

---

# Решения Konica Minolta Sensing в области измерений характеристик солнечных элементов

Марончук Е.Ю.  
Генеральный директор ООО «Сигма Микрон»

# Продукция Konica Minolta Sensing



Измерения  
цвета

| Спектроденсито-  
метры для  
полиграфии

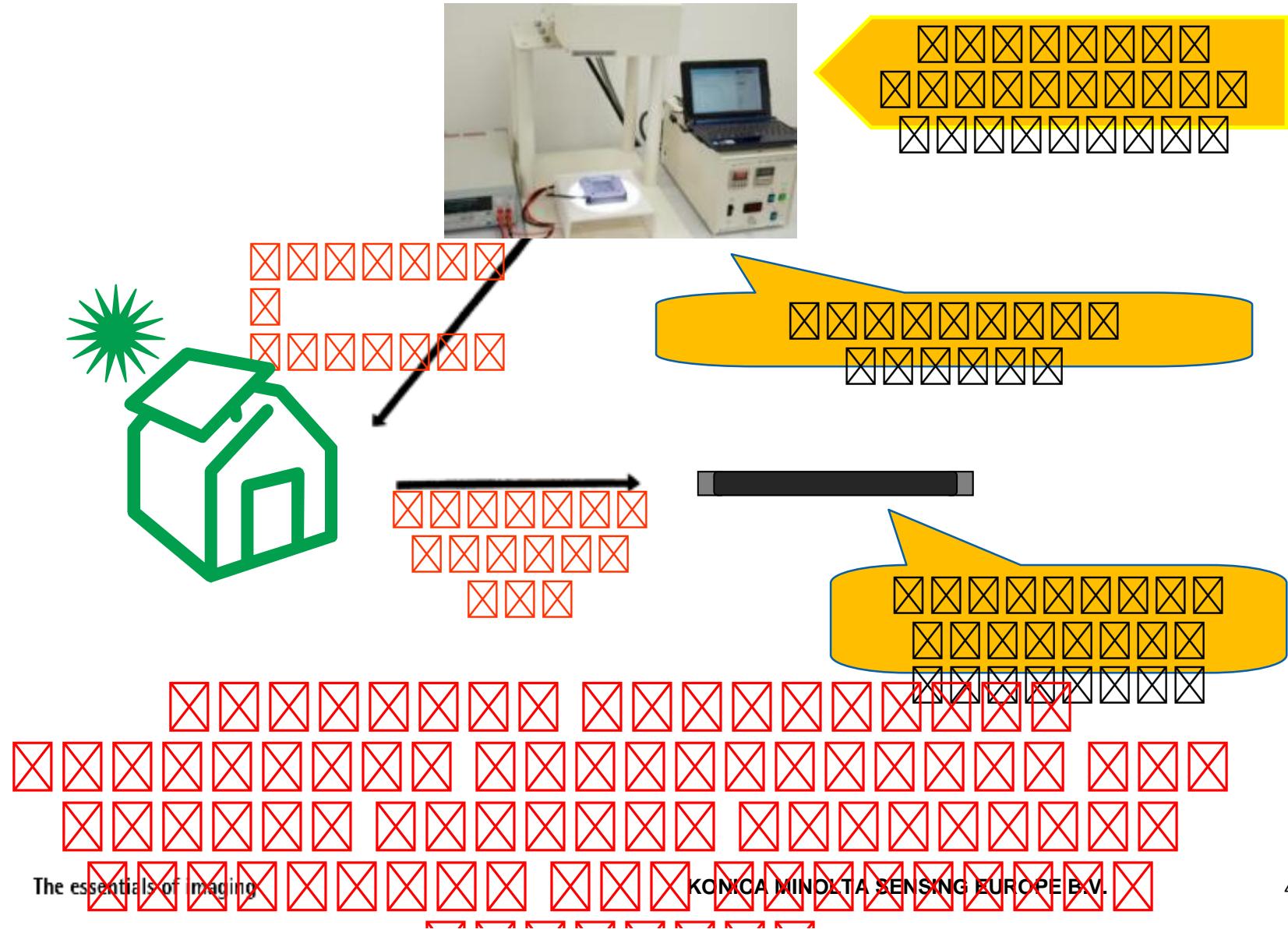
Приборы для  
измерения  
световых  
характеристик  
источников света  
и дисплеев

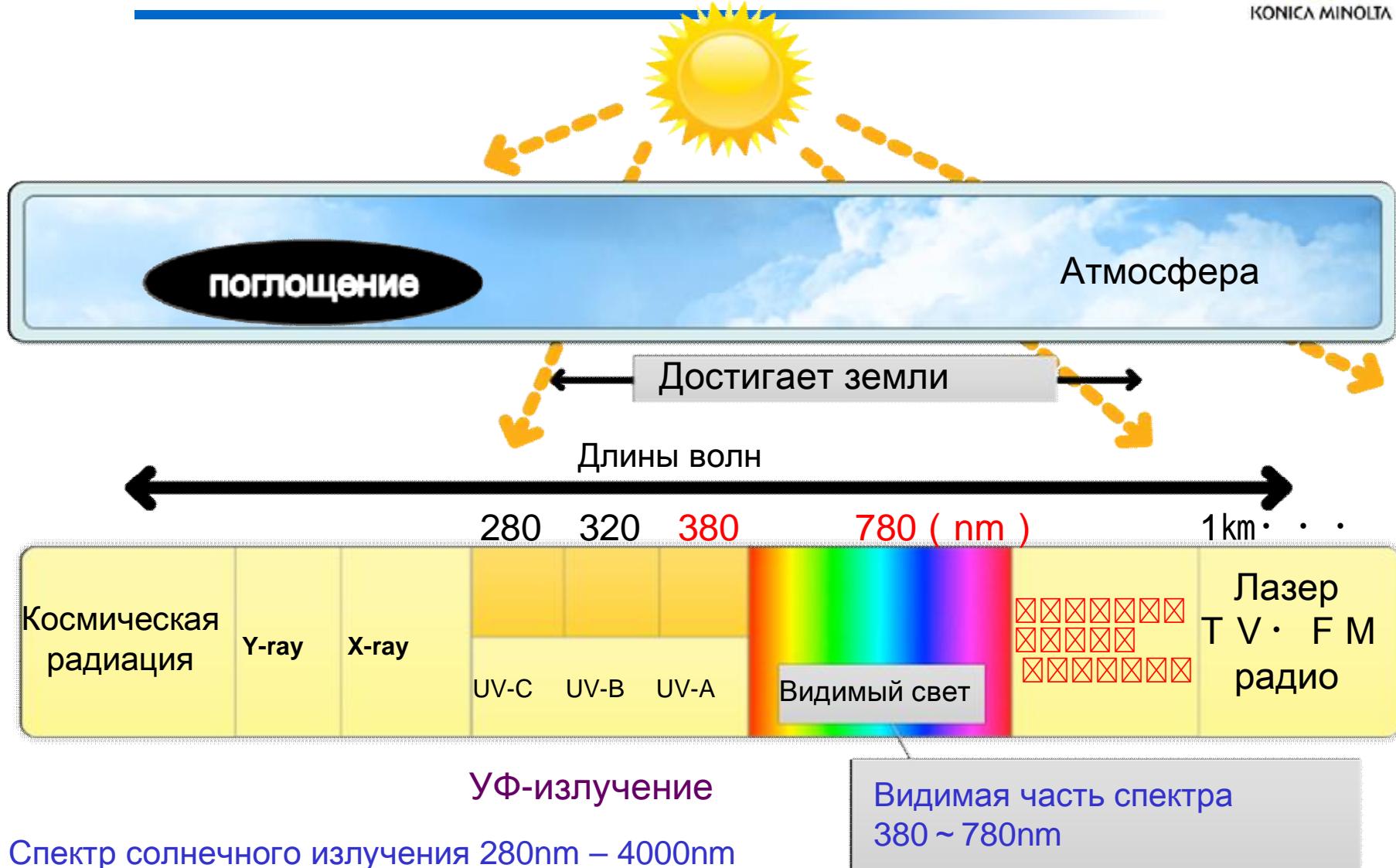
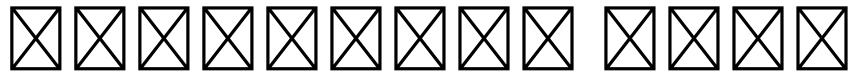
Бесконтактные  
3D-сканеры

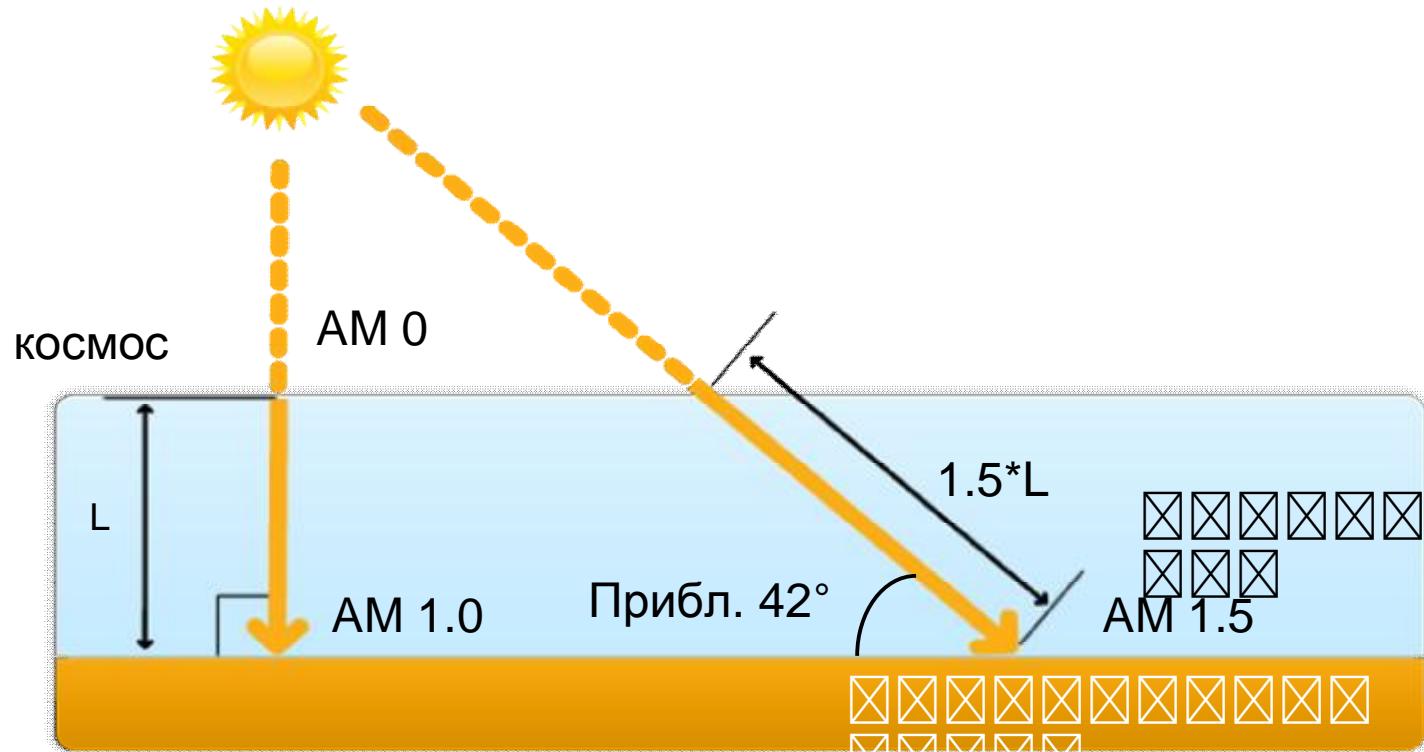
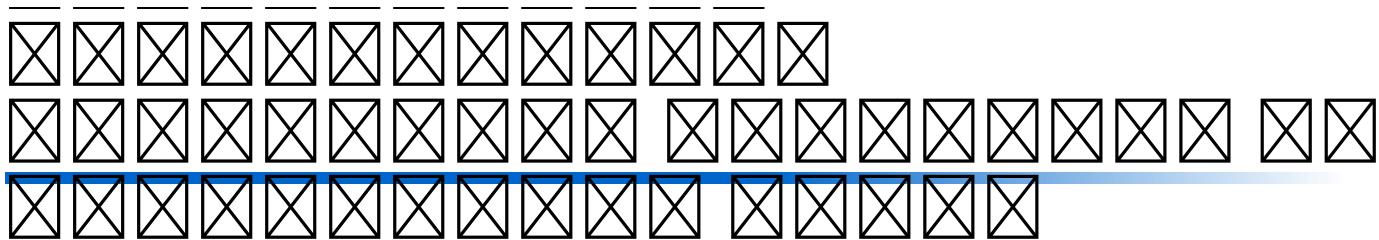
Измерения  
параметров  
солнечных  
элементов  
Photovoltaic



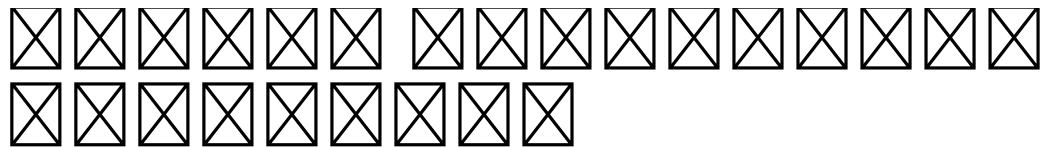
❑❑❑❑❑❑❑❑❑❑❑❑❑❑❑❑  
❑❑❑❑❑❑❑❑❑❑❑❑❑❑❑❑?



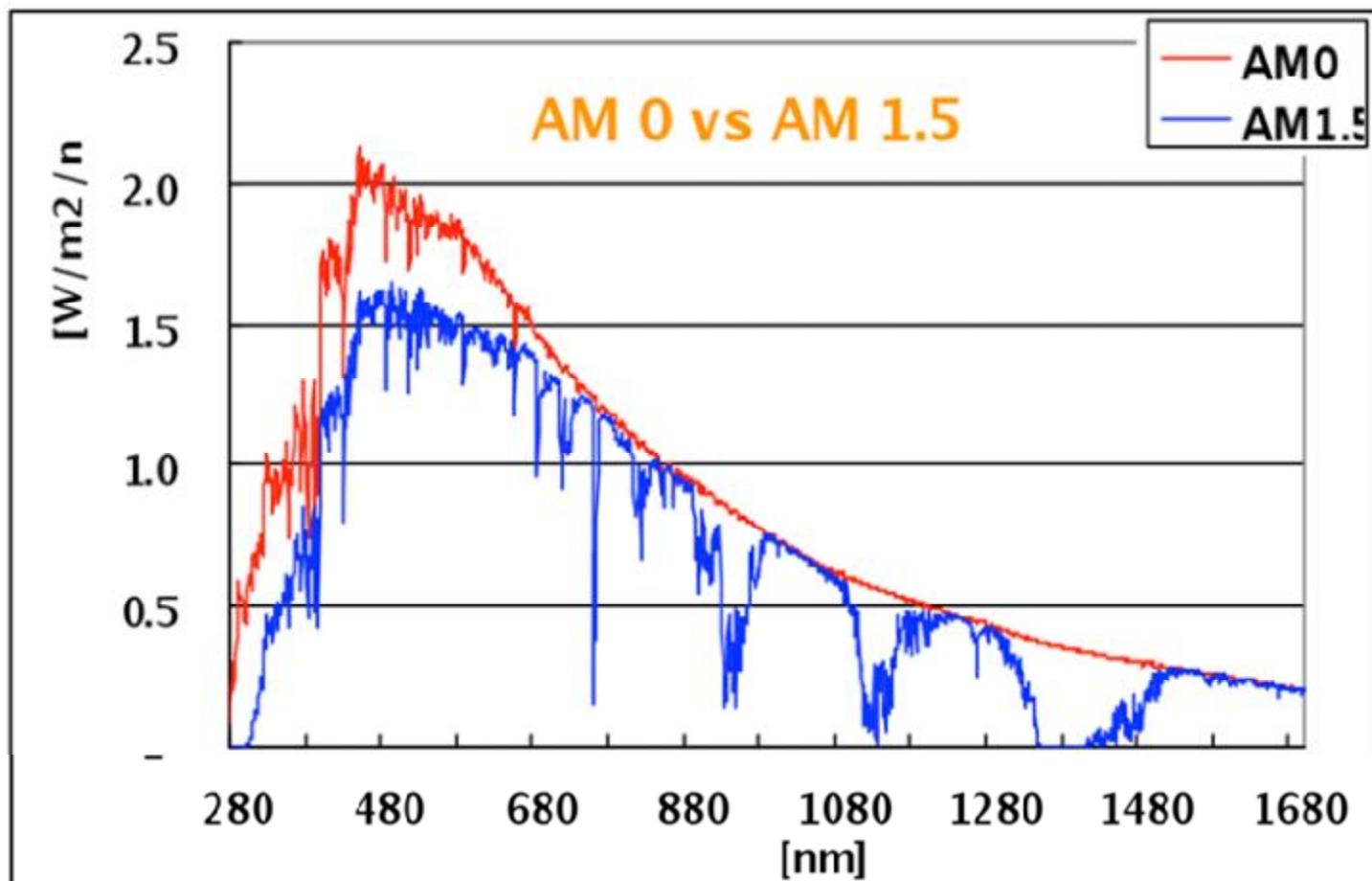


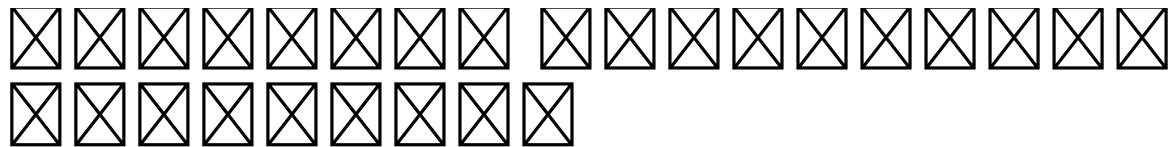


A horizontal row of 20 empty square boxes, each containing a small 'X' symbol, intended for students to mark their answers.



KONICA MINOLTA



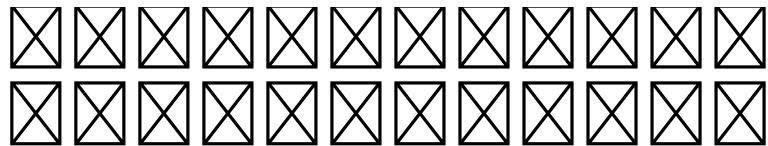


KONICA MINOLTA

Спектральное распределение излучения имитатора должно максимально соответствовать спектральному распределению солнечного излучения



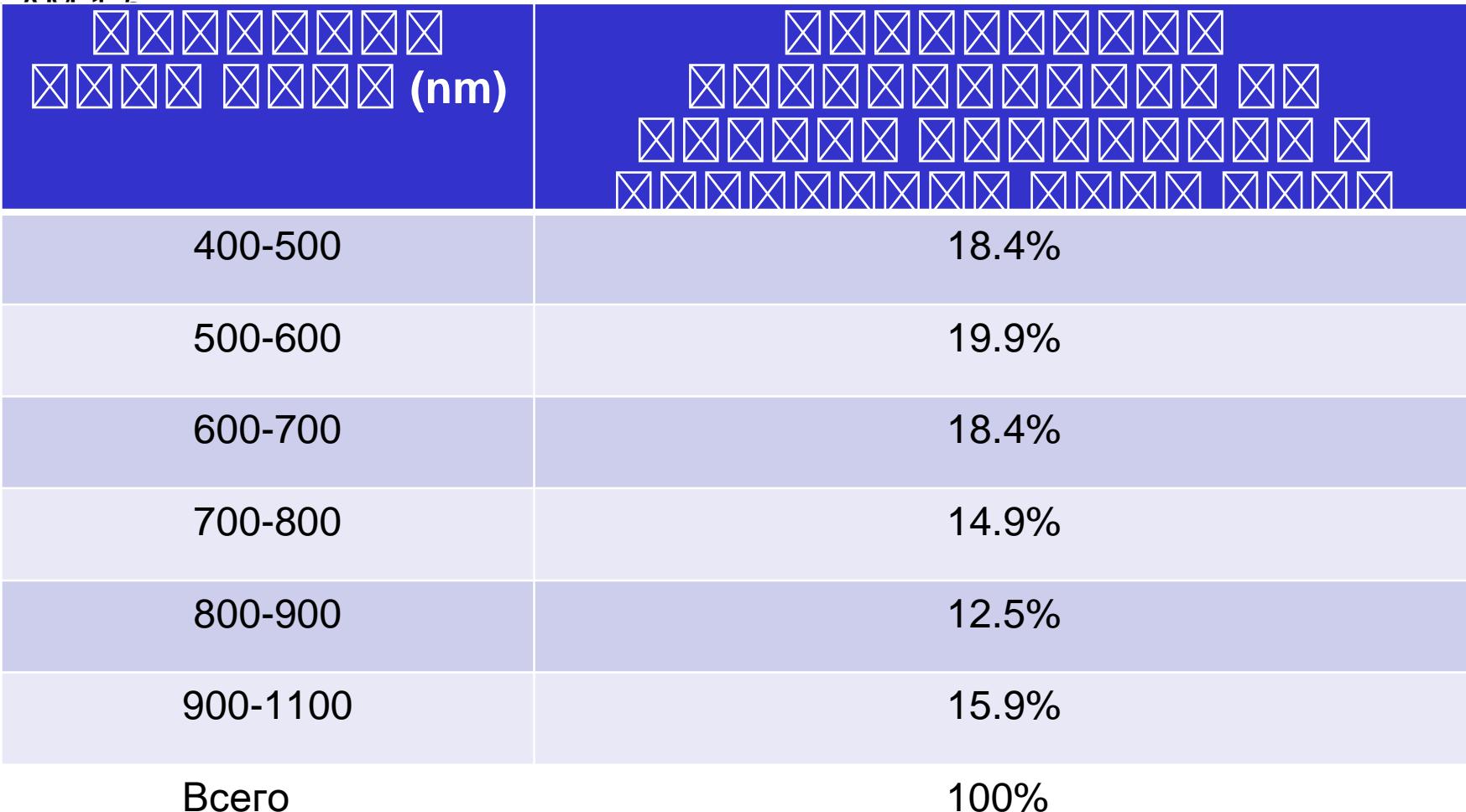
Имитатор солнечного излучения  
XE S-40S2-CE класса AAA

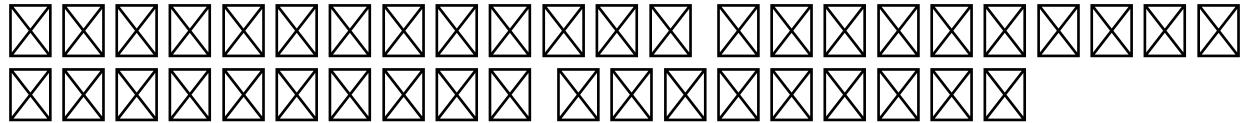


(IEC 60904)



Спектральное соответствие имитатора солнечного излучения  
определяется величиной его отклонения от стандартного распределения  
AM 1.5





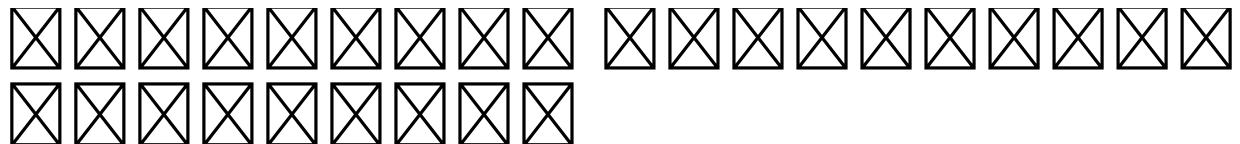
KONICA MINOLTA

## IEC 60904

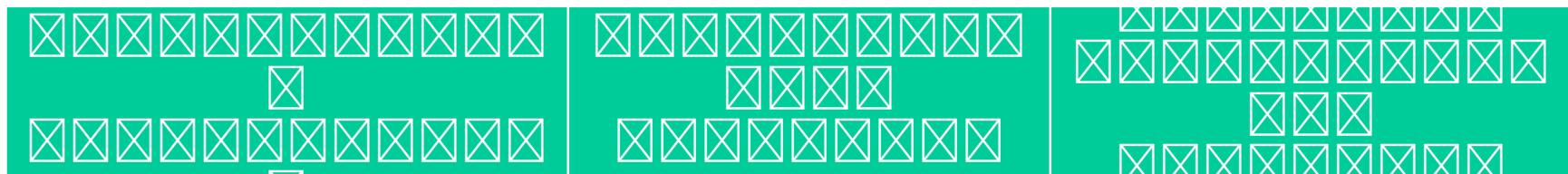
Класс	Спектральное соответствие во всех поддиапазонах	Пространственная неоднородность излучения	Временная нестабильность излучения (STI/LTI)
A	0.75 to 1.25	2%	0.5% / 2%
B	0.6 to 1.4	5%	5% / 5%
C	0.4 to 2.0	10%	10% / 10%

Периодические проверки имитаторов солнечного излучения (Рекомендации JIS)

	Интервал	Измерения
Неоднородность	Раз в месяц	Измерение тока короткого замыкания эталонного солнечного элемента
Нестабильность	Раз в месяц	Измерение тока короткого замыкания в течение определенного периода времени
Спектр	Раз в полгода	Использование спектрорадиометра

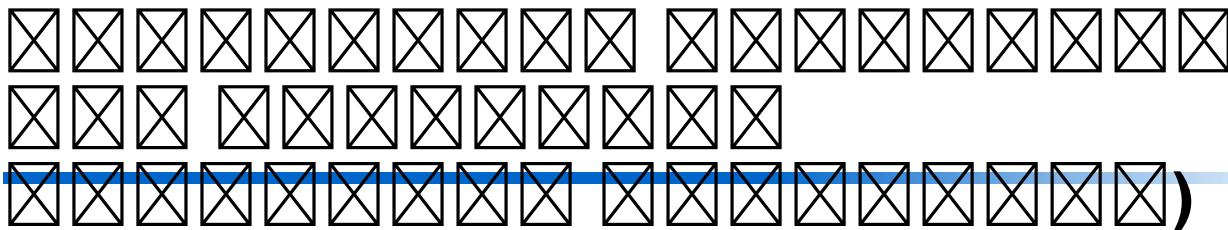


KONICA MINOLTA

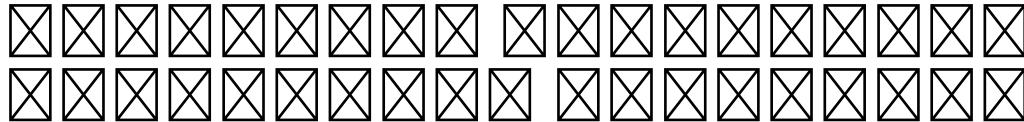


0.81 : 400 – 500 nm (A) 0.71 : 500 – 600 nm (B) 0.69 : 600 – 700 nm (B) 0.74 : 700 – 800 nm (B) 1.56 : 800 – 900 nm (C) 1.74 : 900 – 1100 nm (C)	2.8 % на площади 100 cm x 170 cm	<b>STI:</b> Одновременные измерения тока, напряжения и освещенности с задержкой менее 10нс. Изменение освещенности – менее 0.5 % (A)  <b>LTI:</b> Построение вольтамперной характеристики с интервалом 10 мс Отклонение - 3.5 % (B)
---	-------------------------------------	---

Для худшего случая:  <b>C</b>	Классификация:  <b>B</b>	Классификация:  <b>B</b>
-------------------------------------	--------------------------------	--------------------------------

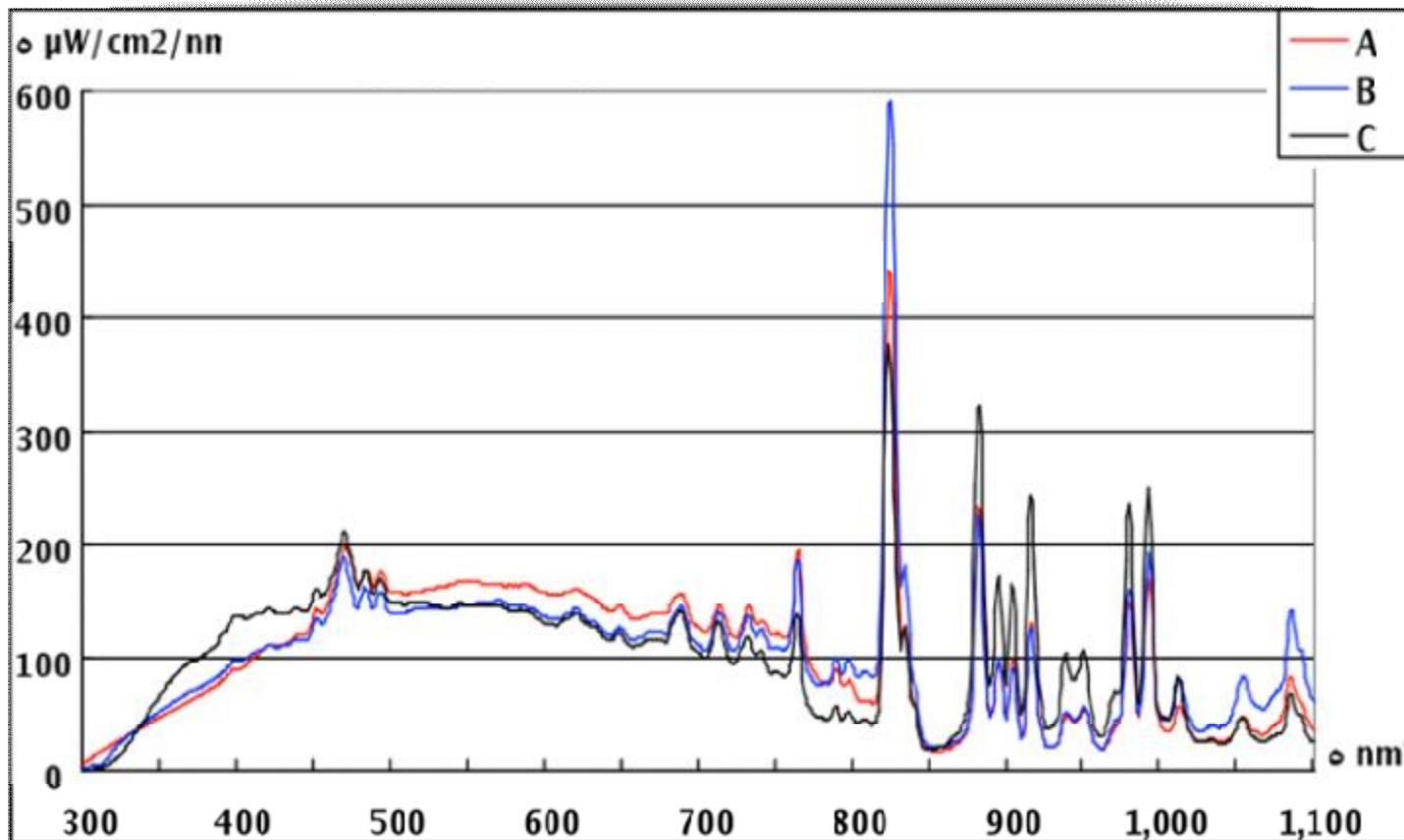


C8912		C8933		p-n C8942	
Wavelength (nm)	Relative intensity	Wavelength (nm)	Relative intensity	Wavelength (nm)	Relative intensity
-		350 ~ 400	6.5%	350 ~ 400	4.1%
400 ~ 500	18.5%	400 ~ 450	11.5%	400 ~ 450	7.8%
		450 ~ 500	15.2%	450 ~ 500	9.8%
500 ~ 600	20.1%	500 ~ 550	14.9%	500 ~ 550	9.7%
		550 ~ 600	14.2%	550 ~ 600	9.4%
600 ~ 700	18.3%	600 ~ 650	13.9%	600 ~ 650	9.1%
		650 ~ 700	12.6%	650 ~ 700	8.5%
700 ~ 800	14.8%	700 ~ 750	11.2%	700 ~ 750	7.6%
		-		750 ~ 800	6.7%
800 ~ 900	12.2%	-		800 ~ 850	6.2%
		-		850 ~ 900	5.8%
900 ~ 1000	16.1%	-		900 ~ 950	3.4%
		-		950 ~ 1000	3.8%
		-		1000 ~ 1050	4.4%
		-		1050 ~ 1100	3.8%
		-		100%	
Total	100%	-		100%	



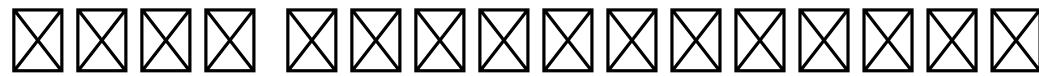
KONICA MINOLTA

3 имитатора класса А различных производителей имеют различные спектры излучения.

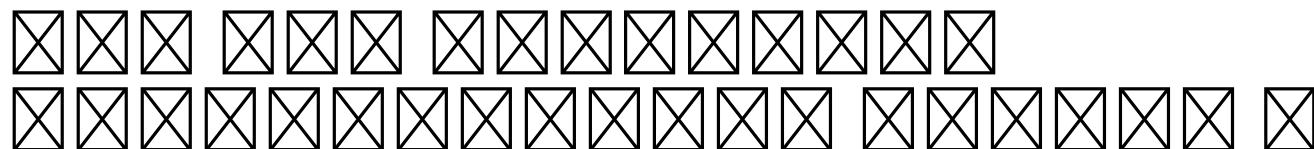


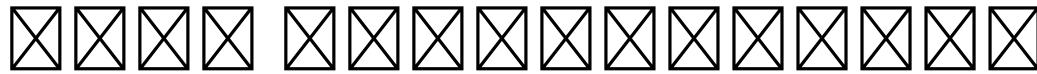


KONICA MINOLTA



	Относительная интенсивность			Спектральное соответствие		
Wavelength	Model A	Model B	Model C	Model A	Model B	Model C
400 ~ 500	18.3%	17.3%	19.8%	0.99	0.94	1.07
500 ~ 600	21.5%	19.2%	20.4%	1.07	0.96	1.01
600 ~ 700	19.4%	17.0%	17.3%	1.06	0.92	0.94
700 ~ 800	15.5%	14.7%	12.2%	1.05	0.98	0.82
800 ~ 900	12.2%	15.3%	10.5%	1.00	1.23	0.86
900 ~ 1100	13.1%	16.5%	20.0%	0.81	1.04	1.24
Спектральное соответствие				0.81 ~ 1.07	0.92 ~ 1.23	0.82 ~ 1.24
Класс				A	A	A

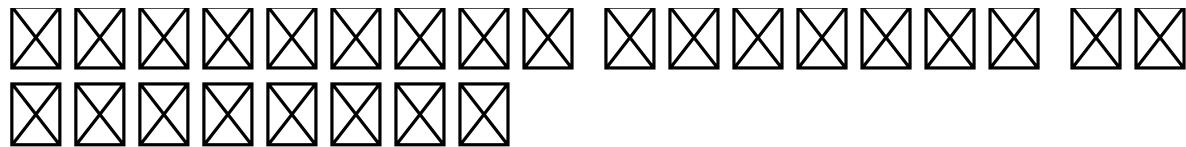




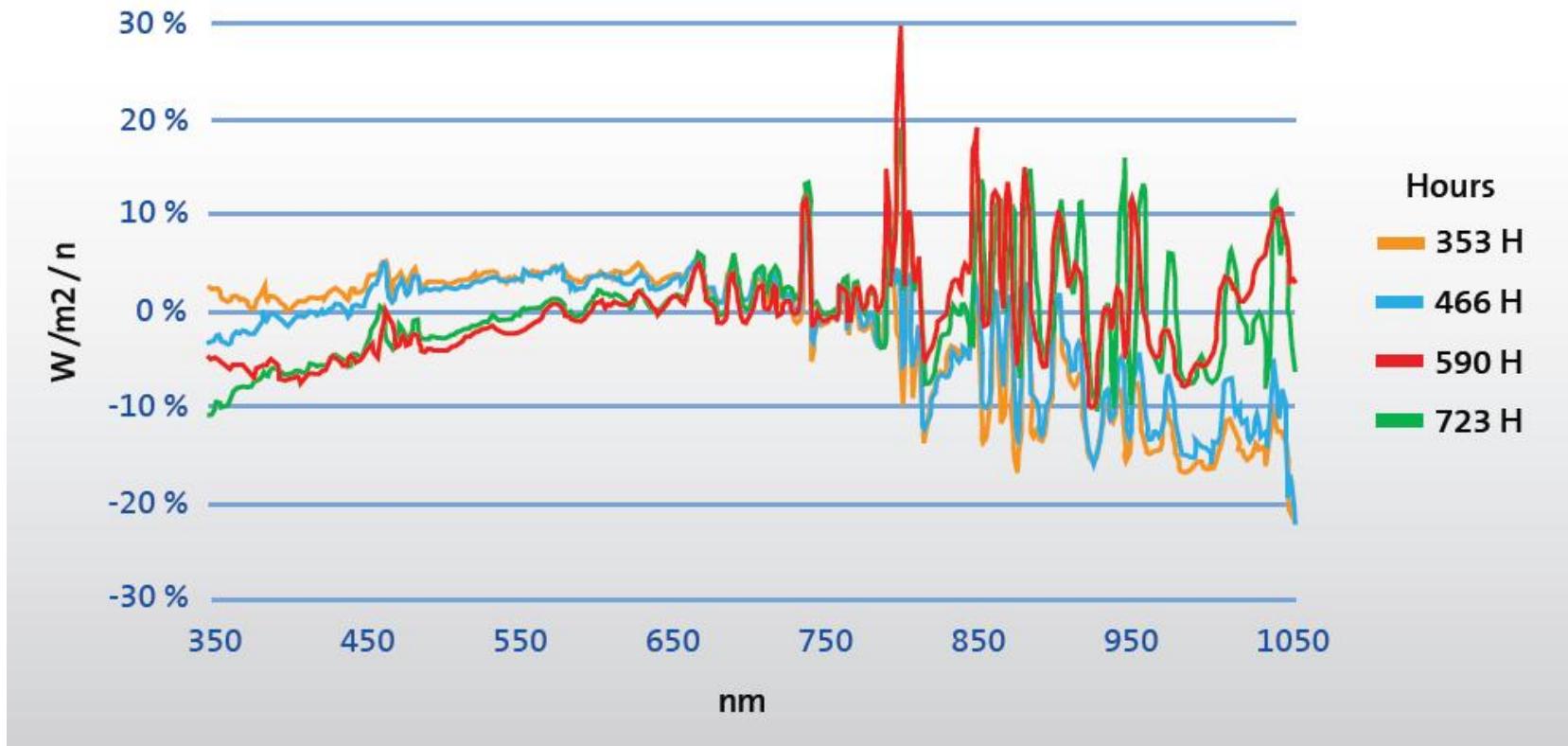
KONICA MINOLTA



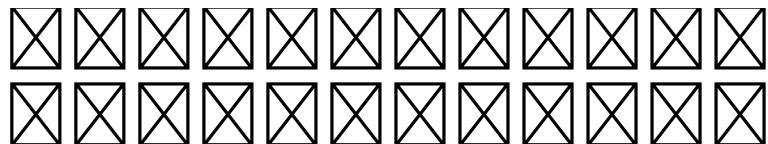
	Аморфные элементы C8933			Элементы с несколькими р-п переходами C8942		
wavelength	Model A	Model B	Model C	Model A	Model B	Model C
350 ~ 400	0.94	1.13	0.98	1.03	1.13	1.03
400 ~ 450	0.87	0.95	1.27	0.89	0.88	1.23
450 ~ 500	1.01	1.00	0.93	1.08	0.98	0.95
500 ~ 550	0.99	0.96	0.99	1.06	0.94	1.00
550 ~ 600	1.06	1.03	1.05	1.10	0.98	1.04
600 ~ 650	1.01	0.95	0.96	1.06	0.92	0.96
650 ~ 700	1.02	0.98	0.93	1.05	0.92	0.91
700 ~ 750	1.06	1.06	0.91	1.08	0.99	0.88
750 ~ 800				0.99	0.96	0.74
800 ~ 850				1.25	1.73	0.90
850 ~ 900				0.67	0.66	0.76
900 ~ 950				0.99	0.97	1.44
950 ~ 1000				1.11	1.20	1.66
1000 ~ 1050				0.49	0.68	0.86
1050 ~ 1100				0.80	1.34	1.16
Спектральное соответствие	0.87 ~ 1.06	0.95 ~ 1.13	0.91 ~ 1.27	0.49 ~ 1.25	0.66 ~ 1.73	0.74 ~ 1.66
Class	A	A	B	C	C	C



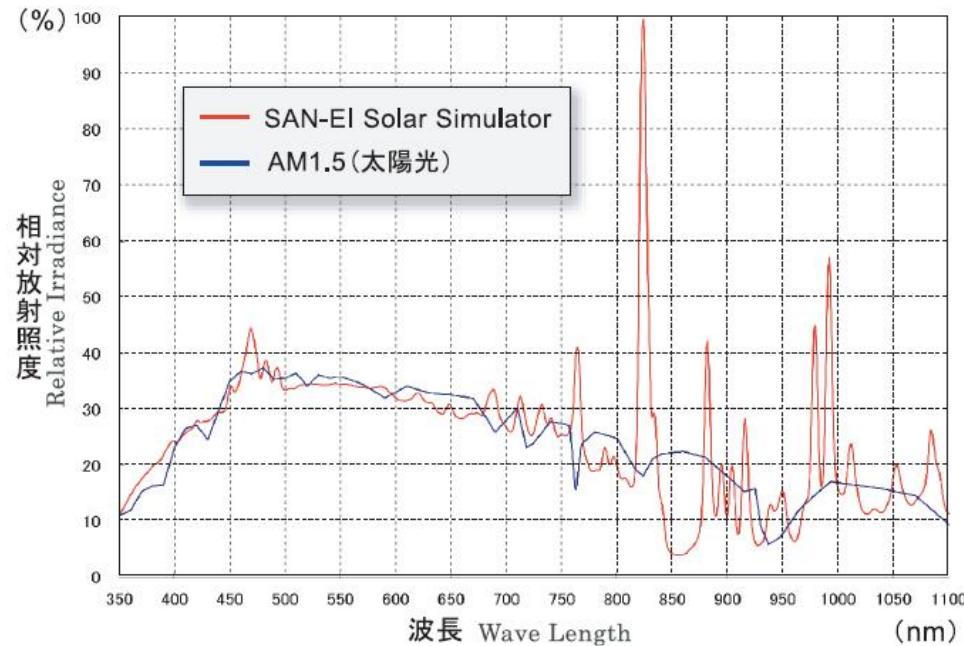
KONICA MINOLTA



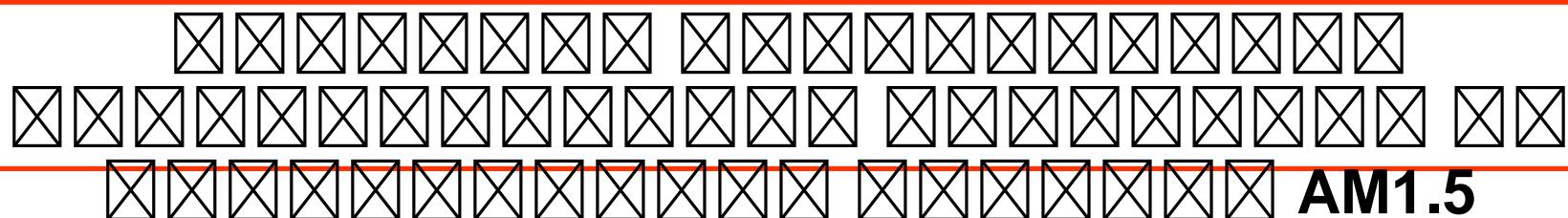
Со временем относительная интенсивность области коротких волн уменьшается, а области длинных волн - увеличивается.



KONICA MINOLTA



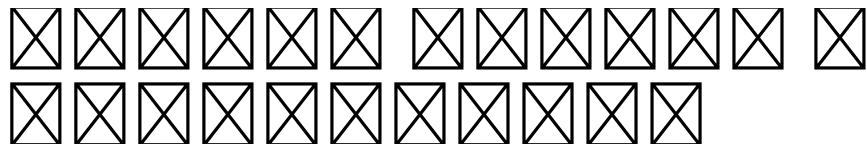
波長帯 Wavelength	相対エネルギー分布 Relative Energy Distribution		合致度 Coincidence
	三永データ SAN-EI data	JIS基準 JIS standard	
400~500 nm	20.0 %	18.5 %	1.08
500~600	20.7	20.1	1.03
600~700	17.8	18.3	0.97
700~800	14.6	14.8	0.99
800~900	13.1	12.2	1.07
900~1100	13.8	16.1	0.86
400~1100	100.0	100.0	-



# Фотометр S- 2440/2441/2442



- Диапазон измерений и чувствительность оптимизированы для измерений солнечного света
- Диапазон измерений 300 – 1100 нм охватывает как кристаллические, так и аморфные солнечные элементы
- Оригинальная оптика
- Соответствует требованиям стандарта JIS Z 8724
- Возможность измерений спектра импульсных источников света  
\*S-2441/2



KONICA MINOLTA

# Spectral Match (Total)

Device:S-2440 - 094112

TimeStamp:2010/01/25 15:25:33

## Spectral coincidence

Crystalline-Si  
JIS C 8912-2005



Amorphous-Si  
JIS C 8933-2005

Comprehensive judgment



Comprehensive judgment

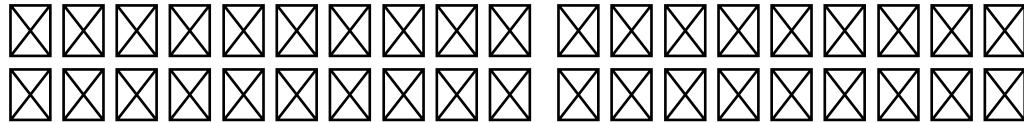
Solar Cell  
IEC 60904-2007



Comprehensive judgment

## Result of Measurement(Crystalline-Si JIS C 8912-2005)

Wavelength (nm)	Irradiance(W/m <sup>2</sup> )		Energy Distribution(%)		Coincidence	Class Standard	Judgment
	AM1.5G	Solar Simulator	AM1.5G	Solar Simulator			
400-500	138.71	84.36	18.5	18.4	1.00	-	A
500-600	151.28	91.98	20.1	20.1	1.00	-	A
600-700	137.47	81.85	18.3	17.9	0.98	-	A
700-800	111.49	69.28	14.8	15.1	1.02	-	A
800-900	92.04	74.63	12.2	16.3	1.34	-	B
900-1100	120.33	55.23	16.1	12.1	0.75	-	A
sum			100.0	100.0			

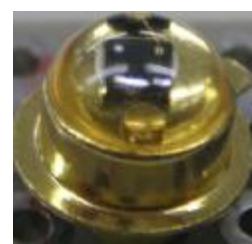


Si Cell

Filtered Si Cell



Solar Power Meter



Photodiode

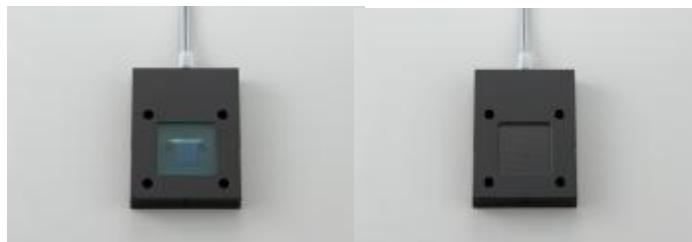




### 1. Кристаллические эталонные солнечные элементы

Конструкция и спектральная характеристика аналогична обычному солнечному элементу из кристаллического кремния. Наиболее распространенный эталонный солнечный элемент.

### 2. Этalonные солнечные элементы с фильтром

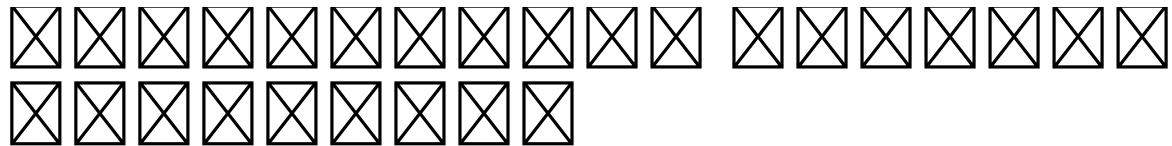


По спектральной характеристике соответствуют солнечным элементам из аморфного и микрокристаллического кремния (с несколькими р-п переходами). Представляют собой кристаллические солнечные элементы с фильтром, обеспечивающим соответствующую спектральную характеристику.



### 3. Фотодиод

Бюджетный датчик для проверки имитатора солнечного излучения. Спектральная характеристика отличается от характеристики солнечного элемента, поэтому не может быть использован для точной калибровки имитатора.



KONICA MINOLTA

## Стандартные условия измерения солнечных элементов (IEC 60904)

Необходимые принадлежности		
Освещенность	1,000 W/m <sup>2</sup>	Эталонный солнечный элемент
Спектр	AM 1.5	Имитатор солнечной энергии класса А (проверенный при помощи спектрорадиометра)
Температура	25°C	Оборудование для температурного контроля

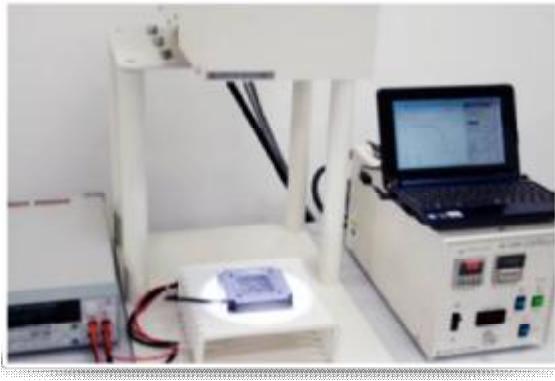
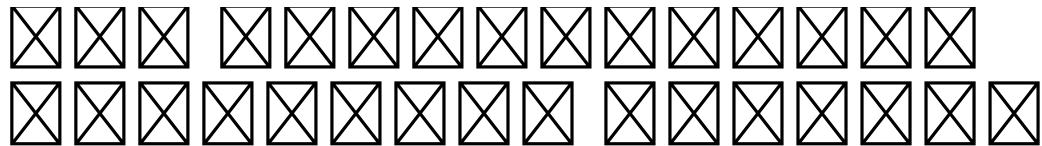
# Reference Cell Purpose



Установка уровня  
освещенности АМ 1.5  
( $1000\text{W/m}^2 = 100\text{mW/m}^2 = 1\text{ Sun}$ )

Эталонный элемент



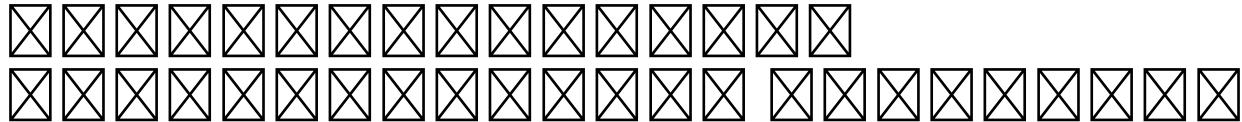


Для проведения измерений в стандартных условиях необходимо наличие:

- Имитатора солнечного излучения,
- Эталонного солнечного элемента,
- Системы контроля температуры,
- Тестер
- Программного обеспечения IV

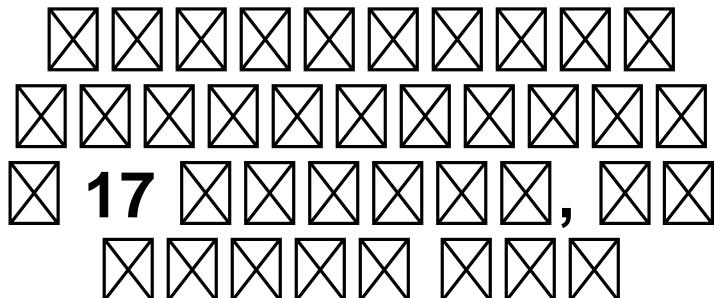
Выходная мощность эталонного элемента при температуре 25C для спектра AM1.5 должна быть 100мВт. Измеренный ток короткого замыкания должен соответствовать калибровочным данным.





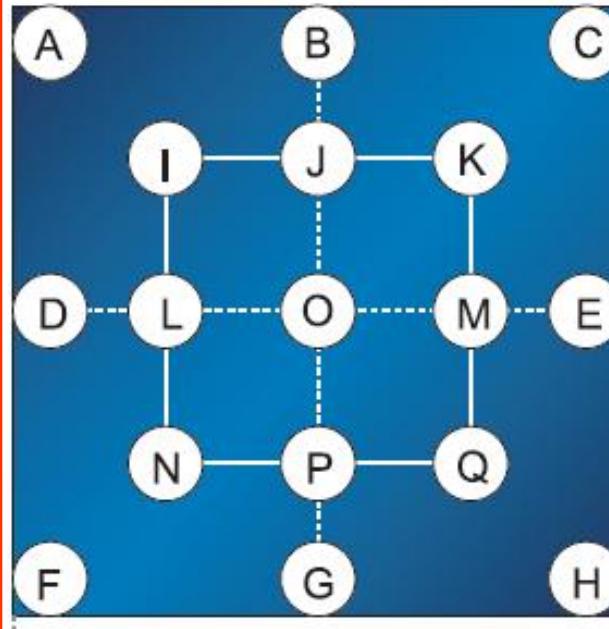
KONICA MINOLTA

## Измерение тока короткого замыкания.



**17**

Class A



有効照射エリア

XES- 40S1 (**40**mm)

XES- 70S1 (**70**mm)

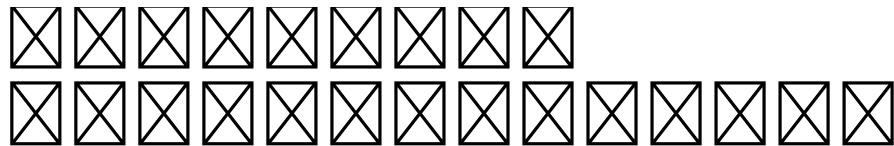
XES- 155S1 (**155**mm)

XES- 180S1 (**180**mm)

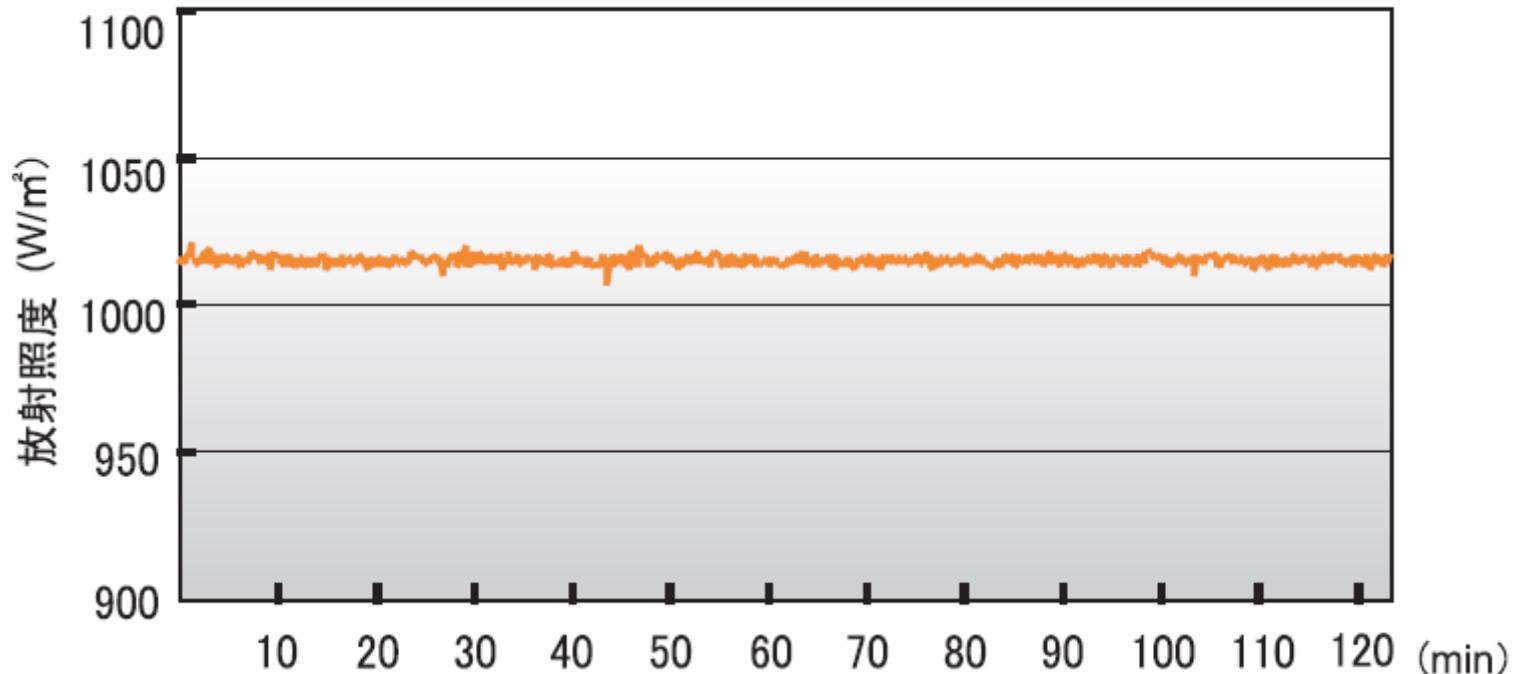
XES- 220S1 (**220**mm)

A	1017
B	1009
C	1008
D	1001
E	1016
F	1011
G	1008
H	1004
I	1008
J	1023
K	1002
L	1002
M	1005
N	1023
O	1026
P	1013
Q	1013
MIN	1001
MAX	1026
場所むら	<b>±1.23%</b>

(W/m<sup>2</sup>)



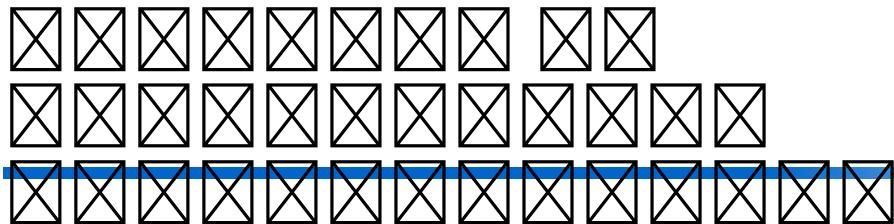
KONICA MINOLTA



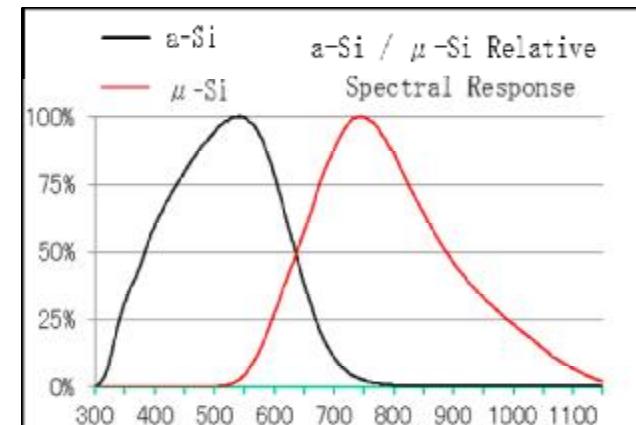
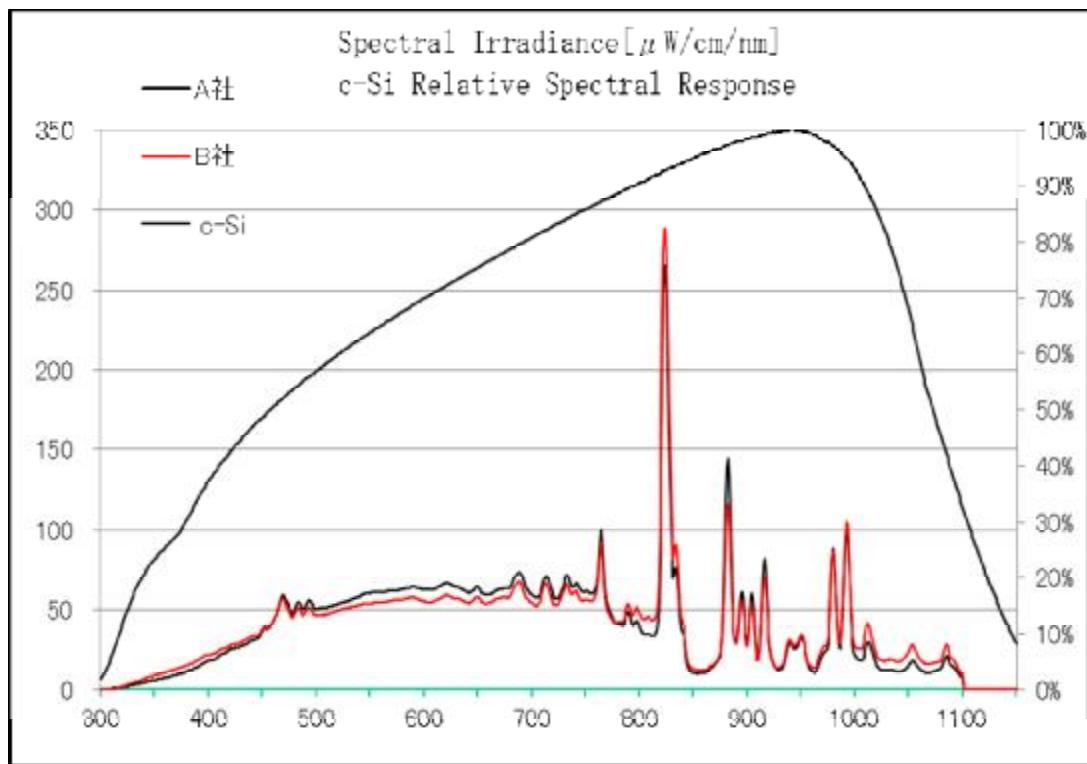
Измерение тока короткого замыкания в течение  
установленного времени

Class A

MIN	1005.95
MAX	1021.40
変動率	$\pm 0.76\%$



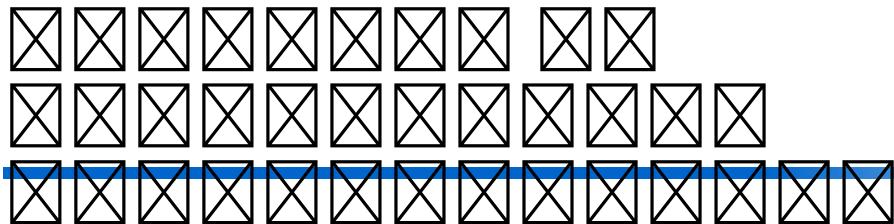
KONICA MINOLTA



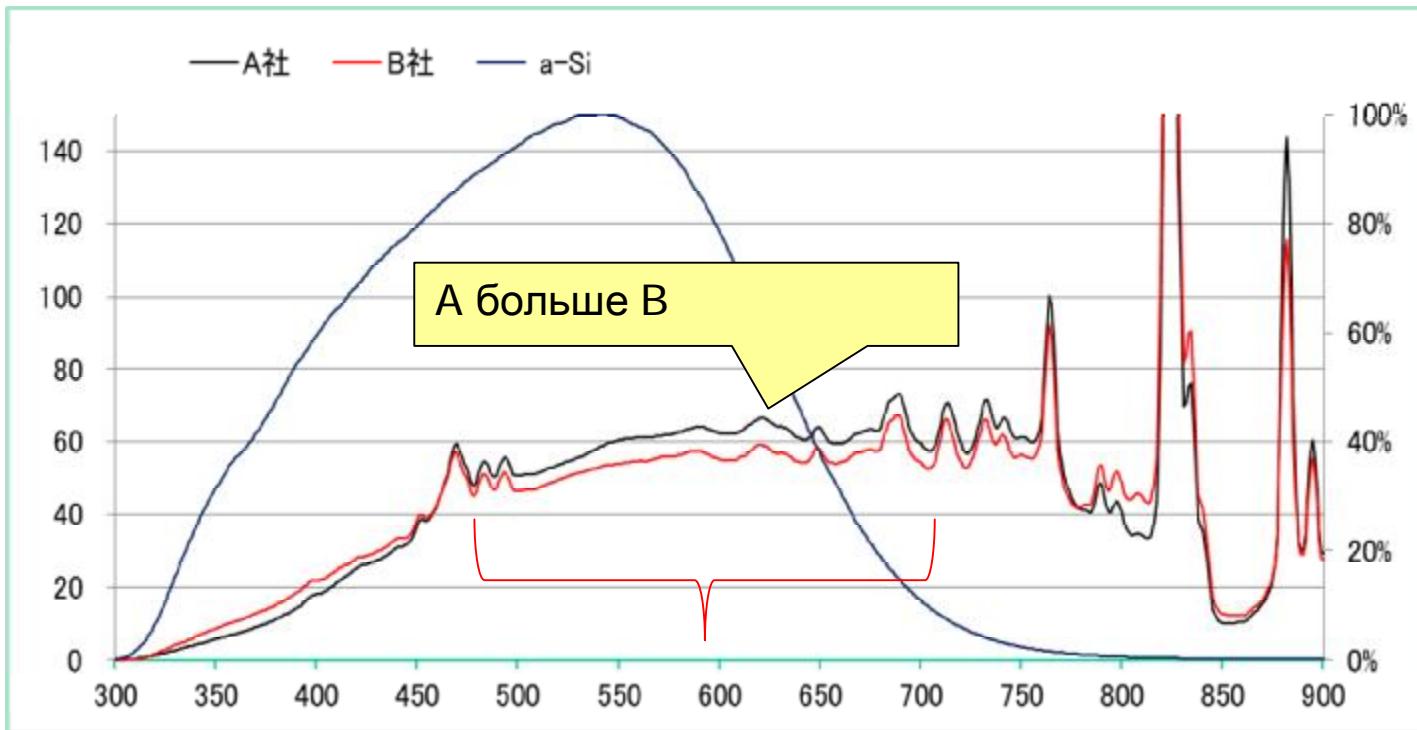
B:reference	a-Si	$\mu$ -Si
Errors	+7%	+2%



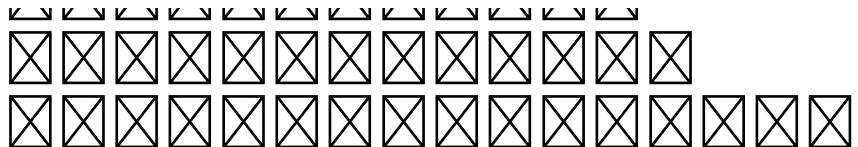
После калибровки имитаторов солнечного излучения в двух компаниях по кристаллическому эталонному элементу, результаты измерений I к.з. солнечных элементов из аморфного и микрокристаллического кремния между компаниями различаются.



## Измерение a-Si : Причина, почему Iкz в случае А выше на 7%

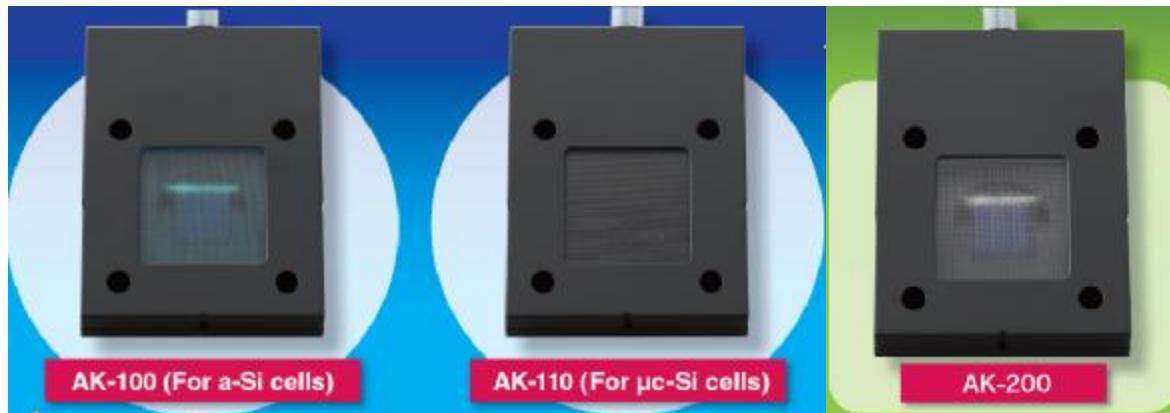


В случае калибровки по кристаллическому эталонному элементу спектральные характеристики А и В - различны

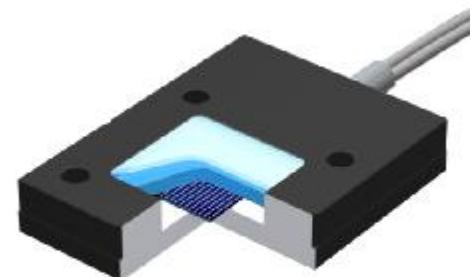
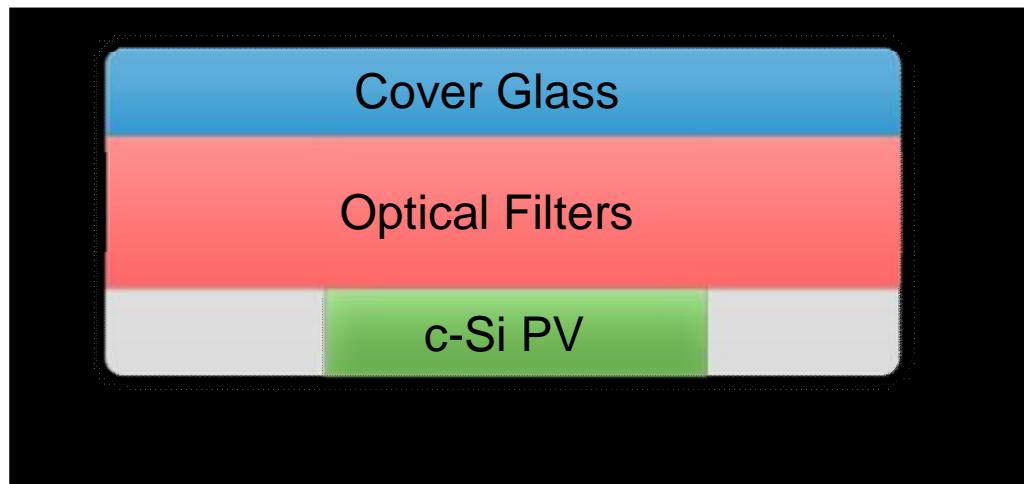


KONICA MINOLTA

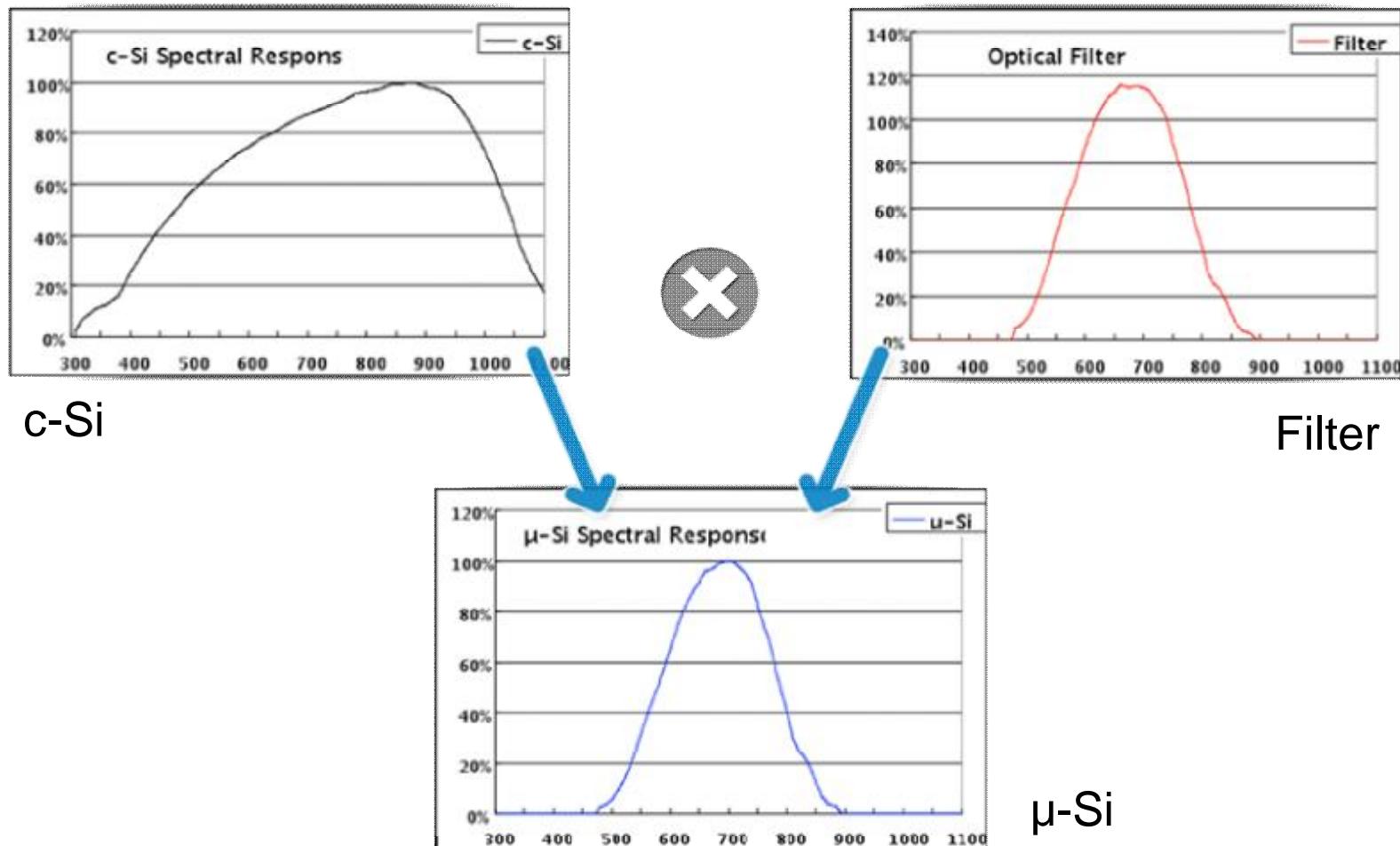
В сотрудничестве с Японским Национальным институтом передовых промышленных разработок и технологий (AIST) была разработана серия эталонных солнечных элементов со специальными спектральными характеристиками. Эти элементы соответствуют требованиям к солнечным элементам с несколькими p-n переходами и соответствуют общей системе нормирования NREL (США), PTB (EU) и AIST (Япония).



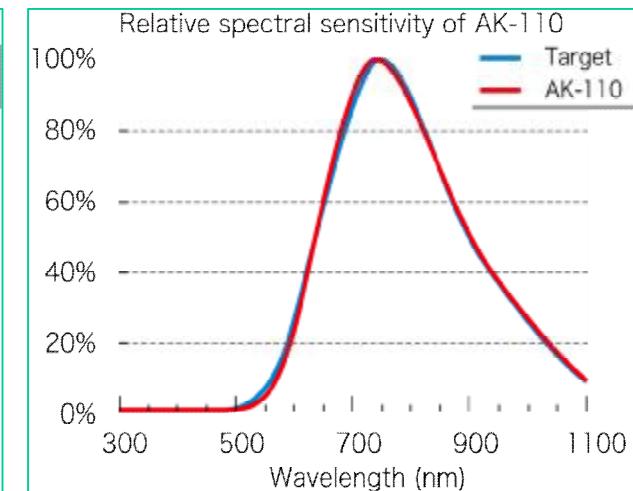
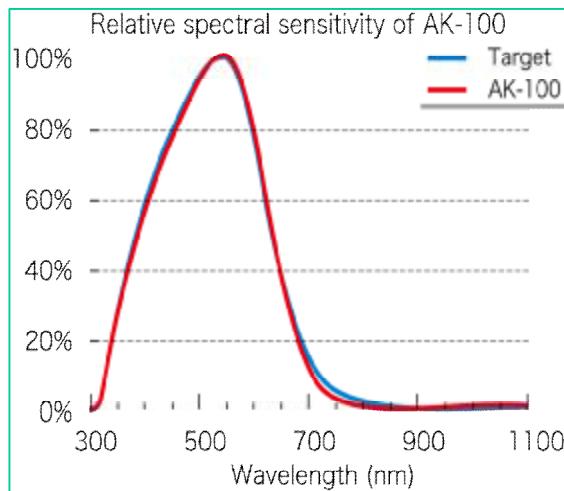
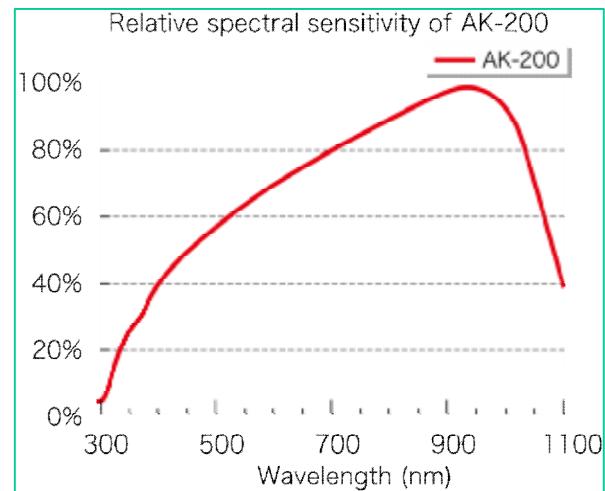
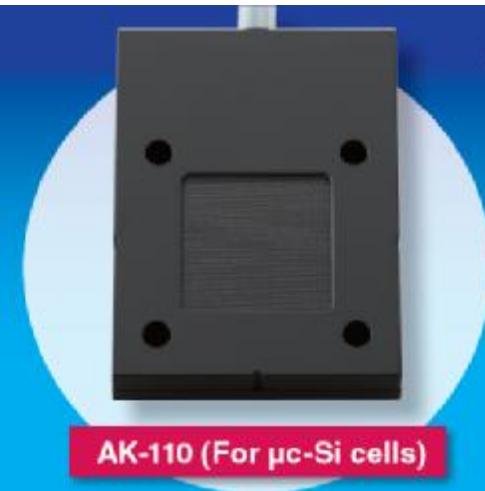
Patent application  
number (Japan)  
2010-131945



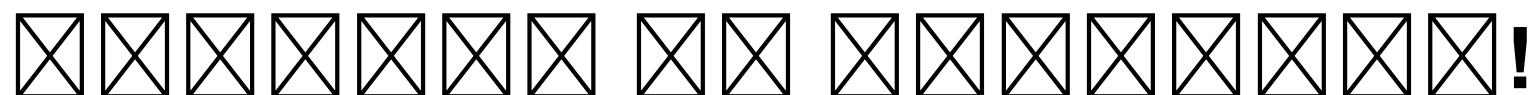
# Spectral Response



# Reference Cells Spectral Responses



## Решения Konica Minolta Sensing в области измерений характеристик солнечных элементов





KONICA MINOLTA

