

# 주택용 태양광 發電시스템

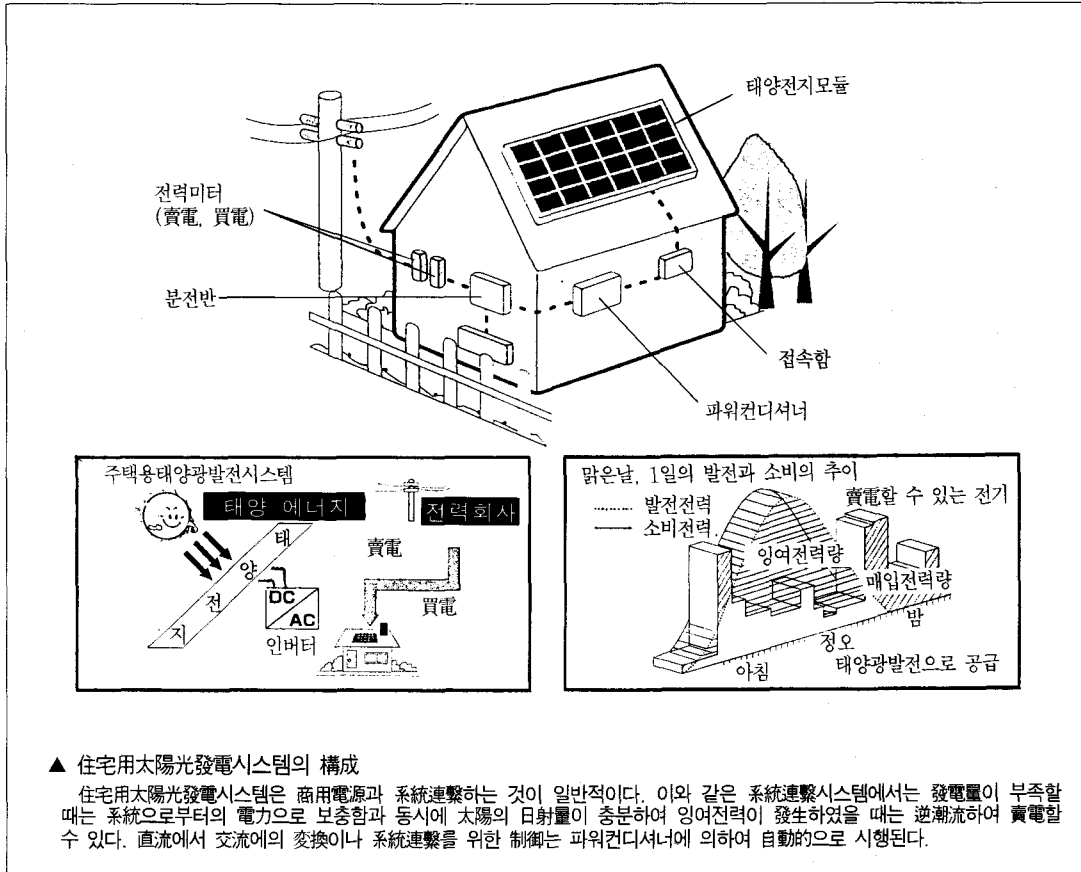
- 일본에서 태양광발전보급을 위한 국가의 조성제도가 1994년도부터 시작된 것을 계기로 주택용태양광발전
- 시스템 시장이 급속히 확대되고 있다. 또 시스템기기의 가격도 해마다 내려가고 있어, 태양광발전이 본격적
- 으로 보급될 시기가 가까워졌다고 생각된다.
- 미쓰비시電機에서는 10여년 전부터 태양광발전시스템의 개발과 제조에 나서고 있었으나 일반주택용 시장
- 에는 '96년도부터 참가하였다. 주택용시스템에서는 여러 가지 공법에 의해 만들어진 다양한 집의 지붕에 태
- 양전지(모듈)를 설치하지 않으면 안되기 때문에 시공면에서 많은 제약이 있다. 또 전문지식이 없는 유저가
- 사용하는 것을 전제로 하기 때문에 안전성이 우수하고 메인テナンス가 쉬운 시스템이 요구된다.
- 동사의 시스템은, 전술한 것과 같은 주택용으로서의 기본기능을 충족시켜줌과 동시에 고성능의 태양전지와
- 고효율의 트랜스레스형 인버터내장의 파워컨디셔너를 조합하여 업계 톱클래스의 시스템효율을 실현하였다.
- 본고에서는 주택용시스템의 기본구성, 시스템전반의 제어를 담당하는 파워컨디셔너의 내용과 기능, 대표적
- 인 지붕구조에 대응하는 시공방식 등에 대하여 기술한다. 또한 근일 발매예정인 파워컨디셔너의 차기모델(트
- 렌치구조 IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor 탑재)에 대하여도 그 개요를 소개한다.

## 1. 머리말

최근 지구환경에 대한 문제의식이 높아지는 가운데 클린한 에너지로서 태양광발전시스템에 많은 사람이 관심을 쏟고 있다. 국가시책으로서도 신에너지에 대한 적극적인 지원책이 나오고 있으며, 주택용 태양광발전시스템에 대하여는 보급과 수요창출을 위한 조성제도가 1994년도부터 개시되었다. 이 제도는 개인주택에 설치하는 태양광발전시스템의 기기와 시공비용의 일부를 국

가가 보조하는 것으로, 고가이기 때문에 보급이 진전되지 못하였던 태양광발전시장이 갑자기 주목을 받게 되었다.

태양광발전시스템에 대한 미쓰비시電機의 대처는 10여년 이전부터 추진되었으며 新에너지·産業技術總合開發機構(NEDO)의 필드테스트사업을 중심으로 업무용용도에서는 많은 실적을 올리고 있다. 한편 주택용시스템에 대하여는 전술한 바와 같은 시장의 움직임 속에 '96년도부터 사업에 참가하여 이 한해 동안에 200시스



템 가까이를 출하·설치하였다.

주택용시스템은 구성기기의 표준화를 도모하여 양산에 의한 코스트다운을 기할 필요가 있으며, 1시스템당의 발전용량이 3~5kW로 작을 것과 전문지식이 없는 유저를 대상으로 하기 때문에 원칙적으로 메인턴넌스프리일 것 등 업무용과는 다른 기기를 개발할 필요가 있다.

본고에서는 주택용태양전지모듈의 개요, 시스템제어의 중심이 되는 파워컨디셔너의 구성과 기능 그리고 주택 지붕에의 설치공법 등에 대하여 기술한다.

## 2. 住宅用太陽光發電시스템의 구성

주택용 태양광발전시스템의 구성을 앞의 시스템구성

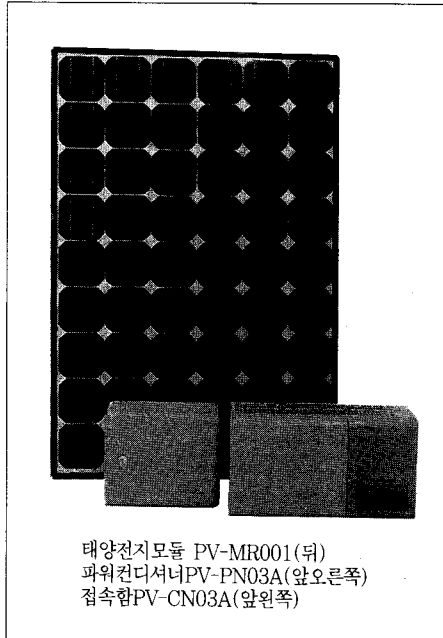
도에 따라 기술한다.

태양전지모듈은 光에너지를 전력으로 변환하는 것으로 주택용인 경우에는 통상적으로 지붕위에 가대를 통해 설치된다.

접속함은 필요한 전압·전류를 얻을 수 있도록 조합된 태양전지모듈의 출력케이블을 접속하기 위한 것이다. 또 전기적서지를 흡수하기 위한 소자와 시공·점검에 필요한 개폐기 등도 내장하고 있다.

파워컨디셔너는 태양전지모듈에서 발전한 직류전력을 상용전원과 같은 주파수의 교류로 변환하는 기능과 계통연계를 위한 보호·제어기능, 그리고 시스템전체의 관리기능 등을 담당하고 있다.

분전반은 통상의 주택에 설치하는 것과 같은 것으로



(그림 1) 주택용시스템(3.10kW)의 구성機器

전용의 차단기를 통하여 파워컨디셔너의 출력을 여기에 연결한다.

전력미터는 매매하는 전력을 계량하는 것이다.

통상은 상기구성요소 중 분전반과 전력미터를 제외한 기기를 세트로 하여 주택용시스템으로 출하하고 있다.

그림 1에 동사 3.10kW시스템의 구성기를, 표 1에 주요사양을 표시한다.

〈표 1〉 住宅用시스템의仕様

구분		3.10kW 시스템	5.16kW 시스템
모 듈	型名	PV-MR001	
	外形寸数 (mm)	(넓이)1,200×(길이)802×(두께)46	
	질량 (kg)	12.5	
사용 모듈 수		24	40
太陽電池總面積 (m <sup>2</sup> )		24.0	40.0
公称太陽電池出力 (kW)		3.10	5.16
파 워 컨 디 셔 너	型名	PV-PN03A	PV-PN05A
	定格入力電壓	DC210V	
	定格出力電壓	AC202V, 50/60Hz	
	定格出力	3.0kW	5.0kW
	電力變換效率	94%(定格出力時)	
	出力基本波出力	0.95 이상	
	인버터 방식	電壓型電流制御方式	
	스위칭 방식	正弦波PWM方式	
	絶緣방식	트랜스레스방식	
	電氣방식	單相2線式 (單相3線式 配電線이 連系)	
	連繫保護機能	OV, UV, OF, UF	
單獨運轉檢出機能	受動方式, 能動方式		
외형寸数 (mm)		470×170×250	710×170×250
질량 (kg)		16	24

이라 한다.

태양전지셀에는 여러 가지 타입의 것이 있으며 그 종류와 특징을 표 2에 표시한다.

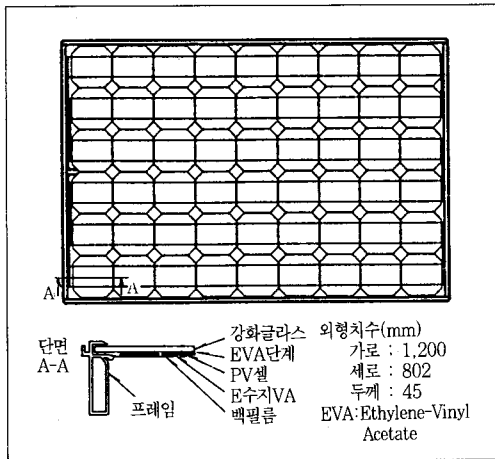
〈표 2〉 太陽電池セル의 種類와 特徴

실리 콘	結晶系	太陽電池	特徴
結晶系	單結晶シリコン	太陽電池	<ul style="list-style-type: none"> <li>單結晶シリコン 基板을 사용한 타입 일반용으로는 가장 높은 효율을 얻을 수 있다.</li> <li>多結晶シリコン 基板을 사용한 타입 비교적 높은 효율을 얻을 수 있고 量産性도 좋다.</li> </ul>
	多結晶シリコン	太陽電池	
非結晶系	아몰퍼스실리콘	太陽電池	<ul style="list-style-type: none"> <li>글라스나 스테인리스 등의 基材上에 薄膜狀의 실리콘을 성장시켜 만든다.</li> <li>量産性이 우수하며 低價格化가 기대된다</li> <li>고효율화와 초기열화특성의 개선이 과제</li> </ul>
化合物系	結晶系	單結晶化合物太陽電池 (GaAs, InP 등) 多結晶化合物 太陽電池 (CdS/CdTe 등)	<ul style="list-style-type: none"> <li>고효율화가 가능</li> <li>인공위성 등 특수용도에 사용된다</li> <li>材料에 따라 용도나 사용방법이 다양</li> <li>低價格化가 기대된다</li> </ul>

### 3. 構成機器와 施工개요

#### 3.1 太陽電池모듈

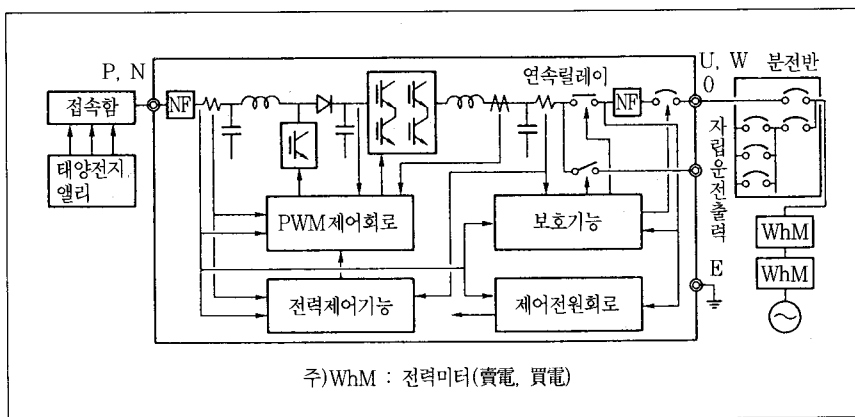
태양전지셀을 엘리모양으로 배열하여 접속한 것을 글라스나 수지로 봉하여 장기간의 풍우에 노출되어도 신뢰성을 확보할 수 있도록 한 것을 태양전지모듈(이하 “모듈”)



〈그림 2〉 태양電池 모듈

동사의 주택용시스템에서는, 일반용으로는 가장 발전 효율이 높다고 하는 單結晶シリコン타입의 셀을 탑재한 모듈을 채용하고 있다. 그러나 태양전지셀의 연구개발은 다방면에서 추진되고 있으며 앞으로는 양산성과 성능의 밸런스를 고려하여 다른 타입의 셀과 모듈에 대해서도 적극적으로 도입할 계획이다.

그림 2에 동사의 현행 주택용모듈의 평면도와 단면구조를 표시한다.



주) WhM : 전력미터(賣電, 買電)

〈그림 3〉 파워컨디셔너의 構成

## 3.2 파워컨디셔너

### 3.2.1 구 성

파워컨디셔너의 회로는 그림 3과 같이 구성하고 있다.

#### (1) 主回路

태양전지의 발전전력을 교류로 변환하는 것으로 스위치소자에 IGBT를 사용하고 승압컨버터와 풀브리지 전압형인버터로 구성되어 있다. 또 계통과 태양전지를 절연하지 않는 트랜스레스방식을 채용하였다. 이에 따라 절연 변압기가 필요없게 되었으며 소형, 고변환효율을 얻고 있다.

#### (2) 電力制御 기능

계통에 출력하는 전력을 제어하는 것으로 1칩 마이크로 기능을 실현하고 있다. 태양전지의 발전전력은 일사량과 모듈의 온도에 따라 크게 변화한다. 따라서 태양전지에서 꺼낼 수 있는 전력이 항상 최대가 되도록 태양전지의 동작점을 설정할 필요가 있다(최대전력점 추종제어). 이를 위하여 태양전지의 전류 및 전압을 상시 감시하여 태양전지로부터의 전력이 최대가 되도록 제어하고 있다.

#### (3) PWM制御回路

주회로소자의 동작을 제어하는 것으로 DSP(Digital Signal Processor)와 디지털 IC로 구성되는 디지털제어방식을 채용하였다.

DSP는 계통의 전압파형에서 일그러짐이 적은 정현파를 생성한다. 인버터의 펄스폭을 순차적으로 변화시켜 인버터로부터 출력되는 전류가 앞에 기술한 정현파와 일치하도록 제어한다.

#### (4) 保護기능

이상상태를 검출하여 안전을 확

보하기 위한 것으로 보호기능에는 계통연계보호기능과 로이상보호기능이 있다. 전자에는 계통의 전압, 주파수 등, 계통의 이상을 감시하는 기능과 계통의 정전을 검출하는 기능(단독운전검출)이 있다. 후자에는 회로각부의 과전압, 과전류, 과열 등을 검출하는 회로보호기능이 있다. 어느 경우에도 이상상태가 소정시간 계속될 경우에는 인버터를 정지시킨다.

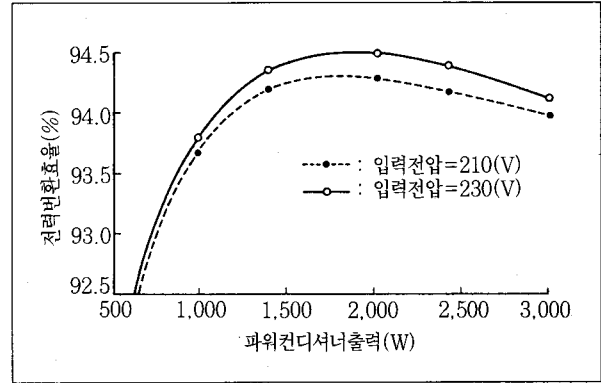
(5) 制御電源回路

제어회로에 전원을 공급하는 것으로, 제어전원은 기본적으로 태양전지측에서 공급되지만 우천시나 야간 등 태양전지의 발전전력이 거의 없는 경우에는 마이컴을 동작시키기 위한 약간의 전력이 계통으로부터 공급된다.

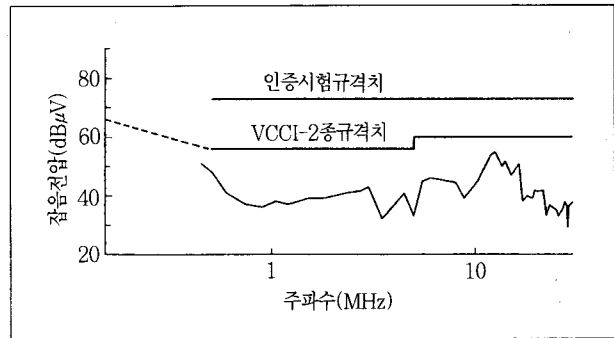
3.2.2 특 성

(1) 電力變換效率

트랜스레스방식의 채용과 게이트구동회로의 최적화 등에 의하여 정격출력시에 94%를 달성하고 있다. 또 태양전지의 출력은 공칭치의 50~80%가 가장 발전빈도가 높은 영역이다. 따라서 파워컨디셔너의 출력이 2kW 정도의 실사용에 가까운 상태에서는 94.5%로 높은 변환효율을 얻을 수 있다(그림 4 참조).



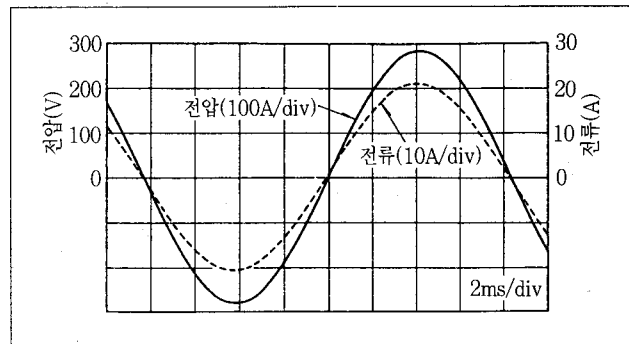
〈그림 4〉 電力變換效率



〈그림 5〉 雜音레벨

(2) 雜音레벨

트랜스레스방식을 채용하고 있으며 계통과 태양전지는 절연되어 있지 않다. 이 때문에 잡음레벨의 증가가 염려되지만 노이즈필터 및 부품배치의 최적화로 VCCI-2종 규격을 만족시킬 수가 있었다(그림 5 참조).



〈그림 6〉 系統側電壓電流波形

(3) 運轉力率

파워컨디셔너의 출력전류는 일그러짐이 적은 정현파로 되어 있으며 운전역률이 1이 되도록 제어하고 있다(그림 6 참조).

(4) 단독운전방지

계통연계가이드라인에서는 단독운전방지기능(계통이

정전되었을 경우에 파워컨디셔너를 계통에서 분리하는 기능을 구비하도록 의무화하고 있다. 동사의 파워컨디셔너에는 계통전압의 위상도약을 검출하는 전압위상도약방식과 출력전류의 주파수를 미묘하게 변화시키는 주파수시프트방식을 채용하였다.

### 3.3 모듈의 설치

평균가정의 연간소비전력에 상당하는 전력을 발전할 수 있는 3.10kW시스템의 모듈설치면적은 약 24m<sup>2</sup>가 필요하다.

일반적인 주택에서는 햇볕이 좋은 장소로 지붕위에 모듈을 설치하게 된다. 지붕면의 경사각도는 22° 정도(기울기 약 12cm)가 많고 최적경사각도보다는 약간 작으나 연간총발전전력량으로는 수%의 감소로 그리 문제가 되지는 않는다.

그러나 주택의 지붕형식·구조나 지붕재는 다종다양하며 그것에 유연하게 대응할 수 있고 또한 지붕위에 확실하게 모듈을 고정할 수 있는 시공방법을 제공하는 것이 주택용 태양광발전시스템에서의 기술포인트의 하나가 된다.

#### 3.3.1 施工部材 仕様

모듈을 지붕위에 설치하기 위한 시공부재에는 다음과 같은 배려를 하고 있다.

##### (1) 强度

태풍 등의 강풍에 의한 풍압하중이나 적설하중 등을 지탱할만한 강도를 요하기 때문에 알루미늄의 型材를 가대의 프레임으로 사용하고 있다.

##### (2) 耐食性

장기간의 옥외설치에 견딜 수 있도록 시공부재에는 내식성이 높은 재질이나 표면처리를 채용하고 있다.

알루미늄재에는 양극산화피막위에 도장을 하여 복합피막으로 하고 있다. 이밖에 스테인리스재를 사용하고 있는데 알루미늄과 스테인리스라는 이종금속의 접촉부분에서 전식이 생기지 않도록 표면처리 등의 조치를 하고 있다.

##### (3) 施工性

슬레이트지붕이나 기와지붕인 경우 지붕재와 서까래 위치에 맞추어 금구를 설치하고 그것에 縦機材를 고정하고 横機材가 될 C채널재를 짜 맞추어 설치하고 이로써 지붕구조와 지붕재에 맞추어 모듈을 유연하게 위치하도록 설치할 수 있게 되어 있다. 또 알루미늄을 프레임재로 사용함으로써 경량화하고 시공작업이 쉽도록 하였다.

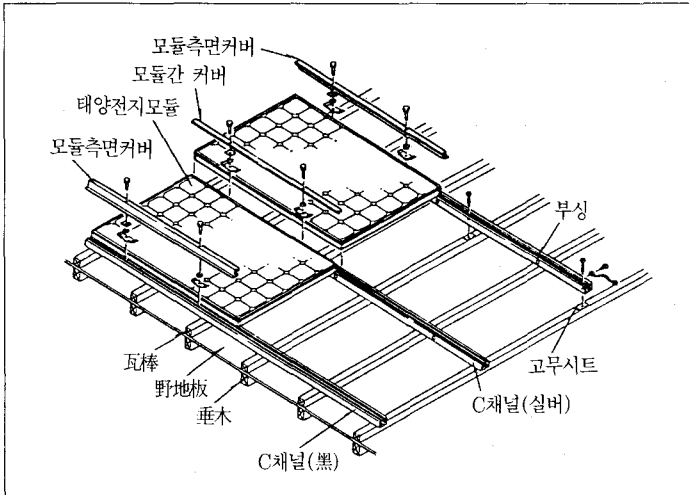
##### (4) 意匠性

각 모듈 사이는 모듈간 커버로 덮여 있기 때문에 전체가 한 면처럼 보이게 되어 지붕면에 잘 어울리게 설치할 수가 있다. 또한 건물설계시부터 모듈설치부분의 지붕면을 움푹 들어가도록 하여 설치 후에 주변부와 면이 맞도록 함으로써 의장성을 높일 수도 있다.

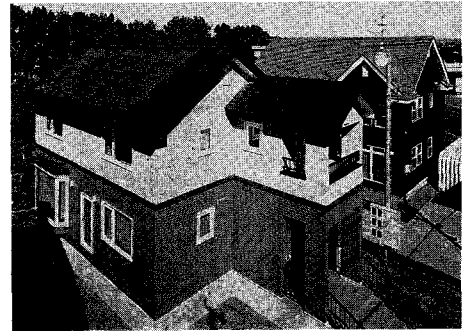
#### 3.3.2 施工方法

표준시공용으로 金屬板瓦棒지붕, 박판평판슬레이트지붕, JIS53A, B 日本기와지붕에 시공하는 부재를 제공하고 있다. 기본이 되는 金屬板瓦棒지붕에의 시공개략도를 그림 7에 표시한다. 이 경우 C채널재를 心木附瓦棒과 그 아래에 있는 서까래에 직접 나사못으로 고정하고 그것에 모듈을 설치하고 있다. 슬레이트지붕이나 日本기와지붕인 경우에는 각각 전용의 설치금구로 瓦棒에 상당하는 縦機를 고정한 다음 金屬板瓦棒지붕과 같은 시공을 한다.

실제로 金屬板瓦棒지붕, 슬레이트지붕, 日本기와지붕에 시공한 가옥의 예를 그림 8~그림 10에 표시한다.



〈그림 7〉 金屬板瓦棒 지붕에의 施工概略圖

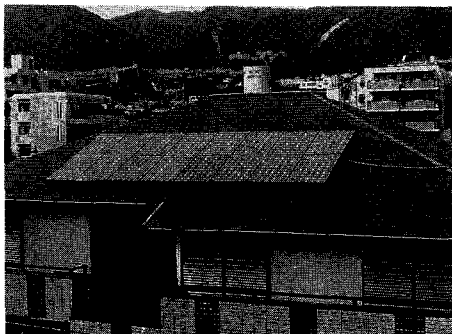


〈그림 10〉 일본기와지붕에의 施工例

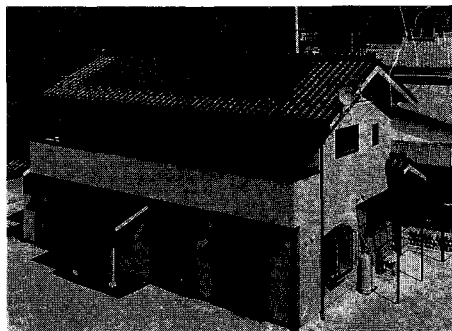
## 4. 發電量과 에너지페이백

### 4.1 발전량

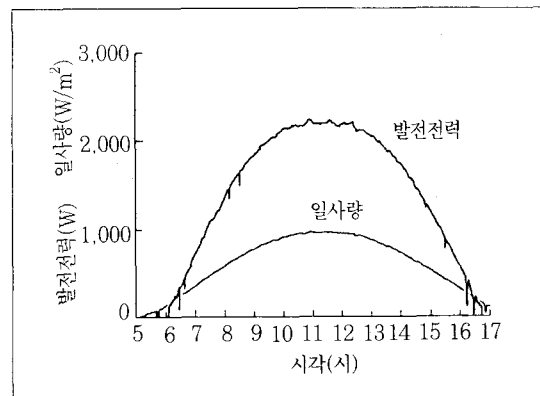
그림 11에 태양광발전시스템에 의한 발전전력이 1일 중 각시각에 따라 어떻게 推移되는가를 실측한 예를 나타낸다. 이것은 3.10kW시스템에서 맑은 날의 예('96년 5월 15일, 岐阜縣)이다. 이 그림에 의하면 아침 6시 경부터 발전을 개시하여 일사량이 증가함에 따라 발전



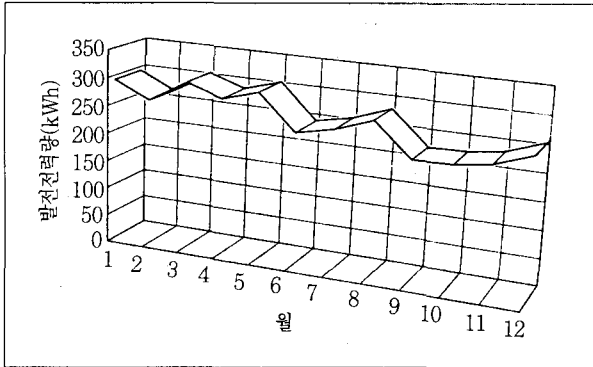
〈그림 8〉 金屬板瓦棒지붕에의 施工例



〈그림 9〉 슬레이트지붕에의 施工例



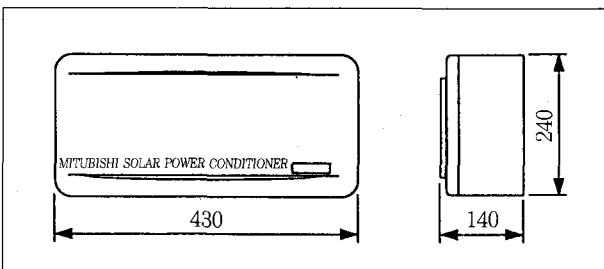
〈그림 11〉 하루의 發電電力推移



〈그림 12〉 年間 發電電力量(월별)

전력도 증가하여 정오부근에서 발전전력량이 피크에 달한다. 그후 일사량의 저하와 함께 발전전력량도 저하하고 저녁에는 발전하지 않고 있다. 이 하루의 발전전력량은 약 16kW였다.

그림 12에 태양광발전시스템에 의한 1년간의 발전전력량이 어느 정도 되는가를 시뮬레이션한 결과를 표시한다. 시뮬레이션의 조건으로서는 東京지구에 3.10kW 시스템을 설치한 경우이고 모듈의 方位는 정남, 기울기는 21.8로 한다. 이 결과에 의하면 매월 200~300kW의 발전전력량을 견적할 수 있고 1년간의 총합은 약 3,200kWh로 예상할 수 있다. 평균적인 가정에서의 소비전력량은 월 300kWh 전후(연간 3,600kWh 전후)라고 하므로 대부분의 전기를 태양광발전시스템으로 충당할 수 있게 된다.



〈그림 13〉 파워컨디셔너 次期모델

## 4.2 에너지페이백

3.10kW시스템이 1년간에 생산하는 에너지를 화력 발전으로 충당한다고 하면 약 730리터의 석유가 필요하다고 한다. 또 시스템제조에 필요한 에너지를 전술한 발전량과 비교하여 산출한 에너지페이백시간은 3~4년간으로 태양광발전은 환경친화클린에너지라고 할 수 있다.

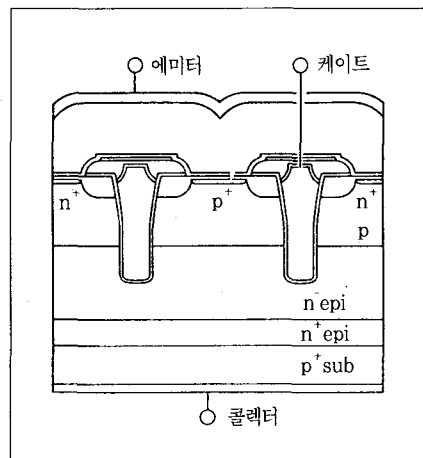
## 5. 앞으로의 기술개발

### 5.1 파워컨디셔너의 小型·高効率化

파워컨디셔너는 저코스트화와 함께 태양전지의 발전전력량을 헛되이 하지 않는 고효율화, 가정에 시설하기 용이한 소형화가 요구되고 있다. 이를 위하여 근일 발매예정인 차기모델(그림 13 참조)에는 다음과 같은 기술을 개발하여 종래대비 50%의 저코스트화와 종래대비 70%의 소형화 그리고 정격시 95%의 고효율을 실현한다.

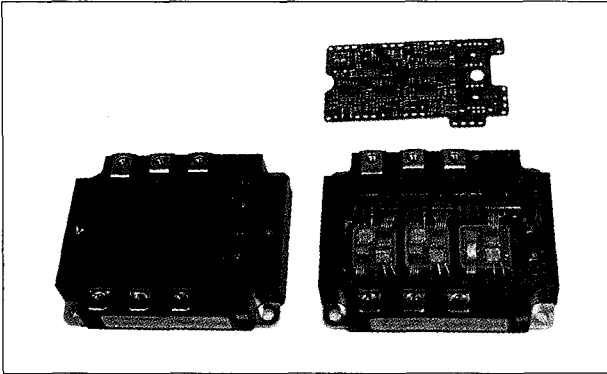
#### (1) 신개발 태양광발전용 IPM의 채용

주회로의 스위치소자에 새로 개발된 트랜치구조 IGBT



〈그림 14〉 트랜치構造, IGBT의 構造





〈그림 15〉 태양광發電用 IPM

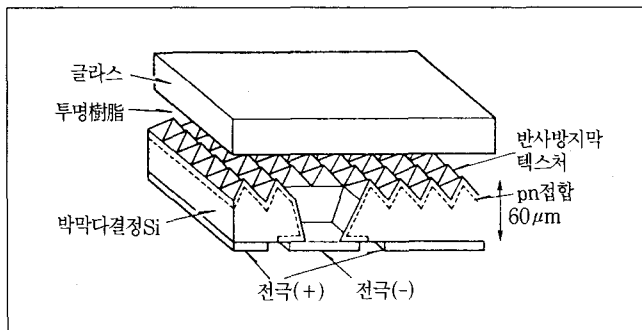
(그림14)를 사용한 IPM(Intelligent PowerModule) (그림 15)을 채용하여 고효율과 소형·저크스코스트화 한다.

(2) 제어회로의 고밀도 實裝

IPM을 채용함으로써 보호회로를 삭감하여 회로의 간소화를 기함과 동시에 디지털회로의 전용IC화나 아날로그회로의 고밀도실장을 한다.

(3) 출하검사의 자동화

파워컨디셔너는 인증등록된 사양을 유지하기 위하여 엄격한 출하시험이 필요한데 이것을 파워컨디셔너에 설치한 시리얼입출력을 사용하여 검사를 자동화한다.



〈그림 16〉 VEST셀의 構造

## 5.2 薄膜실리콘太陽電池의 개발

21세기를 지향한 본격적보급기를 맞이하여 새로운 타입의 박막다결정 실리콘 태양전지 VEST(Via-hole Etching for Separation of Thin-films)셀의 연구개발에 노력하고 있다(그림 16 참조).

VEST셀은 실리콘 등의 재료비를 약 1/10로 저감할 수가 있어 원리적으로 저크스트이며 또한 고효율의 태양전지이다. 현재 10cm角사이드로 14% 이상의 변환효율을 달성하고 있다.

이 연구는 NEDO로부터의 위탁에 의하여 실시하였다.

## 6. 맺음말

환경에 대한 의식이 높아지고 있는 가운데 주택용태양광발전시스템에 대한 국가나 소비자의 기대는 크다. 동사는 작년도에 주택용으로 톱클래스의 성능을 갖는 시스템을 개발하여 시장에 내놓았다. 금년은 시스템의 주축이 되는 파워컨디셔너에 대하여 더욱 소형·고효율화를 도모한 제품을 개발하고 있다.

앞으로 태양전지셀이나 모듈에 대하여도 시장의 요구에 응하기 위하여 건물과의 시스템화 등을 포함한 기술개발로 태양광발전의 보급확대를 위해 적극적으로 노력하고자 한다. ■

이 원고는 일본 三菱電機技報에서 번역, 전재한 것입니다. 본고의 저작권은 三菱電機(株)에 있고 번역책임은 대한전기협회에 있습니다.