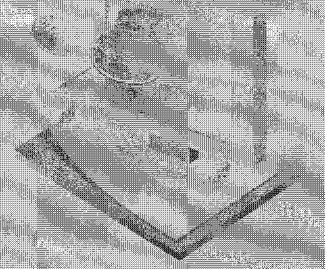


# 국내·외 태양광발전모듈 현황



유권종 센터장, 강기환 선임연구원, 김현일 학연생 (한국에너지기술연구원 태양광발전연구센터)

## 1. 서론

화석연료 사용 급증으로 지구온난화 및 기상이변이 초래되고 있으며, '96~'05년 사이 우리나라는 1.5℃, 전 세계적으로 0.74℃ 상승하였다. 또한 1차 오일쇼크를 겪었던 1974년 유가는 배럴당 11.0달러(1973년 2.8달러), 2차 오일쇼크를 겪었던 1978년에서 81년 사이에는 12.7달러에서 32달러로 급등하였으며 2008년 현재 국제 유가는 140달러를 기록하고 있다. 올해 들어 지난 5월까지 우리나라의 원유 수입액은 351억 7400만 달러로 지난해 같은 기간에 비해 58.9%나 늘어났다. 이는 국제유가의 급등 때문이지만 현재 이에 대한 뾰족한 대책이 없다. 이에 범국민적인 에너지절감 및 에너지 확보를 위한 대체에너지 개발과 보급 확대가 필요하다.

이에 전 세계적으로 무한 무해한 대체에너지(태양광, 풍력, 바이오 등) 보급의 폭발적인 붐이 일고 있다. 특히 태양광발전분야는 일본, 독일, 중국 그리고 스페인 등을 중심으로 정부지원 정책 기반 하에 활발한 공급과 수요가 이루어지고 있다. 특히 중국의 경우, 2006년에 이어 2007년에도 급속한 성장을 나타내어 태양전지 생산에 있어서 수년 간 PV(Photovoltaic) 강국 자리를 지켜온 일본, 독일을 제치고 가장 많은 점유율을 차지하였으며, 스페인은 대규모 태양광발전소 보급을 중심으로 적극적으로 대응 중이다. 더불어 에너지소비에 있어서 세계 10

위인 반면 소비되는 에너지의 97% 이상을 수입에 의존하고 있는 우리나라 또한 에너지부존자원이 전무하므로 이에 대한 대안으로 태양광주택 보급과 발전차액지원제도 하에 태양광발전 보급이 활발히 이루어지고 있으며, 2010년까지는 800 MW, 2013년까지는 1.3 GW의 태양광발전을 보급할 예정이다.

2008년도 현재 Photon International社에 따르면 전 세계 태양전지모듈 제조사 134업체로부터 1,100모델의 태양전지모듈(단결정 469모델, 다결정 537모델, 박막 86모델)이 보급되고 있다. 이와 같은 다양한 태양전지모듈이 전 세계는 물론 우리나라에 보급되고 있으며, 이와 같이 고속성장이 이루어지고 있는 세계 태양광발전 산업시장에 대응하기 위해서는 시장의 흐름 파악이 우선 요구되므로, 보급되는 태양전지모듈의 현황 및 성능을 조사하여 기초 자료로 사용하고자 한다.

## 2. 세계 태양광발전 동향

그림 1은 1999년부터 2007년 사이 세계 태양광발전시스템 누적 설치량 추이를 나타낸 것이다 [1]. Solar Buzz 2008에 의하면 2007년도 전 세계 태양전지모듈 제조업체에서 생산하여 설치된 총용량이 2,826 MW이며, 이는 2006년 1,744 MW 대비 62.04% 증가한 것이다.

세계 태양광발전산업의 선두국가인 독일은 2004

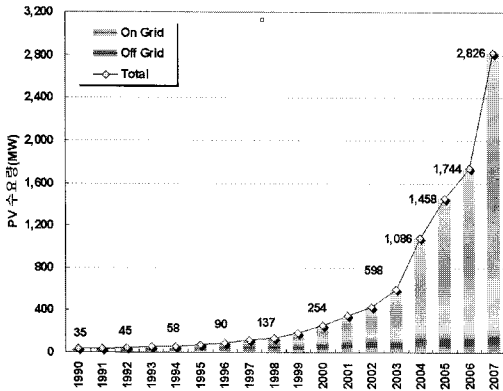


그림 1. 세계 태양광발전시스템 누적 설치량 추이.

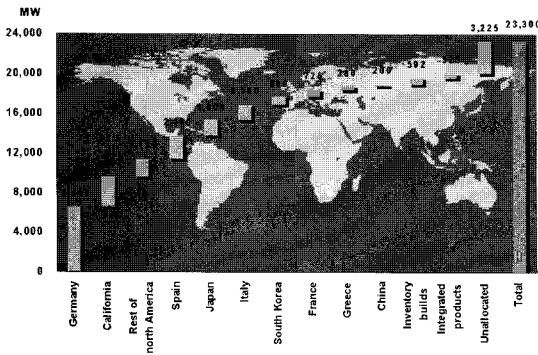


그림 2. 2010년도 세계 태양광발전 시장 규모.

년 150% 이상의 증가를 나타낸 이후 2006년까지 절반 이상의 수요 점유율을 유지해 오다가 2007년에는 1.3GW에 달하는 태양광시스템 설치가 이루어져 수요 부분 점유율 약 47%를 점유하였다. 독일의 뒤를 이어 스페인은 2007년 세계 수요량의 약 23%에 해당하는 640 MW의 설치가 이루어져 480% 라는 놀라운 성장률을 나타내었다. 이로써 독일과 스페인 그리고 나머지 유럽 국가들은 세계 수요량의 76%를 차지한 것으로 나타났다. 이러한 현상은 지구환경과 에너지에 대한 지속적이고 깊은 관심에서 기인한 것으로, 실제로 기후변화 협약과 같이 지구 환경과 관련된 국제적 활동에서도 유럽이 가장 적극적인 자세로 이끌어가고 있다.

그림 3은 세계 주요 태양전지모듈 제조업체를 보

여주고 있다. 태양전지모듈 생산업체의 선두자리를 고수해왔던 일본의 Sharp는 중국의 Suntech에게 선두자리를 넘겨주고, 박막모듈 생산업체인 First Solar 또한 4위로 급성장함으로써, 일본과 독일로 치중되어 있던 세계 태양광발전 시장의 불균형이 깨지고 있다.

태양전지모듈의 판매단가는 그림 4에서 보는바와 같이 2001년을 기점으로 점점 하락세에 있었으나, 전 세계적으로 수요증가와 공급 부족으로 2004년 4월부터 점차 증가하기 시작하여 2006년 말까지 증가추세를 보이다가, 2007년부터 점차 감소하여 2008년 6월 현재 Solar Buzz에서 제시한 125 W<sub>p</sub> 이상의 태양전지모듈의 가격은 유럽에서는 W<sub>p</sub>당 4.70유로이며 미국에서는 4.82달러를 기록하고 있다 [2].

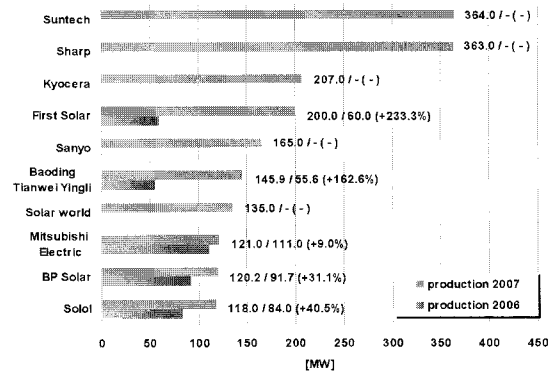


그림 3. 전 세계 주요 태양전지모듈 제조업체.

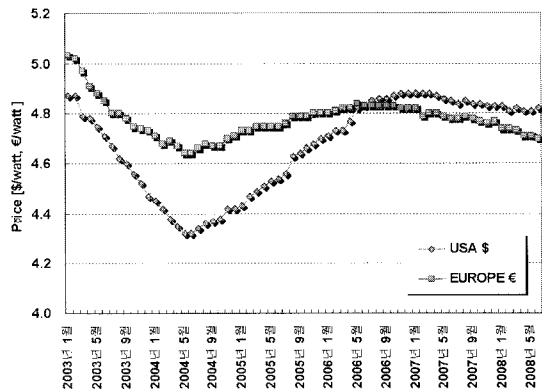


그림 4. 미국 및 유럽의 태양전지모듈 판매가격 추이.

Photon International에서 2008년 전 세계에 보급된 결정질 실리콘 태양전지모듈 모델별 용량 및 효율 분포를 조사하였다 [3]. 그림 5에서 보는바와 같이 단결정 실리콘 태양전지모듈은 총 469모델이며, 이 태양전지모듈의 평균 변환효율은 13.79%, 선두 생산업체의 태양전지모듈 최대 변환효율은 약 20%이다. 주력 모델의 정격용량의 범위는 170 W ~ 190 W이다. 그림 6에서 보는바와 같이 다결정 모듈은 총 537모델이며, 이 태양전지모듈의 평균 변환효율은 13.18%, 선두 생산업체의 태양전지모듈 최대 변환효율은 약 14.8%이며, 주력 모델의 정격용량의 범위는 160 W ~ 220 W이다. 200 W급 이상에 모델은 240개이며, 최대정격출력은 580 W이다.

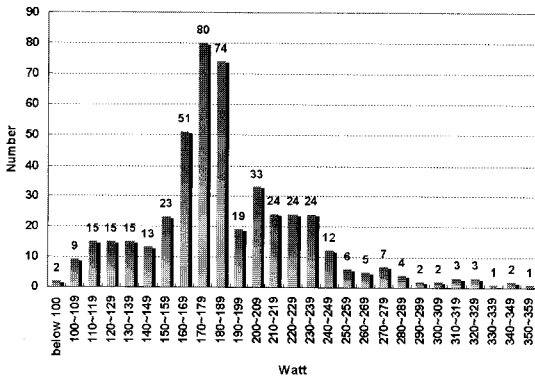


그림 5. 세계 주요 단결정 실리콘 태양전지모듈 정격용량별 분포 (2008년).

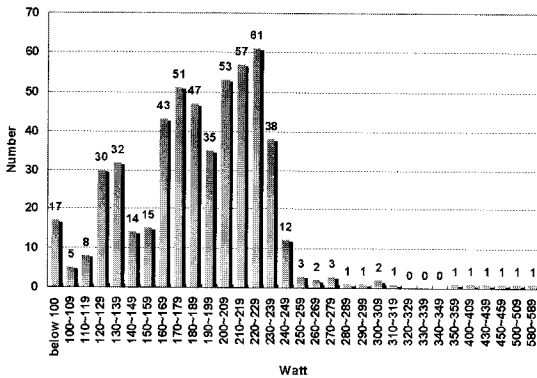


그림 6. 세계 주요 다결정 실리콘 태양전지모듈 정격용량별 분포 (2008년).

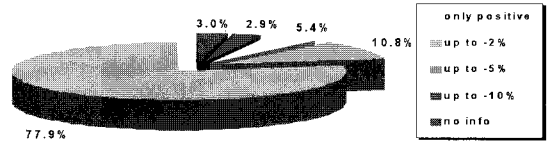


그림 7. 세계 주요 태양전지모듈의 정격출력 대비 발전 성능 편차.

이 중 건물에 적용 가능한 BIPV (Building-integrated Photovoltaic, 건물일체형 태양광발전)용 태양전지모듈은 GSS, Kioto, Schuco 등의 업체에 의해 생산된 약 164모델이 포함되어 있다.

2003년 거의 90%에 가까운 점유율을 차지하던 결정질 태양전지는 점점 그 점유율이 감소하고 있다. 2007년에는 박막태양전지가 약 12%의 점유율을 차지하였는데, 박막 태양전지의 비중이 점차 증가하고 있는 추세 속에서도 결정질 태양전지의 강세는 여전하다. 2007년에는 단결정과 다결정 태양전지가 각각 42.2%, 46.2%의 점유율을 나타내면서 전년보다 다소 감소된 값이긴 하나 전체 태양전지의 약 87%를 차지하였다.

그림 7은 세계 주요 태양전지모듈의 발전성능 시험시 정격출력 대비 발전성능 편차를 보여주고 있다. 태양전지모듈의 발전성능이 정격출력 이상이 되는 것은 약 5.4%뿐이며, 정격출력 대비 출력이 -5%인 경우가 77.9%이다.

### 3. 국내 태양전지모듈 보급 현황

국내 태양광사업은 2012년 1.3 GW를 목표로 태양광주택 100,000호 보급사업 (2007년까지 14,498호에 총 19.7 MW보급), 보급 보조 사업 (초기 투자비의 60% 보조하여 2007년까지 8.9 MW보급), 지방보급 지원사업 (중앙정부 60% 또는 지방자치+수익자 40% 지원하여 2007년까지 10 MW 보급), 용자지원제도 (이자율 4.25%, 대출기간 5년 거치 10년 상환으로 2007년까지 약 191 M\$ 지원) 그리고 발전차액지원제도 (30 kW 미만은 711.35원/kWh, 30kW 이상은



677.38원/kWh을 지원하며, 2008년 1월까지 225 개소에 46 MW가 완공되었으며 899개소에 567 MW가 계획 또는 공사 중) 등을 통해 활발히 보급 중이다.

그림 8은 1995년부터 2007년도까지의 국내 연간 태양광발전시스템의 설치량과 그 누적량을 나타내었다. 2005년에 5 MW, 2006년에 21.2 MW, 2007년에는 50 MW로 2007년까지의 누적 설치량은 84.7 MW이며, 이는 2006년에는 2005년 대비 324%, 2007년에는 2006년 대비 135.8% 증가한 것이다 [4].

그림 9는 2007년도에 태양광주택 보급사업 및 지역에너지 시범보급사업 등으로 국내에 설치·보급된 태양전지모듈을 대상으로 한국에너지기술연구원(KIER)에서 발전성능시험을 실시한 단위용량별

태양전지모듈의 현황을 나타내었다 [5]. 2005년도에는 총 의뢰건수 96건 중 80 W급이 26건 (27%), 170 W급이 13건 (13.4%), 2006년도에는 총 의뢰건수 141건 중 80 W급이 11건 (7.8%), 125 W급이 16건 (18.4%) 그리고 170 W급이 45건 (31.9%)이었다. 반면 2007년도에는 총 의뢰건수 218건 중 170~210 W급이 146건 (66.9%)이었다. 이는 기존 125 mm × 125 mm 셀을 주축으로 형성되었던 시장에서 155 mm × 155 mm 셀을 주축으로 시장이 형성되어 대용량 태양전지모듈이 점차적으로 증가하고 있는 추세를 보여준다.

시험건수 총 218건 중 단결정 실리콘 태양전지모듈은 155건 (71.1%), 다결정 실리콘 태양전지모듈 61건 (28%) 그리고 박막 태양전지모듈은 2건 (0.9%)이며, 태양전지모듈의 모델은 총 127모델이며 그 중 단결정 태양전지모듈은 83모델 (65.3%), 다결정 태양전지모듈 42모델 (33.1%) 그리고 박막 태양전지모듈은 2모델 (1.6%)이다.

그림 10에서 보여주는 바와 같이 한국에너지기술연구원에서 발전성능시험결과는 184건이 적합 (71.1%), 31건이 부적합 (28%) 그리고 3건 (0.9%)이 판정보류이다. 발전성능시험결과의 부적합 판정에 77.4%는 해외에서 수입된 태양전지모듈로써, 이는 국내·외의 태양전지모듈의 정격출력 대비 발전성능 편차의 허용범위가 다르기 때문이다. 국내는 태양전지모듈의 평균출력이 정격출력 이상은 물론 균일도는

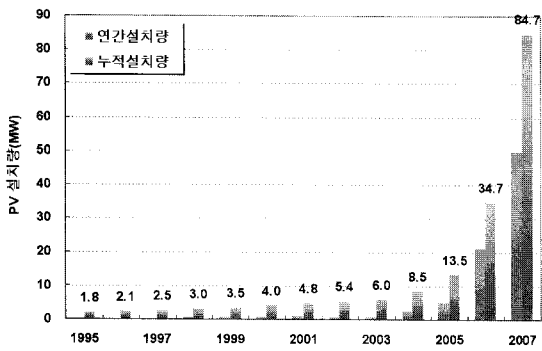


그림 8. 국내 태양광발전시스템 보급량 (2007년도).

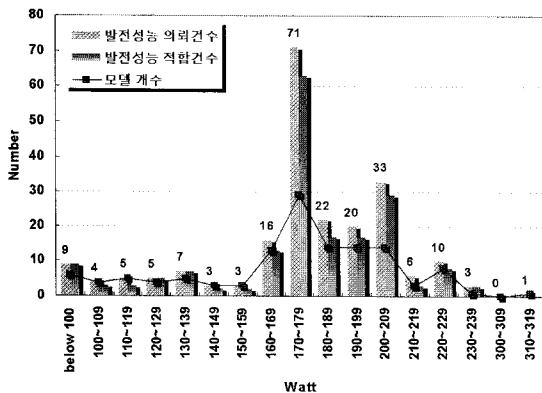


그림 9. 국내 보급된 태양전지모듈의 정격용량 추이 (2007년도, KIER).

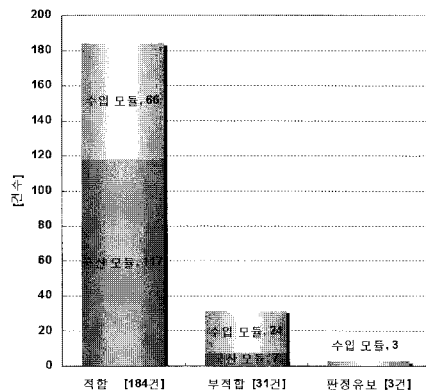


그림 10. 국내 보급된 태양전지모듈의 발전성능시험 결과 (2007년도, KIER).

표 1. 국내 주요업체 생산설비 용량.

업체	2007년도	증설	총 설비용량 (2008년도 말)
경동솔라	20 MW	30 MW	50 MW
동양크레디텍	-	10 MW	10 MW
솔라월드코리아	-	120 MW	120 MW
솔라테크	5 MW	5 MW	10 MW
심포니에너지	50 MW	50 MW	100 MW
에스에너지	20 MW	80 MW	100 MW
엘에스산전	10 MW	10 MW	20 MW
유니슨	10 MW	10 MW	20 MW
현대중공업	20 MW	60 MW	80 MW
<b>합계</b>	<b>135 MW</b>	<b>375 MW</b>	<b>510 MW</b>

±3 % 이내여만 하는 반면, 국외의 발전성능기준은 그림 6에서 보여주는 바와 같이 평균출력이 정격출력에 ±5 % 범위 내에 포함되면 된다. 이에 국내에서 수입모듈을 발전성능시험을 시행할 경우 수입모듈이 국산모듈보다 부적합 판정률이 3배정도 높은 결과를 초래한다.

2007년도 국내 태양광발전산업의 가치는 대략 370~490 M\$이며, 태양전지모듈의 단가는 4.0 \$/Wp (2006년에는 4.1 \$/Wp), 대응량 시스템 단가는 8.0 \$/Wp (2006년에는 8.25 \$/Wp) 그리고 주택용 시스템 단가는 8.75 \$/Wp (2006년에는 9.0 \$/Wp)이다. 태양광발전산업이 확대되면서 국내 태양전지모듈 제조업체의 생산설비의 증설과 폴리실리콘 (2008년 말까지 5,100 ton 생산), 잉곳 (2008년 말까지 1,400 ton 생산), 태양전지 (2008년 말까지 216 MW) 그리고 EVA Sheet와 같은 원자재의 생산이 활발해지면 태양전지모듈의 단가가 하락할 것이라 판단된다.

표 1은 국내 태양전지모듈 제조 주요업체의 생산설비 용량을 보여주고 있다. 2007년 생산설비용량 135 MW 대비 2008년은 국내 태양전지생산설비 용량은 277.7 % 증설될 510 MW로 예상되고 있다.

## 4. 결론

본 논문은 화석연료를 대체하기 위한 일환으로

급성장되고 있는 PV시장에 대응하기 위해서는 시장의 흐름이 파악이 우선 요구되므로, 보급되는 태양전지모듈의 현황을 조사하여 기초 자료로 사용하고 자 국·내외 태양전지모듈의 보급현황에 대한 자료를 조사·분석하였다.

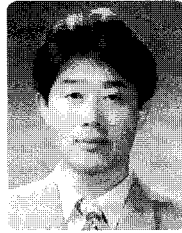
- (1) 세계 주요 태양전지모듈 생산업체는 2008년 현재 정격출력 170~220 Wp의 태양전지모듈 위주로 생산 중이며, 태양전지모듈의 저가화와 고효율화를 위한 연구개발이 동시에 진행 중이다.
- (2) 태양전지모듈 생산업체의 선두자리를 고수해 왔던 일본의 Sharp는 중국의 Suntech에게 선두자리를 넘겨주고, 박막모듈 생산업체인 First Solar 또한 4위로 급성장하여, 일본과 독일로 치중되어있던 세계 태양광발전 시장의 불균형이 깨지고 있다.
- (3) 우리나라도 정부주도 하에 태양광발전이 적극적으로 보급되면서 2007년도 한해 50 MW가 설치되어 2006년 대비 135.8 % 성장하였다. 그 중 200 kW 이상의 대규모 발전소는 23.6 MW (누적설치량 31.5 MW)가 설치되었으며, 2008년도 6월 현재까지는 86.8 MW (누적설치량 118.3 MW)가 설치되었다. 또한 발전차액지원제도 지원용량이 100 MW에서 500 MW로 확대되면서 대규모 태양광발전소의 설치가 더욱 활발해질 것으로 판단된다.
- (4) 2013년 1.3 GW 설치 목표를 달성하기 위해 우리나라 태양광발전산업도 급성장하고 있다. 폴리실리콘, 잉곳, 태양전지 그리고 EVA SHEET 등의 각각의 생산업체는 설비를 증설하여 원자재 전량을 수입에 의존하고 있던 국내 태양전지모듈 제조업체를 지원할 수 있을 것이다.
- (5) 우리나라 태양전지모듈 발전성능 시험기준이 국외의 기준보다 엄격하므로 수입모듈의 경우 시험결과 부적합률이 다소 높지만, 이는 국내 태양광발전 사용자의 경제적 손실을 최소화하기 위한 최소한의 방법이라 사료된다.



## 참고 문헌

- [1] Photon International, Solar modules in 2008, Photon International Photovoltaic Magazine, 2008. 02.
- [2] Photon International, What to do with 23GW of modules, Photon International Photovoltaic Magazine, 2008. 03.
- [3] Photon International, The Q factor, sharp and the market, Photon International Photovoltaic Magazine, 2008. 03.
- [4] Solarbuzz, Annual world solar photovoltaic industry report, Solarbuzz Inc., 2008.
- [5] IEA PVPS, Trends in photovoltaic applications ; Survey report of selected IEA countries between 1992 and 2006, Report IEA-PVPS T1-16, 2007.
- [6] 에너지관리공단, 태양광발전소 목록 (<http://www.knrec.or.kr/NA/ATTACH/solargen.pdf>), 2008. 06.
- [7] 유권중 외, "세계 태양광발전산업 현황", 한국태양 에너지학회 춘계학술발표대회 논문집, p 86~91, 2008. 4. 12.
- [8] 유권중 외, "2007 세계 태양광발전산업 현황", 대한전기학회 하계학술발표대회 논문집, 2008. 7. 17
- [9] 유권중 외, "2006년 세계 태양광발전산업 현황", 대한전기학회 하계학술발표대회 논문집, p. 1247~1248, 2007. 7. 18~20.
- [10] 사업자원부, "건축환경을 고려한 BIPV용 태양전지 모듈 및 제조기술개발", 2007. 10.
- [11] 지식경제부 태양광사업단, "태양광 기술개발 현황 및 향후전망", 태양전지 기술 워크샵, 2008. 5.
- [12] 강기환, "PV 및 BIPV모듈 개론", 건물일체형 태양광발전(BIPV) 전문가 교육 워크샵, 2008. 02.
- [13] 에너지관리공단 신·재생에너지센터, "2006년 신·재생에너지통계", 2007. 08.
- [14] 유권중 외, "특집/태양열·태양광에너지 시스템-태양광발전 기술동향", 한국설비기술협회, 설비/공조·냉동·위생 학회지, 제23권 제1호(통권 256), Vol. 23, No. 1, 2006. 01.
- [15] 유권중 외, "특집/신재생에너지의 건물적용기술-태양광 에너지의 건물 적용기술", 한국설비기술협회, 설비/공조·냉동·위생 학회지, 제22권 제5호(통권 248), Vol. 22, No. 5, 2005. 05.
- [16] 유권중 외, "특집/ 지구환경과 태양에너지-지금 왜 태양광발전인가?", 대한전기학회, 전기의 세계, Vol. 54, No. 2, 2005. 02.

## 저자약력



성명 : 유권중

◆ 학력

- 1982년 조선대 공대 전기공학과 공학사
- 1985년 일본 KOBE대 대학원 전기공학과 공학석사
- 1989년 동 대학원 전기공학과 공학박사

◆ 경력

- 1989년 - 1989년 일본 Fuji전기(주) 종합연구소 주임연구원
- 1990년 - 현재 한국에너지기술연구원 태양광시스템연구센터 센터장



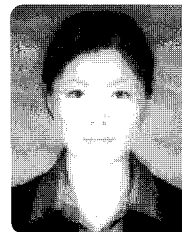
성명 : 강기환

◆ 학력

- 1991년 대전공업대학 전기공학과 공학학사
- 1993년 건국대 대학원 전기전자재료과 공학석사 공학석사
- 2005년 건국대 대학원 전기전자재료과 공학박사 수료

◆ 경력

- 1987년 - 현재 한국에너지기술연구원 태양광시스템연구센터 선임연구원



성명 : 김현일

◆ 학력

- 2001년 세명대 건축공학과 공학사
- 2004년 인하대 대학원 건축공학과 공학석사
- 2004년 한국과학재단 신진연구자연수과정(한국에너지기술연구원)
- 2005년 - 현재 인하대 대학원 건축전공학과 공학박사 수료

◆ 경력

- 2005년 - 현재 인하대 대학원 건축전공학과 공학박사 수료
- 2005년 - 현재 한국에너지기술연구원 태양광시스템연구센터 학연생