

태양전지 모듈의 솔더링 공정에 대한 신뢰성

김성진, 최준영, 공지현, 문종혁, 이세훈, 심원현, 이은혜, 이은주, 이해석

*신성솔라 에너지 기술연구소 (ksungjin@shinsung.co.kr)

Soldering Process of PV Module manufacturing and Reliability

S-J Kim, J-Y Choi, J-H Kong, J-H Moon, S-H Lee, W-H Shim, E-H Lee, E-J Lee, H-S Lee

*R & D Center, Shinsung Solar Energy Co.,Ltd.(ksungjin@shinsung.co.kr)

Abstract

Although PV module manufacturing and its structure are simple, the semi-permanent products can be used outdoors for more than twenty years. Therefore it is need to choose proper materials and optimize manufacturing process.

This paper suggest that factors of degradation need to be studied to achieve a more understanding of PV module Degradation rates and material failure. Nowadays durability of the PV Module is very important to sustain output safety for obtaining reliability.

This paper is about the experiment that soldering uniformity of soldering process and to make least void from soldering process. From This study soldering flux residue and soldering method is main factor to form void blocked soldering uniformity and by using this..

Keywords : 태양광 모듈 (PV Module), 태양전지 (Solar Cell), 솔더링 (Soldering), Interconnector(인터커넥터)

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

결정질 태양전지 모듈의 수명은 20년 이상이 되어야 한다. 장시간 옥외에서 노출되어 사용되어야 하기 때문에 모듈의 수명에 영향을 미치는 온도변화, 습도, 자외선, 바람, 적설, 결빙, 우박등에 의한 환경변화에 내구성을 가져야 하며 또한 설치 지역에 따른 부식성 가스, 모래, 분진등의 지형적 환경에도 적합하여야 한다.

태양전지 모듈의 수명에 영향을 주는 요소는 크게 주변환경에 의한 내구성의 저하와 전기적 손실요인 및 열에 의한 노화가 대표적이다.

최근 발표된 태양전지 모듈의 노화사례에 있어서 부식현상에 의한 태양전지 모듈의 노화사례는 45.3%가 부식에 의한 영향으로 인한 사례가 가장 많았으며, 그동안 단순조립 공정으로 인식되어 오던 태양전지 모듈의 공정에 있어서 적절한 공정과 모듈의 신뢰성이 크게 중요시 되고 있다. 그 다음으로 가장 많이 차지 하는 부분이 태양전지 모듈의 단선 문제로 약 40.7%를 차지하고 있다.

표 1. 모듈의 노화사례

| 노화현상 | 발생비율(%) |
|-------------------------|---------|
| 부식현상 | 45.3% |
| 셀 또는 연결부위 문제 | 40.7% |
| 출력선 문제 | 3.9% |
| 단자박스 문제 | 3.5% |
| EVA Sheet박리 | 3.4% |
| 전선, 다이오드, 터미널 단자등의 과열문제 | 1.5% |
| 기계적, 물리적 파손 | 1.4% |
| 바이패스 다이오드 결함 | 0.2% |
| 합 계 | 100% |

1.2 연구의 방법

태양전지 모듈의 제조공정의 주요 공정은 태빙장비를 이용한 Solar Cell의 연결을 하는 Taber and Stringer공정과 Encapsulation을 위한 Lamination 공정으로 나눌 수 있다. 본 논문은 태양전지 모듈의 형성에 있어서 태양

전지 셀의 연결을 하는 Soldering 공정중에 발생하는 Flux의 잔사와 이에 따른 신뢰성에 대한 연구이며 장기적인 신뢰성을 위하여 태양전지 모듈의 Soldering공정상에 고려되어야 할 점에 대한 Test 결과이다.

2. Soldering 공정

솔더링은 용점 450℃미만의 연납을 사용하여 금속 모세관을 통하여 모재전체에 퍼지게 하여 접합하는 방법이다. 공정 중에 사용되는 Solder의 구성은 Sn,Pb이며 조성은 Sn60%/Pb40%로 Solder의 특성 중 낮은 용융온도, 젖음성, 전기전도도 및 유동성이 다른 Solder에 비하여 우수한 성질을 가지고 있다.

솔더링공정에 있어서 플럭스는 모재 및 피착재의 산화물을 제거하고 Solder가 잘 퍼지게 하는 역할을 하게 된다.

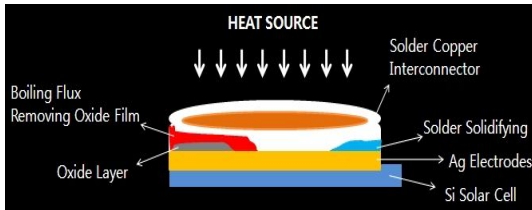
또한 Solder의 조성마다 용융되는 온도가 각각 다르며 [그림 1]에 Solder의 조성에 따른 용융점을 나타내었다.

표 2. Solder 조성에 따른 용점

| 솔더조성 | | Solidus Temp | Liquidus Temp |
|---------|-------------|--------------|---------------|
| Pb free | Sn100 | 232℃ | 232℃ |
| | Sn96.5Ag3.5 | 221℃ | 184℃ |
| Pb in | Sn60Pb40 | 183℃ | 190℃ |
| | Sn62Pb36Ag2 | 178℃ | 190℃ |
| | Sn63Pb37 | 183℃ | 184℃ |

태양전지 모듈을 제작하는 Tabber and Stringer 공정은 Soldering시 모재사이에 솔더가 침투하여 접합되고 솔더와 모재 사이에는 산화막이 형성되어 있다가 플럭스를 도포하여 가열하면 플럭스의 Activator에 의한 산화피막의 제거와 모재속에 솔더가 퍼지면서 모재와 솔더 사이에 원자간 이동이 발생하여 원자간의 결합

으로 Soldering 공정이 진행된다. [그림 1] 은 solar cell과 Solder Copper interconnector의 soldering과정을 나타낸다.

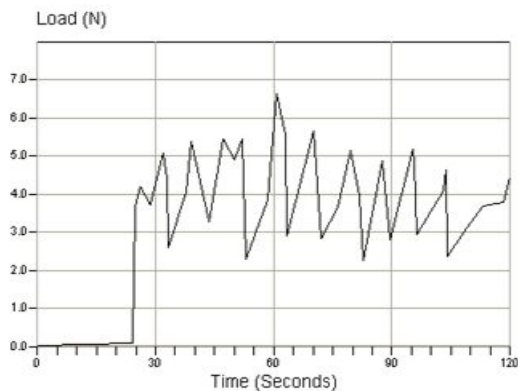


[그림 1] Soldering 과정

본 실험에서는 Hot Air Soldering공정을 이용하여 Solar Cell과 Inter connector Ribbon의 Soldering을 진행하였고 Flux는 고형분 3.3%의 Flux를 이용하여 실험을 진행하였다.

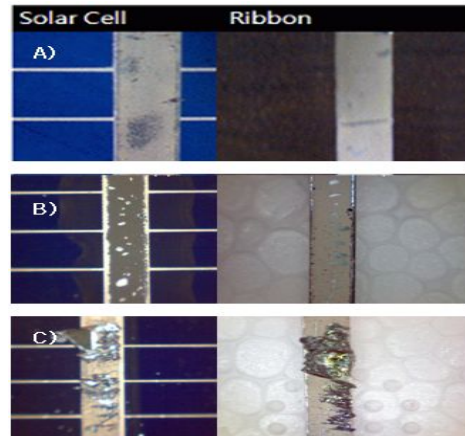
3. 결과 및 고찰

Tabber and Stringer 장비를 이용하여 String작업을 진행하였다. String을 완성한 후 90° Peel Test를 진행하여 Ribbon의 평면 및 Soldering후의 단면을 관찰하였다. 그림2는 솔더링 후의 리본과 셀의 Peel Test결과이다.



[그림 2] Peel Test

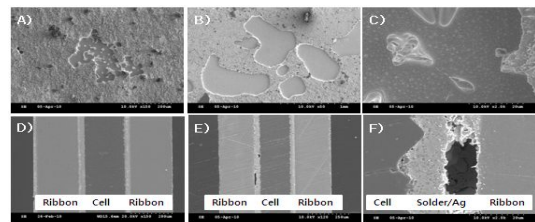
[그림 2]의 경우 비교적 Uniform한 soldering 으로[그림 3]의 A)의 현상이다.



[그림 3] Peel Test후 Ribbon과 Solar Cell의 평면

[그림 3]의 B)와 C)는 Flux의 Residue 및 Soldering의 Uniformity에 있어서 국부적으로 Over soldering이 진행된 결과이다. 이 결과를 바탕으로 Ribbon의 Solder와 Solar Cell Ag전극 간의 계면을 평면 및 단면의 사진을 관찰하였다.

[그림 4]는 Peel Test후의 Cell의 Ag전극 부분을 관찰한 결과이며, Soldering방법으로 미루어 보아 Interconnector Ribbon의 폭의 양끝단 으로부터 솔더가 용융되고 Flux의 산화피막 환원 후 기화된 Flux가 갇히게 되는 현상으로 결국 Void를 발생시키는 원인이 제공된다. [그림 4]의 A)는 Ag전극 위에 잔사하는 형상이며 D~F)는 잔사하는 영역의 단면의 형상이다.

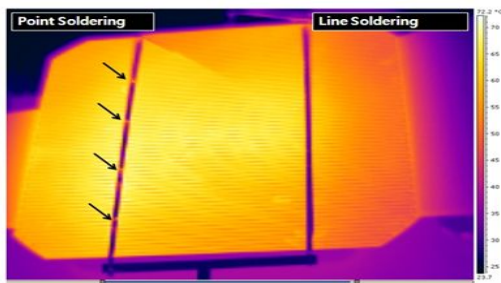


[그림 4] A)Peel Test후의 Flux Residue, B)Inter connector Ribbon에 전사된 Void 형상, C)Flux residue on solar cell, D~E)Soldering 후의 단면, F)Void Formation

장기간 내구성을 가져야 하는 태양전지 모듈의 노화사례중 앞선 실험의 결과로 미루어

태양전지 Cell과 Interconnector Ribbon의 접촉저항에 의한 열화에 의한 출력의 Degradation이 예상되며 [그림 5]는 Void형성의 거시적인 관점에서 Uniform한 Soldering과 Void 성장에 의한 영향을 보기 위하여 Soldering된 Solar Cell에 전압을 인가한 후.

Interconnector의 온도분포를 관찰하였다. 거시적인 관점에서 Void 성장으로 인한 Point 접촉된 솔더링의 경우 Uniform한 Soldering이 유지된 Line 솔더링의 온도분포 보다 약 20도 정도 높았다.



| Zone | Point Soldering | Line Soldering |
|------|-----------------|----------------|
| 1 | 50.2°C | 33.6°C |
| 2 | 49.7°C | 33.4°C |
| 3 | 54.6°C | 32.4°C |
| 4 | 48.6°C | 28.4°C |

[그림 5]/[표 3] Point Soldering과 Line Soldering

4. 결 론

태양전지 모듈의 제조공정은 단순하나 옥외에 설치되어 반영구적으로 사용되어야 한다. 하지만 출력 저하 및 노화사례를 통하여 본 결과 태양전지 모듈의 내구성 및 신뢰성은 무엇보다 중요하다.

본 실험에서 Flux의 잔사와 그에 따른 Void Formation에 있어서 공정상의 고찰 및 공정상의 신뢰성이 무엇보다 중요하다는 사실을 알게 되었다.

태양전지의 전극과 도체 리본을 연결하는 Soldering공정에 있어서 접촉저항에 기인하는 박리현상과 공정상의 Void의 형성은 장기

간 옥외에서 균열 및 지속적인 스트레스에 의한 균열로 이어질 수 있으며. Hot-Spot등 열화에 원인이 될 수 있다는 결론을 얻었다.

또한 태양전지 모듈을 이루는 보호재료인 Encapsulation 공정에 있어서도 습기침투 및 후면재료의 취약성에 의한 전극의 부식현상은 장기간 신뢰성에 영향을 미칠 것이다.

참 고 문 헌

1. 태양광 산업의 Value Chain 분석, 한국경제 연구원
2. PV Magazine - "what really counts is long term performance: Daniel Pohl
3. "Status of Photovoltaics in the world"-Gi-Hwan Gang, Gwon-Jong Yu
4. "Long Term Reliability of PV Module"-DOE Solar Program Review Meeting, Denver,2003.
5. Application Note, "Solar Soldering Application",OKI International..
6. "Lead Free Solders and Isotropically Conductive Adhesive in Assembling of Silicon Solar Cells",Andrz Dziedsic, Izabela Graczyk.
7. "태양전지 모듈 제조를 위한 요소 기술연구"-대한전기학회 학술대회, 강기환, 유권종,박경운, 한득영, 안형근.
8. "Commonly Observed Degradation in Field-Aged PV Modules",M.A Quintana and D.L.King,Sandia National Laboratories.

본 연구는 지식경제부 산하 (재)충청광역경제권 선도산업지원단 New IT 차세대무선통신단말기부품소재글로벌경쟁력강화사업의 지원에 의해 수행되었습니다.

(This work was supported by the New IT Project for global competitiveness strengthening of the advanced mobile devices and equipments of the Chungcheong Leading Industry Office of the Korean Ministry of Knowledge Economy).