



Исследования
и разработки
Москва 2016

Приоритетное направление:
**Энергоэффективность,
энергосбережение и ядерная
энергетика**

Программное мероприятие:

Мероприятие 1.3 "Проведение прикладных исследований, направленных на создание опережающего научно-технологического задела для развития отраслей экономики"

Федеральная целевая программа «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014—2020 годы»

Соглашение № 14.607.21.0075 от 20.10.2014 на период 201<_> - 201<_> гг.
Тема: «Разработка фотоэлектрических гетероструктурных преобразователей на основе кристаллического и аморфного кремния с конкурентными на мировом рынке энергетическими и экономическими показателями»

Руководитель проекта: Зав. лабораторией, Е.И. Теруков

Получатель субсидии

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской
академии наук (ФТИ им. А.Ф. Иоффе)

Индустриальный партнер

ООО «Хевел», www.hevelsolar.com

Группа компаний основана в 2009 году и является крупнейшей в России интегрированной компанией в области солнечной энергетики. Деятельность сосредоточена на высокотехнологичном производстве солнечных модулей, строительстве и эксплуатации солнечных электростанций, а также научно-исследовательской деятельности в области солнечной энергетики.

Ожидаемые результаты проекта

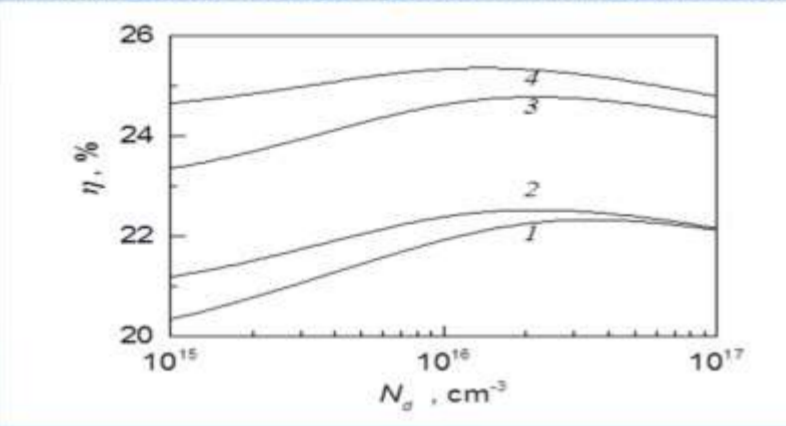
- будет достигнута высокая эффективность ФЭПГ (> 20%), изготовленных на промышленном оборудовании, по сравнению с монокристаллическими ФЭПами (15%) и тандемными тонкопленочными (10 %);
- будут изготовлены ФЭПГ размерами 156*156 мм², что больше по сравнению с обычно используемыми в технологии ФЭПов на основе моно и поли- кремния 125*125 мм², модули будут состоять из 60 ФЭПГ;
- будут разработаны ТЗ на ОТР «Плазмохимическая технология высокоэффективных ФЭПГ», ТЗ на ОКР «Конструкция ФЭПГ модуля» .

Текущие результаты проекта

- Три условия необходимые для высоких значений КПД 1) пассивация, 2) ограничен доступ неосновных носителей на поверхность, 3) текстура ограниченными пирамидами
- Необходим резкий интерфейс и оптимизация этих условий.

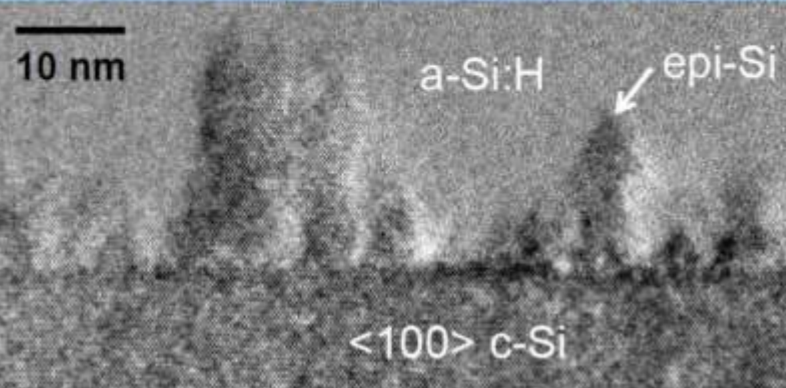
ГЭС типа HIT (на толстых подложках) на пути от 3 % до 22%

Результаты моделирования: КПД до 25%

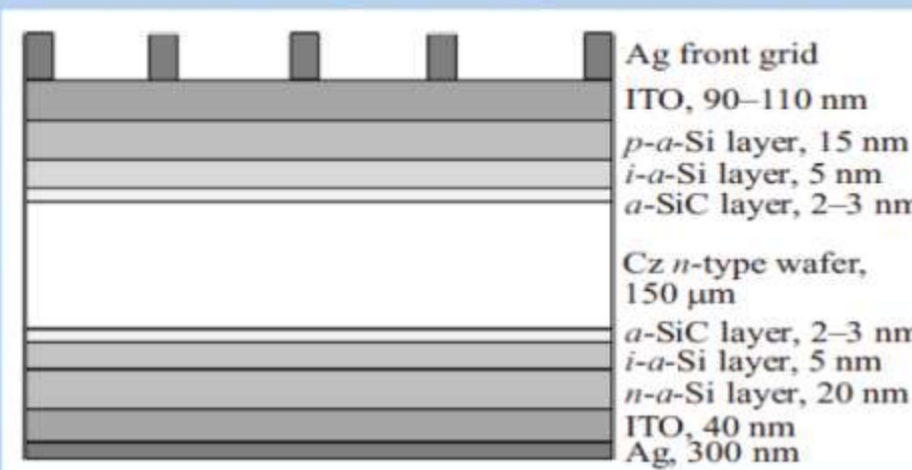


№	φ, мм	T _{пл} , МС	S, см/с	J _{ср} , мА/см ²
1	150	1.5	12	36
2	150	1.5	1	36
3	150	1.5	1	39.5
4	100	3	1	39.5

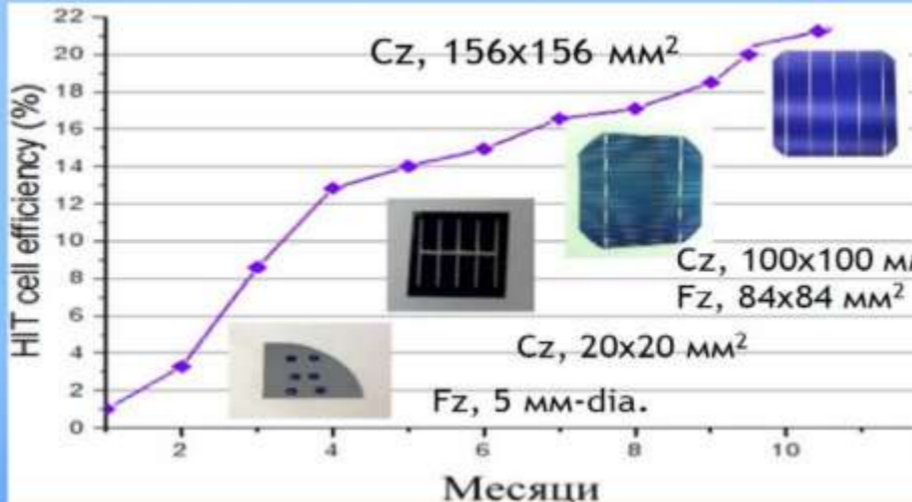
Проблема неуправляемой эпитаксии



Запатентованное решение проблемы эпитаксии



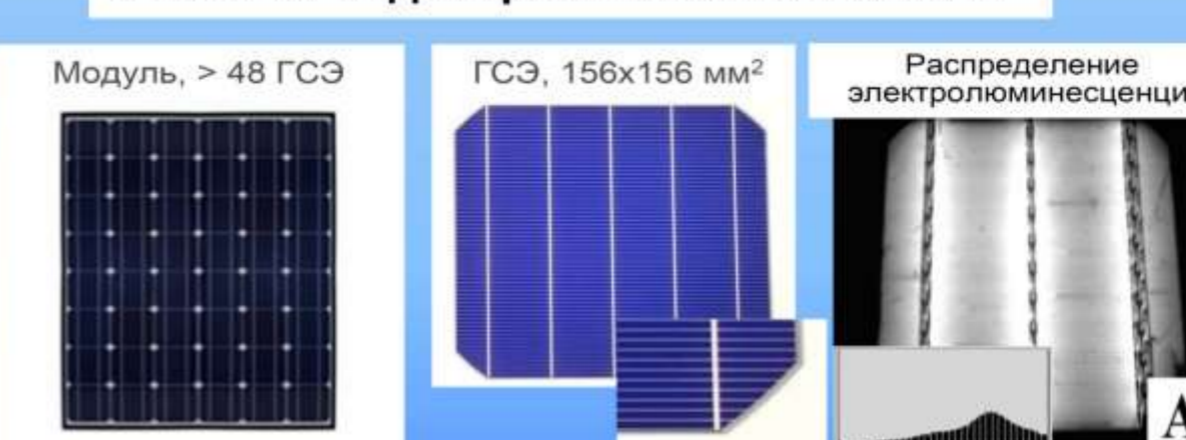
Путь за 12 месяцев увеличения КПД до 22%



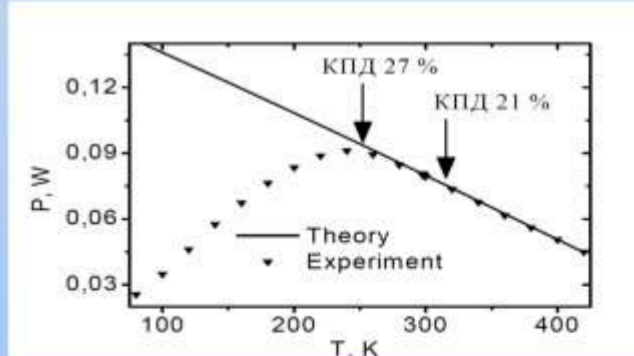
ГЭС типа HIT на c-Si подложках на пути от 21 % к 30 % (теор. предел):

- Немонотонность T зависимости мощности лаб. образцов позволяет сделать прогноз достижения КПД величины 27 %.
- Уникальность метода электролюминесценции высококачественных ГЭС - локальность и сильная зависимость их интенсивности от КПД.
- Зависимость P(T) указывает на необходимость оптимизации ГЭС по условиям эксплуатации.

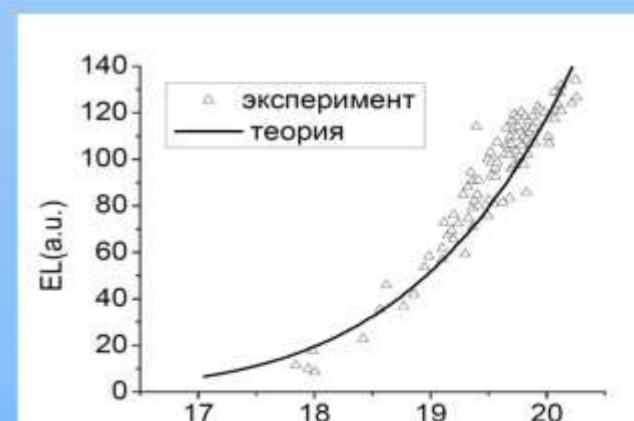
Внешний вид и проблема локальности



Основные результаты



Температурная зависимость мощности лабораторного образца размером 10x10 мм с КПД 21 % в нормальных условиях



Интенсивность интегральной электролюм. 58 ГЭС с КПД от 18 до 21 %

- Проведено сопоставление параметров экспериментальных образцов ФЭПГ. Показано, что оптимизация технологических этапов позволит получить мощность единичного ФЭПГ с количеством ячеек 6x10=60 на менее 297 Вт. Анализ литературы показал, что это превышает на 9.5 Вт мощность реальных промышленных модулей фирмы Meyer Burger на 9.5. Вт, которые в настоящее время находятся на испытательном стенде в Lugano, Switzerland.
- Разработана модель и проведены теоретические расчеты по оптимизации контактных сеток. Впервые показано, что при малом числе поперечных шин (пальцев) увеличивается ток короткого замыкания и последовательное сопротивление. По мере увеличения числа пальцев ток короткого замыкания будет уменьшаться, вследствие роста затенения сетки. При этом также будет уменьшаться последовательное сопротивление. Модель позволяет определить оптимальное соотношение между значениями плотности тока короткого замыкания и величиной фактора заполнения ВАХ, связанного с величиной последовательного сопротивления.
- Проведенный анализ позволяет сделать вывод, что возможным является разработка отечественных низкотемпературных токопроводящих композитов (пасты) с температурой вжигания контактов не более 250°C, необходимые для создания контактных шин при разработке высокоэффективных ФЭПГ.
- Для повышения надежности ЭПГ необходимо использовать ламинаты с улучшенными термофизическими и механическими свойствами: POE (polyolefin, полиолефиновая) или XLPO (cross-linked polyolefin, сшитая полиолефиновая) вместо обычно используемой пленки EVA (Ethylene-vinyl acetate, этиленвинилацетатная). Расчеты показали, что их использование, в сочетании с герметизирующими краевыми изоляторами, позволяет уменьшить скорость диффузии атмосферных паров воды внутрь модуля до 30-40 лет.
- Впервые в НТЦ ТПТ на промышленном оборудовании Индустриального партнера ООО «Хевел» разработан процесс формирования гетеропереходов при помощи реакторов KAI, позволяющий изготавливать прототипы промышленных ФЭП типа HIT с эффективностью свыше 21%. Было показано, что применение технологии формирования контактной сетки Smartwire, предлагаемой компанией Meyer-Burger, может позволить увеличить эффективность ФЭП еще примерно на 1 абс.%.