

### Сравнение монокристаллических и мультикристаллических модулей.



□ Объективных научных исследований по данному вопросу нет (либо эти исследования несут заведомо субъективный характер оценки результатов).

Практически, при сравнении модулей, основным является следующий критерий (коэффициент выработки):

**$K = P_{\text{вых}} / P_{\text{ном}}$ ,**

Отношение произведённой модулем электрической энергии к установленной мощности (номинальной)

По результатам исследований, производимых лабораторией журнала Photon, становится очевидным, что большее влияние имеет не тип исходной подложки (моно или мульти), а принципы технологии, закладываемые производителем (исходные материалы и технология обработки, критерии сортировки готовой продукции и критерии отбраковки).

Подтверждением тому является чередование моно- и мультимодулей в итоговых таблицах.

Лидирующая позиция также занимает образцами из обеих технологий.

Если проанализировать влияющие факторы на **Рвых** станции, то следует выделить следующие параметры:

Номинальная мощность установленных в станцию модулей.

Коэффициент фотонной деградации.

Температурный коэффициент по мощности.

Коэффициент снижения мощности от уровня освещённости.

Наличие дефектов в структуре солнечных элементов (предрасположенность к «разрушающей» деградации).

КПД инвертора и согласованность его с параметрами модулей.

Проведём сравнение моно и мультимодулей по приведенным параметрам\*:

□

### **1. Номинальная мощность установленных в станцию модулей**

Принимая во внимание структуру базы солнечных элементов, из которых состоят эти модули, следует заключить, что монокристаллические модули имеют +1% по КПД по сравнению с мульткристаллическими, т.к. наличие «зернистости» структуры в мульткристаллических пластинах всегда приводит к дополнительным потерям при фотоэффекте. Дополнительно имеет место более эффективное поглощение энергии солнечного излучения монокристаллической пластиной за счёт чётко выраженной текстурированной поверхности платины.

**Заключение 1:** Монокристаллический модуль имеет преимущество перед мультикристаллическим по эффективности используемой площади. Сегодня это: 15-15,5% для монокристаллических модулей и 14-14,5% для мультикристаллических модулей.

### **2. Коэффициент фотонной деградации**

Все поликристаллические и практически все\* монокристаллические модули изготовлены на базе р-кремния с легированием исходной пластины бором. Бор и, входящий в состав любой кремниевой пластины, кислород приводят к т.н. «фотонной деградации», которая особо проявляется в первые 2-3 недели работы модуля в составе станции. При этом происходит наиболее быстрое, из всего цикла эксплуатации, снижение КПД модуля. Зависимость тут прямая: чем больше бора и кислорода, тем выше деградация. Мультикремниевые пластины, в силу особенностей технологии изготовления самих пластин, имеют более низкий уровень содержания кислорода, чем монокремниевые и таким образом мультикремниевые модули, на первый взгляд, имеют меньшую предрасположенность к данному типу деградации. Но целый ряд производителей монокремниевых модулей (особенно европейские) используют для изготовления солнечных элементов монокристаллические пластины с низким содержанием бора, что хоть и приводит к некоторым технологическим трудностям для достижения высоких уровней КПД, но гарантирует отсутствие катастрофического снижения эффективности модуля. При прочих равных условиях, при использовании качественного, без избыточного процента примесей, материала, уровень фотонной деградации составляет 1-2% вне зависимости от того, монокристаллический или поликристаллический модуль используется.

**Заключение 2:** Уровень фотонной деградации в большей степени зависит от качества исходной кремниевой пластины для солнечных элементов, из которой состоит модуль, а не от типа этой пластины.

### **3. Температурный коэффициент по мощности**

## Сравнение моно и поли (мульти) кристаллических модулей

Автор: Евгений Семёнов

24.07.2012 22:48 - Обновлено 03.08.2012 20:54

---

Ряд Internet-источников приводит информацию о более эффективной работе мультимодулей в условиях жаркого климата. При этом приводится информация, что температурный коэффициент по мощности монокристаллических модулей составляет  $-0,5\%/^{\circ}\text{C}$ , а мульткристаллических  $-0,41\%/^{\circ}\text{C}$ .

Но в реальности, ситуация такая же как и в предыдущем пункте. В зависимости от качества исходной пластины (в основном от примесного состава) температурный коэффициент для монокристаллических модулей может составлять от  $-0,4$  до  $-0,50\%/^{\circ}\text{C}$  (очень редко  $-0,55\%/^{\circ}\text{C}$ , но это уже аномальное явление), а для мульткристаллических  $-0,43$  до  $-0,50\%/^{\circ}\text{C}$ .

«Саморазогрев» модуля под воздействием солнечных лучей в большей степени зависит не от типа солнечного элемента (на тыльной стороне которого находится сплошной алюминиевый слой, из-за которого ИК-свет полностью «гасится» в самом солнечном элементе), а определяется используемым тыльным покрытием модуля (его цвет и теплопроводность).

***Кроме того, все «рекомендации» по использованию мульткристаллических модулей относятся к таким регионам, как Италия, Греция, Испания, Австралия (но никак не Украина).***

***Заключение 3:*** Уровень потерь эффективности при разогреве модуля в большей степени зависит от исходных материалов, а не типа используемой подложки. Имеющийся параметр «температурный коэффициент мощности» позволяет судить о будущем поведении модуля при изменении температуры окружающей среды и, собственно, модуля.

### ***4. Коэффициент снижения мощности от уровня освещённости***

## Сравнение моно и поли (мульти) кристаллических модулей

Автор: Евгений Семёнов

24.07.2012 22:48 - Обновлено 03.08.2012 20:54

---

Данный параметр практически неизменен у всех производителей моно и мультикристаллических модулей.

В зависимости от уровня освещённости, изменение его параметров составляет:

Интенсивность Вт/м <sup>2</sup>	U <sub>mpp</sub>	I <sub>mpp</sub>	P
1000	1,0	1,0	1
800	0,999	0,8	0,7992
500	0,994	0,5	0,497
400	0,986	0,4	0,3944
300	0,970	0,3	0,291
200	0,936	0,2	0,1872
100	0,862	0,1	0,0862

**Заключение 4:** Уровень снижения эффективности при снижении освещённости модуля в большей степени зависит от уровня освещённости, а не типа используемой подложки.

В подтверждении «**Заключения 3**» и «**Заключения 4**» ниже приведены две таблицы изменения параметров модулей из монокремния и мультикремния от одного поставщика (ЕС)

:

### Монокремний

## Сравнение моно и поли (мульти) кристаллических модулей

Автор: Евгений Семёнов

24.07.2012 22:48 - Обновлено 03.08.2012 20:54

Leistungsklassen (W)	235	240	245	250	255
<b>Elektrische Daten bei STC <sup>1)</sup></b>					
Nennleistung bei $P_{MPP}$ (W)	235	240	245	250	255
Spannung $U_{MPP}$ (V)	31,8	32,0	32,2	32,4	32,6
Stromstärke $I_{MPP}$ (A)	7,37	7,50	7,60	7,71	7,82
Leerlaufspannung $V_{OC}$ (V)	37,1	37,2	37,3	37,4	37,5
Kurzschlussstrom $I_{SC}$ (A)	8,37	8,47	8,56	8,65	8,74
Rückstrombelastbarkeit (A)	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0

1) STC-Standard Testbedingungen: Luftmasse AM 1,5 – Einstrahlung 1000 W/m<sup>2</sup> – Zelltemperatur 25°C; Messungenauigkeit +/-3%

<b>Elektrische Daten bei NOCT <sup>2)</sup></b>					
Nennleistung bei $P_{MPP}$ (W)	170	174	178	181	185
Spannung $U_{MPP}$ (V)	27,3	27,5	27,7	27,8	28,0
Stromstärke $I_{MPP}$ (A)	6,22	6,33	6,41	6,51	6,60
Leerlaufspannung $V_{OC}$ (V)	34,2	34,2	34,3	34,4	34,5
Kurzschlussstrom $I_{SC}$ (A)	6,78	6,86	6,93	7,00	7,08
Wirkungsgradreduktion bei 200 W/m <sup>2</sup> <sup>3)</sup>	< 6%	< 6%	< 6%	< 6%	< 6%

2) Die NOCT-Werte sind typische Werte. NOCT: Nominal operating cell temperature (45°C); Messungenauigkeit +/-3%

Typische Zelltemperatur bei: Einstrahlung 800 W/m<sup>2</sup> – Umgebungstemperatur 20°C – Windgeschwindigkeit 1 m/s

3) Reduktion des Wirkungsgrades bei Rückgang der Bestrahlungsstärke von 1000 W/m<sup>2</sup> auf 200 W/m<sup>2</sup>, Umgebungstemperatur 25°C, EN50904-1 konf.

### Мультикристаллический

Leistungsklassen (W)	230	235	240	245	250
<b>Elektrische Daten bei STC <sup>1)</sup></b>					
Nennleistung bei $P_{MPP}$ (W)	230	235	240	245	250
Spannung $U_{MPP}$ (V)	29,9	29,9	30,0	30,0	30,1
Stromstärke $I_{MPP}$ (A)	7,68	7,83	8,00	8,14	8,30
Leerlaufspannung $V_{OC}$ (V)	36,7	36,8	36,8	36,9	37,2
Kurzschlussstrom $I_{SC}$ (A)	8,40	8,51	8,52	8,52	8,65
Rückstrombelastbarkeit (A)	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0

1) STC-Standard Testbedingungen: Luftmasse AM 1,5 – Einstrahlung 1000 W/m<sup>2</sup> – Zelltemperatur 25°C; Messungenauigkeit +/-3%

<b>Elektrische Daten bei NOCT <sup>2)</sup></b>					
Nennleistung bei $P_{MPP}$ (W)	167	170	174	178	181
Spannung $U_{MPP}$ (V)	27,4	27,4	27,5	27,5	27,6
Stromstärke $I_{MPP}$ (A)	6,10	6,22	6,35	6,46	6,59
Leerlaufspannung $V_{OC}$ (V)	33,8	33,9	33,9	34,0	34,3
Kurzschlussstrom $I_{SC}$ (A)	6,80	6,89	6,90	6,90	7,00
Wirkungsgradreduktion bei 200 W/m <sup>2</sup> <sup>3)</sup>	< 6%	< 6%	< 6%	< 6%	< 6%

2) Die NOCT-Werte sind typische Werte. NOCT: Nominal operating cell temperature (45°C); Messungenauigkeit +/-3%

Typische Zelltemperatur bei: Einstrahlung 800 W/m<sup>2</sup> – Umgebungstemperatur 20°C – Windgeschwindigkeit 1 m/s

3) Reduktion des Wirkungsgrades bei Rückgang der Bestrahlungsstärke von 1000 W/m<sup>2</sup> auf 200 W/m<sup>2</sup>, Umgebungstemperatur 25°C, EN50904-1 konf.

В сравнении мы не видим существенных различий в параметрах при одинаковых условиях