

적층구조로 형성된 PCB형 태양전지용 BusBar의 성능에 관한 연구

전택중*, 조남철**, 이채문***

*(주)미르솔라(jong3925@mirssolar.com), **신안산대학교 기계과(chonc@sau.ac.kr),

***유한대학교 기계공학과(cmlee@yuhan.ac.kr)

The Research on Performance of PCB type of Solar cell BusBar Formed by Layer Structure

Jeon, Taeg-Jong*, Cho, Nam-Cheol**, Lee, Chae-Moon***

*Mirsolar Co., Ltd. (jong3925@mirssolar.com),

**Dept. of Mechanical Eng., Shin Ansan University (chonc@sau.ac.kr),

***Dept. of Mechanical Eng., Yuhan University(cmlee@yuhan.ac.kr)

Abstract

The purpose of thesis is to improve output of solar cell module by enhancing transmission efficiency. To improve transmission efficiency, transmission interconnection ribbon which is used to connect solar cells and busbar which contacts with it has been improved. To secure reliability, comparison research on output of solar cell modules has been conducted by manufacturing PCB module formed by laminated metal with the same output. The result of this research is based on a output efficiency test of modules by comparing electric conductivity of soldering busbar and laminated PCV type of busbar.

Keywords : 적층(Lamination), 피시비(PCB), 전기전도도(Electric conductivity), 모듈(Module), 태양전지(Photovoltaic)

1. 서론

세계 태양광 발전업계는 눈부신 기술향상과 성장을 맞이하고 있다. 지난 20년간 생산은 200배 증가하였으며 2011년에서 2015년까지 CAGR(Compounded Annual Growth Rate : 연평균성장율) 21%의 성장을 전망하고 있다. 그러나 유럽발 국제적 재정위기로

2011년에서 2012년은 정책지원의 축소로 FIT(발전차액지원제도) 하락과 CAP(기대이익률)도입 등으로 유럽시장의 성장 동력이 저하되어 CAGR 16%정도인 23.6GWp 로 예측하고 있다.

2013년부터 2015년은 PV(Photovoltaic) 가격하락이 수요의 견인으로 예상되어 주요시장의 점진적 성장과 차기 국가의 고속성

장의 이머징 마켓의 발걸로 CAGR 25%인 46.4GWp 를 예측하고 있는 상황이며, 설비용량은 현재 약 15GWp 이다.

이것은 세계 전력생산량 4000 GW의 0.375%에 해당하는 아주 적은 양이지만 빠른 속도로 성장하여 향후 20년간 태양광이 발전에 중요한 역할을 할 것으로 예상된다.

1.1 연구의 배경 및 목적

태양전지용 리본은 구리를 코어 소재로 사용하고 Cell(셀) 과의 접합을 주석/납, 주석/납/은, 주석/은, 주석/은/구리 등의 성분을 전극의 양면에 합금화된 형태를 가진다.

태양전지용 리본은 모듈(Module)의 수명연장을 위해 낮은 열 저항을 가질 것이 요구되고 있으며, 태양전지 셀과의 우수한 부착성을 부여하여 장기적으로 사용하기 위해서는 솔더 도금층이 균일하게 처리되어야 한다. 태양전지용 리본의 코어에 사용되는 구리는 저항을 최소화하기 위해 99.96% 이상의 고 순도를 가지는 것을 사용할 것이 요구되고 있으며, 두께는 0.05~0.50mm, 폭은 1.00~6.00mm의 치수를 가진 Wire, Foil 등의 형태로 사용되고 있다.

태양전지용 리본의 제조 기술은 크게 ① 전기전도성 향상을 위한 합금화, ② 절연처리, ③ 셀 모듈과의 일체화를 위한 기술로 구분되며 태양전지의 셀과 셀을 연결하여 생산되는 전기를 효율적으로 이동시키는 역할을 하는 태양광 리본은 전기전도도 향상을 위해 구리 코일이나 와이어에 납, 은, 주석 등을 soldering(납땀)하여 생산되어지고 있다.

그러나 기존의 공정은 전기전도도 향상을 위해 junction point 마다 절연시켜야 하므로 공정이 늘어나 작업성이 좋지 못한 단점

을 지니고 있어 절연 공정을 최소화 할 필요가 있다. 또한 셀 전극과 리본을 접합할 때, 접합면을 세정하여 금속의 산화를 방지하고 접합면의 습윤성을 향상시켜 땀납이 접합면에 고르게 도포되어 전기의 흐름을 최적화하기 위해 Flux를 도포하여 사용하고 있다.

그러나 기존의 Flux는 이소프로필알콜, 로진 및 할로겐 등을 포함하는 기타 불순물로 이루어져 상온에서 건조가 현저하게 느리며, 건조 후 에도 Flux 자체의 표면경도가 낮고 끈적임이 많은 문제점 등이 있어 작업공정 시간을 현저하게 증가시켜 생산단가가 높아지는 문제점이 있다.

이에 본 연구는 미리 가공된 버스바 리본을 공급함으로써 모듈 제조업체에서 솔더링 공정과 그에 따른 인력을 단축시켜 생산성을 향상시키는 제품의 개발에 목적을 두고 있으며, PCB형 적층구조 형성을 통하여 결정질 태양전지 및 박막 태양전지에도 사용할 수 있도록 한 기술이다.

1.2 연구의 방법

적층구조로 형성된 PCB형 태양전지용 BusBar의 제조공정의 주요 공정은 MLB(Multi Layer Board ;일반다층기판) 제조를 위해 동박과 프리플레그(Preperg)의 접착력을 향상시키기 위하여 내층 기판의 동박 부분을 화학적으로 처리하여 동 표면에 거칠기(Roughness)가 만들어진 동박과 에폭시 절연층을 가압·가열하여 프리프래그를 용융경화 시켜서 동박과 내층 기판을 접착하여 내·외층을 형성시키고 적절한 프로세스에 의해 회로가 만들어진 내층기판과 안정된 경화 상태를 갖는 Mass Lamination을 형성시키는 Lay-up 과

Press 공정이다. 그리고 동박 표면에 도포 또는 밀착된 레지스트(Resist)를 UV 빛에 의해 중합 반응을 일으켜 원하는 전기적 회로를 형성하기 위해 불필요한 동박을 제거 해 주는 부식공정과 이의 표면에 적절한 적층금속을 도포하는 도금공정, 그리고 피시비의 표면 보호와 회로 사이의 전기적 숏트(Short)를 방지하기 위해 솔더 레지스트 잉크(Ink)를 도포하는 PSR인쇄공정으로 나눌 수 있다 .

본 논문은 적층구조로 형성된 피시비형 태양전지 모듈용 버스바의 형성에 있어서 태양전지용 셀과 셀의 연결에 사용되는 인터커넥션 리본(Interconnection Ribbon)과 이에 접속되는 버스바(Busbar)의 전기전도도를 향상시켜 도전 효율을 개선함으로써 태양전지 모듈의 출력을 향상시키기 위한 연구이며, 이의 신뢰성을 확보하기 위하여 동일 출력의 태양전지 모듈을 만들어 적층금속으로 형성된 피시비형 버스바를 제작하여 이의 종류에 따른 태양전지 모듈의 출력을 비교함으로써 동박 위에 솔더링된 버스바와 적층구조로 형성된 피시비형 버스바의 전기전도도를 비교 검토하였다.



그림. 1 적층프레스(Lamination Press)

2. 제조공정 및 실험

2.1 제품의 구조분석

그림. 2는 피시비형 버스바의 단면구조도를 도해 한 것으로서 적층구조로 형성된 피시비형 버스바의 단면구조는 표면층과 글라스에폭시(Glass Epoxy)층, 동박층(Copper Layer), 그리고 적층 금속 층과 표면 절연층인 PSR층으로 형성되어 있다.

적층 금속으로는 크롬(Cr), 은(Ag), 니켈(Ni), 은(Ag) + 니켈(Ni)의 합금을 전해도금 방식을 이용하여 도금층의 두께를 달리하는 규격으로 적층구조가 형성될 수 있도록 하여 실험을 실시하였다.

하나의 태양전지 모듈을 구성하는 수십장의 태양전지를 직렬 혹은 병렬로 연결하여 사용되어지며 기존의 Copper Bus Bars의 구조에서 탈피하여 Glass Epoxy 층위에 Cu Foil과 고전도 합금막을 개발하여 전기 전도도를 향상시켜 태양전지 모듈의 출력효율을 향상시킬 목적으로 개발되었다.



그림. 2 피시비형 버스바 단면구조도

2.2 실험방법

태양전지를 용도에 맞게 직·병렬로 회로를 구성한 뒤 Lamination 과정을 거쳐 필드에 설치하였고 신뢰성 있는 태양전지 모듈의 출력 데이터를 얻기 위하여 출력 모듈의

실험은 네 종류의 적층구조로 형성된 피시비형 버스바를 이용하였다.

출력 특성은 250Wp출력을 갖는 태양전지 모듈을 사용하였으며 모듈의 성능을 향상시킬 수 있는 버스바의 성능 및 특성을 분석하기 위해서는 적층구조를 달리하는 버스바 네 종류를 기존의 버스바 위치에 부착하여 출력을 측정하였다. 태양전지 모듈에서 출력 특성을 좌우하는 파라메타는 P_{max} , V_{oc} , I_{sc} , FF , $Efficiency$, R_s , R_{sh} 등이 있는데 이 중에서 최대 출력(P_{max})을 중심으로 태양전지 모듈의 출력특성을 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 적층의 구조 및 해석

실험방법으로는 적층구조를 갖는 피시비형 고전도도 버스바의 내산화, 내열화 코팅막 적용에 의한 고전도 적층구조를 개발하기 위하여 Cu Foil과 Cr, Ni, Ag, Ag합금 등 전도막을 적용하여 전기전도도의 효과를 확인하였다.

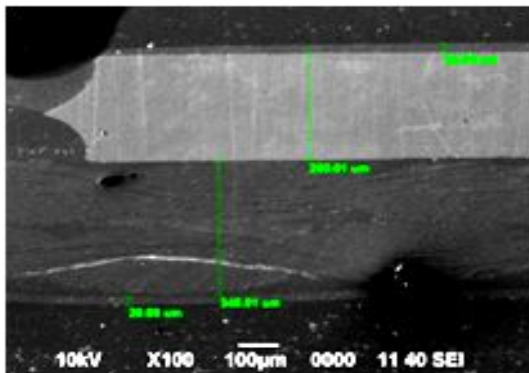


그림. 3 피시비형 버스바 적층구조

피시비 기관과 Adhesion 향상을 위한 버퍼층 개발을 위하여 Cu층과의 열적, 구조적

매칭재료의 최적화를 진행하였다. 또한 각각의 버스바를 태양전지의 모듈에 적용하여 적층소재별로 최대 출력을 측정하였다.

그림. 3은 피시비형 버스바의 적층구조를 SEM(Scanning Electron Microscope : 주사전자현미경)으로 분석한 결과이다.

적층구조로 이루어진 피시비형 버스바의 적층두께는 동일한 규격으로 관리하여 적층소재간의 두께에 따른 전기전도도의 영향을 최소화할 수 있도록 하였다.

그림. 4는 적층소재별 적층 두께를 SEM으로 관찰한 결과이며 사용 소재 모두 동일한 규격으로 적층되어 있고, 동박과 적층소재의 계면은 일정한 형태로 계면이 형성됨을 알 수 있었다.

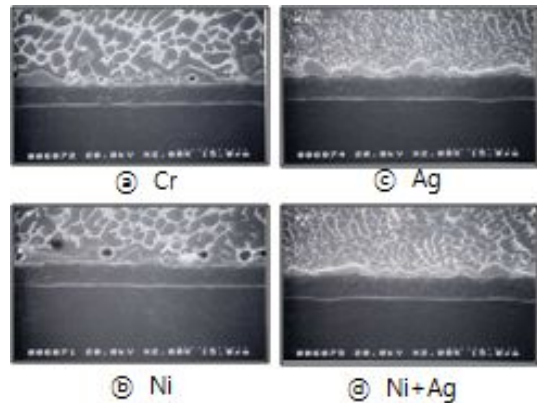


그림. 4 적층소재별 적층현상(SEM)

3.2 실험의 결과

출력 효율 증대를 위한 한 방법으로 진행된 적층 구조를 갖는 피시비형 버스바는 적은 비용으로 태양전지셀(Cell)에서 생산되는 전기를 효율적으로 집적할 수 있는 고순도 전기 케이블이다.

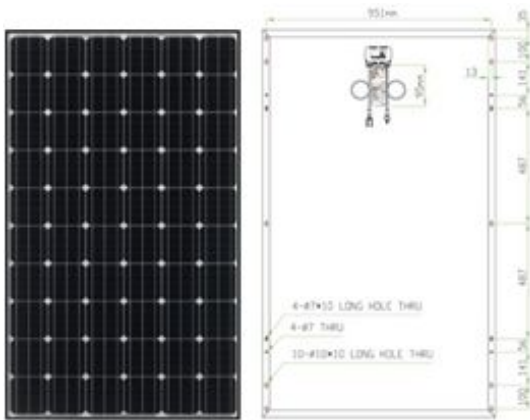


그림. 5 출력 효율에 이용된 태양전지 규격

적층 금속별 전기 전도도를 측정하기 위하여 표준 측정용으로 제작된 태양전지 모듈에 버스바를 설치하고 최대 출력을 측정한 결과 각각의 적층 금속별로 최대 출력 값의 차이가 있음이 확인 되었다. 이는 동일한 단면적을 갖는 동 버스바의 전기 저항 값 보다 동 박 위에 적층 소재를 적층함으로써 동일 모듈에서 최대 출력이 향상됨을 알 수 있었다. 각각의 실험결과는 표.1 과 같다.

표.2 에서는 표준 측정용으로 제작된 동일한 태양전지 모듈에서 기존에 사용 되어진

표.1 적층 소재별 모듈 출력 실험 결과(I)

	Pmax	Voc	Isc	Vm	Im	Ress	Resh
기준	244.399	37.270	8.833	29.570	8.265	0.504	204.654
Cu	243.746	37.369	8.791	29.603	8.234	0.504	225.791
	242.478	37.175	8.826	29.389	8.251	0.489	232.996
	245.014	37.367	8.767	29.754	8.236	0.483	116.466
	Average	243.746	37.304	8.795	29.582	8.240	0.492
Max	245.014	37.369	8.826	29.754	8.251	0.504	232.996
Min	242.478	37.175	8.767	29.389	8.234	0.483	116.466
Cu+Ni	245.319	37.311	8.854	29.659	8.271	0.468	240.634
	243.938	37.223	8.853	29.469	8.278	0.530	185.369
	245.399	37.300	8.798	29.718	8.257	0.452	120.501
	Average	244.884	37.278	8.835	29.615	8.269	0.483
Max	245.399	37.311	8.854	29.718	8.278	0.530	240.634
Min	243.938	37.223	8.798	29.469	8.257	0.452	120.501
Cu+Ag(1um)	244.841	37.281	8.749	29.660	8.255	0.470	272.113
	243.817	37.070	8.789	29.476	8.272	0.479	403.191
	244.743	37.227	8.743	29.673	8.248	0.448	136.528
	Average	244.467	37.193	8.760	29.603	8.258	0.466
Max	244.841	37.281	8.789	29.673	8.272	0.479	403.191
Min	243.817	37.070	8.743	29.476	8.248	0.448	136.528
Cu+Ag(3um)	244.567	37.243	8.742	29.651	8.248	0.452	758.020
	244.191	37.242	8.705	29.674	8.229	0.480	136.631
	244.820	37.250	8.657	29.782	8.220	0.455	253.062
	Average	244.526	37.245	8.701	29.702	8.232	0.462
Max	244.820	37.250	8.742	29.782	8.248	0.480	758.020
Min	244.191	37.242	8.657	29.651	8.220	0.452	136.631

동박 소재에 의한 최대 출력과 동박 위에 적층을 한 금속 소재별로 최대 출력 값이 차이가 발생됨을 알 수 있다. 일반 동박으로 구성되어진 버스바로 모듈의 출력 값을 측정한 결과 동박 위에 Cu/Ni 로 이루어진 버스바에서는 0.5%의 최대 출력 값이 향상된 결과도 출되었으며, Cu/Ag 를 적층한 소재에서는 동박 소재의 버스바에 비하여 0.32%의 최대 출력 값이 향상되는 결과를 얻을 수 있었다.

표.2 적층 소재별 모듈 출력 실험 결과(II)

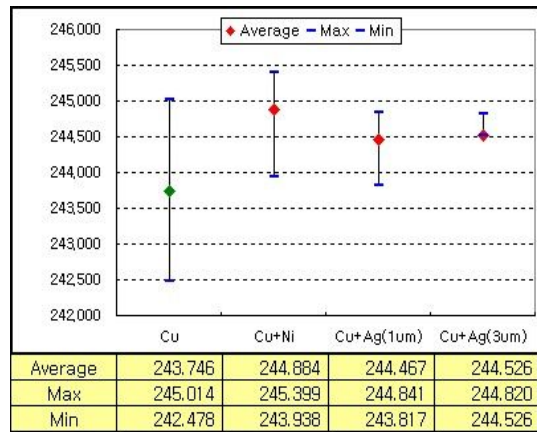


표.2를 바탕으로 Cu/Ni층으로 적층된 버스바를 이용하여 출력 효율에 이용되어진 모듈에 표.3과 같이 태양전지 모듈의 출력 실험을 실시한 결과 1차, 2차, 3차에 걸쳐 태양전지 모듈의 최대 출력 값을 측정하여 기존

표.3 태양전지 모듈의 실험 결과

구분	Pmax	Voc	Isc	Vm	Im	Ress	Resh	S/N
기준효율	242.715	37.047	8.878	29.358	8.268	0.521	161.548	1301
1차	243.933	37.223	8.853	29.469	8.278	0.530	185.369	
2차	243.817	37.070	8.789	29.476	8.272	0.479	403.191	
3차	244.191	37.274	8.705	29.674	8.229	0.480	136.631	
Averagr	243.980	37.189	8.782	29.540	8.260	0.496	241.397	
Max	244.191	37.274	8.853	29.674	8.278	0.530	403.191	
Min	243.817	37.070	8.705	29.469	8.229	0.479	136.631	
Result	(1.265)	-0.5213247						0.52%향상

동박 버스바의 출력 효율과 비교하였다. 기존 표준 모듈 242.715Wp에 비하여 1차 실험 결과 0.5%, 2차 실험 결과 0.45%, 3차 실험 결과에서는 0.61%로 각각 최대 출력 값이 향상되는 결과를 나타내었다.

4. 결 론

본 실험에서 태양전지 모듈의 최대 출력 효율을 향상시키기 위하여 적층구조로 형성된 피시비형 태양전지용 버스바의 성능에 대해 실험을 통하여 확인된 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 적층 소재별 모듈의 최대 출력을 확인한 결과 일반 동박으로 구성된 버스바 보다 합금 구조(Cu/Ni)로 이루어진 적층구조에서 기존 최대 출력 값보다 0.5% 향상된 최고 출력 효율을 나타내었다.
- (2) Cu/Ni층으로 적층된 버스바를 이용하여 출력 효율에 이용되어진 모듈에 대하여 출력 효율을 확인한 결과 기존 표준 모듈 242.715Wp 에 비하여 각각의 실험 결과 0.5%, 0.45%, 0.61% 로 각각 최대 출력 효율이 향상됨을 확인 할 수 있었다.

참 고 문 헌

1. Lu, J.-Q., Kwon, Y., Rajagopalan, G., Gupta, M., McMahon, J., Lee, K.-W., Kraft, R. P., Jindal, A., McDonald, J.F., Cale, T.S., Gutmann, R. J., Xu, B., Eisenbraun, E., Castracane, J., and Kaloyeros, A., "A Wafer-Scale 3D IC Technology Platform using Dielectric Bonding Glues and Copper Damascene Patterned Inter-Wafer

- Interconnects", 2002 IEEE Interconnect Technology. Conf., pp. 78-80, 2002.
2. PV Status Report, 2007.
3. Kuang-Chieh Lai, Jen-Hung Wang, Chun-hsiung Lu, Fu-Ji Tsai, Chih-Hung Yeh, Mau-Phon Houng, "Plasma-induced TCO texture of ZnO:Ga back contacts on silicon thin film solar cells", Solar Energy Materials & Solar Cells, 95, 2011, pp.415~418, 2011
4. 태양전지 모듈 기술의 현황과 향후 과제, 안형근, 건국대학교, 2005
5. 태양광리본 - 래드오션 전략 "우려", 화학저널(www.chemlocus.co.kr), 2011.6.
6. 미쓰비시전선공업시보 제106호 "극연질형 인터커넥터의 개발" 미쓰비시중공업사, 2009.10
7. 장효식, 결정질실리콘 태양전지 기술개발 동향, 전기전자재료 제24권, 제3호, 2011.3
8. 김명수, 휴대 단말기의 RF 성능 최적화를 위한 PCB 설계방법에 관한 연구, 한양대학교 공학대학원 석사학위 논문, 2008.8
9. Ausgar mette, New Concepts for Front Side Metallization of Industrial Silicon Solar Cell, Fraunhofer-Institut für Solare Energiesystems, 2007.