

# 한일 태양전지 특허 동향

글 \_ 최균, 김병익 || 요업기술원 첨단소재·부품센터  
knchoi@kicet.re.kr

## 1. 서 론

태양전지 시장은 2000년대에 들어서면서 급속하고 확대되고 있다. 최근까지 이 분야에서는 일본을 비롯한 미국, 독일, 스페인, 이탈리아 등의 선진국이 기술을 주도하고 있으며 특히 일본의 경우에는 세계시장 점유율이 50%에 육박하는 등 기술의 선도국으로써 자리를 확고히 지키고 있다. 최근의 유가 폭등과 환경적 수요에 부응하여 앞으로도 태양전지는 세계에너지 시장의 핫이슈로 부각될 것이 확실하다. 이런 측면에서 볼 때 국내 특허 동향과 일본 특허동향을 비교함으로써 앞으로의 국내 연구의 방향을 잡아보고 문제점을 되짚어 보는 기회를 마련하는 것은 시의적절하다고 생각된다. 본 비교에서는 국내의 경우에는 최근까지 등록 혹은 출원된 특허를 대상으로 하였고 일본의 경우에는 2003년에 발행된 특허정보지원카드를 발췌하여 작성되었으며 주로 2000년까지 등록된 특허를 중심으로 분석하였음을 밝혀둔다.

## 2. 태양전지의 분류 및 개요

태양전지는 사용되는 물질에 따라 실리콘반도체 태양전지와 화합물반도체 태양전지 및 유기 태양전지로 나눌 수 있다. 실리콘 태양전지는 결정상태에 따라 단결정실리콘(monocrystalline silicon) 태양전지, 다결정실리콘(multicrystalline silicon) 태양전지, 비정질실리콘(amorphous silicon) 태양전지의 세 가지로 분류한다. 또한, 화합물 태양전지는 갈륨아세나이드(GaAs)계 태양전지, 카

드뎀 텔러라이드(CdTe)계 태양전지와 카파인디움다이셀레나이드(CuInSe<sub>2</sub> ; CIS)계 태양전지로 분류될 수 있다. 유기태양전지는 염료감응(색소증감)형 태양전지와 유기박막 태양전지로 분류될 수 있다.

### 2.1 실리콘반도체 태양전지

실리콘 태양전지는 단결정실리콘 태양전지, 다결정실리콘 태양전지가 현재 태양전지 생산량의 80% 이상을 차지하고 있다. 단결정실리콘 태양전지와 다결정실리콘 태양전지는 전체적인 구조는 동일 또는 유사하며, 사용되는 실리콘의 결정상태만 다르게 된다. 3 종류의 실리콘계 태양전지는 각각의 특징을 갖고 있다. 단결정 실리콘계는 단결정의 제조 코스트가 고가이지만, 변환 효율이 높고, 이론 효율은 30%를 넘고 있다. 아몰퍼스(amorphous) 실리콘은 원료를 수소화 규소의 가스로부터 제조할 수 있기 때문에, 고속 제조가 가능하고, 비용 절감을 기대할 수 있지만, 변환 효율의 향상에는 한계가 있다. 다결정 실리콘은 변환 효율과 비용 면에서 보면, 단결정과 아몰퍼스(amorphous) 실리콘의 중간적인 자리 매김이라고 생각된다.

단결정실리콘 태양전지는 순도가 높고 결정결함이 작아 높은 변환효율을 나타내고 있으나 상대적으로 제조원가가 높다. 단결정 실리콘 태양전지는 변환효율이 양산 제품에서 15~18%이며, 실험실 규모로는 변환효율이 28%까지 발표되고 있다. 다결정실리콘 태양전지는 상대적으로 저급한 재료에 저가 공정을 이용하여 제조원가를 낮출 수 있으나 변환효율이 상대적으로 낮게 된다. 다결정실리콘 태양전지는 변환효율이 양산 제품에서 12~14%

이며, 실험실 규모로는 변환효율이 19.8%까지 발표되고 있다.

단결정실리콘 태양전지와 다결정실리콘 태양전지는 일반적으로 p형 반도체를 기판으로 사용하며 그 구조에 따라 전통(conventional) 태양전지는 BSF(Back Surface Field)형 태양전지, BSR(Back Surface Reflector)형 태양전지, BSFR(Back Surface Field and Reflector)형 태양전지로 구분될 수 있다. 또한 최근에 개발된 고효율태양전지로는 Passivated Emitter Rear Locally-diffused Solar Cell(PERL형 태양전지), Buried Contact Solar Cell(함몰전극형 태양전지, BCSC형), Backside Integrated Contact Solar Cell(BIC형 태양전지) 등이 있다. 이 중에서 PERL형 태양전지와 함몰전극형 태양전지 및 BIC형 태양전지는 상대적으로 높은 변환효율을 나타내는 태양전지로서, 표면에서의 재결합 방지를 위한 부동층 형성, 전면전극 면적의 최소화, 전극과 실리콘 기판간의 접촉저항 최소화를 위한 기술이 적용되고 있다.

다결정실리콘 태양전지는 기본적으로는 단결정실리콘 태양전지와 동일한 구조를 가지고 있으며 다결정실리콘을 사용하게 때문에 상대적으로 변환효율이 작게 나타난다. 그러나, 최근에는 다결정실리콘 태양전지도 변환효율이 단결정실리콘 태양전지에 근접하고 있으며, 그 생산량에 있어서 단결정실리콘 태양전지보다 많다. 다결정실리콘 태양전지도 고효율을 위하여 불순물제거, 표면처리, 표면 texturing 기술 등이 개발되고 있다. 또한, 다결정실리콘 태양전지는 단결정실리콘 태양전지와 같이 고가의 공정을 적용하여 고효율을 달성하고자 하는 노력이 진행되고 있다.

비정질실리콘 태양전지는 결정질실리콘 태양전지와 달리 p형 반도체와 n형 반도체 사이에 불순물을 함유하지 않은 i층이 형성된 구조를 갖으며 전체적으로는 유리기판/TCO전극/비정질실리콘(p형-i형-n형)/이면전극 구조를 갖는다. 따라서, 비정질실리콘 태양전지는 p형 반도체층으로 태양광이 입사되며, p형 반도체층 상부에 형성되는 전극은 도전성과 투명성을 갖는 TCO(Transparent Conductive Oxide) 전극으로 형성된다. 비정질실리콘 태양전지는 비정질실리콘을 CVD 법에 의하여 형성하게

되므로 제조공정이 간단하며 태양전지의 두께가 얇고 대면적화가 가능한 장점이 있다. 또한, 비정질실리콘 태양전지는 광에너지의 흡수율이 더 우수하기 때문에 수 마이크로미터의 두께로 제작이 가능하다. 그러나, 비정질실리콘 태양전지는 변환효율이 8% 정도로 결정질실리콘 태양전지에 비하여 낮고 사용 중에 점차 퇴화가 일어나서 변환효율이 감소하는 문제가 있다.

## 2.2 화합물반도체 태양전지

화합물반도체 태양전지는 GaAs계(III-V족) 태양전지, CdTe 계(II-VI족) 태양전지와 카파인디움다이셀레나이드(CuInSe<sub>2</sub>; CIS)계(I-III-VI족) 태양전지로 분류될 수 있다. 단결정의 화합물 반도체도 30% 이상의 변환효율이 가능하지만, 단결정 실리콘과 같이 재료 단가가 비싸다. 현재는 다결정계에서의 고변환 효율화가 기대되고 있다.

GaAs 태양전지는 단결정 화합물반도체 태양전지이며 GaAs가 직접 천이형 반도체이므로 간접 천이형인 실리콘반도체에 비하여 태양광에 대한 흡수계수가 커서 거의 90%이상을 흡수한다. 따라서, GaAs 태양전지는 수 μm의 박막으로 형성가능하며, 실리콘 태양전지와 달리 n형 GaAs단결정 기판 표면에 p형 반도체층이 형성된 구조를 갖는다. 한편, GaAs 태양전지는 실리콘 태양전지에 비하여 표면에서의 재결합 비율이 크며, 이러한 재결합을 억제하기 위하여 GaAs보다 밴드 갭이 큰 Ga<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>As로 이루어진 창층이 윗면에 형성된다. GaAs 태양전지는 변환비율이 양산제품에서 대략 17% 정도이다.

CdTe 태양전지는 다결정 화합물반도체 태양전지이며, 변환효율이 시제품에서 10.9%정도이다. CdTe 태양전지는 흡수계수가 커서 박막으로 태양전지의 형성이 가능하며, 고용체의 형성이 용이하여 밴드갭의 폭을 제어하는 것이 가능하다.

CuInSe<sub>2</sub>(CIS) 태양전지는 다결정 화합물반도체 태양전지로서 CuInSe<sub>2</sub>가 직접 천이형 반도체이고 태양광에 대하여 높은 흡수계수를 가지고 있어 1~2 μm 두께의 박막으로 형성이 가능하다. CuInSe<sub>2</sub>(CIS) 태양전지는 밴드갭의 조정이 가능하여 In의 일부를 Ga로, Se의 일부를 S

로 치환하여 다층구조로 형성할 수 있다. 따라서 이러한 경우에  $\text{CuInSe}_2(\text{CIS})$  태양전지는 파장대별로 태양광 복사에너지를 흡수 변환할 수 있어 변환효율을 극대화할 수 있게 된다.  $\text{CuInSe}_2(\text{CIS})$  태양전지는 이론적으로 다층구조로 형성되는 경우에 변환효율은 67%이며, 이중구조인 경우에 28%이다. 다만, 현재  $\text{CuInSe}_2(\text{CIS})$  태양전지는 미국에서 제작한 시제품에서 변환효율이 19.2% 정도이다. 우리나라의 경우는 한국에너지기술연구원과 KAIST 및 서울대학교의 공동연구팀에서 개발한 소면적 태양전지에서 15.4%를 달성한 정도이다.  $\text{CuInSe}_2(\text{CIS})$  태양전지는 p형 반도체인  $\text{CuInSe}_2$ 와 n형 반도체인  $\text{ZnO}$ 가 pn 접합을 이루어 형성된다. 다만,  $\text{CuInSe}_2$ 와 n형 반도체인  $\text{ZnO}$ 의 격자상수와 밴드갭의 차이가 너무 크기 때문에 양호한 접합을 위하여 밴드갭이 중간정도이며 n형 반도체인  $\text{CdS}$ 로 버퍼층을 형성하게 된다. 즉,  $\text{CuInSe}_2(\text{CIS})$  태양전지는 유리를 기판으로 배면전극 - 광흡수층 - 버퍼층 - 전면투명전극 - 반사방지층이 순차적으로 이루어진다. 여기서, 광흡수층은 p형 반도체인  $\text{CuInSe}_2$ , 버퍼층은 n형 반도체인  $\text{CdS}$ , 전면투명전극은 n형 반도체인  $\text{ZnO}$ 로 이루어진다.

### 2.3 유기 태양전지

유기박막형 태양전지는 유기/유기헤테로 계면을 이용한 유기헤테로 접합형 셀을 이용한 태양전지이다. 금속 산화물 반도체계에 대해서는, 개발 단계의 초기에는  $\text{ZnO}$  등을 사용한 금속 산화물 반도체 태양전지가 개발되었지만 생각한 것 같은 변환 효율의 향상을 보지 못하고, 한 동안 개발이 늦춰졌다. 그러나, 1993년에, 스위스의 로잔느 공과대학의 그렛델 교수에 의해, 산화 티탄 박막의 표면에 색소를 고정한 색소 증감형 태양전지가 개발되어 아몰퍼스(amorphous) 실리콘 정도의 변환 효율을 실현한 것에 의해, 일약, 세계의 주목을 받게 되었다. 색소 증감형의 이론 변환 효율은 30%가 넘는다고 말해지고 있어 향후의 개발이 기대되고 있다. 유기 태양전지는 염료감응형 태양전지와 유기박막형 태양전지로 분류될 수 있다. 염료감응형 태양전지는 나노입자 산화티타늄(아나타제)과 전해질을 이용한 태양전지로서 색소증감

형 태양전지로도 불린다.

## 3. 국내특허동향

### 3.1 연도별 출원동향

태양전지에 대한 연도별 국내출원동향은 Fig. 1에 표시되어 있다. 국내출원건수는 현재까지 공개된 건수를 기준으로 151건 정도이며, 등록된 건수는 100건 정도이다. 국내특허출원은 1980년 초반부터 지속적으로 증가하는 경향을 보이다가 1990년 초 이후에 감소하는 경향을 보이고 있다. 이러한 경향은 삼성전자와 삼성에스디아이 및 엘지전자가 비정질 또는 결정질 분야에서 특허출원을 하였으나 대부분 1990년 초 이후에 특허출원이 중단되었기 때문에 나타나는 현상이다. 1990년 말에 다시 일시적으로 특허출원이 증가하고 있으며 이는 삼성전자가 결정질실리콘 태양전지 분야에서 특허출원을 진행하기 때문이다. 그러나 국내특허출원은 2000년 초부터 다시 증가하는 경향을 보이고 있으며, 이는 삼성에스디아이와 한국전자통신연구원의 특허출원이 진행되고 있기 때문이다. 다만, 2004년 이후는 특허출원은 그 자체가 감소한다고 보기 어려우며, 아직 공개가 되지 않은 출원이 많기 때문으로 정확하게 집계하는 것이 어렵다. Fig. 1에 나타난 2004년 이후 출원은 외국 출원인의 우선권 주장 출원인 관계로 공개된 것이 대부분이다. 태양전지에 대한 국내 특허출원이 대체로 일정한 경향을 보이지 않는 것은 아직은 태양전지에 대한 국내시장 현황이 불투명한 관계로 특정기업에서 프로젝트를 일시적으로 진행하고 중단하는 것에 영향을 받는 때문으로 판단된다.

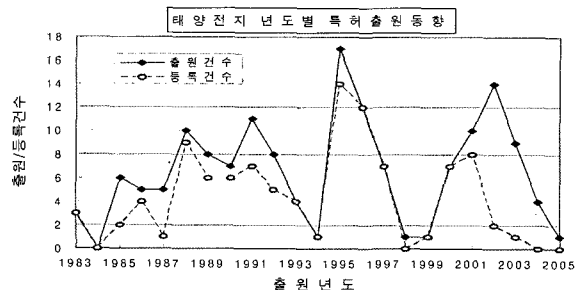


Fig. 1. 태양전지 연도별 특허출원 동향.

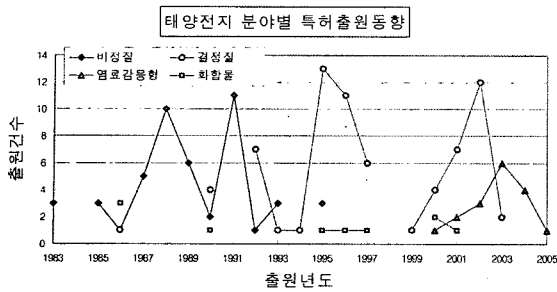


Fig. 2. 태양전지 기술분야별 특허출원동향.

### 3.2 기술분야별 출원동향

태양전지의 기술분야별 국내출원동향은 Fig. 2에 표시되어 있다. 비정질실리콘 태양전지는 1980년 초반에서 1990년대 초반까지 지속적으로 출원되었으며 그 이후에는 거의 출원되지 않았다. 결정질실리콘 태양전지는 1990년대 초반부터 출원되기 시작하여 2003년까지 지속적으로 출원되고 있다. 결정질실리콘 태양전지는 그 상세 분야별로 보면 초기에는 pn접합 또는 BSF를 이용한 기본구조에 집중되었으나, 후반에는 고효율태양전지인 함몰전극형 태양전지(BCSC) 또는 PERL형 태양전지가 주를 이루고 있다. 염료감응(색소증감)형 태양전지는 2003년 이후로 출원이 나타나고 있다. 특히, 한국전자통신연구원과 소니 및 삼성에스디아이의 경우는 최근에 염료감응형 태양전지에 대한 특허출원이 집중되고 있다. 화합물반도체 태양전지는 출원건수가 많지 않으며 1년에 한 건 정도씩 간헐적으로 출원되고 있는 실정이다. 그러나, 유기태양전지는 출원이 거의 진행되지 않고 있다.

### 3.3 주요 업체별 출원건수

태양전지에 대한 업체별 국내특허출원 건수를 Fig. 3와 Fig. 4에 표시하였다. 국내특허출원은 삼성전자(특허출원 50건, 특허등록 40건)와 삼성에스디아이(특허출원 33건, 특허등록 15건, 출원공개 18건) 및 엘지전자(특허출원 30건, 특허등록 20건)의 출원이 대부분을 차지하고 있으며, 나머지 업체들은 10건 미만의 출원건수를 보이고 있다. 나머지 업체들은 한국전자통신연구원(8건), 소니(특허출원 7건), 캐논(특허출원 6건), 한국에너지기술연구원(5

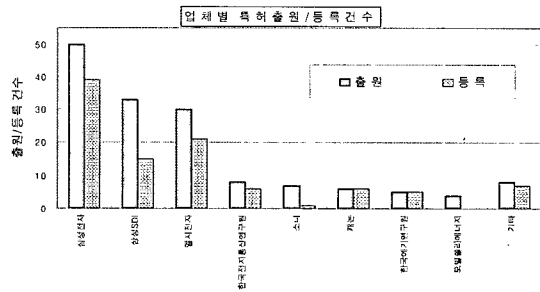


Fig. 3. 업체별 특허출원/등록건수.

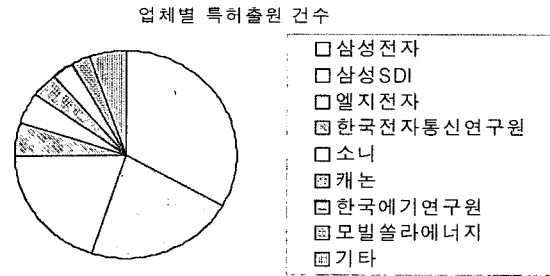


Fig. 4. 업체별 특허출원건수.

건), 모빌솔라에너지(4건), 에너지컨버전(3건), 한국과학기술원(2건), 도요다(1건), 에바라솔라인(1건), 에이에스이아메리카(1건)가 있다. 다만, 삼성전자와 엘지전자의 경우는 아래의 주요 출원인별 출원동향에서 보는 바와 같이 2000년 이후에 거의 출원실적이 없는 상태이다.

### 3.4 주요 업체별 출원동향

#### 3.4.1 삼성전자

삼성전자는 2003년까지 50건의 특허가 출원되었으며 40건이 등록되었다. 삼성전자는 Fig. 5에서 보는 바와 같

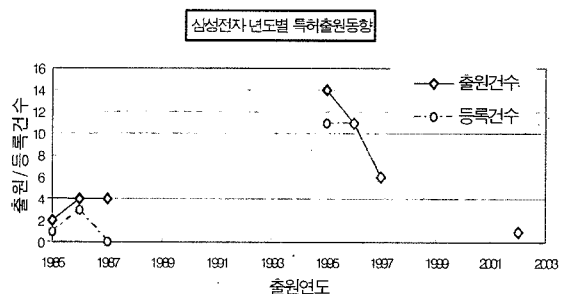


Fig. 5. 삼성전자 연도별 특허출원동향.

이 연도별로 1985년부터 1989년까지 18건, 1995년부터 1997년까지 31건, 2002년 이후에 1건을 출원하여, 연도별로 지속적으로 출원하지 않고 일정기간에 집중적으로 출원하는 경향을 보이고 있다.

또한, Table 1의 기술분야별 등록특허 건수를 기준으로 보면, 삼성전자의 특허출원분야는 1985년부터 1989년 사이에 비정질실리콘 태양전지 분야에 집중되고 있으며, 1995년부터 1997년 사이에는 결정질실리콘 태양전지 분야에 집중되고 있다. 따라서, 삼성전자는 태양전지의 연구분야를 비정질실리콘 태양전지에서 결정질실리콘 태양전지로 변경한 것을 알 수 있다. 다만, 최근에 삼성전자는 태양전지 관련 특허출원이 거의 없는 상황이다.

비정질실리콘 태양전지에 대한 특허는 변환효율을 증가시키기 위하여 태양전지를 구성하는 투명전극 층과 p형-i형-n형 반도체 층과 후면전극 층의 적층구조와 각 층의 성분을 개선하는 기술에 대한 출원(9건)이 대부분을 차지한다.

결정질실리콘 태양전지에 대한 특허는 Table 1에서 보는 바와 같이 함몰전극형 태양전지에 대한 특허들이 대부분이다. 다만, 함몰전극형 태양전지 중에 일부는 실리콘 기판 후면에 부분확산 p+층을 형성하는 것을 그 요지로 하고 있어 함몰전극형과 PERL 형이 복합된 태양전지의 형태를 보이고 있다. 함몰전극형 태양전지에 대한 특허는 적층구조에 대한 특허 14건과 이러한 적층구조를 갖는 태양전지의 제조공정이 13건으로 대부분을 차지하고 있다. 제조 공정에 대한 특허는 보다 쉽고 개선된 방법으로 기존의 함몰전극형 태양전지를 제조하는 기술에 관한 것이다.

Table 1. 국내 주요기업 분야별 특허등록건수

분 야	삼성전자	삼성SDI	LG전자
비정질실리콘 태양전지	9	5	3
결정질실리콘 태양전지	28	24	16
함몰전극형(BCSC)	22	8	
PERL 형	2	4	
기타	4	12	16
염료감응형 태양전지	3		
화합물반도체 태양전지		3	1
기타 분야 태양전지			
합 계	40	32	20

삼성SDI 연도별 특허출원동향

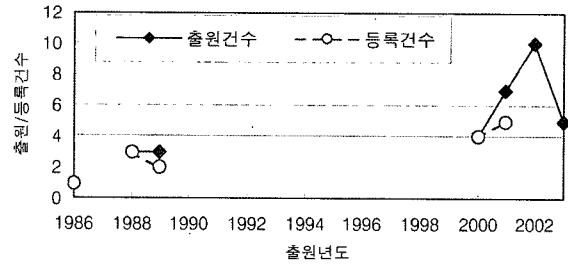


Fig. 6. 삼성에스디아이 연도별 특허출원동향.

### 3.4.2 삼성에스디아이

삼성에스디아이는 2003년까지 33건의 특허가 출원되었으며 15건이 등록되었다. 삼성에스디아이는 Fig. 6에서 보는 바와 같이 연도별로 1986년부터 1989년까지 7건, 2000년부터 2003년까지 26건을 출원하여 일정기간에 집중적으로 출원하는 경향을 보이고 있다. 삼성에스디아이는 특허출원이 2000년 이후에 집중되어 심사가 진행되지 않은 건이 많은 관계로 등록건수는 상대적으로 적다.

또한, Table 1의 기술분야별 등록특허 건수를 기준으로 보면, 특허출원분야는 1985년부터 1989년 사이에 비정질실리콘 태양전지 분야에 집중되고 있으며, 2000년 이후에는 결정질실리콘 태양전지 분야에 집중되고 있다. 또한, 2003년에는 염료감응형 태양전지에 대한 특허출원이 3건 출원되었다.

비정질실리콘 태양전지에 대한 특허는 투명전극층과 후면전극층 및 p형-i형-n형 반도체층의 적층구조에 대한 출원이 대부분이다. 결정질실리콘 태양전지에 대한 특허는 함몰전극형과 PERL 형 및 공통기술에 대하여 출원되고 있으며, 함몰전극형에 대한 출원이 더 많은 편이다. 또한, 결정질실리콘 태양전지의 상세기술별로 보면 태양전지의 적층구조와 전극구조에 대한 특허가 각각 7건씩이며, 제조방법에 대한 특허가 10건이다.

### 3.4.3 엘지전자

엘지전자는 2002년까지 30건의 특허가 출원되었으며 20건이 등록되었다. 참고로, 엘지전자는 2002년 4월 엘지이아이와 기업 분할되고, 엘지이아이는 (주)엘지로 합

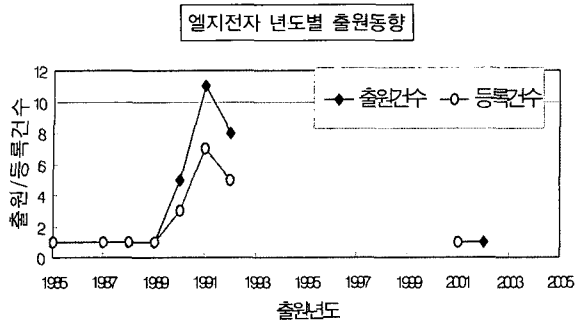


Fig. 7. 엘지전자 연도별 특허출원동향

병되었다. 따라서, 엘지전자의 특허출원은 엘지이아이의 이름으로 출원된 건들이 대부분이고 엘지이아이가 (주) 엘지로 합병된 관계로 엘지전자를 그 출원인으로 하였다.

엘지전자는, Fig. 7에서 보는 바와 같이, 연도별로 1985년부터 1992년까지 28건을 출원하였으나 그 이후에는 출원이 거의 없는 실정이다. 그리고, 엘지전자는 2000년 이후에 2건이 출원된 정도이다. 또한, Table 1의 분야별 등록특허 건수를 기준으로 보면, 특허출원분야는 비정질실리콘 태양전지는 3건(1987년부터 1989년 출원)에 불과하며, 대부분은 결정질실리콘 태양전지에 관한 출원이다. 다만, 엘지전자의 결정질실리콘 태양전지의 출원은 삼성에스디아이 또는 삼성전자와 달리 BCSC형 또는 PERL형 태양전지가 아닌 기본적인 pn접합형 또는 BSF형에 관한 특허가 주류를 이루고 있다. 그리고 2001년에 GaAs형 화합물 반도체에 대한 출원이 1건 등록되었다.

#### 4. 일본특허동향

##### 4.1 연도별 출원동향

일본의 연도별 출원동향을 보면 Fig. 8(a)에 나타난 것과 같이 90년대 중반까지는 200건 이하로 거의 유지되다가 후반부터 출원건수가 급격히 증가하는 것을 알 수 있다. 이는 1990년대 중반이후 단결정 실리콘에 대한 출원이 감소하면서 다결정 실리콘 쪽으로 선회하고 90년대 말부터는 염료감응형 태양전지에 대한 출원이 급증하면서 나타나는 현상으로 사료된다. Fig. 8(b)에 나타난 바와

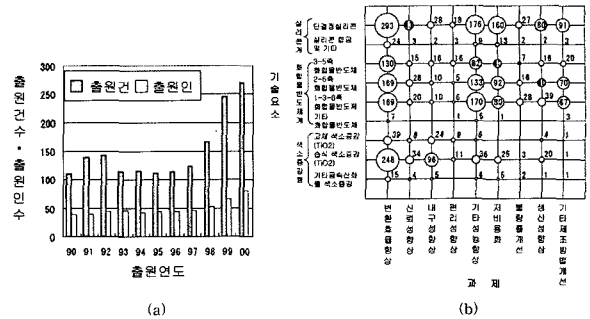


Fig. 8. 주요 태양전지 출원연도별 출원건수(a)와 분류별 과제 분포(b).

같이 3개의 고효율 태양전지의 최대의 과제는 변환 효율 향상이며, 그 다음의 과제는 저비용화인 것을 알 수 있다. 단결정 실리콘계와 화합물 반도체계에 대해서는, 생산성 향상과 함께 대면적화나 내환경성 등의 그 외의 성능 개량이 중요한 개발 과제이며, 색소 증감형에 대해서는, 내구성 향상이 중요한 개발 과제인 것을 알 수 있다.

##### 4.2 기술분야별 출원건수

Fig. 9는 실리콘계 태양전지의 연도별 출원건수와 과제 및 해결 수단의 분포를 나타낸다. 1990년대 중반의 출원건수 감소와 후반의 급격한 증가는 실리콘 출원의 중심이 단결정으로부터 다결정 및 비정질로 옮겨지면서 나타나는 현상이다. 최대의 과제는 변환 효율 향상으로 247건이며, 이 해결 수단의 가장 많은 것이 반도체 재료의 표면 처리·표면 형성으로 65건이다. 이것들은 표면의 에칭이나 전해 처리에 의한 텍스처 구조, 요철 형상에 관한 것으로 산요전기, 미츠비시 전기, 샤프, 캐논 등의

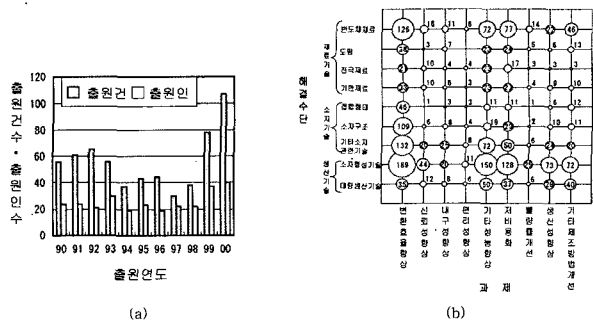


Fig. 9. 실리콘 태양전지의 연도별 출원건/출원인(a)과 과제 및 해결수단 분포(b).

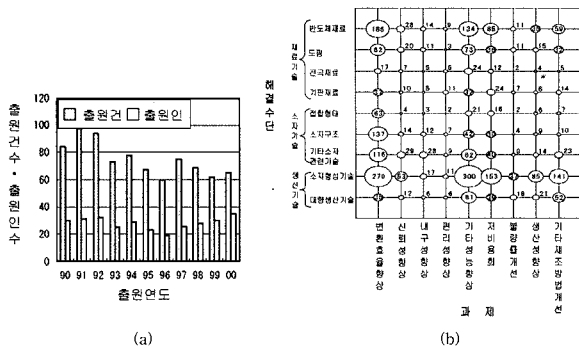
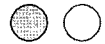


Fig. 10. 화합물반도체 연도별 출원건/출원인(a)과 태양전지의 과제 및 해결수단 분포(b).

출원이 많다. 이어서 저비용화나 생산성 향상을 과제로 하는 것으로 그 해결 수단으로서의 소자 형성의 프로세스나 장치의 개선 등 제조 기술에 관한 것이 중심이 되고 있다. 성능 개량 과제의 변환 효율 향상에 이어 저비용화가 많아서 158건이다.

다음의 Fig. 10은 화합물 반도체계 태양전지의 연도별 출원수와 과제 및 해결 수단의 분포이다. 전체적인 출원 건수는 조금씩 감소하거나 정체되어 있는 모습이다. 주요 과제는 실리콘계 태양전지의 경우와 마찬가지로 최대 과제는 변환 효율 향상이며, 이어 저비용화나 생산성 향상을 과제로 하는 것이 많다. 해결은 소자 형성의 공정이나 장치의 개선 등 제조 기술에 관한 것이 중심이 되고 있고 소자 구조의 설계나 그 외의 소자 관련 기술, 반도체 재료의 선정·설계에 대한 것도 많다. 단결정 실리콘계의 경우와 비교하여 재료 기술을 해결 수단으로 하는 것의 비율이 약간 높아서 재료 설계에 의한 개선의 가능성이 비교적 크다고 여겨진다. 화합물 반도체계 태양전지의 재료 기술에 관한 특허 가운데, 가장 많은 과제는 성능 개량 과제의 변환 효율 향상으로 404건이고 이 해결 수단으로는 반도체 재료의 조성 설계로 83건이고 그 다음으로는 도핑 등 첨가재료로 59건이다. 이것들은 화합물 반도체의 조성에 관한 것으로, 예를 들면 CIS 카르코파이라이트 화합물을 특정의 화학식이나 특정의 비율로 하거나 화합물의 수, 조합 조성 비율에 관한 것 등이다. 마츠시타 전기산업의 출원이 많고, 아사히화학, 재팬에너지도 많다.

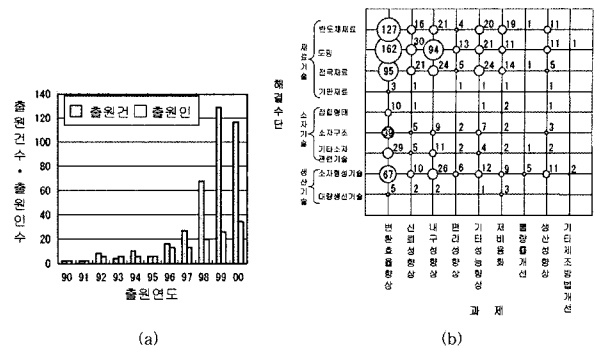


Fig. 11. 색소증감형 태양전지의 연도별 출원건/출원인(a)과 과제 및 해결수단 분포(b).

Fig. 11의 (a)와 (b)에 각각 연도별 색소증감형 태양전지 출원건수와 과제 및 해결수단을 표시하였다. 출원 건수는 98년부터 큰 폭으로 증가되고 있음을 알 수 있다. 내용면에서 보면 전체적인 분포가 실리콘과는 달리 저비용화나 생산성 향상의 비율이 작은 것을 알 수 있는데 이는 색소증감형 태양전지 기술이 기초기술 개발 단계로써 아직 역사가 짧은 것에 기인한다고 생각된다. 효율향상이 407건으로 1위이고 그 방법으로는 반도체 재료의 표면처리와 전극재료로 각각 95건이다. 이는 굴곡이나 미립화 등 고표면적화에 의해 흡광량을 증가시키는 것을 주된 내용으로 하며 후지제록스, 히다찌, 세이코엡슨 순으로 되어있다. 그 다음은 내구성을 목표로 한 것으로 148건인데 부재료의 첨가나 전해질 재료가 70건이고 후지사진필름에서 많이 출원하였다. 기계적 강도의 개선, 내환경성 개선에 여지가 많은 것을 나타내고 있다.

### 4.3 주요업체별 출원건수

Table 2에 출원 건수가 20건 이상인 주요 기업 21사를 표시하였다. 1990년 이후 고효율 태양전지의 출원 건수는 1,671건으로, 상위 21사의 출원건수는 1,118건으로 전체의 67%를 차지하고 있다. 상위 21사의 출원건수 1,118건의 내역은 등록이 210건, 진행 중의 특허가 864건이다. 한편, 주요 기업 이외의 기업의 출원 건수는 553건이며 그 중의 등록 특허는 87건으로, 주요 기업 21사에 비해 약간 그 비율이 낮다. 이것은 상위 기업이 태양전지의

**Table 2.** 1990년부터 2000년까지 일본에서의 태양전지 출원인 순위 및 건수누계

순위	출원인	출원건수	순위	출원인	출원건수
1	마쯔시다전기산업	151	12	아사히화학	30
2	후지사진필름	137	13	미쯔비시전기	27
3	캐논	123	14	오키전기공업	26
4	샤프	103	15	재팬에너지	25
5	마쯔시다전기공업	89	16	혼다기연공업	25
6	산요전기	63	17	산업기술종합연구소	24
7	아자키공업	52	18	도시바	21
8	하다찌제작소	47	19	소니	20
9	교세라	46	20	하다찌전선	20
10	후지제록스	37	21	후지전기	20
11	신에츠화학공업	33			

생산에 의욕적인 것에 반해 22위 이하의 기업은 태양전지의 생산에 대한 장벽이 높기 때문이라고 생각된다.

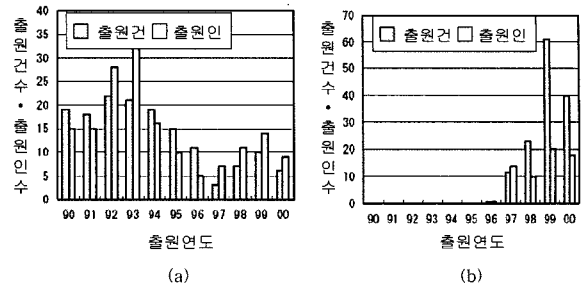
#### 4.4 주요업체별 출원동향

##### 4.4.1 마쯔시다전기산업

2000년까지 11년간 마쯔시다전기는 151건의 특허를 출원하였고 36건이 등록된 상태로 일본기업 중에서 최다출원기업으로써 주요 출원분야는 화합물 반도체 분야로 변환효율 향상을 위한 반도체 재료분야와 소자 형성 기술이 주를 이루고 있다. 반면에 실리콘 태양전지 쪽으로는 출원건수도 적고 등록된 특허가 아직 없는 상태이다. 소재 측면에서 보면 CdS, CdTe 등의 2-6족, 혹은 1-3-6족 화합물 반도체 박막에 대한 특허가 주류를 이루고 카르코 파이라이트 박막의 형성에 관한 특허도 많다. 현재 태양전지 시장의 점유율이 특허건수에 비하여 훨씬 뒤쳐지는 이유는 주요 출원 방향이 현재 시장이 아직 제대로 열리지 않은 화합물 반도체 쪽으로 잡았기 때문으로 보인다.

##### 4.4.2 후지사진필름주식회사

후지사진필름의 특허는 모두 색소증감형 태양전지에 대한 것이다. 변환 효율 향상과 내구성 향상의 과제를, 부재료의 첨가, 구체적으로는 증감 색소와 전해질 재료에 의해 해결하는 출원이 많다. 대부분이 재료 기술에 관한 것이며, 증감 색소로서 금속 착체나 폴리메틴등의 유기 색소를 이용해 변환 효율 향상을 꾀하는 것이 많다.



**Fig. 12.** 마쯔시다전기산업(a)과 후지사진필름(b)의 연도별 출원 현황.

또 전해질 재료로서 전기분해액 이외에 겔·고분자 매트릭스나 용해염 등을 이용해 장기 수명화를 꾀하는 출원도 많다.

##### 4.4.3 캐논

캐논의 출원은 단결정 실리콘계 및 화합물 반도체계 태양전지에 관한 것이 주류를 형성하나 색소 증감형 태양전지에 관한 출원도 있어 넓은 범위에 걸쳐 연구개발이 이루어지고 있음을 알 수 있다. 연도별 출원현황을 보면 그림과 같이 매년 꾸준한 경향을 나타내고 있다. 캐논의 단결정 실리콘계 태양전지 특허는 변환 효율 향상 및 비용 절감의 목적을 소자 형성 기술로 해결하고자 하는 내용이 많다. 색소증감형 태양전지에 대해서는 29건을 출원하였는데 마찬가지로 효율향상과 대량 생산에 대한 내용이 주를 이룬다.

##### 4.4.4 샤프

샤프는 2003년 생산량을 기준으로 할 때 세계시장 점유율이 26.6%로 세계 1위인 기업이다. 1966년 등대용 태양전지를 시판한 이래 1977년 우주용 태양전지 개발, 1980년에는 전자계산기용 태양전지 시판, 1994년 주택용 태양광 발전시스템, 계통연계형 시스템 등을 차례로 상품화하였다. 샤프의 단결정 실리콘계 태양전지의 등록된 특허 31건은 탠덤 구조나 밴드 구조와 같은 소자 구조, 반사 방지막, 도전막, 절연막 등의 소자 설계 기술이나 소자 형성 기술에 의해 변환 효율을 향상하는 것이 주를 이룬다. 구체적으로는, 소자 설계 기술에서는 비활성화막이나 반사 방지막 등에 관한 것, 소자 형성 기술에서는



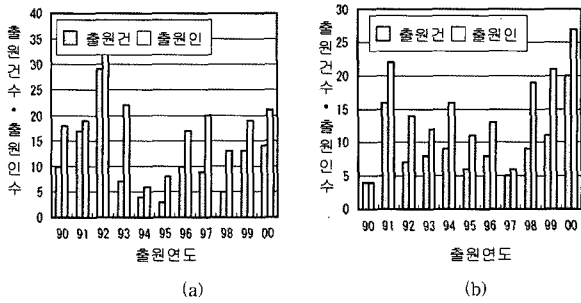


Fig. 13. 캐논(a)과 샤프(b)의 연도별 출원 현황.

texture 구조의 형성법 등에 관한 것이다. 화합물 반도체 태양전지와 관련하여 등록이 된 특허 6건은 탠덤구조에 의한 변환 효율 향상, 소자 구조 설계에 의한 저비용화나 생산성 향상 등, 소자 기술에 관한 특허에 강점이 있는 것을 볼 수 있다. 샤프의 색소 증감형 태양전지에 대한 등록된 특허는 없다. 재료 기술에서는 겔·고분자 매트릭스의 전해질 재료에 의한 신뢰성이나 내구성의 향상, 제조 기술에서는 색소 흡착법에 따르는 변환 효율의 향상에 관한 출원이 많다.

#### 4.4.5 마쯔시다 전자공업

마쯔시다 전자공업은 니켈 카드뮴, 니켈 수소, 리튬 이온 등의 2차 전지의 대기업 메이커이다. 1986년에는 계산기용 태양전지를 상품화해, 현재, 계산기용 태양전지의 세계 점유율은 약 30%를 차지한다. 1988년에는 옥외용 태양전지를 상품화했다. 마쯔시다 전자공업의 특허출원은 화합물 반도체계 태양전지에 집중되어 있으며 내용은 변환 효율 향상 및 그 외의 성능 개량, 저비용화 등의 문제를 소자 형성 기술에 의해 해결하려는 것이 많다. 해결 수단으로서는 제조기술에 관한 출원이 중심이 되고 있다. 구체적으로는 CdS나 CdTe등의 II-VI족 화합물의 박막 형성법, 전극 형성법등 소자 형성 기술에 의해, 변환 효율이나 저비용화의 문제를 해결하려는 것이 중심이다.

#### 4.4.6 산요전기

세계 최초로 실리콘 기관상에 박막 아몰퍼스(amorphous) 실리콘을 형성한 하이브리드(hybrid)형의 신구조를 채용하여 모듈 출력의 향상을 꾀한 HIT 태양전지 모

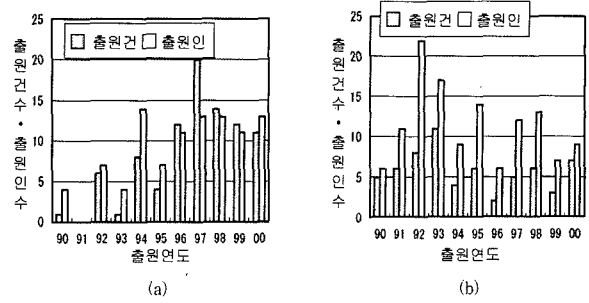


Fig. 14. 마쯔시다전자공업(a)과 산요전기(b)의 연도별 출원 현황.

듈을 출하 증이고 보급형의 저가격품으로 유니소라 아모르퍼스 모듈이 있다. 세계 최고 효율의 태양전지인 셀 변환 효율 18.5%, 모듈 변환 효율 16.1%의 3kw 시스템을 2001년 10월에 시판하였다. 소자 기술에서는 이질 접합 등 접합 형태나 절연막, 도전막에 의해 변환 효율을 향상하는 것이 많다. 또, 제조 기술에서는 텍스처링을 포함한 빛 가둠 구조의 형성법 등 소자 형성 기술에 의해 변환 효율을 향상시키는 것이 많다.

#### 4.4.7 야자키공업

야자키 공업은 화합물 반도체계 태양전지에 대하여 주로 특허를 출원하였다. 변환 효율 향상, 그 외의 성능 개량이나 저비용화 등 제조상의 과제를 소자 형성 기술에 의해 해결하는 것이 많다. 특히 분산 도금법에 따르는 I-III-VI족 화합물 박막의 형성법 등에 관한 것이 많이 출원되고 있다.

#### 4.4.8 히다찌제작소

동사는 주택용의 단결정 실리콘계 태양전지를 시작하고 있고 세키스이 수지 주식회사와 공동으로, 양면 수광 태양전지를 도로용 차음벽에 일체화한 차음벽 일체형 양면 수광 태양광 발전 시스템을 개발하고 있다. 이 시스템을 1 km의 도로 양측에 설치했을 경우, 연간 50-55만 kWh의 발전량을 얻을 수 있다고 한다. 주요 특허내용은 소자 구조, 그 외의 소자 관련 기술, 소자 형성 기술, 반도체 재료 기술에 의해 변환 효율 향상을 꾀하는 것이 많다. 재료 기술에서는 적층화에 의해 변환 효율을 향상하는 것, 제조 기술에서는 불순물 확산층의 형성등 도핑

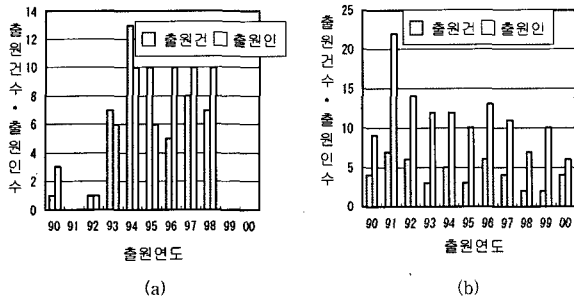


Fig. 15. 야지키공업(a)과 히다찌제작소(b)의 연도별 출원 현황.

법이나 표면 텍스처의 형성 등에 의해 변환 효율을 향상시키는 것이 많다. 도핑법에 따르는 저비용화나 생산성 향상에 관한 출원도 있다.

#### 4.4.9 교세라

1993 년에 주택용 솔러 발전 시스템을 업계 최초로 발매하였다. 태양전지 자동차의 개발에도 노력 중이다. 소자 형성 기술이나 그 외의 소자 관련 기술에 의해 변환 효율 향상 시키거나 그 외의 성능을 개량하는 내용이 많다. 재료 기술에 있어서는 전극재료에 의해 변환 효율 향상을 꾀하는 것, 제조 기술에 있어서는 전극 형성법에 의해 성능 향상이나 불량률 저감, 생산성 향상을 꾀하는 것이 많다.

#### 4.4.10 후지 제록스

모회사인 후지 사진필름과 마찬가지로 색소증감형 태양전지를 주로 출원하고 있는데 색소는 칼라 복사기나 프린터 등에 사용될 가능성이 있고, 색소증감형 태양전지가 제품화되는 경우에는, 복사기의 제조 기술을 응용해 태양전지를 제품화할 수 있다. 변환 효율 향상, 내구성 향상, 신뢰성 향상 등의 성능 개량 과제를, 전극 재료

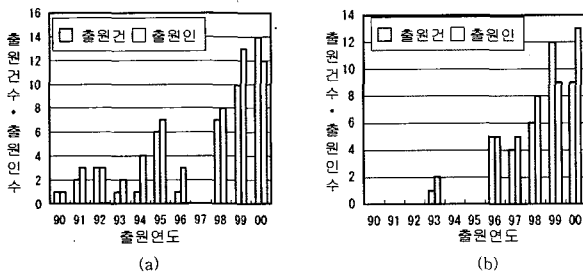


Fig. 16. 교세라(a)와 후지제록스(b)의 연도별 출원 현황.

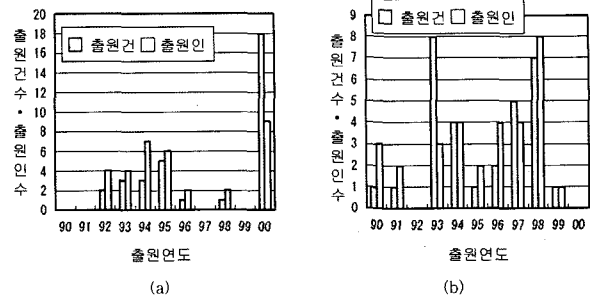


Fig. 17. 신에츠화학공업(a)과 아사히화학(b)의 연도별 출원 현황.

선정이나 부재료의 첨가에 의해 해결하는 것이 많다.

#### 4.4.11 신에츠 화학공업

동사는 화합물 반도체를 제조하고 있고 자회사인 신에츠 반도체에 의해 단결정 실리콘 웨이퍼를 제조하고 있고 실리콘 웨이퍼의 생산량은 세계 최대이다. 이것들은 단결정 실리콘계 및 화합물 반도체계 태양전지의 주요한 재료로 사용되고 있다. GaP, GaAsP 및 GaAlAs에 대해서는, 결정으로부터 기관, 에피택셜 웨이퍼, 칩에 이르기 까지 일괄 생산을 하고 있다. 그 내용은 변환 효율 향상을 과제로 하는 것도 많지만, 그 이상으로 저비용화를 과제로 하는 것이 많은 것이 특징이다. 해결 수단은 소자 형성 기술과 반도체 재료의 개선이나 부재료의 첨가에 의한 것이다.

#### 4.4.12 아사히화학

화합물 반도체 태양전지에 대한 것으로써 변환 효율 향상, 그 외의 성능 개량 과제를 소자 형성 기술 및 반도체 재료나 부재료 등 재료 기술에 의해 해결하는 것이 많다. 재료 기술에 있어서의 불순물 재료나 제조 기술에 있어서의 도핑법에 관한 특허가 많다. 구체적으로는 1-3-6족 화합물 박막의 형성법이나, pn 양쪽 모두의 불순물을 동시에 첨가하는 p 형 반도체 형성법 등에 관한 것이다.

## 5. 결 론

태양전지에 대한 국내특허출원은 지금까지 결정질실리콘 태양전지 관련 출원이 주류를 이루고 있으며 최근에는 염료감응형 태양전지에 대한 출원이 진행되고 있다.

다만, 최근에 태양전지에 대한 국내 특허출원은 삼성에스디아이와 일부 연구기관에서 출원하는 정도이며, 다른 기업체의 출원은 거의 없는 실정이다. 이러한 경향은 태양전지가 현재 일부 실용화되고 있긴 하지만 변환효율을 증가시키는데 어려움이 많고 개발비용이 많이 소요되어 기업체의 연구개발 및 생산투자가 지연되고 있기 때문으로 판단된다.

최근에 이산화탄소에 대한 배출규제와 국제유가의 급등으로 무공해 에너지인 태양광에 대한 이용의 필요성은

갈수록 늘어날 것이다. 따라서 기술 선진국들은 지속적으로 태양에너지의 변환효율을 증가시키고자 기술개발을 추진하고 있다. 그러나, 현재 국내의 태양전지 기술은 선진국과 대략 5 - 10년 정도 격차가 있는 것으로 평가되고 있으며 지속적인 개발 노력이 절실한 상황이다. 향후 태양전지가 상용화되었을 때, 특허는 후발업체에 대한 진입장벽으로 작용하게 될 것이므로 상용화에 필요한 요소기술에 대한 개발과 지속적인 특허출원 노력이 시급하다고 판단된다.

●● 최균



- 1988. 서울대학교 무기재료공학과(학사)
- 1991. KAIST 재료공학과(석사)
- 1997. KAIST 재료공학과(박사)
- 1997-1998 일본 동경공대 무기재료공학과 객원연구원
- 1998-2000 서울대학교 미세조직창의연구단 연구원
- 2000-현재 요업기술원 선임연구원

●● 김병익



- 1982. 한양대학교 무기재료공학과(학사)
- 1984. 한양대학교 무기재료공학과(석사)
- 1992. 한양대학교 무기재료공학과(박사)
- 1992-현재 요업기술원 세라믹전체본부 본부장