КПД 3-х переходных СЭ - 43% (конц.).

				Разработка конструкций каскадных солнечных элементов.	Разработка структуры просветляющего покрытия на лицевой стороне солнечного элемента.	
					Разработка рисунка контактной сетки.	
				Разработка «постростовых» технологических методов изготовления каскадных солнечных элементов.	Разделение пластины на отдельные солнечные элементы.	
					Пассивация краёв элементов.	
					Металлизация контактов.	
					Формирование просветляющего и защитного покрытия.	

		Кремниевые моно- и поликристалли ческие солнечные элементы.	Уменьшение удельной себестоимости солнечных элементов при сохранении высоких (для кремниевых элементов) значений эффективности фотоэлектрического преобразования.	Создание утонённых кремниевых структур.	Применение различных методов травление и/или плазмохимического осаждения.	
				Формирование защитного поверхностного слоя.		
				Формирование поверхностных структур и покрытий, в том числе многослойных просветляющих, призванных модифицировать локальное распределение электромагнитных полей в фоточувствительны х слоях структуры солнечного элемента.	Формирование многослойных просветляющих покрытий на основе диэлектриков и полупроводников.	
					Применение дискретных поверхностных структур, в том числе металлических, в которых реализуются плазмонные эффекты.	

		Тонкоплёночные и новые перспективные солнечные элементы	Повышение эффективности фотоэлектрического преобразования при сохранении низких значений удельной себестоимости солнечных элементов.	Совершенствование структуры и промышленной технологии солнечных элементов на основе аморфного гидрогенизированного кремния.	Разработка двухпереходных структур с применением микрокристаллического кремния.	Целевое значение КПД СЭ - 15%.
					Разработка трёхпереходных структур с включением слоёв микрокристаллического кремния и аморфного на основе сплава SiGe.	Целевое значение КПД СЭ - 17%.
				Разработка структур и опытно-промышленных технологий изготовления солнечных элементов на основе халькогенидов металлов.	Конкуренция по параметру цена/качество между вакуумными технологическими методами формирования CIGS (например, магнетронного напыления или селенизации) и безвакуумными (например метод «печати» Roll to Roll или электрохимического осаждения).	Целевые значения КПД СЭ - 23% (конц.); $0.8 / Вт.

					Применение твёрдых (стекло) или гибких подложек (фольга из нержавеющей стали, алюминия или меди, высокотемпературные полимерные подложки).	
					Инжиниринг состава и структуры фоточувствительного слоя CIGS, например: - Изучение возможности замены индия на цинк; - Изучение возможности частичной замены селена на серу; - Исследование структур на основе CZTSSe (CuZnSnSSe).	
					Разработка опытно-промышленной технологии изготовления СЭ на основе CdTe, включая формирование p/n перехода.	Целевые значения КПД СЭ - 20% (конц.); $0.8 / Вт.

				Разработка структур и лабораторно-опытно технологий изготовления солнечных элементов на основе полимерных и органических материалов, обеспечивающих повышение эффективности СЭ большой площади и долговечности.	Разработка структур с объёмным гетеропереходом с характерным масштабом разделения фаз донора и акцептора в десятки нанометров.	Целевое значение КПД СЭ - 11%.
					Разработка тандемных структур с несколькими фотоактивными слоями.	
					Разработка высокостабильных донорных и акцепторных (в том числе на основе производных от фуллеренов) материалов с высокой подвижностью носителей заряда и высоким оптическим поглощением в видимом спектральном диапазоне.	
					Применение композитов на основе полимеров и неорганических наночастиц.	
					Исследование транспорта экситонов Френкеля в органических полупроводниках для оптимизации переноса энергии в структурах СЭ.	

				Разработка структур и лабораторно-опытных технологий изготовления фотоэлектрохимических солнечных ячеек, в том числе на основе красителей.	Исследование ячеек на основе перовскита ($CaTiO_3$).	Целевое значение КПД СЭ - 14%.
					Исследование возможности замены жидкого электролита на твёрдый.	
					Разработка тонкоплёночных электрохимических ячеек на основе TiO_2.	
					Исследование применения природного хлорофилла в СЭ.	

3	Фотоэлектрические модули	Плоские жёсткие фотоэлектрические модули.	Уменьшение себестоимости для применения в солнечных электростанциях и в качестве встраиваемых в здания.		Применение безрамных модулей.	
		Гибкие плоские фотоэлектрические модули.	Уменьшение себестоимости для применения в качестве встраиваемых в здания и в транспортные средства и для мобильных устройств.	Отработка технологии монтажа гибких СЭ на гибкую основу.	Применение гибкой основы.	
					Применение прозрачного гибкого фронтального покрытия.	

		Концентраторные фотоэлектрические модули	Уменьшение себестоимости, повышение надёжности для применения в солнечных электростанциях и фотоэнергоустановках со слежением за Солнцем.	Отработка опытно-промышленной технологии изготовления концентраторных фотоэлектрических модулей.	Определение оптимальных пропорций и размеров элементов модуля.	Уменьшение перегрева СЭ под концентрированным солнечным излучением.
					Применение силиконовых линз Френеля.	Обеспечение долговечности эксплуатации и технологичности изготовления.
					Нанесение просветляющих и защитных (самоочищающихся) покрытий.	Достижение оптической эффективности до 90%.
					Разработка вторичной концентрирующей оптики.	Уменьшение требований к точности слежения за Солнцем.
				Обеспечение «сухой» газовой среды во внутреннем объёме модуля.	Применение гидрофобных воздушных фильтров.	Исключение образования росы или инея при эксплуатации в условиях низких температур окружающего воздуха.
					Использование циркуляции и осушения внутренней газовой среды.	
				Изучение возможности построения квазиволноводных (плоских) оптических схем для концентрирования солнечного излучения.		Уменьшение толщины и веса концентраторного модуля, уменьшение требований к точности слежения за Солнцем.

		Фотоэлектрические модули с двусторонней чувствительностью.	Увеличение интегральной энерговыработки.		Применение СЭ с двусторонней чувствительностью.	
					Использование в конструкции модуля двух стёкол с фронтальной и тыльной стороны.	
					Использование в конструкции модуля ламинирующей плёнки со стабильной высокой прозрачностью.	
		Полупрозрачные фотоэлектрические модули.	Применение в качестве стеклопакетов для окон и полупрозрачных крыш.		Применение полупрозрачных тонкоплёночных СЭ.	

4	Фотоэлектрические установки (СФЭУ) и электростанции	СФЭУ без слежения за Солнцем.	Удешевление конструкции.			
		СФЭУ со слежением за Солнцем.	Увеличение энерговыработки за счёт слежения за Солнцем.	Разработка максимально дешёвых систем слежения за Солнцем, обеспечивающих необходимую точность слежения.	Применение двухкоординатного слежения и двухосевых схем трекеров. Для случая плоских (без концентрирования) модулей возможно применение одноосевых трекеров.	Снижение себестоимости системы слежения ниже уровня 30% от стоимости комплекта размещаемых на ней фотоэлектрических модулей.
					Использование электронных устройств отбора максимальной мощности от фотоэлектрических модулей.	
				Разработка алгоритмов слежения за Солнцем, обеспечивающих устойчивую работу.	Применение оптоэлектронного датчика положения Солнца.	Повышение надёжности слежения.
					Использование программируемой ориентации на Солнце.	Упрощение конструкции СФЭУ.
		Солнечные электростанции.		Оптимизация размещения СФЭУ в составе электростанции для уменьшения влияния затенения в условиях низкого над горизонтом Солнца.		

5	Исследование ресурсов и рынков солнечной энергии		Обеспечение технико-экономического планирования.	Региональный анализ поступления солнечной радиации.		
				Сравнительный региональный анализ себестоимости электроэнергии.		
				Региональный анализ дефицита электроэнергии.		
6	Технологическое оборудование для производства солнечных элементов		Обеспечение производителей отечественным технологическим оборудованием.			Обеспечение технологической независимости, сокращение сроков ожидания сервисного обслуживания, повышение надёжности снабжения запасными частями, возможность модернизации.

Укрупнённые предложения на формирование тематик и объемов финансирования работ и проектов в рамках мероприятий федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы», поданные в ТП ПТВЭ

	Тонкоплёночные технологии для солнечных элементов и модулей	
1	Органические солнечные батареи	МГУ
2	Разработка опытно-промышленной технологии солнечных элементов на основе халькогенидов металлов с повышенной эффективностью и организация российско-белорусского производства гибких фотоэлектрических модулей	ФТИ им. А.Ф. Иоффе, ООО «Солнечный поток» (Санкт-Петербург), Государственное научное учреждение Институт физики имени Б.И. Степанова Национальной академии наук Беларуси, ООО "Изовак" (Минск)
3	Разработка технологии кремниево-германиевых сплавов и изготовление трехкаскадного тонкопленочного фотопреобразовательного модуля на их основе с эффективностью преобразования более 12 %	ФТИ им. А.Ф. Иоффе
4	Разработка технологии получения поликристаллического тонкопленочного гетеропереходного фотопреобразовательного элемента на основе оксидов цинка и меди с высокой эффективностью преобразования	ФТИ им. А.Ф. Иоффе
5	Разработка технологических основ производства и изготовление гибкого тонкопленочного кремниевого солнечного модуля на металлической подложке с эффективностью более 8%	ФТИ им. А.Ф. Иоффе

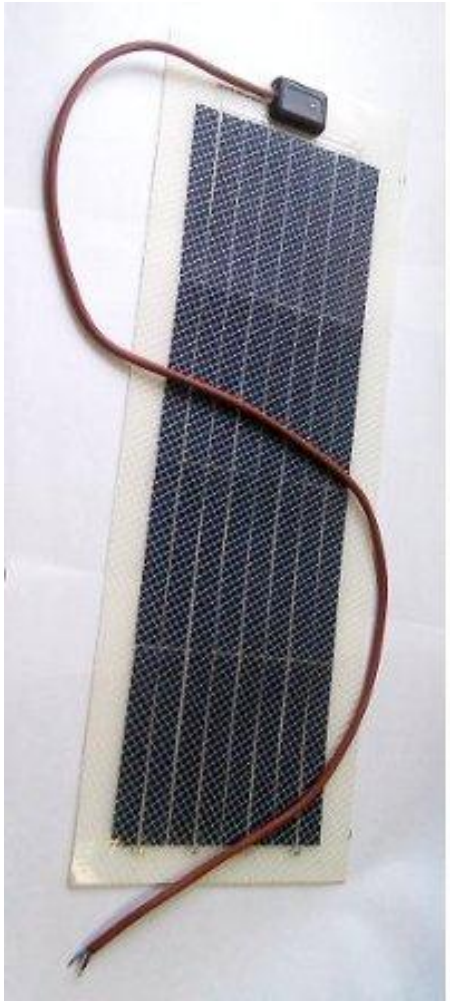
	Кремниевые технологии для солнечных элементов	
6	Разработка научных основ технологии очистки металлургического кремния до солнечного качества	ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П.Бардина» (Москва)
7	Разработка карботермической технологии получения мультикремния и монокристаллического кремния, используемых в солнечных батареях	ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П.Бардина» (Москва)
	Технологии высокоэффективных каскадных солнечных элементов и модулей	
8	Повышение энергоэффективности солнечных элементов для космических электростанций, предназначенных для передачи энергии на Землю	ФТИ им. А.Ф. Иоффе
9	Исследования путей увеличения эффективности до 45% каскадных фотоэлектрических преобразователей при 1000 кратном концентрированном солнечном излучении (+Разработка физико-технических решений для создания высокоэффективных фотоэлектрических преобразователей на основе наногетероструктур А3В5)	ФТИ им. А.Ф. Иоффе (+ООО СКТБ «Инверсия» (Ростов-на-Дону))
10	Мощные фотоэлектрические преобразователи лазерного излучения с КПД более 60% для систем лучевой энергетики	ФТИ им. А.Ф. Иоффе

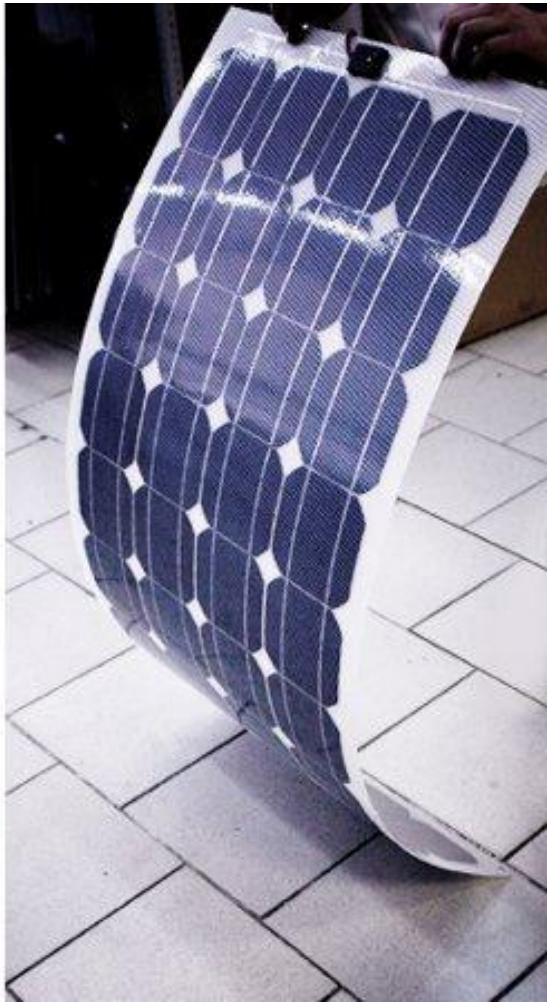
	Отдельные узлы и системы для солнечных энергоустановок	
11	Создание измерительного комплекса для круглогодичного сравнительного мониторинга фотоэлектрических модулей, включая измерения параметров солнечного излучения и условий окружающей среды, в различных климатических зонах РФ	ФТИ им. А.Ф. Иоффе
	Солнечные энергоустановки и электростанции	
12	Разработка и создание высокоэффективных концентраторных солнечных энергоустановок нового поколения на основе линз Френеля	ФТИ им. А.Ф. Иоффе
13	Разработка технологических, конструкторских, эксплуатационных и экономических решений по созданию индивидуальных солнечных электростанций мощностью до 10 кВт	ООО НПП «Донские технологии» (Новочеркасск)
14	Разработка проекта комбинированной фототермодинамической солнечной электростанции мощностью до 1 МВт	ОАО «Энергетический институт им. Г. М. Кржижановского» (Москва)
	Гибридные солнечные энергоустановки	
	-	-
	Устройства и системы с солнечными батареями	
15	Проведение исследований и разработка технических решений для создания портативной энергетической установки на солнечных элементах для зарядки мобильных устройств	Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»

Перспективные разработки участников ТП ПТВЭ, выполняемые ими вне рамок ФЦП ИР (примеры)

ЗАО «ТЕЛЕКОМ-СТВ» (Зеленоград)

Разработка гибких солнечных модулей





http://www.telstv.ru/show.php?page=ru_solar_modules

ФТИ им. А.Ф. Иоффе + ООО «Солнечный поток» (Санкт-Петербург)

Разработка фотоэлектрических установок со слежением за Солнцем

ООО «Фирма «Солнечный Ветер» (Краснодар)

Разработка специальных солнечных батарей с двумя тонкими стеклами

http://www.solwind.ru/special-modules.html

Спасибо за внимание!

Контактное лицо

Когновицкий Сергей Олегович,
генеральный директор ООО «Солнечный поток»,
тел.: +7-(812)-2979778, +7-921-9771754, эл. почта: info@sunnystream.com .