

Program kwalifikacji wyrobu

Sprawozdanie końcowe z sekwencji badań obciążeń od uderzenia gradu – Testy na uderzenie gradu 50 mm Shenzhen Aiko Digital Energy Technology Co., Ltd.

Moduł Aiko Solar AIKO-A585-MAH72Mw

ZESTAWIENIE MATERIAŁÓW 1

Nr sprawozdania: R7912I-1

Data: 22 czerwca 2023 r.



Zleceniodawca: Shenzhen Aiko Digital Energy Technology Co., Ltd.
Osoba do kontaktu: Xiong Su
Data wydania: 22 czerwca 2023 r.
Nr projektu: 7912

PVEL LLC 388 Devlin Road
Napa, CA 94558
Tel: +1 415 320 7835

Sporządził(a):

Zweryfikował(a):

Zatwierdził(a):

Sai Kiran Miriyala

Jeff Cleland

Jean-Nicolas Jaubert

Analitik danych

Kierownik Projektu

Dyrektor Operacyjny w Chinach

INFORMACJA I OŚWIADCZENIE O WYŁĄCZENIU ODPOWIEDZIALNOŚCI

- Dokument przeznaczony jest do wyłącznego użytku przez Zleceniodawcę wskazanego na pierwszej stronie tego dokumentu, do którego dokument jest adresowany i który zawarł umowę na piśmie z PVEL LLC („PVEL”). W zakresie prawnie dopuszczalnym PVEL nie przyjmuje odpowiedzialności umownej, deliktowej (w tym, bez ograniczeń, w wyniku niedbalstwa) lub innej wobec osób trzecich (będących osobami innymi niż Klient) oraz nie ponosi odpowiedzialności za straty lub szkody poniesione z powodu czynności, zaniechania lub niewywiązania się z obowiązku (m.in. w wyniku niedbalstwa) po stronie PVEL lub jej pracowników, podwykonawców lub przedstawicieli. Dokument niniejszy należy interpretować w całości i podlega on wszelkim założeń i zastrzeżeniom wyrażonym w dokumencie jako takim, jak również we wszelkich innych istotnych komunikatach z nim związanych. Dokument może zawierać szczegółowe dane techniczne przeznaczone wyłącznie do użytku osób dysponujących odpowiednią wiedzą i doświadczeniem w danej dziedzinie.
- Dokument jest chroniony majątkowymi prawami autorskimi i może być powielany i rozprowadzany wyłącznie zgodnie z klauzulą tajności dokumentu i związanymi z nią warunkami określonymi lub powoływanymi w tym dokumencie i/lub w pisemnej umowie PVEL z Klientem. Żadna część niniejszego dokumentu nie może być ujawniona w informacji o ofercie publicznej, w prospekcie lub w dokumentacji giełdowej, giełdowym dokumencie informacyjnym lub komunikacie giełdowym bez wyraźnej uprzedniej zgody PVEL. Klauzula Tajności Dokumentu zezwalająca Klientowi na przekazywanie niniejszego dokumentu nie oznacza, że PVEL ponosi odpowiedzialność wobec odbiorcy innego niż Klient.
- Dokument utworzona na podstawie informacji dotyczących dat, okresów i obiektów badań w nim wskazanych. Dokument nie zawiera żadnego domniemania, że jakkolwiek informacja nie podlega zmianom. O ile i w zakresie w jakim sprawdzenie lub weryfikacja informacji lub danych nie zostały wyraźnie uzgodnione na piśmie jako będące w zakresie świadczonych usług, PVEL nie ponosi odpowiedzialności w związku z błędnymi informacjami lub danymi przekazanymi Klientowi lub dowolnej osobie trzeciej lub za skutki tych błędnych informacji lub danych, zawartych bądź nie zawartych, lub powoływanych w niniejszym dokumencie.
- Wszelkie prognozy, oszacowania lub przewidywania dotyczące energii podlegają czynnikom, z których część nie znajduje się w zakresie prawdopodobieństwa lub czynników niepewności określonych lub powoływanych w tym dokumencie, i żadna treść w niniejszym dokumencie nie gwarantuje określonej energii wyjściowej.

KLAUZULA TAJNOŚCI DOKUMENTU

- ☐ Poufne informacje handlowe: Nie mogą być ujawniane poza organizacją Klienta.
- ☒ Według uznania Klienta: Przekazywanie wyłącznie w celach informacyjnych według uznania Klienta (z zastrzeżeniem wyżej wymienionej Informacji i oświadczenia o wyłączeniu odpowiedzialności oraz warunków pisemnej umowy PVEL z Klientem).

© PVEL LLC, członek Kiwa Group. Wszelkie prawa zastrzeżone.

Niedozwolone jest powoływanie się na część niniejszego sprawozdania w sposób mogący wprowadzić do niewłaściwej interpretacji.

Wersja	Data	Powód publikacji	Sporządził(a)	Zweryfikował(a)	Zatwierdził(a)
1	06.22.2023	Wersja końcowa	Sai Kiran Miriyala	Jeff Cleland	Jean-Nicolas Jaubert

Spis treści

SPIS TREŚCI	3
1 STRESZCZENIE	4
1.1. Specyfikacja producenta.....	4
1.2. Zestawienie danych badania	4
2 CYKL BADAŃ NA UDERZENIE GRADU	5
2.1. Dane badania upływności prądu w warunkach mokrych - HSS	7
2.2. $1,0 \cdot I_{sc}$ Obrazowanie elektroluminescencyjne - HSS	8
2.3. $0,1 \cdot I_{sc}$ Obrazowanie elektroluminescencyjne - HSS	12
2.4. Dane z badania parametrów powierzchni czołowej w standardowych warunkach badania (STC) - HSS	16
2.5. Dana badania parametrów powierzchni czołowej w warunkach $200W/m^2$ - HSS	17
2.6. Uwagi z oględzin - HSS	18
ZAŁĄCZNIK A - INFORMACJE NT. ZESTAWIENIA MATERIAŁÓW.....	19
ZAŁĄCZNIK A - PROGRAM KWALIFIKACJI WYROBU (PQP).....	20
ZAŁĄCZNIK B - WYKAZ SPRAWOZDAŃ.....	21
ZAŁĄCZNIK C - TYPOWE MECHANIZMY AWARII MODUŁU FOTOWOLTAIICZNEGO	22
ZAŁĄCZNIK D - ZESTAWIENIE WYNIKÓW TESTU BŁYSKOWEGO (FLASH TEST)	23
ZAŁĄCZNIK E - SPIS SKRÓTÓW	24
ZAŁĄCZNIK F - KARTA DANYCH TECHNICZNYCH PRODUCENTA	25

1 Streszczenie

Shenzhen Aiko Digital Energy Technology Co., Ltd. (Aiko Solar) poddała 2 AIKO-A585-MAH72Mw moduły fotowoltaiczne (PV) testom przyspieszonych obciążeń i określenia charakterystyki w ramach Programu kwalifikacji produktów (PQP) PVEL LLC (PVEL). PQP polega na kompleksowej ocenie podatności na czynniki środowiskowe i mechanizmy degradacji poszczególnych konstrukcji modułów PV. Wszystkie badania, których niniejsze sprawozdanie dotyczy zostały przeprowadzone w laboratoriach w Chinach, z którymi PVEL współpracuje. Występujące faktycznie mechanizmy powstawania awarii wymienione w załączniku C symulowane są w kontrolowanych warunkach laboratoryjnych. Wykorzystywane są nowoczesne techniki określania charakterystyki modułu do pomiaru parametrów modułu na poszczególnych etapach protokołu postępowania. Wyniki badań PQP przedstawiono w niniejszym sprawozdaniu.

Sprawozdanie stanowi element projektu 7912 PQP firmy PVEL. Więcej informacji na ten temat znajduje się w załącznikach A i B. PI Berlin jest jednostką, która obserwowała produkcję badanych modułów objętych niniejszym sprawozdaniem i weryfikowała elementy zestawienia materiałów. Informacje dotyczące zestawienia materiałów znajdują się w sprawozdaniu PVEL nr R7912A-1.

1.1. Specyfikacja producenta

Specyfikację modułu zaczerpnięto z karty danych technicznych „N-Type ABC White Hole Series AIKO-A-MAH72Mw 585W-610W” Aiko Solar (AEWH_EN_202303_V1.0) przekazanej przez producenta. Karta danych technicznych stanowi załącznik F.

Specyfikacja z karty danych technicznych Aiko Solar						
Model	P _{MAX} [W]	V _{OC} [V]	V _{MP} [V]	I _{SC} [A]	I _{MP} [A]	FF [%]
AIKO-A585-MAH72Mw	585	53,10	44,91	13,73	13,03	80,26

1.2. Zestawienie danych badania

Średnia zmiana P _{MAX} po obciążeniu względem pierwotnego pomiaru [%]	
Model	HSS po HF10
AIKO-A585-MAH72Mw	-0,32
Rezystancja izolacji w warunkach mokrych spełnia wymagania IEC 61215-1:2016 ¹	
AIKO-A585-MAH72Mw	Tak
Ustalenia z oględzin ²	
AIKO-A585-MAH72Mw	Brak

¹ IEC 61215-2:2016 MQT 15 określa rezystancję izolacji badanego typu modułu jako nie mniejszą niż 40 MΩ·m²

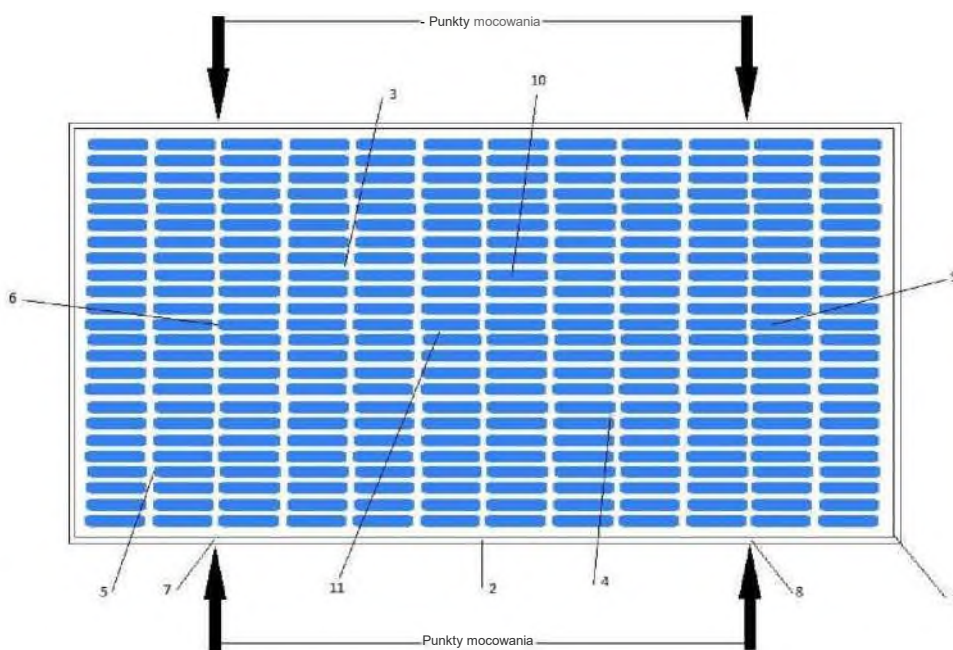
² Istotne wady stwierdzono przez oględziny, jeżeli obecne, określone są jako takie w IEC 61215-1:2016.

2 Cykl badań na uderzenie gradu

W związku z globalnymi zmianami klimatu i rozszerzeniem zastosowania fotowoltaiki na zróżnicowane obszary na całym świecie, moduły fotowoltaiczne instalowane w terenie mogą być narażone na skutki uderzeń gradu w zakresie większym niż określony przez podstawowy test na uderzenie gradu, o którym mowa w IEC 61215. Uderzenie gradu może skutkować uszkodzeniem szkła i/lub lub pęknięciem ogniw, co z kolei może prowadzić do strat mocy w modułach uszkodzonych przez grad. Cykl badań na uderzenie gradu (Hail Stress Test – HSS) firmy PVEL skoncentrowany jest na określeniu podatności modułu na uszkodzenia w wyniku uderzenia gradu.

Cykl badań rozpoczyna się od uderzenia obiektu badań sztucznie wytworzoną kulą lodu o średnicy $50 \pm 2,5 \text{ mm}$ i masie $60,2 \pm 3 \text{ g}$ z prędkością końcową $(32,4 \pm 1,6 \text{ m/s})$ w 11 różnych zwykłych miejscach modułu określonych w teście MQT 17 określonym w IEC 61215-2:2016. Tego rodzaju uderzenie gradu skutkuje nominalną energią uderzenia w wysokości 31,5 dżuli.

Uderzenie nr	Miejsce na module
1	Dowolny narożnik okna modułu, nie dalej niż jeden promień kuli lodu od krawędzi modułu.
2	Dowolna krawędź modułu, nie dalej niż jeden promień kuli lodu od krawędzi modułu.
3, 4	Nad obwodem połączeń (tzn. połączeń ogniw i szyn zbiorczych).
5, 6	Nad krawędziami obwodu (tzn. pojedynczymi ogniwami).
7, 8	W oknie modułu, nie więcej niż połowa średnicy kuli lodu od jednego z punktów zamocowania modułu do konstrukcja wsporczej.
9, 10	W oknie modułu, w punktach najbardziej oddalonych od punktów określonych powyżej.
11	Każdy punkt, który może okazać się szczególnie podatny na uderzenie gradu, jak np. nad puszką połączeniową.

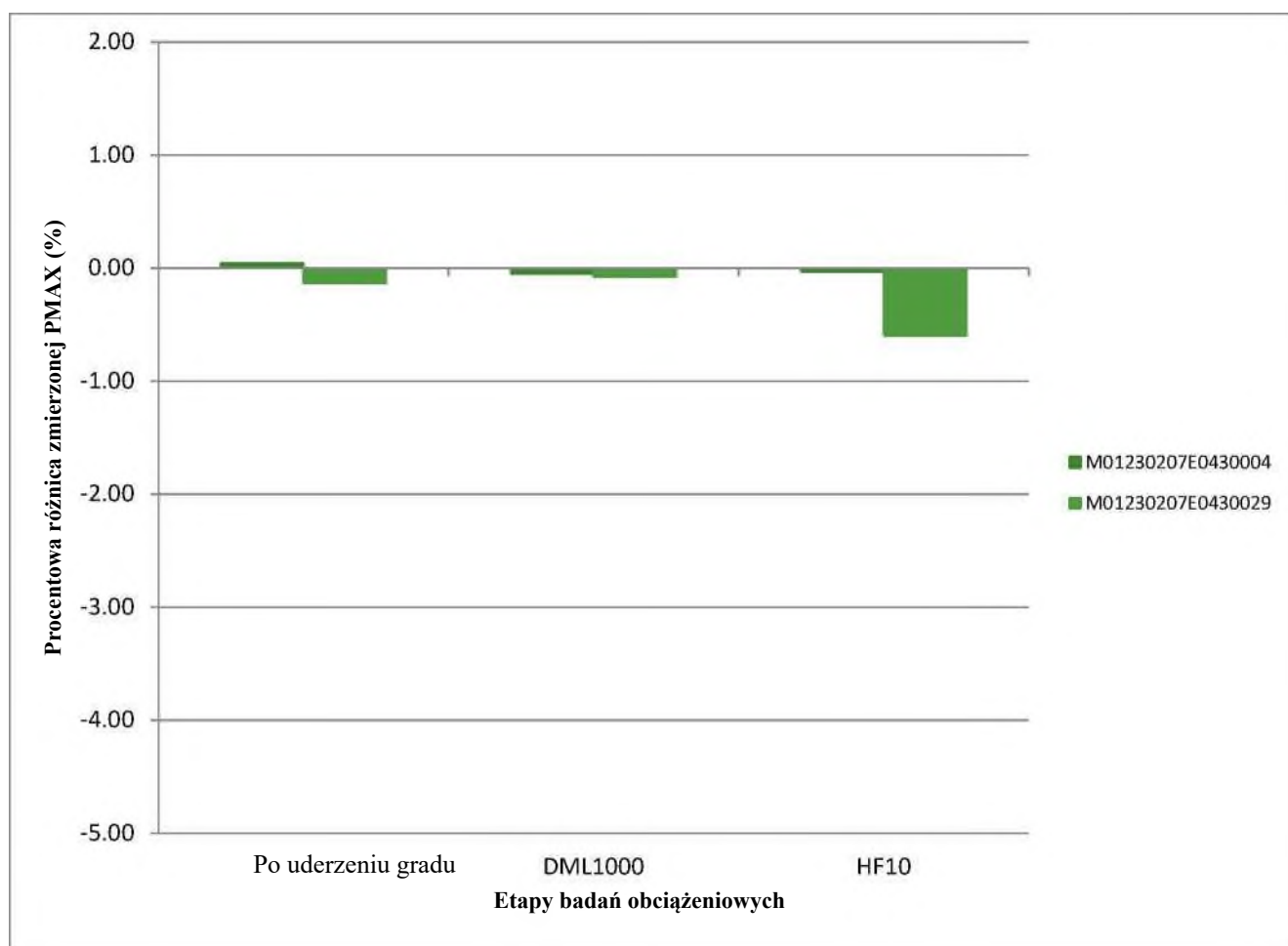


Rys. 2-1: Lokalizacja punktów 11 uderzeń gradu.

Faktyczna średnica, masa, prędkość i miejsca uderzenia kul gradu uzyskane podczas badań spełniały dopuszczalne warunki tolerancji określone w metodzie MQT 17 IEC 61215-2:2016. Podczas badań na gradobicie, moduł był zamocowany w standardowo stosowanej przez PVEL konfiguracji mocowań, z szynami przyczepionymi do ramy wzdłuż dłuższego boku za pomocą czterech zwornic położonych jedną czwartą długości modułu od każdego końca, $\pm 100\text{mm}$. Szyby te biegną prostopadle do długiego boku ramy.

Po przeprowadzonym badaniu na gradobicie, wszystkie moduły bez pękniętego szkła poddawane są następnie testowi na obciążenia mechaniczne dynamiczne (DML) w celu uwidocznienia istniejących pęknięć, tworzących obszary nieaktywne lub obszary zwiększonej rezystancji szeregowej we wrażliwych modułach. Test DML przeprowadzany jest zgodnie z wytycznymi metody MQT 20 określonej w normie IEC 61215:2021, z 1000 cykli obciążenia dodatniego i ujemnego. Przyssawki przykładają nacisk 1000 Pa zarówno w kierunku „pchania” (nacisk ujemny), jak i „ciągnięcia” (nacisk dodatni). Podczas badania DML moduł jest zamontowany zgodnie z opisem dla testu na gradobicie.

Po DML moduły poddawane są 50 cyklom termicznym (TC) zgodnie z wytycznymi metody MQT 11 określonej w normie IEC 61215-2:2016. HSS kończy się 10 cyklami zamrażania w warunkach wysokiej wilgotności (HF) zgodnie z wytycznymi metody MQT 12 określonej w normie IEC 61215-2:2016. W każdym cyklu moduły poddawane są działaniu temperatury 85°C i wilgotności względnej 85% przez co najmniej 20 godzin, a następnie temperatura jest gwałtownie zredukowana do -40°C na co najmniej 30 minut (maksymalnie 4 godziny).



Rys. 2-2. Wyrażone w procentach odchylenie zmierzanej P_{MAX} w wyniku obciążeń

2.1. Dane badania upływności prądu w warunkach mokrych - HSS

Badanie upływności prądu w warunkach mokrych polega na ocenie izolacji elektrycznej modułu podczas eksploatacji w warunkach wysokiej wilgotności, jakie występują w terenie w wyniku opadów deszczu, mgły, rosy, wysokiej wilgotności powietrza czy topnienia śniegu. Badania przeprowadzono zgodnie z wytycznymi metody MQT 15 określonej w normie IEC 61215-2:2016. Zasadniczo, przykłada się potencjał równy maksymalnemu znamionowemu napięciu systemu modułu PV pomiędzy zwartymi przewodami modułu a testową płynem przewodzącym, w którym umieszczany jest moduł. PVEL mierzy rezystancję izolacji albo prąd upływowy pomiędzy obwodem elektrycznym modułu a płynem testowym, a następnie podaje zmierzoną lub obliczoną rezystancję izolacji.

Metoda MQT 15 IEC 61215-2:2016 określa rezystancję izolacji badanego typu modułu jako nie mniejszą niż $40 \text{ M}\Omega \cdot \text{m}^2$.

Dane sprzed poddania obciążeniom				
Model	Numer seryjny	Prąd upływowy [mA]	Rezystancja izolacji [$\text{M}\Omega \cdot \text{m}^2$]	Spełnia warunek IEC 61215
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430004	Nie dotyczy	45150	Tak
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430029	Nie dotyczy	36378	Tak

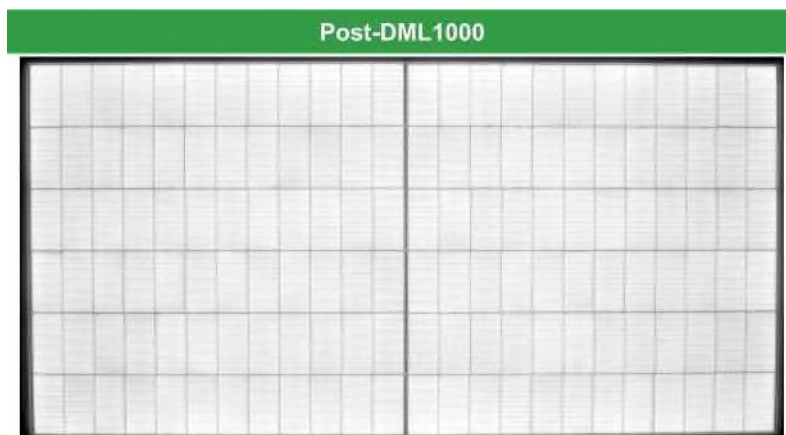
Dane badania po gradobiciu				
Model	Numer seryjny	Prąd upływowy [μA]	Rezystancja Izolacji [$\text{M}\Omega \cdot \text{m}^2$]	Spełnia warunek IEC 61215
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430004	Nie dotyczy	24071	Tak
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430029	Nie dotyczy	28896	Tak

Dane badania po DML1000				
Model	Numer seryjny	Prąd upływowy [μA]	Rezystancja Izolacji [$\text{M}\Omega \cdot \text{m}^2$]	Spełnia warunek IEC 61215
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430004	Nie dotyczy	34314	Tak
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430029	Nie dotyczy	26058	Tak

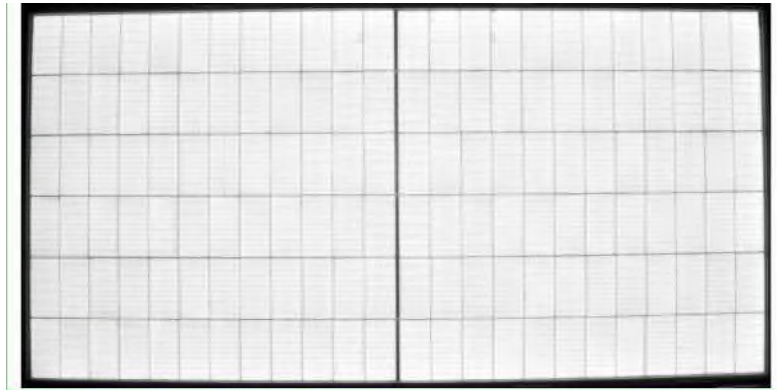
Dane badania po HF10				
Model	Numer seryjny	Prąd upływowy [μA]	Rezystancja Izolacji [$\text{M}\Omega \cdot \text{m}^2$]	Spełnia warunek IEC 61215
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430004	Nie dotyczy	12203	Tak
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430029	Nie dotyczy	14525	Tak

2.2. 1,0 * I_{sc} Obrazowanie elektroluminescencyjne - HSS

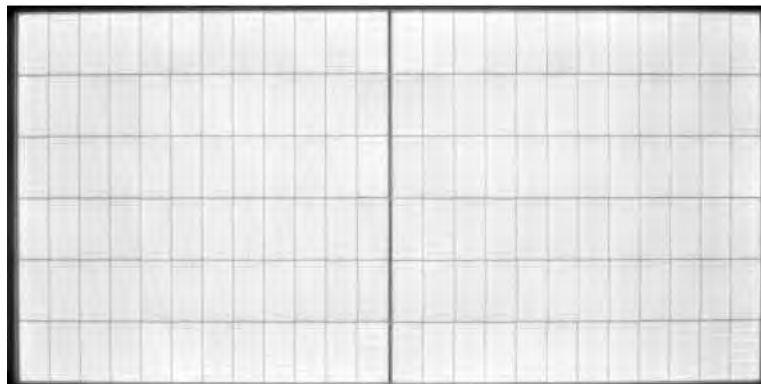
Obrazowanie elektroluminescencyjne zapewnia wgląd w korozję, mikropęknięcia i niedopasowania wewnątrz modułu powstałe z powodu wad produkcyjnych i w wyniku przeprowadzonych badań. Obrazy elektroluminescencyjne rejestrowane są z zastosowaniem prądu równego I_{sc} zgodnie z wytycznymi IEC 60904-13:2018.



Model: AIKO-A585-MAH72Mw
Numer seryjny: M01230207E0430004
Po HF10



Model: AIKO-A585-MAH72Mw
Numer seryjny: M01230207E0430029
Przed obciążeniem



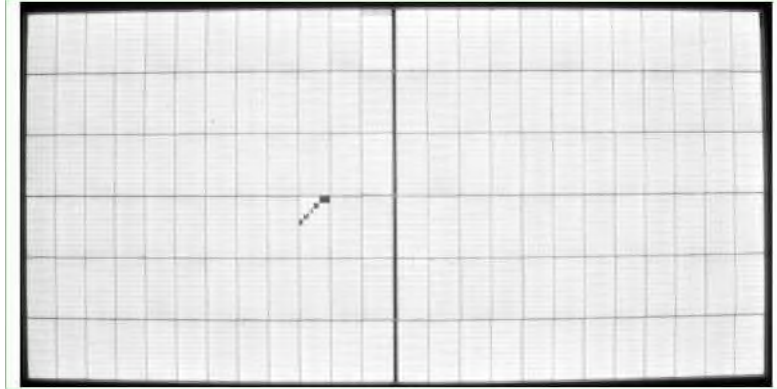
Po gradobiciu



Po DML1000



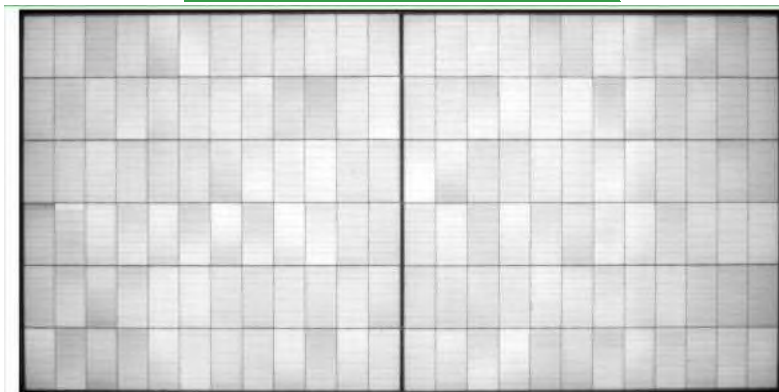
Model: AIKO-A585-MAH72Mw
Numer seryjny: M01230207E0430029
Po HF10



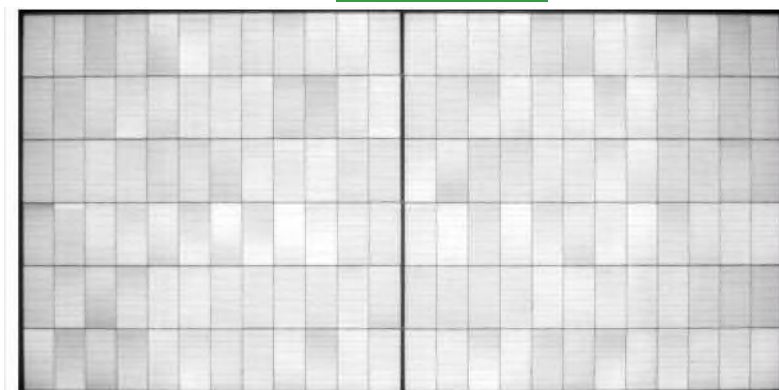
2.2. $0,1 * I_{sc}$ Obrazowanie elektroluminescencyjne - HSS

Obrazowanie elektroluminescencyjne przy niższych wartościach prądu pomaga w uchwyceniu czynników mogących wpływać na straty mocy ze względu na to, że problemy związane z rezystancją szeregową występują rzadziej w obrazowaniu elektroluminescencyjnym przy niskiej wartości prądu. Obrazy elektroluminescencyjne niskoprądowe rejestrowane są z zastosowaniem prądu równego $1/10 * I_{sc}$ zgodnie z wytycznymi IEC 60904-13:2018.

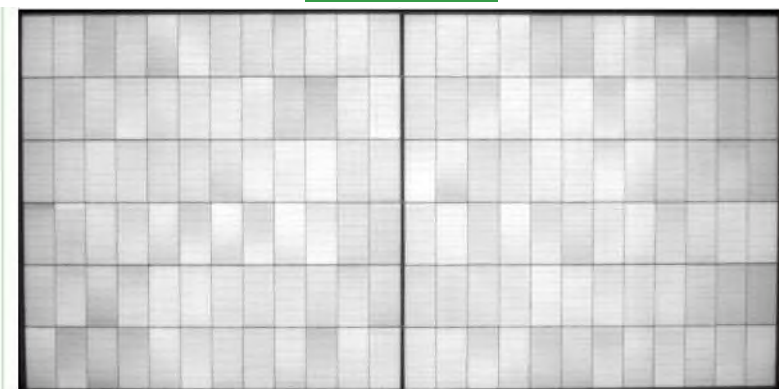
Model: AIKO-A585-MAH72Mw
Numer seryjny: M01230207E0430004
Przed obciążeniem



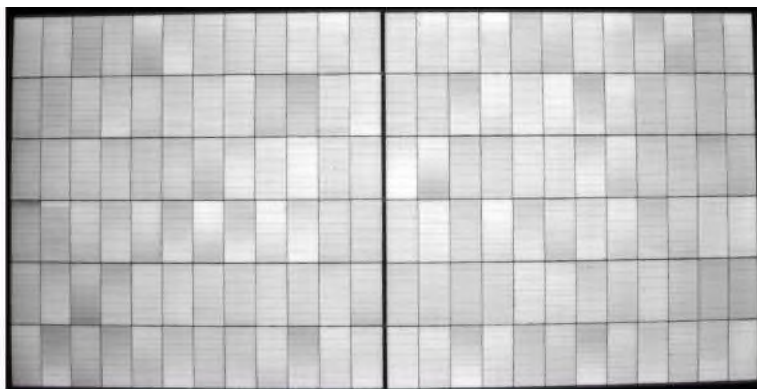
Po gradobiciu



Po DML1000

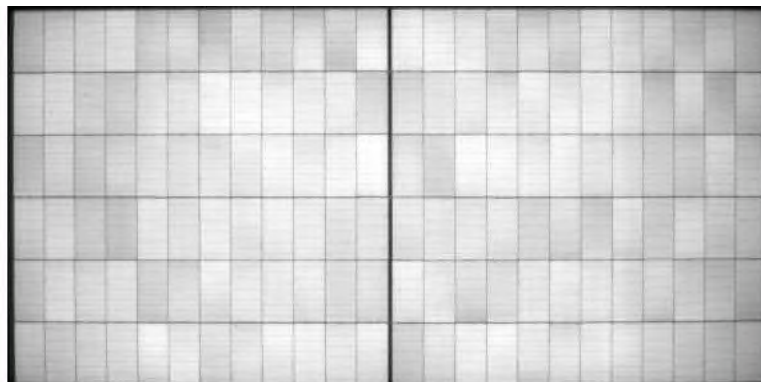


Model: AIKO-A585-MAH72Mw
Numer seryjny: M01230207E0430004
Po HF10

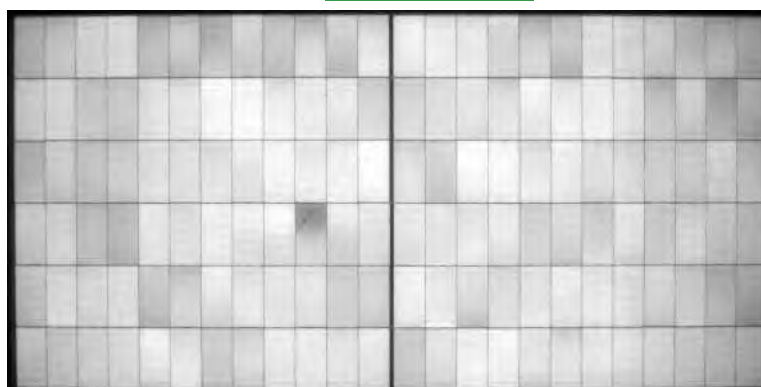


Model: AIKO-A585-MAH72Mw
Numer seryjny: M01230207E0430029

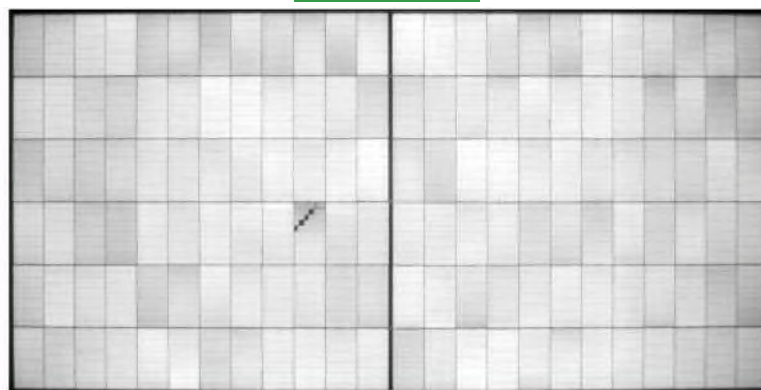
Przed obciążeniem



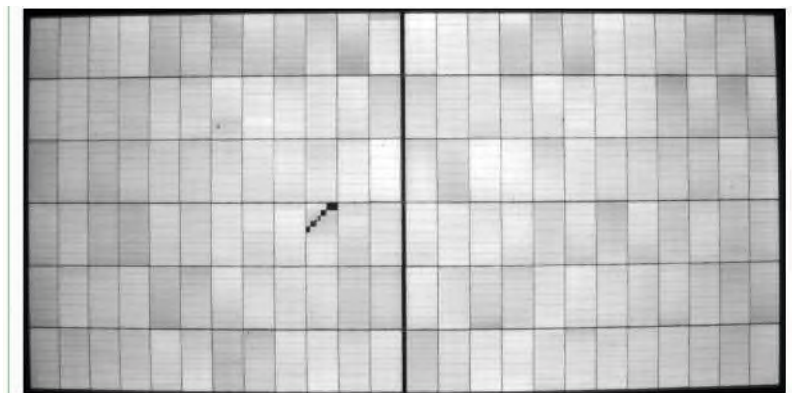
Po gradobiciu



Po DML1000



Model: AIKO-A585-MAH72Mw
Numer seryjny: M01230207E0430029
Po HF10



2.4. Dane z badania parametrów powierzchni czołowej w standardowych warunkach badania (STC) - HSS

Krzywa prądowo-napięciowa (I-V) modułu fotowoltaicznego mierzona jest podczas impulsu (błysku) symulowanego światła słonecznego w celu scharakteryzowania parametrów elektrycznych w standardowych warunkach badania (STC): 1000 W/m², 25°C i masa optyczna atmosfery 1,5. Testy błyskowe (flash test) przeprowadzane są zgodnie z wytycznymi IEC 60904-1:2006-9.

Dane sprzed poddania obciążeniom							
Model	Numer seryjny	P _{MAX} [W]	V _{OC} [V]	V _{MP} [V]	I _{SC} [A]	I _{MP} [A]	FF [%]
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430004	590,5	53,53	46,50	13,44	12,70	82,08
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430029	589,4	53,54	46,46	13,42	12,68	81,99

Dane badania po gradobiciu							
Model	Numer seryjny	P _{MAX} [W]	V _{OC} [V]	V _{MP} [V]	I _{SC} [A]	I _{MP} [A]	FF [%]
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430004	590,8	53,51	46,45	13,47	12,72	81,97
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430029	588,6	53,45	46,14	13,46	12,76	81,83
Procentowe odchylenie od danych badanych sprzed obciążenia							
Model	Numer seryjny	P _{MAX} [%]	V _{OC} [%]	V _{MP} [%]	I _{SC} [%]	I _{MP} [%]	FF [%]
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430004	0,05	-0,04	-0,11	0,22	0,16	-0,14
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430029	-0,14	-0,17	-0,69	0,30	0,63	-0,19

Dane badania po DML1000							
Model	Numer seryjny	P _{MAX} [W]	V _{OC} [V]	V _{MP} [V]	I _{SC} [A]	I _{MP} [A]	FF [%]
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430004	590,2	53,56	46,53	13,41	12,69	82,21
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430029	589,0	53,53	46,29	13,44	12,72	81,84
Procentowe odchylenie od danych badanych sprzed obciążenia							
Model	Numer seryjny	P _{MAX} [%]	V _{OC} [%]	V _{MP} [%]	I _{SC} [%]	I _{MP} [%]	FF [%]
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430004	-0,05	0,06	0,06	-0,22	-0,08	0,15
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430029	-0,08	-0,02	-0,37	0,15	0,32	-0,18

Dane badania po HF10							
Model	Numer seryjny	P _{MAX} [W]	V _{OC} [V]	V _{MP} [V]	I _{SC} [A]	I _{MP} [A]	FF [%]
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430004	590,3	53,67	46,47	13,42	12,70	81,94
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430029	585,9	53,68	46,21	13,45	12,68	81,16
Procentowe odchylenie od danych badanych sprzed obciążenia							
Model	Numer seryjny	P _{MAX} [%]	V _{OC} [%]	V _{MP} [%]	I _{SC} [%]	I _{MP} [%]	FF [%]
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430004	-0,04	0,26	-0,06	-0,15	0,00	-0,18
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430029	-0,60	0,26	-0,54	0,22	0,00	-1,02

2.5. Dana badania parametrów powierzchni czołowej w warunkach 200W/m² - HSS

Testy błyskowe (flash test) przy niskiej irradancji wskazują na zmiany w upływności prądu modułu, ponieważ usuwa potencjalne problemy z rezystancją szeregową, które są bardziej widoczne przy błysku o wyższej irradancji STC. Próbę przeprowadza się przy 200W/m² zgodnie z wytycznymi metody MQT 07 z normy IEC 61215-2:2016.

Dane sprzed poddania obciążeniom							
Model	Numer seryjny	P _{MAX} [W]	V _{OC} [V]	V _{MP} [V]	I _{SC} [A]	I _{MP} [A]	FF [%]
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430004	109,9	50,94	44,14	2,66	2,49	81,11
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430029	108,8	50,91	43,60	2,64	2,49	80,78

Dane badania po gradobiciu							
Model	Numer seryjny	P _{MAX} [W]	V _{OC} [V]	V _{MP} [V]	I _{SC} [A]	I _{MP} [A]	FF [%]
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430004	111,3	50,88	43,95	2,69	2,53	81,24
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430029	110,4	50,78	43,72	2,69	2,53	80,98

Procentowe odchylenie od danych badanych sprzed obciążenia							
Model	Numer seryjny	P _{MAX} [%]	V _{OC} [%]	V _{MP} [%]	I _{SC} [%]	I _{MP} [%]	FF [%]
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430004	1,30	-0,12	-0,43	1,13	1,61	0,16
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430029	1,54	-0,26	0,28	1,89	1,61	0,25

Dane badania po DML1000							
Model	Numer seryjny	P _{MAX} [W]	V _{OC} [V]	V _{MP} [V]	I _{SC} [A]	I _{MP} [A]	FF [%]
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430004	109,6	50,95	44,27	2,87	2,47	74,78
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430029	109,8	50,86	43,99	2,67	2,50	80,99

Procentowe odchylenie od danych badanych sprzed obciążenia							
Model	Numer seryjny	P _{MAX} [%]	V _{OC} [%]	V _{MP} [%]	I _{SC} [%]	I _{MP} [%]	FF [%]
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430004	-0,28	0,02	0,29	7,89	-0,80	-7,81
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430029	0,94	-0,10	0,89	1,14	0,40	0,26

Dane badania po HF10							
Model	Numer seryjny	P _{MAX} [W]	V _{OC} [V]	V _{MP} [V]	I _{SC} [A]	I _{MP} [A]	FF [%]
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430004	110,5	50,70	44,71	2,64	2,47	82,51
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430029	110,3	50,7	44,45	2,64	2,48	82,36

Procentowe odchylenie od danych badanych sprzed obciążenia							
Model	Numer seryjny	P _{MAX} [%]	V _{OC} [%]	V _{MP} [%]	I _{SC} [%]	I _{MP} [%]	FF [%]
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430004	0,56	-0,47	1,29	-0,75	-0,80	1,72
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430029	1,39	-0,41	1,95	0,00	-0,40	1,96

2.6. Uwagi z oględzin - HSS

Oględziny umożliwiają wykrywanie wad produkcyjnych, jak również zmian powstałych w module w wyniku przeprowadzonych badań. Oględziny przeprowadza się zgodnie z wytycznymi metody MQT 01 z normy IEC 61215-2:2016. Wszystkie ustalenia są odnotowywane po pierwszym wykryciu.

Uwagi z oględzin przed obciążeniem				
Model	Numer seryjny	Uwagi	Kategoria wady	Fotografia
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430004	Nie dotyczy	Brak	Nie dotyczy
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430029	Nie dotyczy	Brak	Nie dotyczy

Uwagi z oględzin po gradobiciu				
Model	Numer seryjny	Uwagi	Kategoria wady	Fotografia
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430004	Nie dotyczy	Brak	Nie dotyczy
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430029	Nie dotyczy	Brak	Nie dotyczy

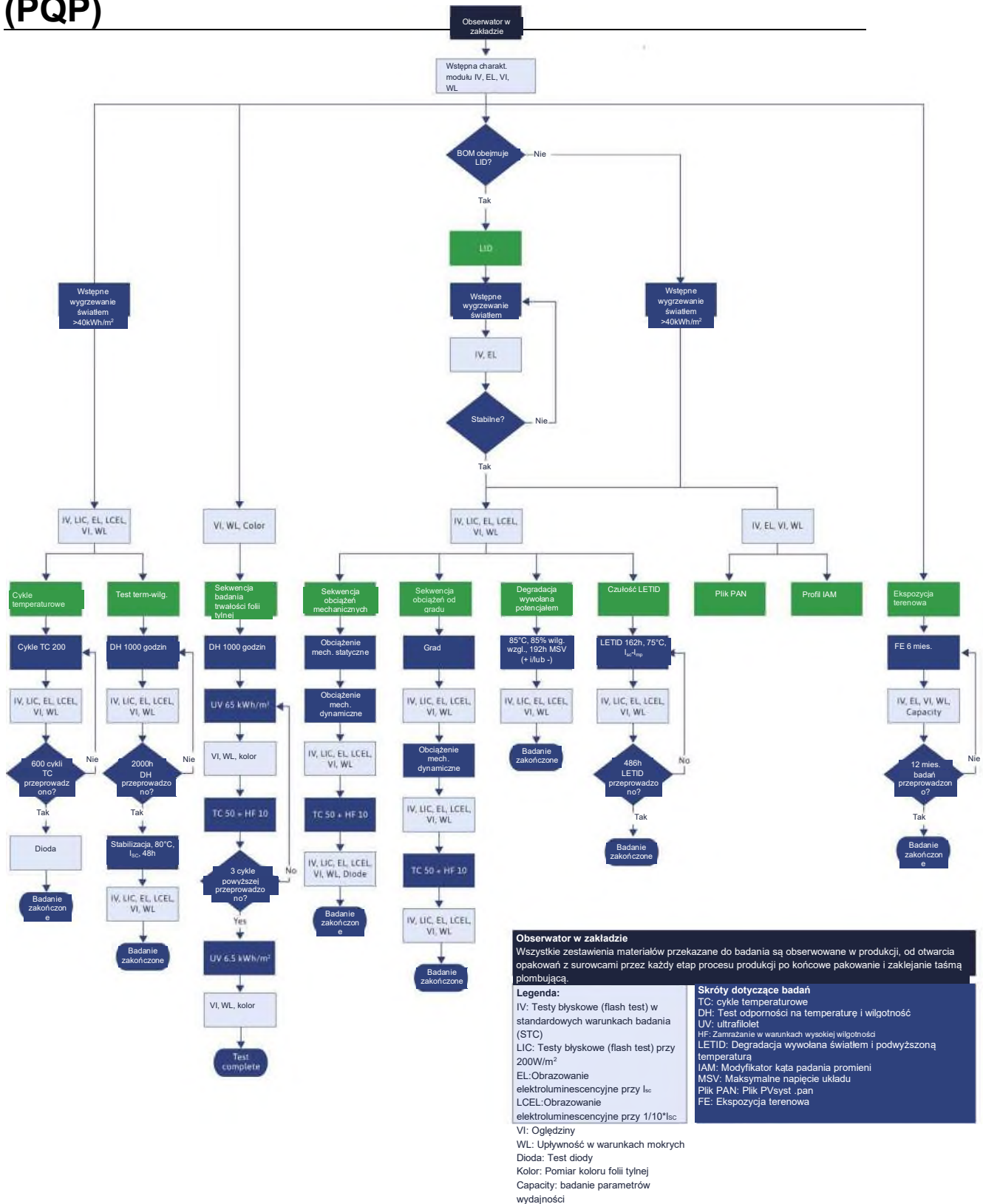
Uwagi z oględzin po DML				
Model	Numer seryjny	Uwagi	Kategoria wady	Fotografia
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430004	Nie dotyczy	Brak	Nie dotyczy
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430029	Nie dotyczy	Brak	Nie dotyczy

Uwagi z oględzin po HF10				
Model	Numer seryjny	Uwagi	Kategoria wady	Fotografia
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430004	Nie dotyczy	Brak	Nie dotyczy
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430029	Nie dotyczy	Brak	Nie dotyczy

Załącznik A - Informacje nt. zestawienia materiałów

PI Berlin jest jednostką, która obserwowała produkcję badanych modułów objętych niniejszym sprawozdaniem i weryfikowała elementy zestawienia materiałów. Informacje dotyczące zestawienia materiałów znajdują się w sprawozdaniu PVEL nr R7912A-1.

Załącznik A – Program kwalifikacji produktów (PQP)



Załącznik B - Wykaz sprawozdań

Poniżej przedstawiono wykaz wszystkich sprawozdań wydanych przez czas trwania PQP modułu.

- Sprawozdanie obserwatora
- Sprawozdanie z przyjęcia
- Sprawozdanie z degradacji wywołanej światłem
- Sprawozdanie z pomiaru parametrów w pliku PAN i Plik .pan
- Sprawozdanie dotyczące modyfikatora kąta padania promieni
- Sprawozdanie częściowe z sekwencji testów obciążeń od gradu
- Sprawozdanie końcowe z sekwencji testów obciążeń od gradu
- Sprawozdanie częściowe z sekwencji testów odporności mechanicznej na obciążenia występujące przy montażu na systemach nadążnych
- Sprawozdanie końcowe z sekwencji testów odporności mechanicznej na obciążenia występujące przy montażu na systemach nadążnych
- Sprawozdanie częściowe dot. niezawodności
- Sprawozdanie końcowe dot. niezawodności
- Sprawozdanie częściowe dot. trwałości folii tylnej
- Sprawozdanie końcowe dot. trwałości folii tylnej
- Sprawozdanie częściowe z ekspozycji terenowej
- Sprawozdanie końcowe z ekspozycji terenowej

Załącznik C - Typowe mechanizmy awarii modułu fotowoltaicznego

	Degradacja wywołana światłem	Degradacja wywołana światłem i podwyższoną temperaturą	Cykle temperaturowe	Test term-wilg.	Sekwencja badania trwałości folii tylnej	Sekwencja obciążeń mechanicznych	Sekwencja obciążeń od gradu	Degradacja wywołana potencjałem (PID)
Korozja metalizacji ogniwa				√		√	√	
Awaria puszki połączeniowej (złącza lutowane, wyładowania łukowe itd.)			√			√	√	
Pęknięcie szkła						√	√	
Awaria diody obejściowej (zwarcie lub przerwanie obwodu)			√	√		√	√	
Pęknięcia ogniw			√			√	√	
Degradacja połączeń lutowanych			√			√	√	
Rozwarstwienie				√	√			
Odlączenie puszki połączeniowej				√				
Zwiększenie kruchości złącza (wnikanie wilgoci)			√	√	√			
Awaria taśmy ramy lub kleju ramy						√		
Zmęczenie materiałowe ramy						√		
Degradacja optyczna enkapsulantu i folii tylnej					√			
Degradacja wywołana światłem (LID)	√							
Degradacja wywołana światłem i podwyższoną temperaturą (LETID)		√						
Odgazowywanie materiałów w laminacie (niezgodności chemiczne)			√	√	√	√	√	
Wzrost kruchości folii tylnej prowadzący do powstawania pęknięć			√	√		√	√	
Przecięcie folii tylnej przez ostre krawędzie szyny zbiorczej, nadatki lutu			√					
Korozja elektrochemiczna szyn zbiorczych lub metalizacji ogniw								√
Migracja jonów / Polaryzacja / Degradacja wywołana potencjałem (PID)								√
Odbarwienie ramy, puszki połączeniowej lub materiałów polimerowych				√	√	√	√	
Delaminacja warstw folii tylnej				√		√	√	
Uszkodzenia od uderzenia gradu							√	

Załącznik D - Zestawienie wyników testu błyskowego (flash test)

Symulator impulsu światła słonecznego HALM CetisPV-Moduletest3 (tester błyskowy)

- Klasa A+A+A+
 - Niejednorodność irradiancji $\leq 1\%$
 - Długoterminowa niestabilność impulsów $\leq 1\%$
 - Rozkład widmowy irradiancji $< \pm 12,5\%$
- Wszystkie wartości parametrów pobrano ze zmierzonych wartości danych I-V
- Wartości niepewności rozszerzonej ($k = 2$) przy standardowych warunkach badania (STC) (z założeniem współczynnika niedopasowania widmowego 1 i bez uwzględnienia przejściowej zmienności parametrów modułu):
 - I_{sc} : $\pm 1,76\%$
 - V_{OC} : $\pm 0,98\%$
 - P_{MAX} : $\pm 1,88\%$
- Maksymalne odchylenie uzyskane temperatury/irradiancji od docelowej temperatury/irradiancji:
 - Temperatura: $\pm 1^{\circ}\text{C}$
 - Irradiancja: $\pm 0.5\%$

Symulator impulsu światła słonecznego HALM CetisPV-Moduletest3 firmy PI został skalibrowany z użyciem modułu wzorcowego określonego poniżej.

Technologia badanego urządzenia	Identyfikator modułu wzorcowego	Technologia modułu wzorcowego	Laboratorium kalibrujące	Termin kolejnej kalibracji
krystaliczne typu p Si PERC	750007740237001772	krystaliczne typu p Si PERC	NIM	20 lipca 2023 r.

Po skalibrowaniu testera błyskowego z użyciem modułu wzorcowego, moduły poddano testom błyskowym zgodnie z IEC 60904-1:2006-9.

Załącznik E - Spis skrótów

Skrót	Znaczenie
BOM	zestawienie materiałów
BSF	technologia Back Surface Field
CdTe	Tellurek kadmu
PVEL	PVEL LLC
EL	Elektroluminescencja
HJT	Heterozłącze
IEC	Międzynarodowa Komisja Elektrotechniczna
IBC	Interdigitated Back Contact (prowadzenie elektrod po spodniej stronie modułu)
I_{MP}	Prąd przy mocy maksymalnej
I_{SC}	Prąd zwarciovowy
PERC	Passivated Emitter and Rear Contact (ogniwo z pasywacją emitera spodniej części)
P_{MAX}	Moc maksymalna
PQP	Program kwalifikacji wyrobu
PV	Fotowoltaika
STC	Standardowe warunki badania
V_{MP}	Napięcie przy mocy maksymalnej
V_{OC}	Napięcie obwodu rozwartego

Załącznik F - Karta danych technicznych producenta

Na kolejnych stronach przedstawiono kartę danych technicznych producenta



Technologia typu N ABC

White Hole Series

AIKO-A-MAH72Mw

585W-610W

Do **23,6%**



Gwarancja
na produkt
na 15 lat



Gwarancja
mocy na 30
lat



zwycięzca **reddot** 2023

Wysokie parametry

Niska degradacja: 1. rok $\leq 1,0\%$, 2. - 30. rok $\leq 0,35\%$
Współczynnik temperaturowy P_{max} : $-0,29\%/K$

Ekskluzywny wygląd

Brak linii siatki na powierzchni

Zoptymalizowana równowaga układu (BOS)

Znaczne oszczędności na konstrukcji montażowej i okablowaniu

Kompletny zestaw norm systemu zarządzania jakością

IEC 61730 (2016) IEC 61215 (2021)
System Zarządzania Jakością ISO 9001:2015
System Zarządzania Środowiskowego ISO 14001:2015
System Zarządzania BHP ISO 45001:2018



Technologia typu N ABC White Hole Series



AIKO-A-MAH72Mw

610W

23,6%

<1%

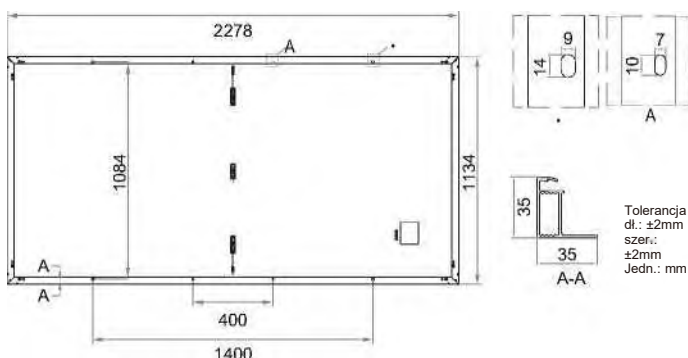
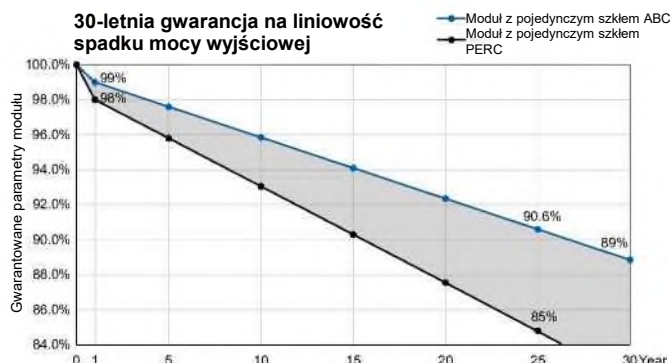
<0,35%

Moc

Sprawność

Degradacja po pierwszym roku

Roczna degradacja w latach 2-30



Charakterystyka elektryczna (STC: AM1,5 1000W/m² 25°C NOCT: AM1,5 800W/m² 20°C 1m/s) Tolerancja mocy: 0-5W Maks. niepewność testu mocy: ±3%

Model	AIKO-A585-MAH72Mw		AIKO-A590-MAH72Mw		AIKO-A595-MAH72Mw		AIKO-A600-MAH72Mw		AIKO-A605-MAH72Mw		AIKO-A610-MAH72Mw	
Warunki badania:	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
P _{max} [W]:	585	441	590	445	595	448	600	452	605	456	610	460
V _{oc} [V]:	53,10	50,18	53,20	50,27	53,30	50,37	53,40	50,46	53,50	50,56	53,60	50,65
V _{mp} [V]:	44,91	42,44	45,01	42,53	45,11	42,63	45,21	42,72	45,31	42,82	45,41	42,91
I _{sc} [A]:	13,73	11,10	13,79	11,15	13,85	11,20	13,91	11,25	13,97	11,30	14,03	11,35
I _{mp} [A]:	13,03	10,39	13,11	10,45	13,19	10,52	13,27	10,58	13,35	10,65	13,43	10,71
Sprawność modułu:	22,6%		22,8%		23,0%		23,2%		23,4%		23,6%	

Specyfikacja mechaniczna

Typ ogniwa	Monokrystaliczne krzemowe
Oslona przednia	Szko hartowane 3,2mm, z powloka antyrefleksyjna
Z pojedynczym szklem frontowym	
Rama	Aluminium anodowane
Przewod	4mm ² (IEC) 12AWG(UL)
	Dł. 350mm lub wykonana na zamówienie
Liczba ogniw	144(6*24)
Puszka	IP68, trzy diody obejsciowe
polaczeniowa	
Zlaczce	zgodne z MC4
Masa	28,6Kg±3%
Wymiary	2278*1134*35mm
Dane opakowania	31 szt. na palete/155 szt. na kontener 20' GQ/620 szt. na kontener 40' HQ

Dane znamionowe temperatury (STC)

Współczynnik temperaturowy I _{sc}	+ 0,05%/K
Współczynnik temperaturowy V _{oc}	- 0,24%/K
Współczynnik temperaturowy P _{max}	- 0,29%/K

Instrukcja instalacji

Temperatura eksploatacji	- 40°C - + 85°C
Maks. obciążalność bezpiecznika w szeregu	25A
Klasa ochrony	Klasa II
Maksymalne napięcie układu	1500V pr. st.
Maks. obciążenie statyczne	Przód 5400Pa Tył 2400Pa
Test uderzenia gradu	Grad o średnicy 25 mm z prędk. 23 m/s
Klasa odporności ogniowej	IEC 61730 klasa C

Aikosolar

Shenzhen Aiko Digital Energy Technology Co., Ltd.
16-28 floor, Building A, Terra City Building, Terra 4 Road No. 66, Futian District, Shenzhen
marketing@aikosolar.com

www.aikosolar.com
*Aiko Energy zastrzega sobie prawo do zmiany specyfikacji bez uprzedzenia
AEWH_EN_202303_V1.0

Informacje o PVEL

PVEL, członek Kiwa Group, jest wiodącym laboratorium prowadzącym badania niezawodności i parametrów dla inwestorów w inwestycje solarne, podmiotów finansujących i posiadaczy aktywów na całym świecie. PVEL i Kiwa Group zapewniają świadczenie zestawu usług technicznych ograniczających ryzyko, optymalizujących finansowanie i poprawiających parametry układu przez cały cykl inwestycji. Od ponad dekady flagowy Program kwalifikacji produktów PVEL zastąpił założenia o parametrach modułu fotowoltaicznego danymi ilościowymi, łącząc producentów z globalną siecią ponad 400 partnerów w końcowej części łańcucha dostaw. Dowiedz się więcej o tym, jak PVEL zapewnia dane poprzez badanie PQP, usługi terenowe i badanie rynku na: pvel.com.

Ja, niżej podpisany Grzegorz Sieczak, tłumacz przysięgły języka angielskiego wpisany na listę tłumaczy przysięgłych Ministra Sprawiedliwości pod numerem TP/84/13, niniejszym poświadczam zgodność powyższego tłumaczenia z powierzonym mi dokumentem elektronicznym w języku angielskim, którego kopię załączam.

Nr rep. 395/2025

Chotomów, 28 listopada 2025 r.

Signature Not Verified

Dokument podpisany przez Grzegorz Sieczak
Data: 2025.11.28 16:17:26 CET



Product Qualification Program

Final Hail Stress Sequence Report – 50 mm Hail Test Shenzhen Aiko Digital Energy Technology Co., Ltd.

**Aiko Solar AIKO-A585-MAH72Mw Module
BOM 1**

Report No.: R7912I-1

Date: 22 June 2023



Customer: Shenzhen Aiko Digital Energy Technology Co., Ltd.
Customer Contact: Xiong Su
Date of issue: 22 June 2023
Project No.: 7912

PVEL LLC
388 Devlin Road
Napa, CA 94558
Tel: +1 415 320 7835

Prepared by:

Verified by:

Approved by:

Sai Kiran Miriyala
Data Analyst

Jeff Cleland
Project Manager


Jean-Nicolas Jaubert
Director of China Operations

IMPORTANT NOTICE AND DISCLAIMER

1. This document is intended for the sole use of the Customer as detailed on the front page of this document to whom the document is addressed and who has entered into a written agreement with PVEL LLC ("PVEL"). To the extent permitted by law, PVEL assumes no responsibility whether in contract, tort (including without limitation negligence), or otherwise howsoever, to third parties (being persons other than the Customer), and PVEL shall not be liable for any loss or damage whatsoever suffered by virtue of any act, omission or default (whether arising by negligence or otherwise) by PVEL or any of its servants, subcontractors or agents. This document must be read in its entirety and is subject to any assumptions and qualifications expressed therein as well as in any other relevant communications in connection with it. This document may contain detailed technical data which is intended for use only by persons possessing requisite expertise in its subject matter.
2. This document is protected by copyright and may only be reproduced and circulated in accordance with the Document Classification and associated conditions stipulated or referred to in this document and/or in PVEL's written agreement with the Customer. No part of this document may be disclosed in any public offering memorandum, prospectus or stock exchange listing, circular or announcement without the express and prior written consent of PVEL. A Document Classification permitting the Customer to redistribute this document shall not thereby imply that PVEL has any liability to any recipient other than the Customer.
3. This document has been produced from information relating to dates, periods and test samples referred to in this document. This document does not imply that any information is not subject to change. Except and to the extent that checking or verification of information or data is expressly agreed within the written scope of its services, PVEL shall not be responsible in any way in connection with erroneous information or data provided to it by the Customer or any third party, or for the effects of any such erroneous information or data whether or not contained or referred to in this document.
4. Any energy forecasts, estimates or predictions are subject to factors not all of which are within the scope of the probability and uncertainties contained or referred to in this document and nothing in this document guarantees any particular energy output.

DOCUMENT CLASSIFICATION

- ☐ Commercial in Confidence: Not to be disclosed outside the Customer's organization.
- ☒ Customer's Discretion: Distribution for information only at the discretion of the Customer (subject to the above Important Notice and Disclaimer and the terms of PVEL's written agreement with the Customer).

© PVEL LLC, a member of the Kiwa Group. All rights reserved.

Reference to part of this report which may lead to misinterpretation is not permissible.

Revision	Date	Reason for Issue	Prepared by	Verified by	Approved by
1	06/22/2023	Final	Sai Kiran Miriyala	Jeff Cleland	Jean-Nicolas Jaubert



Table of Contents

TABLE OF CONTENTS	3
1 SUMMARY	4
1.1. Manufacturer specifications	4
1.2. Test data summary	4
2 HAIL STRESS SEQUENCE	5
2.1. Wet leakage current test data - HSS	7
2.2. 1.0 * I _{SC} Electroluminescence images - HSS	8
2.3. 0.1 * I _{SC} Electroluminescence images - HSS	12
2.4. Front side STC performance test data - HSS	16
2.5. Front side 200 W/m ² performance test data - HSS	17
2.6. Visual inspection notes - HSS	18
EXHIBIT A – BOM DETAILS	19
APPENDIX A – PRODUCT QUALIFICATION PROGRAM (PQP)	20
APPENDIX B – LIST OF REPORTS	21
APPENDIX C – TYPICAL PV MODULE FAILURE MECHANISMS	22
APPENDIX D – FLASH-TEST MEASUREMENT SUMMARY	23
APPENDIX E – LIST OF ABBREVIATIONS	24
APPENDIX F – MANUFACTURER DATASHEET	25



1 Summary

Shenzhen Aiko Digital Energy Technology Co., Ltd. (Aiko Solar) submitted 2 AIKO-A585-MAH72Mw photovoltaic (PV) modules for accelerated stress testing and characterization under PVEL LLC's (PVEL) Product Qualification Program (PQP). The PQP is a comprehensive evaluation of environmental sensitivities and degradation mechanisms of PV module designs. All testing in this report was completed at PVEL's partner labs in China. Real-world failure mechanisms outlined in Appendix C are simulated in a controlled laboratory environment, and state-of-the-art module characterization techniques are utilized to measure the performance of the modules as they progress through the protocol. The results of the PQP testing are presented in this report.

This report is part of PVEL's PQP project 7912. Please refer to Appendix A and B for more details. PI Berlin witnessed the production of the modules tested in this report and verified the BOM components. BOM information can be found in PVEL Report R7912A-1.

1.1. Manufacturer specifications

The module specifications were taken from the Aiko Solar "N-Type ABC White Hole Series AIKO-A-MAH72Mw 585W-610W" datasheet (AEWH_EN_202303_V1.0) which was provided by the manufacturer. The datasheet can be found in Appendix F.

Aiko Solar Datasheet Specifications						
Model	P _{MAX} [W]	V _{OC} [V]	V _{MP} [V]	I _{SC} [A]	I _{MP} [A]	FF [%]
AIKO-A585-MAH72Mw	585	53.10	44.91	13.73	13.03	80.26

1.2. Test data summary

Average Post-stress Change in P _{MAX} Relative to Initial Measurement [%]	
Model	HSS Post-HF10
AIKO-A585-MAH72Mw	-0.32
Wet Leakage Insulation Resistance Meets IEC 61215-1:2016 Requirements ¹	
AIKO-A585-MAH72Mw	Yes
Visual Inspection Findings ²	
AIKO-A585-MAH72Mw	None

¹ For reference, IEC 61215-2:2016 MQT 15 defines a passing insulation resistance for the type of module tested to be no less than 40 MΩ·m²

² Major visual defects, if present, are defined as such by IEC 61215-1:2016.



2 Hail Stress Sequence

As the global climate changes and PV deployment increases to a variety of locations around the world, PV modules mounted in the field may be exposed to severe hail impacts beyond what is covered by the IEC 61215 baseline hail test. These hail impacts can result in broken glass and/or cracked cells, and those cracked cells can eventually lead to power loss for hail damaged modules. PVEL's HSS test is focused on determining a module's susceptibility to these hail impact failure modes.

The test sequence starts when test samples are struck by a $50 \pm 2.5\text{mm}$ / $60.2 \pm 3\text{g}$ lab-manufactured ice ball at terminal velocity ($32.4 \pm 1.6\text{m/s}$) in 11 different locations normal to the module as indicated by IEC 61215-2:2016 MQT 17. These hail strikes deliver a nominal impact energy of 31.5 joules.

Shot No.	Module Location
1	Any corner of the module window, not more than one radius of ice-ball from the module edge.
2	Any edge of the module, not more than one radius of ice-ball from the module edge.
3, 4	Over the circuit near interconnects (i.e., cell interconnects and bus ribbons).
5, 6	Over edges of the circuit (e.g., individual cells).
7, 8	On the module window, not more than half diameter of ice ball from one of the points at which the module is mounted to the supporting structure.
9, 10	On the module window, at points farthest from the points selected above.
11	Any points which may prove especially vulnerable to hail impact like over the junction box.

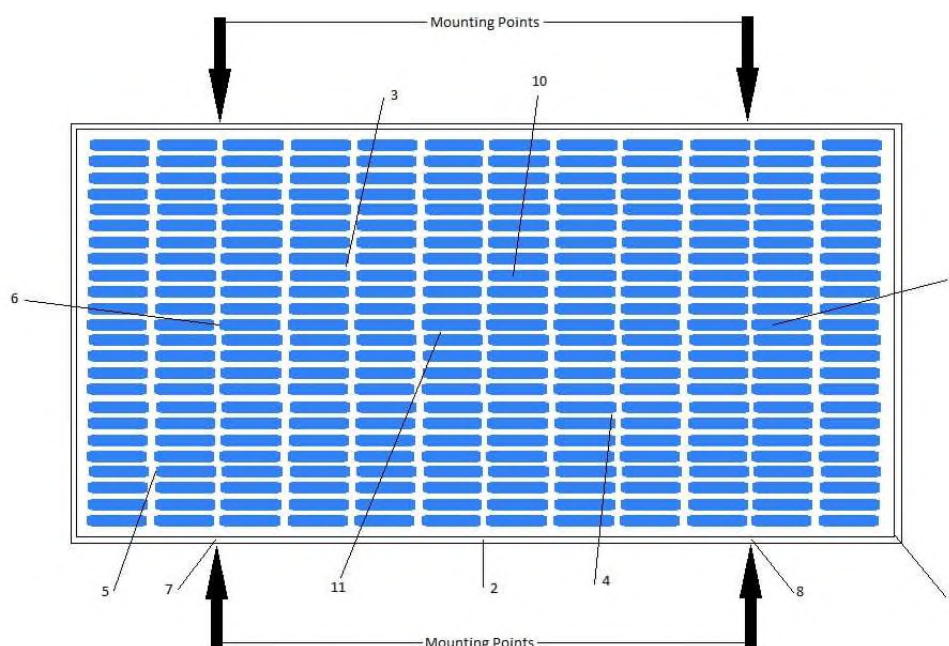


Figure 2-1: Location of 11 hail strikes.



The actual hail diameter, mass, velocity and impact locations achieved during testing were all within the allowable tolerances specified in IEC 61215-2:2016 MQT 17. During hail testing the module is mounted via PVEL's standard mounting configuration with rails attached to the long-side frames using four clamps, located one quarter of the module length from each end, ± 100 mm. These rails run perpendicular to the long frames.

After this hail test any modules without broken glass will proceed through subsequent dynamic mechanical load (DML) to articulate any existing cracks, creating inactive areas or increased series resistance in susceptible modules. DML test is conducted following the guidance of IEC 61215:2021 MQT 20, with 1000 cycles of positive and negative loading. Suction cups apply 1000 Pa of pressure loading in both "push" (negative pressure) and "pull" (positive pressure) directions. During DML the module is mounted as described above for the hail test mounting.

After DML the modules are subjected to 50 thermal cycles (TC), following the guidance of IEC 61215-2:2016 MQT 11. The HSS completes with 10 humidity freeze (HF) cycles following the guidance of IEC 61215-2:2016 MQT 12. For each cycle, the modules are exposed to temperatures of 85°C and a relative humidity of 85% for a minimum of 20 hours before the temperature is rapidly dropped to -40°C for a minimum of 30 minutes (maximum 4 hours).

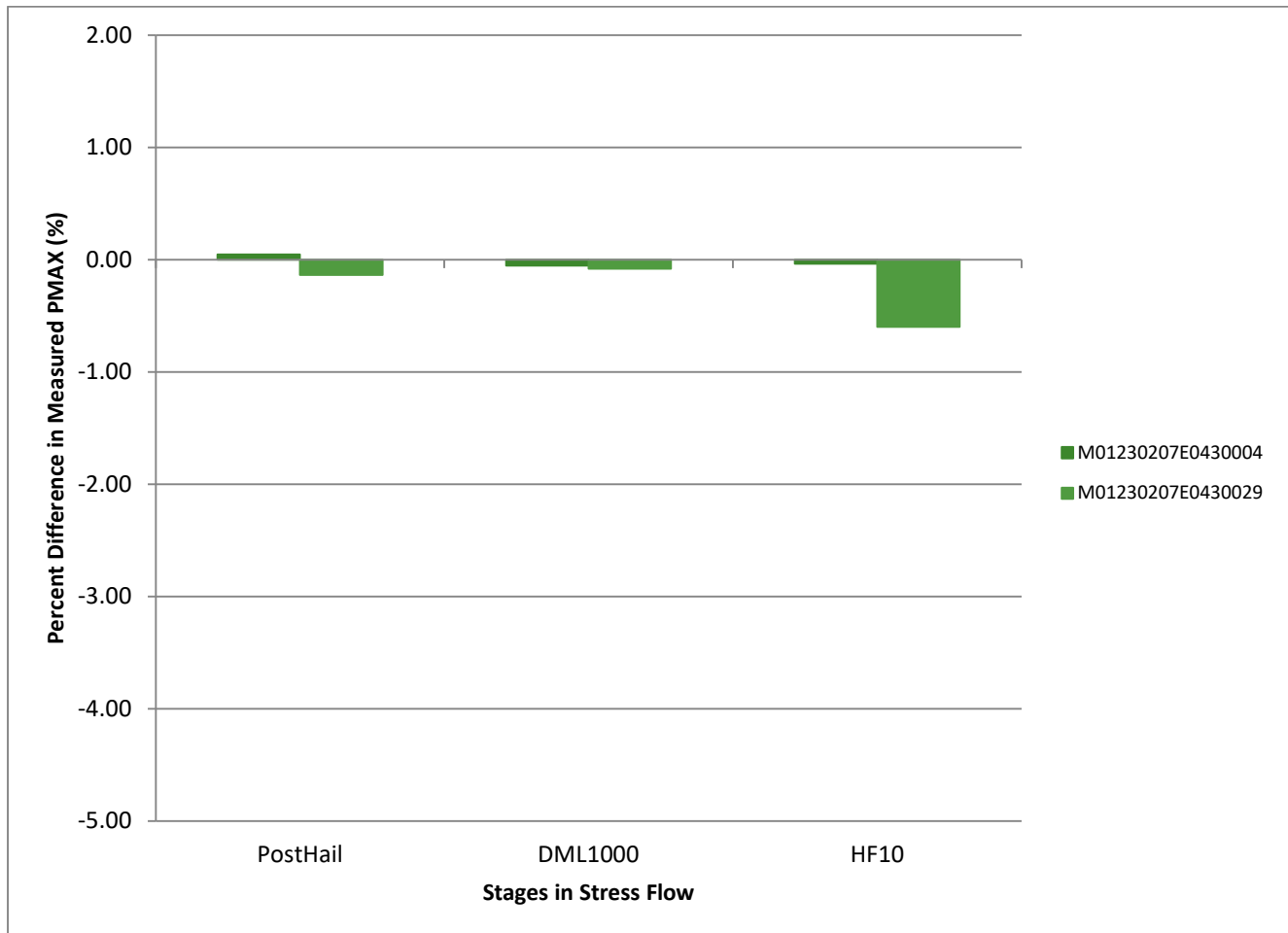


Figure 2-2 Percent deviation in measured P_{MAX} due to stress



2.1. Wet leakage current test data - HSS

Wet leakage testing evaluates the electrical insulation of the module under wet operating conditions such as those that occur in the field due to rain, fog, dew, humidity or melting snow. Testing is performed following the guidance of IEC 61215-2:2016 MQT 15. By default, a potential equal to the maximum system voltage rating of the PV module is applied between the shorted leads of the module and a conductive liquid test solution that the module is placed in. PVEL measures either the insulation resistance or the leakage current between the electrical circuit of the module and the test liquid, then reports the measured or calculated insulation resistance.

IEC 61215-2:2016 MQT 15 defines a passing insulation resistance for the type of module tested to be no less than 40 MΩ·m².

Pre-stress Test Data				
Model	Serial Number	Leakage current [μA]	Insulation Resistance [MΩ·m ²]	Within IEC 61215's Requirement
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430004	Not Applicable	45150	Yes
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430029	Not Applicable	36378	Yes

Post-Hail Test Data				
Model	Serial Number	Leakage current [μA]	Insulation Resistance [MΩ·m ²]	Within IEC 61215's Requirement
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430004	Not Applicable	24071	Yes
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430029	Not Applicable	28896	Yes

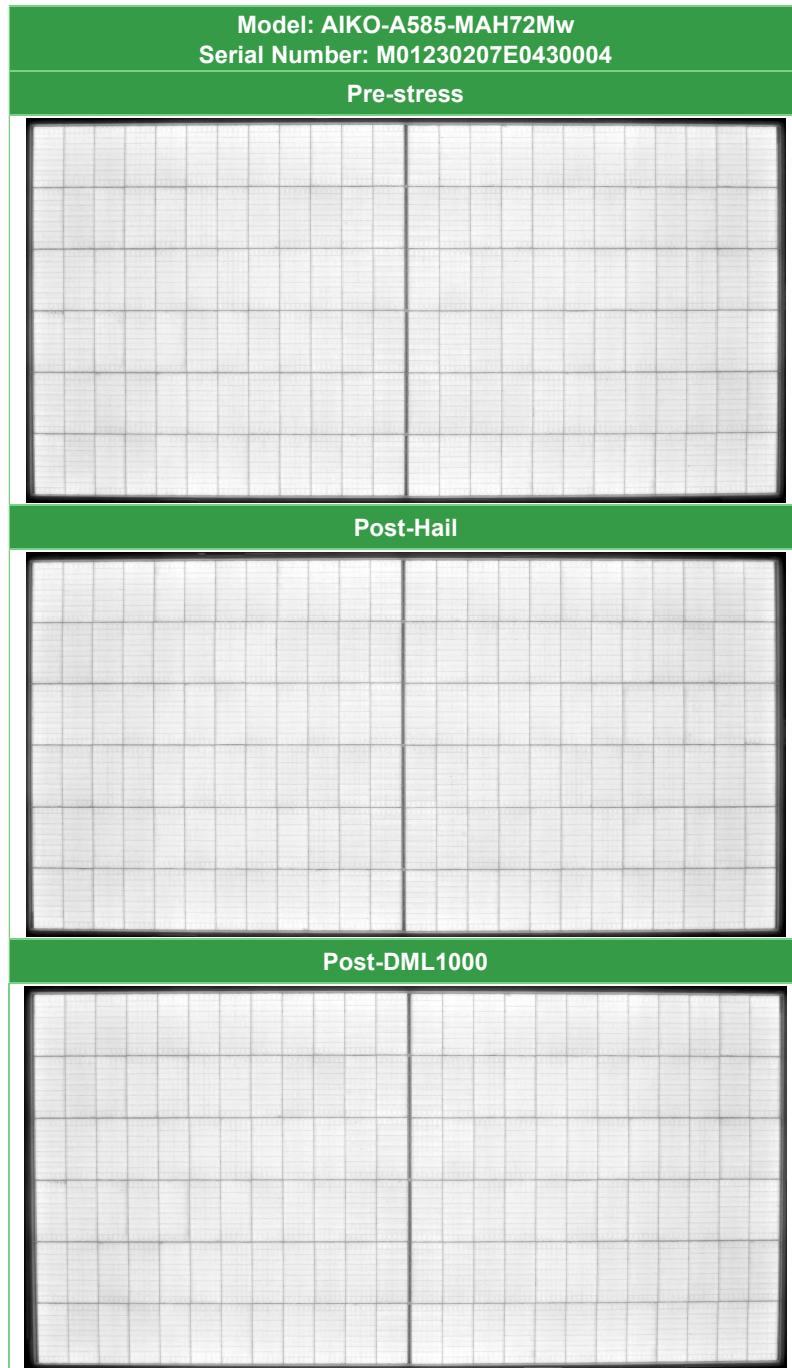
Post-DML1000 Test Data				
Model	Serial Number	Leakage current [μA]	Insulation Resistance [MΩ·m ²]	Within IEC 61215's Requirement
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430004	Not Applicable	34314	Yes
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430029	Not Applicable	26058	Yes

Post-HF10 Test Data				
Model	Serial Number	Leakage current [μA]	Insulation Resistance [MΩ·m ²]	Within IEC 61215's Requirement
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430004	Not Applicable	12203	Yes
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430029	Not Applicable	14525	Yes



2.2. 1.0 * I_{sc} Electroluminescence images - HSS

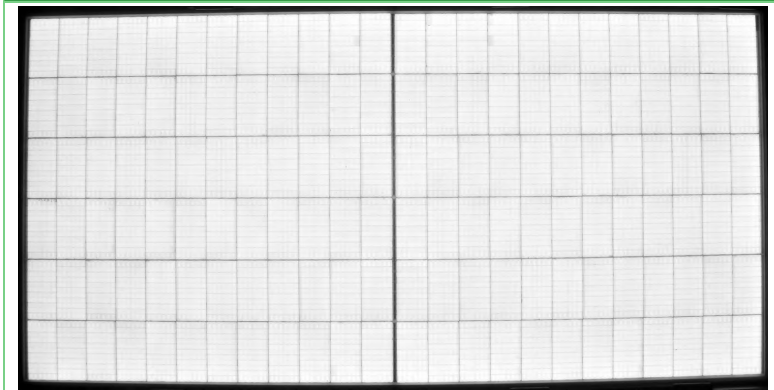
Electroluminescence images provide insight into corrosion, microcracks and intra-module mismatch, due to manufacturing defects and as a result of tests performed. Electroluminescence images are captured with a current injection equal to I_{sc} following the guidance of IEC 60904-13:2018.





Model: AIKO-A585-MAH72Mw
Serial Number: M01230207E0430004

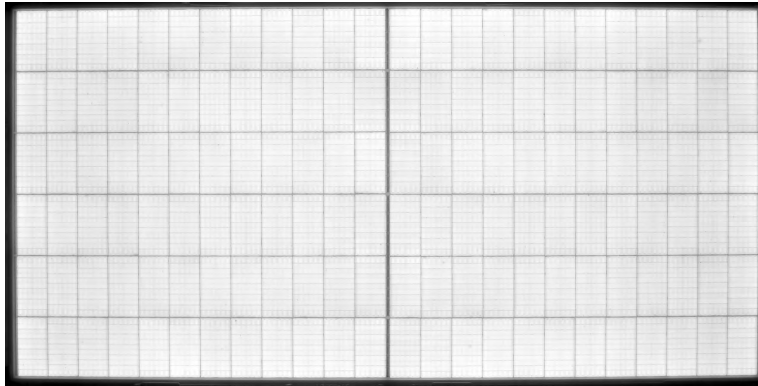
Post-HF10



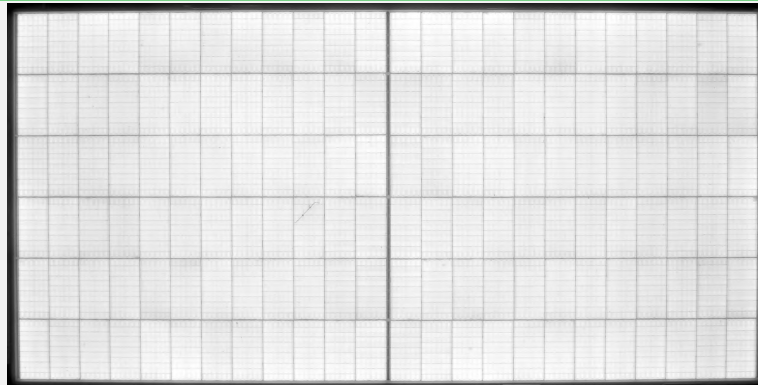


Model: AIKO-A585-MAH72Mw
Serial Number: M01230207E0430029

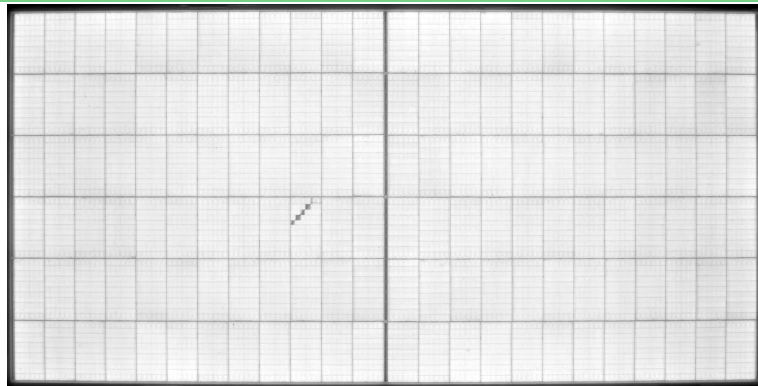
Pre-stress



Post-Hail



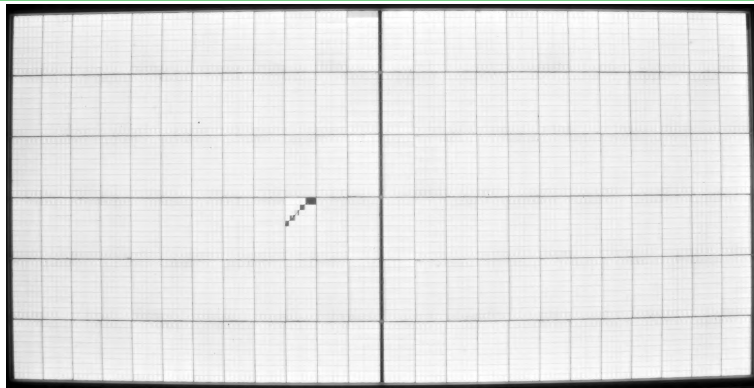
Post-DML1000





Model: AIKO-A585-MAH72Mw
Serial Number: M01230207E0430029

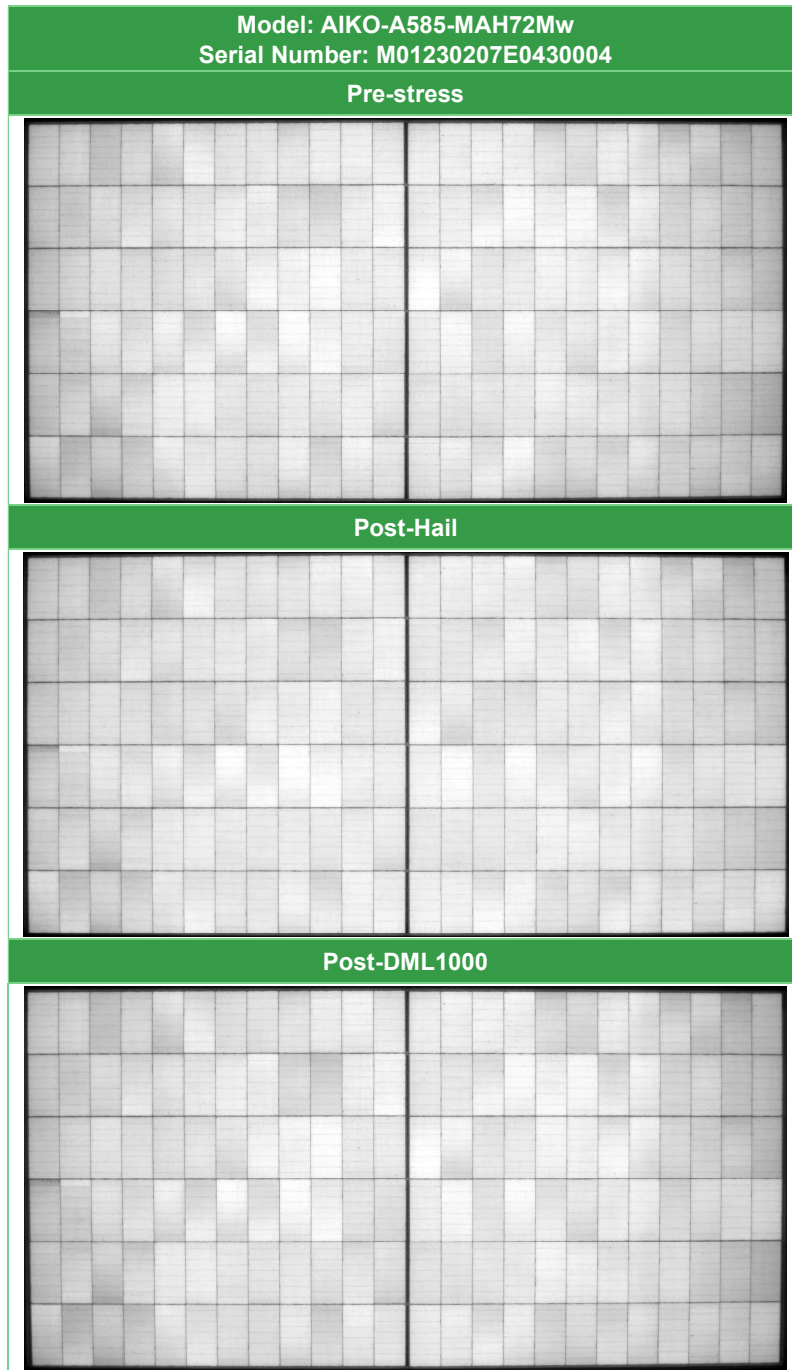
Post-HF10





2.3. 0.1 * I_{sc} Electroluminescence images - HSS

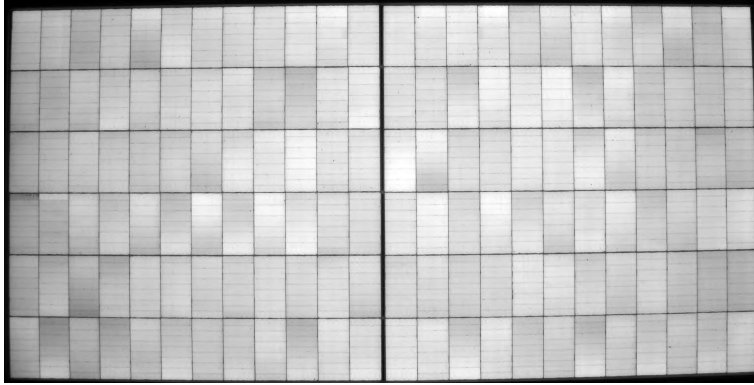
Electroluminescence imaging at low current helps to inform factors that could be driving power loss as series resistance related issues are less prevalent in low current EL images. Low current electroluminescence images are captured with a current injection equal to $1/10 \cdot I_{sc}$ following the guidance of IEC 60904-13:2018.





Model: AIKO-A585-MAH72Mw
Serial Number: M01230207E0430004

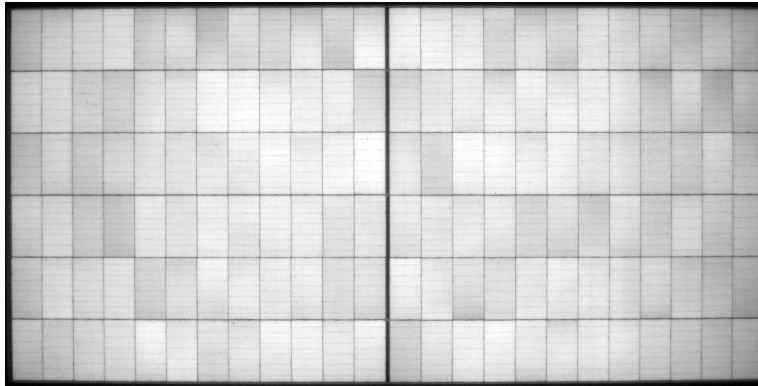
Post-HF10



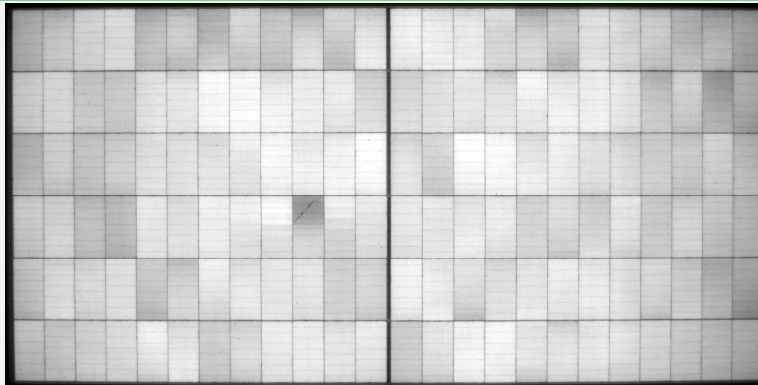


Model: AIKO-A585-MAH72Mw
Serial Number: M01230207E0430029

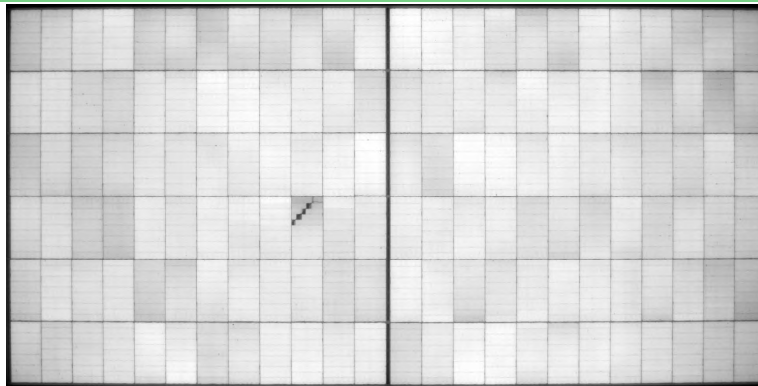
Pre-stress



Post-Hail



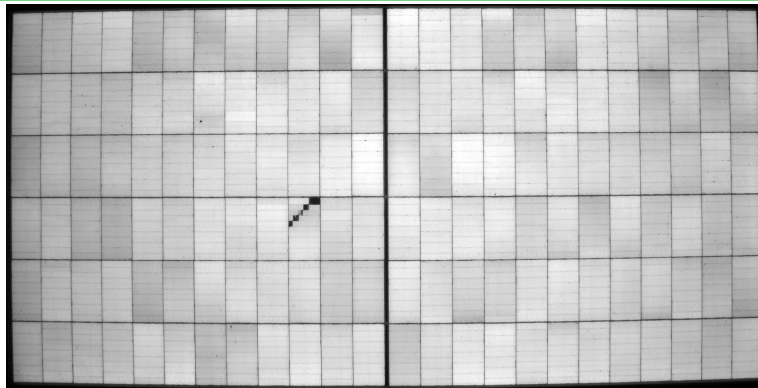
Post-DML1000





Model: AIKO-A585-MAH72Mw
Serial Number: M01230207E0430029

Post-HF10





2.4. Front side STC performance test data - HSS

A current-voltage (I-V) curve of the PV module is measured during a pulse (flash) of simulated sunlight to characterize the electrical performance at Standard Test Conditions (STC): 1000 W/m², 25°C and air mass 1.5. Flash tests are performed following the guidance of IEC 60904-1:2006-9.

Pre-stress Test Data							
Model	Serial Number	P _{MAX} [W]	V _{OC} [V]	V _{MP} [V]	I _{SC} [A]	I _{MP} [A]	FF [%]
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430004	590.5	53.53	46.50	13.44	12.70	82.08
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430029	589.4	53.54	46.46	13.42	12.68	81.99

Post-Hail Test Data							
Model	Serial Number	P _{MAX} [W]	V _{OC} [V]	V _{MP} [V]	I _{SC} [A]	I _{MP} [A]	FF [%]
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430004	590.8	53.51	46.45	13.47	12.72	81.97
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430029	588.6	53.45	46.14	13.46	12.76	81.83
Percent Deviation from Pre-stress Test Data							
Model	Serial Number	P _{MAX} [%]	V _{OC} [%]	V _{MP} [%]	I _{SC} [%]	I _{MP} [%]	FF [%]
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430004	0.05	-0.04	-0.11	0.22	0.16	-0.14
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430029	-0.14	-0.17	-0.69	0.30	0.63	-0.19

Post-DML1000 Test Data							
Model	Serial Number	P _{MAX} [W]	V _{OC} [V]	V _{MP} [V]	I _{SC} [A]	I _{MP} [A]	FF [%]
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430004	590.2	53.56	46.53	13.41	12.69	82.21
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430029	589.0	53.53	46.29	13.44	12.72	81.84
Percent Deviation from Pre-stress Test Data							
Model	Serial Number	P _{MAX} [%]	V _{OC} [%]	V _{MP} [%]	I _{SC} [%]	I _{MP} [%]	FF [%]
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430004	-0.05	0.06	0.06	-0.22	-0.08	0.15
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430029	-0.08	-0.02	-0.37	0.15	0.32	-0.18

Post-HF10 Test Data							
Model	Serial Number	P _{MAX} [W]	V _{OC} [V]	V _{MP} [V]	I _{SC} [A]	I _{MP} [A]	FF [%]
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430004	590.3	53.67	46.47	13.42	12.70	81.94
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430029	585.9	53.68	46.21	13.45	12.68	81.16
Percent Deviation from Pre-stress Test Data							
Model	Serial Number	P _{MAX} [%]	V _{OC} [%]	V _{MP} [%]	I _{SC} [%]	I _{MP} [%]	FF [%]
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430004	-0.04	0.26	-0.06	-0.15	0.00	-0.18
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430029	-0.60	0.26	-0.54	0.22	0.00	-1.02



2.5. Front side 200 W/m² performance test data - HSS

Flash testing at low irradiance provides an indication of changes in the modules' shunt resistance as it removes the potential series resistance issues that are more prevalent at the higher irradiance STC flash. This is performed at 200 W/m² following the guidance of IEC 61215-2:2016 MQT 07.

Pre-stress Test Data							
Model	Serial Number	P _{MAX} [W]	V _{OC} [V]	V _{MP} [V]	I _{SC} [A]	I _{MP} [A]	FF [%]
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430004	109.9	50.94	44.14	2.66	2.49	81.11
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430029	108.8	50.91	43.60	2.64	2.49	80.78

Post-Hail Test Data							
Model	Serial Number	P _{MAX} [W]	V _{OC} [V]	V _{MP} [V]	I _{SC} [A]	I _{MP} [A]	FF [%]
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430004	111.3	50.88	43.95	2.69	2.53	81.24
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430029	110.4	50.78	43.72	2.69	2.53	80.98
Percent Deviation from Pre-stress Test Data							
Model	Serial Number	P _{MAX} [%]	V _{OC} [%]	V _{MP} [%]	I _{SC} [%]	I _{MP} [%]	FF [%]
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430004	1.30	-0.12	-0.43	1.13	1.61	0.16
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430029	1.54	-0.26	0.28	1.89	1.61	0.25

Post-DML1000 Test Data							
Model	Serial Number	P _{MAX} [W]	V _{OC} [V]	V _{MP} [V]	I _{SC} [A]	I _{MP} [A]	FF [%]
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430004	109.6	50.95	44.27	2.87	2.47	74.78
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430029	109.8	50.86	43.99	2.67	2.50	80.99
Percent Deviation from Pre-stress Test Data							
Model	Serial Number	P _{MAX} [%]	V _{OC} [%]	V _{MP} [%]	I _{SC} [%]	I _{MP} [%]	FF [%]
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430004	-0.28	0.02	0.29	7.89	-0.80	-7.81
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430029	0.94	-0.10	0.89	1.14	0.40	0.26

Post-HF10 Test Data							
Model	Serial Number	P _{MAX} [W]	V _{OC} [V]	V _{MP} [V]	I _{SC} [A]	I _{MP} [A]	FF [%]
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430004	110.5	50.70	44.71	2.64	2.47	82.51
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430029	110.3	50.7	44.45	2.64	2.48	82.36
Percent Deviation from Pre-stress Test Data							
Model	Serial Number	P _{MAX} [%]	V _{OC} [%]	V _{MP} [%]	I _{SC} [%]	I _{MP} [%]	FF [%]
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430004	0.56	-0.47	1.29	-0.75	-0.80	1.72
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430029	1.39	-0.41	1.95	0.00	-0.40	1.96



2.6. Visual inspection notes - HSS

Visual inspection enables detection of both manufacturing defects, as well as changes to the module as a result of tests performed. Visual inspection is performed following the guidance of IEC 61215-2:2016 MQT 01. Any findings are noted when they were first detected.

Pre-stress Inspection Notes				
Model	Serial Number	Notes	Defect Category	Photo
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430004	Not Applicable	None	Not Applicable
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430029	Not Applicable	None	Not Applicable

Post-Hail Inspection Notes				
Model	Serial Number	Notes	Defect Category	Photo
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430004	Not Applicable	None	Not Applicable
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430029	Not Applicable	None	Not Applicable

Post-DML Inspection Notes				
Model	Serial Number	Notes	Defect Category	Photo
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430004	Not Applicable	None	Not Applicable
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430029	Not Applicable	None	Not Applicable

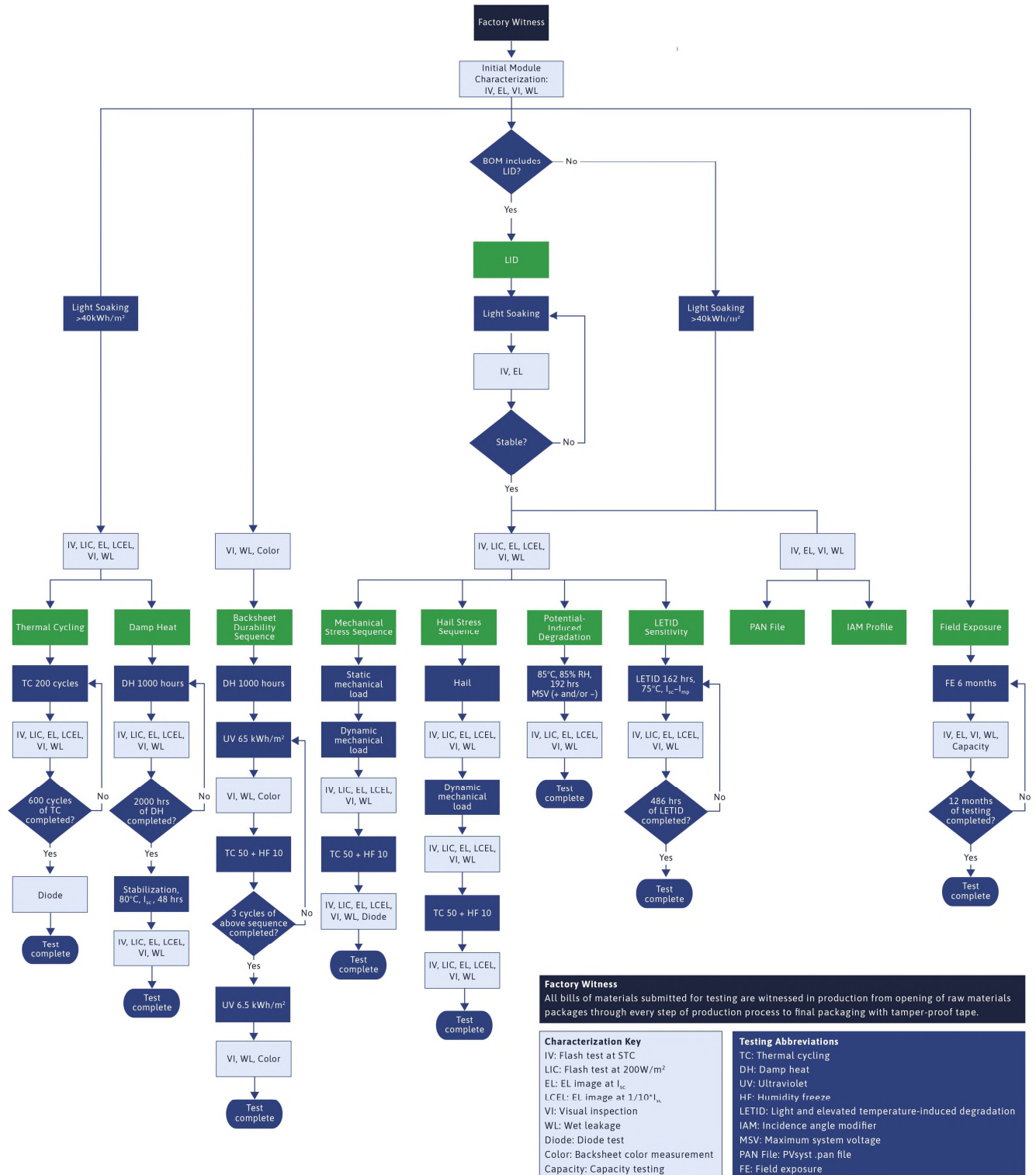
Post-HF10 Inspection Notes				
Model	Serial Number	Notes	Defect Category	Photo
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430004	Not Applicable	None	Not Applicable
AIKO-A585-MAH72Mw	M01230207E0430029	Not Applicable	None	Not Applicable



Exhibit A – BOM Details

PI Berlin witnessed the production of the modules tested in this report and verified the BOM components. BOM information can be found in PVEL Report R7912A-1.

Appendix A – Product Qualification Program (PQP)





Appendix B – List of Reports

The following is a list of all reports issued over the duration of an entire module PQP.

- Witness Report
- Intake Report
- Light-induced Degradation Report
- PAN File Parameter Measurement Report and .pan File
- Incidence Angle Modifier Report
- Hail Stress Sequence Interim Report
- Hail Stress Sequence Final Report
- Tracker-Mount Mechanical Stress Sequence Interim Report
- Tracker-Mount Mechanical Stress Sequence Final Report
- Reliability Interim Report
- Reliability Final Report
- Backsheet Durability Interim Report
- Backsheet Durability Final Report
- Field Exposure Interim Report
- Field Exposure Final Report



Appendix C – Typical PV Module Failure Mechanisms

	Light induced Degradation	Light and Elevated Temperature Induced Degradation	Thermal Cycling	Damp Heat	Backsheet Durability Sequence	Mechanical Stress Sequence	Hail Stress Sequence	Potential-Induced Degradation (PID)
Corrosion of cell metallization				✓		✓	✓	
Junction box failure (solder joints, arcing, etc.)			✓			✓	✓	
Glass fracture						✓	✓	
Bypass diode failure (short or open)			✓	✓		✓	✓	
Cracked cells			✓			✓	✓	
Solder joint degradation			✓			✓	✓	
Delamination				✓	✓			
Junction box detach				✓				
Connector embrittlement (moisture ingress)			✓	✓	✓			
Frame tape or frame adhesive failure						✓		
Frame fatigue						✓		
Optical degradation of encapsulant and backsheet					✓			
Light-Induced Degradation (LID)	✓							
Light and Elevated Temperature Induced Degradation (LETID)		✓						
Outgassing of in-laminate materials (Chemical incompatibilities)			✓	✓	✓	✓	✓	
Backsheet embrittlement leading to cracks			✓	✓		✓	✓	
Busbar sharp edges, solder peaks, cutting through backsheet			✓					
Electrochemical corrosion of busbars or cell metallization								✓
Ion migration / Polarization / Potential-Induced Degradation (PID)								✓
Discoloration of frame, junction box, or polymeric materials				✓	✓	✓	✓	
Backsheet stack layer delamination				✓		✓	✓	
Hail damage							✓	



Appendix D – Flash-Test Measurement Summary

HALM CetisPV-Moduletest3 pulsed solar simulator (flash-tester)

- Class A+A+A+
 - Non-uniformity of irradiance $\leq 1\%$
 - Long-term pulse instability $\leq 1\%$
 - Spectral irradiance distribution $\leq \pm 12.5\%$
- All performance values are extracted from the measured I-V data
- Expanded ($k = 2$) uncertainty values at STC (assuming a spectral mismatch factor of 1 and not including module metastability behavior):
 - I_{sc} : $\pm 1.76\%$
 - V_{oc} : $\pm 0.98\%$
 - P_{MAX} : $\pm 1.88\%$
- Maximum deviation of achieved temperature/irradiance from target temperature/irradiance:
 - Temperature: $\pm 1^{\circ}\text{C}$
 - Irradiance: $\pm 0.5\%$

PI's HALM CetisPV-Moduletest3 pulsed solar simulator was calibrated using the reference module listed below.

Tested Device Technology	Reference Module Identifier	Reference Module Technology	Calibration Laboratory	Next Calibration Due Date
p-type crystalline-Si PERC	750007740237001772	p-type crystalline-Si PERC	NIM	Jul 20, 2023

After calibrating the flash-tester to the reference module, the modules were flash-tested following the guidance of IEC 60904-1:2006-9.



Appendix E – List of Abbreviations

Abbreviation	Meaning
BOM	Bill of Material
BSF	Back Surface Field
CdTe	Cadmium Telluride
PVEL	PVEL LLC
EL	Electroluminescence
HJT	Heterojunction
IEC	International Electrotechnical Commission
IBC	Interdigitated Back Contact
I_{MP}	Current at maximum power
I_{SC}	Short-circuit current
PERC	Passivated Emitter and Rear Contact
P_{MAX}	Maximum power
PQP	Product Qualification Program
PV	Photovoltaic
STC	Standard test conditions
V_{MP}	Voltage at maximum power
V_{OC}	Open-circuit voltage



Appendix F – Manufacturer Datasheet

The manufacturer's datasheet(s) are included on the following pages.



N-Type ABC

White Hole Series

AIKO-A-MAH72Mw

585W-610W

Up to **23.6%**



Product
Warranty



Power
Warranty



red**dot** winner 2023

High Performance

Low degradation: 1st Year≤1.0%, 2nd -30th Year≤0.35%
Temperature Coefficient of P_{max}: -0.29%/K

Premium Appearance

No grid lines on the front

Optimized Balance of System (BOS)

Significant savings on mounting structure and cabling

Complete Set of Quality Management System

IEC 61730 (2016) IEC 61215 (2021)
ISO 9001:2015 Quality Management System
ISO 14001:2015 Environmental Management System
ISO 45001:2018 Occupational Safety and Management System



610W

Output

23.6%

Efficiency

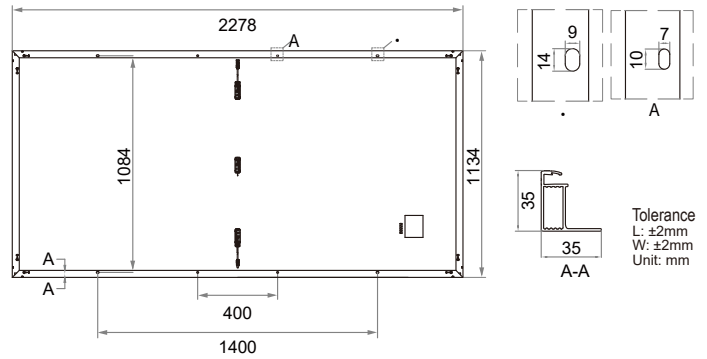
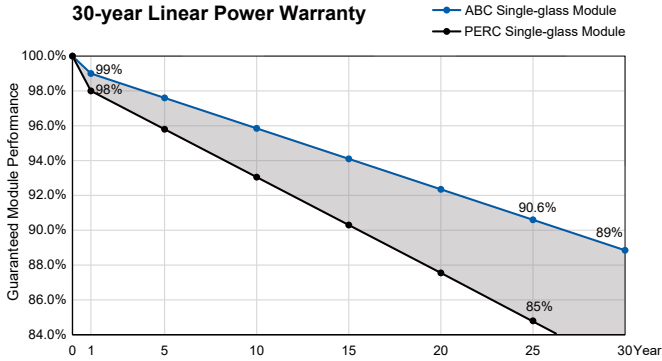
 $\leq 1\%$

First-year Degradation

 $\leq 0.35\%$

Annual Degradation from Year 2-30

30-year Linear Power Warranty

**Electrical Characteristics** (STC: AM1.5 1000W/m² 25 $\pm$ NOCT: AM1.5 800W/m² 20 $\pm$ 1m/s) Power Tolerance: 0-+5W Max Power Test Uncertainty: ±3%

Model	AIKO-A585-MAH72Mw		AIKO-A590-MAH72Mw		AIKO-A595-MAH72Mw		AIKO-A600-MAH72Mw		AIKO-A605-MAH72Mw		AIKO-A610-MAH72Mw	
Test Conditions:	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
P _{max} [W]:	585	441	590	445	595	448	600	452	605	456	610	460
V _{oc} [V]:	53.10	50.18	53.20	50.27	53.30	50.37	53.40	50.46	53.50	50.56	53.60	50.65
V _{mp} [V]:	44.91	42.44	45.01	42.53	45.11	42.63	45.21	42.72	45.31	42.82	45.41	42.91
I _{sc} [A]:	13.73	11.10	13.79	11.15	13.85	11.20	13.91	11.25	13.97	11.30	14.03	11.35
I _{mp} [A]:	13.03	10.39	13.11	10.45	13.19	10.52	13.27	10.58	13.35	10.65	13.43	10.71
Module Efficiency:	22.6%		22.8%		23.0%		23.2%		23.4%		23.6%	

Mechanical Specification

Cell Type	Mono-crystalline Silicon
Front Cover Single glass	3.2 mm tempered glass, with anti-reflection coating
Frame	Anodized aluminum
Cable	4mm ² (IEC) 12AWG(UL) 350mm or Customized Length
No. of Cells	144(6*24)
Junction Box	IP68, three bypass diodes
Connector	MC4 compatible
Weight	28.6Kg±3%
Dimension	2278*1134*35mm
Package Detail	31pcs per pallet/155 pcs per 20' GQ/620pcs per 40' HQ

Temperature Ratings (STC)

Temperature Coefficient of I _{sc}	+ 0.05%/K
Temperature Coefficient of V _{oc}	- 0.24%/K
Temperature Coefficient of P _{max}	- 0.29%/K

Installation Guide

Operation Temperature	- 40 $\pm$ -+ 85 $\pm$
Maximum Series Fuse Rating	25A
Protection Class	Class II
Maximum System Voltage	DC1500V
Maximum Static Loading	Front 5400Pa Back 2400Pa
Hail Test	25 mm diameter hail at 23 m/s
Fire Rating	IEC 61730 Class C

About PVEL

PVEL, a member of the Kiwa Group, is the leading reliability and performance testing lab for downstream solar project developers, financiers, and asset owners around the world. PVEL and the Kiwa Group provide a suite of technical services for mitigating risk, optimizing financing and improving system performance throughout the project lifecycle. For over a decade, PVEL's flagship Product Qualification Program has replaced assumptions about PV module performance with quantifiable metrics, and connected manufacturers with a global network of 400+ downstream partners. Learn how PVEL makes data matter through PQP testing, field services and market intelligence at pvel.com.