

# 특허맵과 AHP를 활용한 최적의 LCD 저온폴리실리콘 결정화 기술 선정

## Determining an Optimal Low Temperature Polycrystalline Silicon Crystallization Technology of LCD using Patent Map and AHP

김 관 열 한국기술교육대학교 대학원 기술경영학과 (catri@hanmail.net)

이 장 희\* 한국기술교육대학교 산업경영학부 교수 (janghlee@kut.ac.kr)

### ABSTRACT

Many LCD manufacturers continue to develop the technologies of LCD manufacturing processes for the reduction of production cost, power consumption and high-resolution. The LTPS (Low Temperature Polycrystalline Silicon) crystallization technology is important for rearranging the internal structure of liquid crystal grain by adding certain energy to amorphous silicon and turning it into poly-silicon in order to manufacture LCD with better performance. We consider 14 existing technologies of LTPS crystallization in the LCD manufacturing and present an intelligent analysis methodology using patent map and AHP (Analytic Hierarchy Process) analysis for determining an optimal LTPS crystallization technology. By using patent map analysis, we easily understand the development process and mega-trend of LTPS crystallization technologies and their relationship. By using AHP analysis, we evaluate 14 LTPS technologies. Through the use of proposed methodology, we determine the Continuous Wave Laser Lateral Crystallization technology as an optimal one.

*Keywords: Optimal Technology, Crystallization, Low Temperature Polycrystalline Silicon, Patent Map, Analytic Hierarchy Process*

### 1. 서론

LCD(Liquid Crystal Display) 기술 발전은 TV를 포함한 모든 영상가전의 혁신을 가져왔다. 더 얇고 선명하며 잔상이 생기지 않는 고품질의 LCD 제품을 만들기 위해 최근 LCD 제조회사는 많은 노력을 기울이고 있다. 현세대 LCD에서 사용되고 있는 비정질 실리콘(a-Si; amorphous Si)이 정렬된 분자구조

를 가지는 단결정 수준의 실리콘 (Single Si)이 되면 보다 빠른 전자이동도(mobility), 저전력화 등으로 소비자는 더 좋은 영상 품질과 다이내믹한 영상을 볼 수 있다 (Schropp, Stannowski and Rath, 2002). 이러한 단결정 수준의 실리콘을 사용하는 LCD 제품을 만들기 위해서는 LCD 액정에 에너지를 가하여 전자특성이 크게 향상된 폴리 실리콘(Poly-Si) 층으로 구조화하는 기술인 결정화(crystallization) 기술이 필요하다 (Voutsas, 2003).

결정화 기술은 결정화 공정의 온도에 따라 HTPS

\* 교신저자

논문접수일 : 2010년 10월 13일; 게재확정일 : 2011년 3월 13일

(High Temperature Poly-Si; 고온 폴리실리콘) 기술과 LTPS (Low Temperature Poly-Si; 저온 폴리실리콘) 기술로 구분한다. HTPS 기술의 원재료 가격이 고가이고 대면적 (substrate size) 제작이 불가능하기 때문에 현재는 유리기판(glass substrate)을 사용하여 대면적으로 제작할 수 있는 LTPS 기술 개발이 활발하게 진행되고 있다. 그러나 아직까지 주류 기술이 정립되지 않은 상태이기 때문에 현재 다양한 방식의 LTPS 결정화 기술이 현장에서 혼재하고 있다.

본 연구에서는 LCD 제조 기업이 LTPS 결정화 기술에 대한 개발 방향을 합리적으로 설정할 수 있도록 지원하고자, 현재 실무 현장에서 개발 또는 연구 중인 14가지의 LTPS 결정화 기술을 대상으로 특허맵 (patent map) 분석과 AHP (Analytic Hierarchy Process) 분석을 수행하여 최적의 LTPS 결정화 기술을 선정하는 방법과 적용 결과를 제시한다. 본 연구에서 제시한 특허맵 분석을 통해 14가지 결정화 기술들의 발전 근원 및 단계, 기술간 관계 및 전체적인 메가트렌드(mega trend)를 쉽게 파악함으로써 LTPS 결정화 기술들의 특성을 정확히 분석할 수 있다. 또한, AHP 분석을 통해, LTPS 결정화 기술 전문가들의 14가지 기술간 비교 평가를 통해 비교 우위 기술을 합리적으로 선정할 수 있다.

일반적으로 기업 실무현장에는 특허맵 분석 방법론 및 분석과정에 익숙한 전문가가 많지 않기 때문에 기업에 필요한 최적의 기술을 선정할 때 기업 내부의 기술 전문가들이 자체적으로 평가하여 결정하는 경우가 많다. 그러나, 전문가에 의한 기술평가는 전문가의 성격, 성향, 기호 및 평가 당시의 감정과 주변 분위기 등과 같은 다양한 상황 여건에 따라 평가결과가 달라질 수 있기에 본 연구에서는 LTPS 결정화 기술 관련한 대용량의 특허문서를 분석하여 반영하는 특허맵을 작성하고, 특허맵의 내용을 바탕으로 기술들의 발전 흐름, 단계, 동향, 상호간 관련성, 개선/보완 관계 및 장단점을 필수적으로 파악하도록 하였다. 아울러 전문가의 기술 평가값을 반영한 AHP 분석결과와 비교 분석하여 2가지 분석간에 상호 오류가 없음을 확인하여 합리적인 LTPS 결정화

기술을 결정할 수 있도록 하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 LTPS 결정화 기술, 특허맵 분석과 AHP 분석에 대해 살펴보았다. 3장에서 최적의 LTPS 결정화 기술 선정을 위해 본 연구에서 제시한 분석 방법을 제시하고 4장에서 14가지 LTPS 결정화 기술에 대해 이를 적용한 결과를 제시하였다. 5장에서 본 연구의 결론과 한계점 및 의의를 기술하였다.

## II. 관련연구

### 1. LTPS 결정화 기술

우리가 흔히 사용하는 컴퓨터 메모리(memory) 또는 구동 칩(drive IC) 등은 단결정 실리콘 웨이퍼 (Single Si Wafer) 위에 회로를 식각한다. 그러나 LCD 액정 패널을 만들기 위해서는 먼저 유리기판에 실리콘을 도포한 후 액정 소자를 각각 제어해주는 구동 IC칩을 액정 주변에 장착하여 연결한다. 이때 실리콘에 전기가 흘러 각 화소(pixel)를 제어 해주어야 하는데, 실리콘의 재질이 단결정 수준이 아닌 비정질(amorphous) 상태라서 전자 흐름이 느려 전자 흐름이 빨라질 수 있는 분자 구조인 다결정 실리콘(Poly-Si)으로 만들려고 노력하였다(Schropp et al., 2002).

LCD에 실리콘을 도포하는 제조 방법을 화학 기상 증착 (CVD; Chemical Vapor Depositoin)이라고 한다. 이를 통해 실리콘은 기판 위에 도포되고 도포된 실리콘은 분자 구조가 불규칙한 비정질 상태로 존재하게 된다. 이 비정질 패널을 사용하여 제조된 대부분의 LCD 제품은 느린 신호처리속도 때문에 각 화소의 스위칭(switcing) 소자로만 사용하고 액정 구동을 위해 별도의 구동 칩(LDI; LCD Drive IC)을 액정 주변에 추가로 장착해야 한다. 구동 칩의 부착 비용 절감과 전반적인 제품의 경량 박형화 추세로 인해 LCD 패널 위에 내장하고자 하는 시도가 증가하고 있다.

유리기판에 구동 칩을 내장하는 기술을 SOG(System On Glass) 기술이라고 하며, 이를 구현하기 위해서는 사용되는 반도체 층의 특성을 단결정 실리콘 웨이퍼 수준으로 향상시켜야 한다. 단결정 웨이퍼 수준으로 향상하기 위해 비정질 실리콘 박막에 에너지를 가하여 폴리 실리콘으로 만드는 결정화 기술이 필요하다.

결정화 기술은 결정화 공정의 온도에 따라 HTPS와 LTPS 기술로 구분되는데, HTPS기술은 높은 온도로 결정화시키기 때문에 LCD 기판의 소재를 열에 대한 변형이 적은 석영(quartz)을 사용해야 한다. 석영 기판의 사용은 제조 공정상 높은 비용을 발생시키고 기판의 대면적화가 불가능하다(Voutsas, 2003). 따라서 낮은 온도에서 결정화를 진행하는 LTPS 기술이 향후 결정화 기술의 주류가 될 것으로 예상하고 있다.

## 2. 특허맵 (Patent Map)

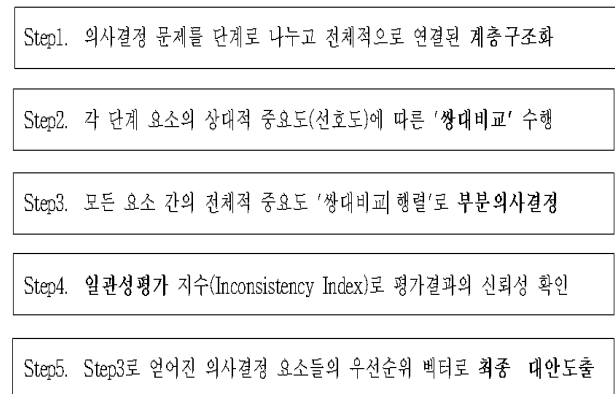
기업에서 연구개발 프로젝트의 타당성을 검증하고 신제품개발 프로젝트를 계획하기 위해, 델파이(delphi) 방법과 과거 자료의 외삽법(extrapolation), 그리고 최근 실증적 자료에 기초한 실질적 결과물을 제시하는 TRIZ나 데이터 마이닝(data mining) 기법 등을 사용하고 있다. 차세대 유망한 지배기술(dominant technology)을 발견하기 위해서는 기술의 특성을 정확히 분석할 수 있는 자료가 필요한데, 현재 폭넓게 활용되고 있는 자료가 특허이고 이를 가공/분석/분류/정리하여 시각적으로 도표화한 것이 특허맵이다(윤병운 외, 2001; 이금희, 2003; Andal et al., 2006; Lee et al., 2009; Liu et al., 2005; Chen, R., 2009).

특허맵은 특정분야 기술이나 아이템(item)에 대한 국내외의 특허권 및 특허출원 상황을 상세하게 분석한 자료로서, 기술의 흐름과 특허 현황을 한눈에 파악할 수 있도록 지도처럼 도표나 기호, 그림 따위의 모양으로 나타낸다. 본 연구에서는 Kim et al.

(2008)이 제시한 특허맵 분석을 활용하였다. LTPS 결정화 기술 관련된 의미 있는 키워드를 도출하고 이를 조합하여 중요 키워드가 포함된 기술 특허문서를 찾는다. 찾아진 특허 문서들을 중요 키워드의 포함 여부를 기준으로 클러스터링(clustering)하고 관련 특허문서 그룹의 특허 게재일을 기준으로 시간의 흐름에 따라 키워드의 연관성을 표시하여 특허맵을 완성한다.

## 3. AHP(Analytic Hierarchy Process)

AHP는 두뇌가 단계적 또는 위계적 분석과정을 활용한다는 사실에 착안하여 1980년 Thomas L. Saaty 교수가 고안한 모델로 의사결정 단계에서의 복잡한 상황을 구조화 하여 대안에 대한 우선순위를 도출한다 (Saaty and Vargas, 2001). AHP 분석은 <그림 1>과 같이 일반적으로 계층모형 구축, 쌍대비교(pairwise comparison), 부분 우선순위 도출, 일관성 평가, 최종 우선순위 도출 및 대안 선택의 5단계 과정을 수행한다(이장희, 2008).



{그림 1} AHP(Analytic Hierarchy Process) 분석 과정

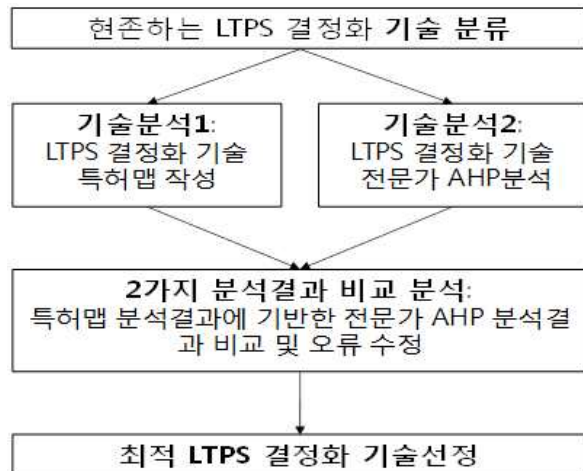
AHP 분석 2단계에서 쌍대 비교 수행시, 각 수준의 요소는 최대 9개 이내로 할 것을 권하고 있다(윤재곤, 1996). 또한 쌍대 비교시 일관성의 결여는 평가 값의 신뢰성 저하를 야기한다고 지적하고 있다(윤재곤, 1996).

기업에서 설비 투자 및 사업 결정 등 합리적인 의사결정을 할 때 AHP 분석을 활용할 수 있으며 본 연구에서는 14가지의 현존하는 LTPS 결정화 기술중에서 최적 기술을 선정하기 위해 AHP 분석을 활용하였다(Imren and Emrah, 2008; Chen et al., 2010).

### III. 최적의 LTPS 결정화 기술 선정 방법

#### 1. 연구 모형

최적의 LTPS 결정화 기술 선정을 위한 본 연구의 모형은 <그림 2>와 같다.



(그림 2) 최적 LTPS 결정화 기술 선정을 위한 연구모형

<그림 2>의 연구모형에서 제시한 바와 같이, 현재까지 연구 개발 또는 상용화된 LTPS 결정화 기술들을 파악하여 LTPS 결정화 기술을 세부적으로 분류한다. 분류된 LTPS 결정화 기술들을 대상으로 특허맵 분석을 수행하여 LTPS 결정화 기술들의 발전 흐름, 단계, 동향, 상호간 관련성, 개선/보완 관계 및 장단점을 필수적으로 파악함으로써 전반적인 기술 발전의 메가트렌드 및 미래 발전 방향을 이해한다. 이는 현존하는 LTPS 결정화 기술 관련한 대용량의

특허문서를 체계적이고 과학적으로 분석하여 사용자가 이해하기 쉬운 그림 형태로 제공한다. 특허맵 분석과 더불어 LTPS 결정화 기술들에 대한 기업 내부/외부 전문가의 비교 평가 점수를 반영한 AHP 분석을 수행하여 다양한 LTPS 결정화 기술간의 개발 우선순위와 우위 기술에 대한 내용을 파악한다.

특허맵 분석 방법론 및 분석과정에 익숙한 전문가가 많지 않은 일반적인 제조기업 현장에서는 최적 기술 선정과 같은 의사결정을 할 때 기업 내부의 기술 전문가 평가에만 의존하는 경우가 많다. 전문가에 의한 기술평가는 전문가의 성격, 성향, 기호 및 평가 당시의 감정 상황과 주변 분위기 등과 같은 다양한 상황 여건에 따라 평가결과가 달라질 수 있기에 이를 보완할 수 있는 방법이 필요하다. 본 연구에서는 특허맵 작성후 특허맵의 내용에 대한 분석을 통해 LTPS 결정화 기술들의 발전 흐름, 단계, 동향, 상호간 관련성, 기술간 상호 개선/보완 관계 및 장단점을 파악하여 전문가들의 기술에 대한 평가값을 반영한 AHP 분석결과와 비교 분석을 수행하여 상호 오류가 없는지를 확인하여 분석결과들의 타당성을 확인한다. 특허맵 분석내용과 AHP 분석결과 간 비교 분석을 통해 상호 오류가 없음이 확인되면 2가지 분석결과로 얻은 LTPS 기술 연구개발 흐름 및 현지점 전문가의 기술 평가 결과 등에 근거하여 미래지향적이며 합리적인 LTPS 결정화 기술을 최종적으로 선정한다.

#### 2. 키워드 시맨틱 네트워크 (keyword semantic network) 기반의 특허맵 분석

기존의 특허맵은 방대한 특허 정보, 기술적인 깊이, 전문 용어로 구성되어 비전문가가 이해하기 어려운 복잡한 구조를 가지고 있어서 기술 개발에 필요한 기초 정보를 얻기가 힘들다. 본 연구에서는 LTPS 결정화 기술 관련한 특허문서들을 분석하여 기술 개발에 필요한 기초 정보를 쉽게 파악하기 위해 Kim et al.(2008)이 제시한 키워드 시맨틱 네트워크 (keyword

semantic network) 기반의 특허맵 분석 방법을 사용한다. 키워드 시맨틱 네트워크 기반의 특허맵은 기존의 특허맵 분석이 특허 등록일, 발명자, 출원인 등 특허문서의 구조화된(structured) 항목 위주로 분석하는 한계점을 벗어나서 대상 기술과 관련된 특허문서를 키워드, 빈도수와 같은 비구조화된 (unstructured) 항목을 기준으로 분석하여 더 많은 정보를 쉽게 시각화한다. 특허문서에 있는 키워드들의 시맨틱 네트워크, 각 키워드의 노출 빈도수 및 키워드들의 특허문서로서 최초 등록된 날짜를 기준으로 특허맵을 구성하여 기술 개발의 기초 및 발전 흐름과 기술간 상호관련성을 쉽게 확인할 수 있다.

Kim et al.(2008)이 제시한 키워드 시맨틱 네트워크 기반의 특허맵 분석은 <그림 3>과 같이 4단계로 수행된다.

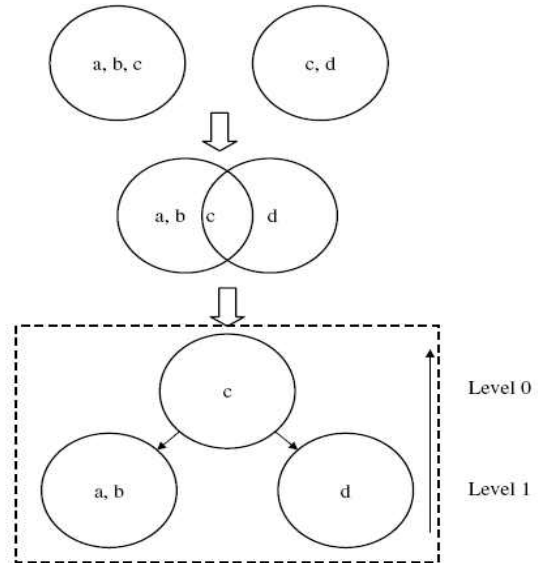
- Step 1. 대상 기술 키워드 조합(Set) 및 키워드 포함 특허 문서 검색
- Step 2. k-means 알고리즘을 사용하여 키워드로 특허 문서 군집화
- Step 3. 키워드 Semantic Network 작성 (Filing date, Frequency, Keyword )
- Step 4. 특허 맵 작성(최초 게재 년도 기준 시계열화)

(그림 3) 키워드 시맨틱 네트워크 기반 특허맵 분석 단계

특허맵 분석의 1단계는 대상 기술과 연관된 주요 키워드를 관련분야 전문가들로부터 도출하고 이를 조합하여 키워드 조합 (keyword set)을 구성한다. 키워드 조합은 대상 기술 관련한 키워드를 2개 이상 조합하여 만들고 이러한 키워드 조합을 포함하는 특허 문서를 특허 데이터베이스로부터 검색한다.

2단계에서는 키워드 조합을 기준으로 검색된 각각의 특허문서에 대해 개별 키워드 포함 여부를 “0”과 “1” 로 구분하여 데이터화하고, K-means 클러스터링 알고리즘을 적용해서 유사한 키워드들을 가지는

특허문서들로 구성된 특허문서 클러스터(cluster)를 생성한다. 생성된 클러스터간의 공통된 키워드를 기준으로 <그림 4>와 같이 키워드 시맨틱 네트워크를 구성한다.



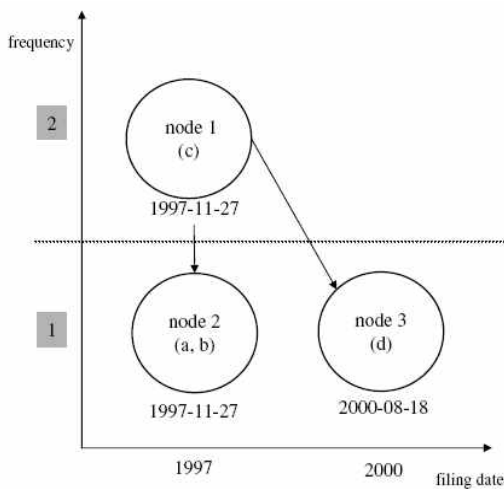
(그림 4) 공통 키워드 기준 키워드 시맨틱 네트워크 구성 과정

<그림 4>에서 보듯이, 두 개의 특허문서 클러스터에 각각 ‘a’, ‘b’, ‘c’와 ‘c’, ‘d’와 같은 키워드가 존재한다면 키워드 ‘c’는 두 개 클러스터가 공통으로 공유하는 공유 키워드이다. 생성된 모든 클러스터에 대해 키워드별로 공유되는 클러스터의 수를 파악하여 공유 빈도수가 높은 공유 키워드를 맵의 윗부분에 위치하게 하여 키워드 시맨틱 네트워크를 작성한다. 키워드 시맨틱 네트워크의 윗부분에 위치하는 공유 키워드는 특정기술 관련한 모든 특허문서 클러스터에 걸쳐 공통적으로 언급되는 키워드이므로 일반적으로 보편적이고 원천적인 기술과 연관된 키워드라고 해석할 수 있다.

키워드 시맨틱 네트워크에서는 전체 특허문서 클러스터에 있어서 공유 빈도수가 높아서 네트워크의 윗부분에 위치한 키워드를 하위 수준(예를 들면,

level 0)으로 구분하고 공유 빈도수가 낮아서 네트워크의 아래에 위치한 키워드를 상위 수준(예를 들면, level 1)으로 구분한다. 상위 수준과 하위 수준의 키워드는 항상 하위 수준에서 상위 수준으로 방향성을 가지도록 연결한다. 이는 하위 수준 키워드 또는 키워드와 관련된 기술이 상위 수준 키워드 또는 키워드와 관련된 기술과 항상 동시에 특허문서 내에 존재하였던 키워드 또는 기술이라는 것을 의미하며 이를 통해 각 기술의 기초 또는 원천-파생 관계를 표현할 수 있다. 즉, 공유 빈도수가 높은 키워드 (또는 키워드가 의미하는 기술)이 공유 빈도수가 낮은 키워드 (또는 키워드가 의미하는 기술)와 항상 동시에 특허문서 내에 존재하였던 키워드/기술이라는 것을 의미하면서 동시에 공유 빈도수가 높은 키워드 (또는 기술)가 공유빈도수가 낮은 키워드(또는 기술)의 기초 또는 원천적인 키워드(또는 기술)로서 공유 빈도수가 낮은 키워드(또는 기술)을 파생시킨 키워드 (또는 기술)임을 의미한다.

마지막 4단계에서는 각 클러스터별로 해당 키워드를 가지는 특허 문서들 중에서 최초로 게재된 특허 문서를 찾아 그 문서의 게재년도(filing date)를 기준으로 아래 그림과 같이 시간 축(axis)으로 정렬한다 (<그림 5>참조).

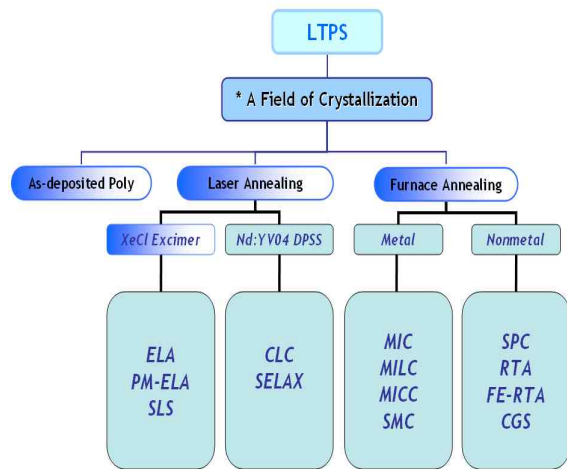


(그림 5) 키워드별 특허문서의 최초 등록년도에 따라 완성된 특허맵

## IV. 실증연구

### 1. 현존하는 LTPS 결정화 기술 분류

특허청(2006)의 2006년 'AMOLED LTPS 기술' 보고서를 참조하고 보고서에서 언급된 LTPS 결정화 기술 분야 및 실제로 기술을 상용화한 현장의 산학연 전문가들을 대상으로 수차례 면담과 협의를 실시하여 <그림 6>과 같이 현존하는 LTPS 결정화 기술을 분류하였다.



(그림 6) 현존하는 LTPS 결정화 기술 분류

<그림 6>에서, ELA : Excimer Laser Annealing, PM-ELA : Phase-shift mask ELA, SLS : Sequential Lateral Solidification, CLC : Continuous Wave Laser Lateral Crystallization, SELAX : Selectively Enlarging Laser Xn'tallization, MIC : Metal-induced crystallization, MILC : Metal-induced lateral crystallization, MICC : Metal Induced Crystallization using a Cap layer, SMC : Silicide-mediated crystallization, SPC : Solid phase crystallization, RTA : Rapid Thermal Annealing, FE-RTA : Field-Enhanced RTA, CGS : Continuous Grain Silicon을 나타낸다(특허청, 2006).

<그림 6>에서, LTPS 결정화 기술을 LTPS 제조 공정 소스(source)에 따라 3가지의 기술로 구분하였다. 즉, 기판(substrate)에 직접 폴리 실리콘을 도포하는 직접 증착 (As-deposition) 기술, 레이저 에너지를 이용한 레이저 결정화 (Laser Annealing) 기술, 노 열처리 (Furnace Annealing)를 통한 결정화 기술로 분류하였다. 또한 레이저 소스에 따라 그리고 사용되는 촉매(seed)가 금속속이나 비금속속이나에 따라 하위 수준의 세부 기술로 구분하였다. 이와 같이, 현재 LTPS 결정화 기술은 직접 증착 기술, 5개의 레이저 방식의 세부 기술, 8개의 비레이저 방식의 세부 기술로 분류되어 총 14가지 기술로 구분하였다.

## 2. LTPS 결정화 기술에 대한 특허맵 분석

<그림 6>의 14가지 LTPS 결정화 기술과 연관된 키워드를 관련분야 전문가 면담을 통해 도출하고, 이를 기준으로 국내외 특허정보 검색 서비스를 제공하는 KIPRIS (Korea Intellectual Property Rights Information Service)의 국내 특허 데이터베이스를 검색하였다. Kim et al.(2008)이 제시한 키워드 시맨틱 네트워크 기반의 특허맵 분석의 4단계 절차에 의해, LTPS 결정화 기술 관련 19개 키워드를 설정한 후 이들의 14 set 조합을 구성하여 이를 포함하는 특허 문서를 검색하였다(<표 1> 참조).

KIPRIS의 국내 특허 DB로부터 1998년부터 2005년까지 특허문서 중에서 각각의 키워드 조합을 가지는 특허문서를 검색하여 총 294건의 특허문서를 찾았다. 294건의 특허문서별로 19개 각 키워드의 포함 여부를 “0”과 “1”로 정리하여 수치 데이터로 정리된 데이터 셋에 대해 K-means 알고리즘을 적용하여 7개의 특허문서 클러스터를 구성하였다. K-means 알고리즘 분석을 통해 <표 2>와 같이 각 클러스터에 속하는 특허문서 개수, 해당 특허문서들이 문서내 포함하고 있는 중요 키워드를 도출하였다.

(표 1) 특허맵 분석을 위해 도출한 키워드와 키워드 조합

키워드 기호	키워드 설명
a	LCD
b	Crystal+결정
c	LTPS+저온폴리
d	Laser+레이저
e	Furnace
f	As*Deposited+직접 증착
g	ELA (Excimer laser annealing)
h	PM-ELA(Phase Modulated ELA)
i	SLS (Sequential Lateral Solidification)
j	CLC (Continuous Wave Laser Lateral Crystallization)
k	SELAX (Selectively Enlarging Laser Xn'tallization)
l	RTA (Rapid Thermal Annealing)
m	FE-RTA (Field-Enhanced RTA)
n	SPC (solid phase crystallization)
o	MIC (metal-induced crystallization)
p	MILC (metal-induced lateral crystallization)
q	MICC (metal Induced Crystallization using a Cap layer)
r	SMC (silicide-mediated crystallization)
s	CGS (Continuous Grain Silicon)

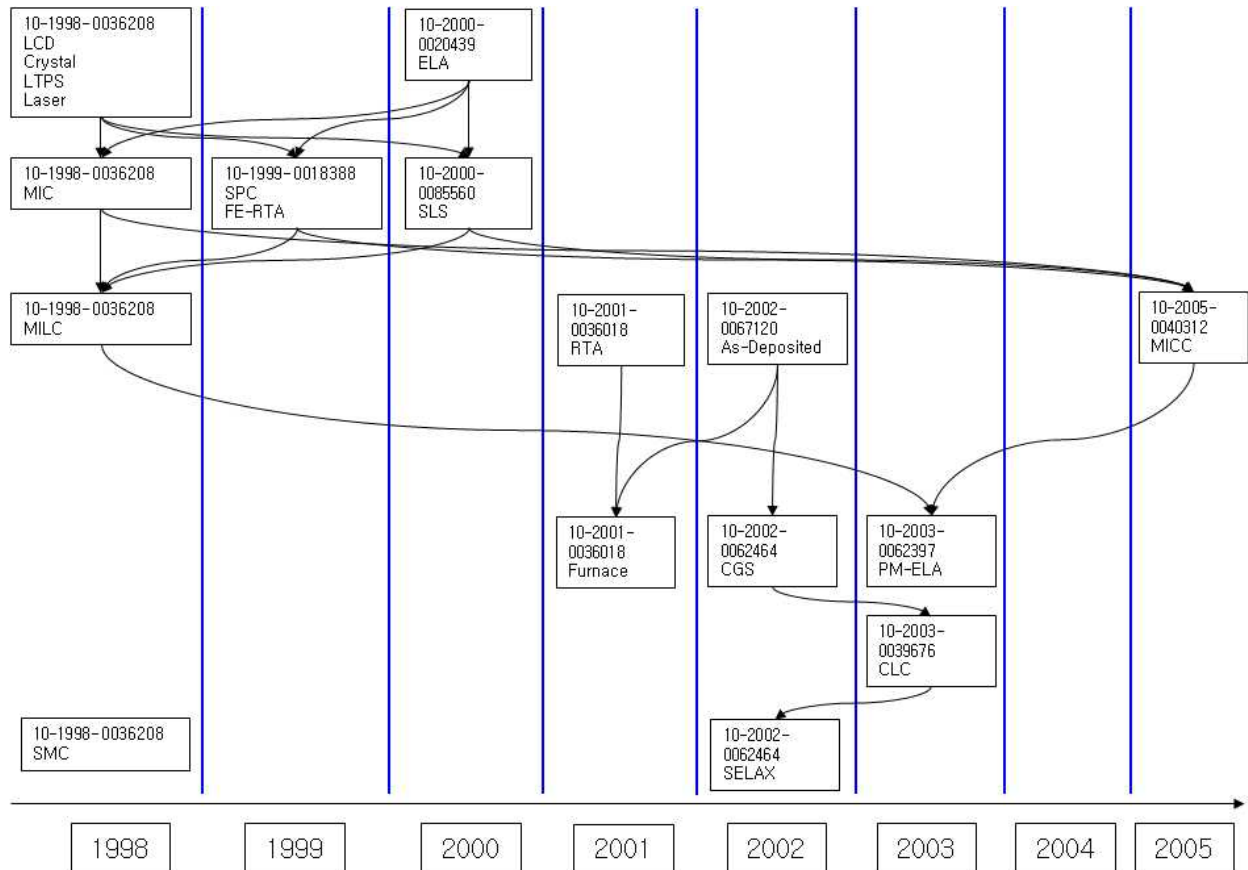
키워드 조합	키워드 조합 설명
조합1	(AS*DEPOSITED)*(LCD+액정)*(LTPS+저온폴리)
조합2	(ELA)*(LCD+액정)*(LTPS+저온폴리)
조합3	(Phase*Modulated*ELA)*(LCD+액정)*(Crystal+결정)
조합4	(SLS)*(LTPS+저온폴리)*(Laser+레이저)
조합5	(CLC)*(LTPS+저온폴리)*(Laser+레이저)
조합6	(SELAX)*(Crystal+결정)*(LCD+액정)
조합7	(RTA)*(LCD+액정)*(LTPS+저온폴리)
조합8	(Field*enhanced*RTA)*(Crystal+결정)*(LCD+액정)
조합9	SPC*(furnace)*(LTPS+저온폴리)
조합10	MIC*(Crystal+결정)*(LTPS+저온폴리)
조합11	MILC*(LCD+액정)*(LTPS+저온폴리)
조합12	(MICC+SGS)*(LCD+액정)*(LTPS+저온폴리)
조합13	(silicide*mediated)*(Crystal+결정)*(LCD+액정)
조합14	CGS*(LCD+액정)*(LTPS+저온폴리)

<표 2>의 모든 중요 키워드에 대해, 7개의 특허문서 클러스터에서 각 키워드를 포함하고 있는 빈도수가 많은 공유 키워드는 특허맵의 윗부분에 위치하게 하고 해당 키워드를 포함하는 클러스터에 속하는 모든 특허문서 중에서 가장 빠르게 게재된 특허문서의 게재년도를 가로축으로 구성하여 특허맵을 완성하면 <그림 7>과 같다.

[표 2] 294건 특허문서의 K-means clustering 분석결과

클러스터	특허 문서의 수	클러스터내 특허문서들이 포함하고 있는 중요 키워드(기호)
Cluster1	31	a, b, c, d, g, i, m, n, o, p, q, r
Cluster2	48	a, b, c, d, e, f, g, i, l, m, n, o, p, q
Cluster3	77	a, b, c, d, g, h, i, l, m, n, o, p, q
Cluster4	18	a, b, c, d, e, f, g, i, l, m, n, o
Cluster5	26	a, b, c, d, f, g, h, i, j, k, m, n, o, p, q, s
Cluster6	68	a, b, c, d, e, f, g, h, i, l, m, n, o, p, q, s
Cluster7	26	a, b, c, d, f, g, i, j, s

<그림 7>의 특허맵 내용을 분석해 보면, ‘비정질 실리콘을 결정화하는 방법과 이를 이용한 다결정 실리콘 박막트랜지스터 제조 방법 (출원번호: 10-1998-0036208)’ 이라는 특허를 시작으로 다양한 결정화 방법에 대한 특허가 발표되기 시작했다. 이러한 LTPS 저온폴리 실리콘 결정화 연구를 시작으로 초기에는 금속 촉매를 이용한 노(furnace) 방식 결정화 기술, MIC 금속유도 결정화 (Metal- Induced Crystallization) 기술과 MILC 기술, SMC (Silicide-Mediated Crystallization) 기술이 주류를 이룬다. 1999년 고상결정화(SPC) 기술과 급속 열처리 (Rapid Thermal Annealing) 기술 특허가 게재되고, 2000대 초반부터 레이저를 사용하는 ELA (Excimer Annealing) 기술과 SLS (Sequential Lateral Solidification) 측면 결정화 기술이 특허로 게재되었



(그림 7) LTPS 결정화 기술에 대한 특허맵



다. 이는 열처리 방식을 넘어 하이테크 산업의 발달로 나노(nano)급 정밀 이송 스테이지(stage)를 제작할 수 있게됨에 따라 정교한 레이저(laser) 광원 제어 가능한 기술이 자리 잡고 있는 것으로 판단된다.

이후 현재까지 PM-ELA, CLC, SELAX 기술과 같은 다양한 방식의 레이저 결정화 기술이 대비 기술의 단점을 보완하기 위해 개발되고 있는 것으로 나타났다. 그 밖에 비용 절감을 위해 폴리 실리콘을 직접 도포하는 직접 증착(As-Deposited Poly) 기술이 연구되기 시작하고, (주)샤프 (Sharp Co.)에서는 CGS 기술로 우수한 성능의 LTPS 제품을 제조할 수 있는 특허를 게재하였다. 2005년에는 경희대와 삼성전자가 공동 개발한 MICC 기술 특허가 출원되어 현재까지 연구가 활발히 진행중인데, 이는 최근까지 설비 투자비용이 비교적 높은 레이저 방식 결정화 기술 대비 적은 투자효과로 우수한 품질과 대면적 제작이 가능한 기술을 개발하려는 노력으로 판단된다.

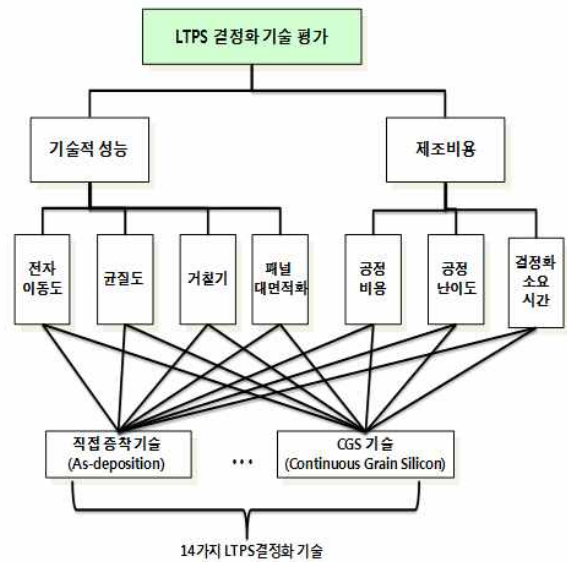
특허맵에서 나타나는 연결선을 보면, MICC 기술은 1998년 MIC기술에서 파생된 것을 알 수 있고, 2000년 SLS 기술, 2003년 PM-ELA 기술 등 레이저 결정화 기술의 단점 보완으로 파생되어 연구되었음을 예상할 수 있다. 이외의 기술로, 2002년에서 2003년 사이 DPSS (Diode Pumped Solid State) 고체 레이저를 이용한 결정화 기술, CLC (Continuous Wave Laser Lateral Crystallization) 기술, SELAX (Selectively Enlarging Laser Xn'tallization) 기술에 대한 연구가 진행되고 있음을 알 수 있다.

### 3. AHP 분석 및 특허맵 분석결과와의 비교

14가지 LTPS 결정화 기술간 평가를 위한 AHP 분석 구조는 <그림 8>과 같다. LTPS 결정화 기술을 적용하여 생산된 최종 제품의 4가지 기술적 성능 요소와 3가지 생산에 필요한 제조 비용 요소를 기술간 평가 기준으로 고려하였다. 고려된 4가지 기술적 성능 요소는 생산된 제품의 전자기동도(mobility),

제품 안정성(stability)에 영향을 미치는 균질도(uniformity), 거칠기 (roughness)와 패널 대면적화(substrate size) 가능 정도이고 고려된 3가지 제조 비용 요소는 설비 투자 비용을 포함한 공정비용, 공정 난이도와 결정화 소요시간 (tact time)이다 (<그림 8> 참조).

4가지 기술 성능 측면의 요인과 3가지 제조비용 측면의 요인들에 대해 LCD 장비 제조업체의 연구개발 전문가를 대상으로 14가지 LTPS 기술에 대한 최저 1점에서 최고 10점으로 점수를 부여하는 설문 조사를 수행하여 Expert Choice 소프트웨어로 분석하였다. AHP 분석 단계중 14개 기술간 쌍대 비교에 있어서, 비일관성(inconsistency) 값은 0.09로 산출되어 AHP 분석결과와 신뢰성이 인정되었다.



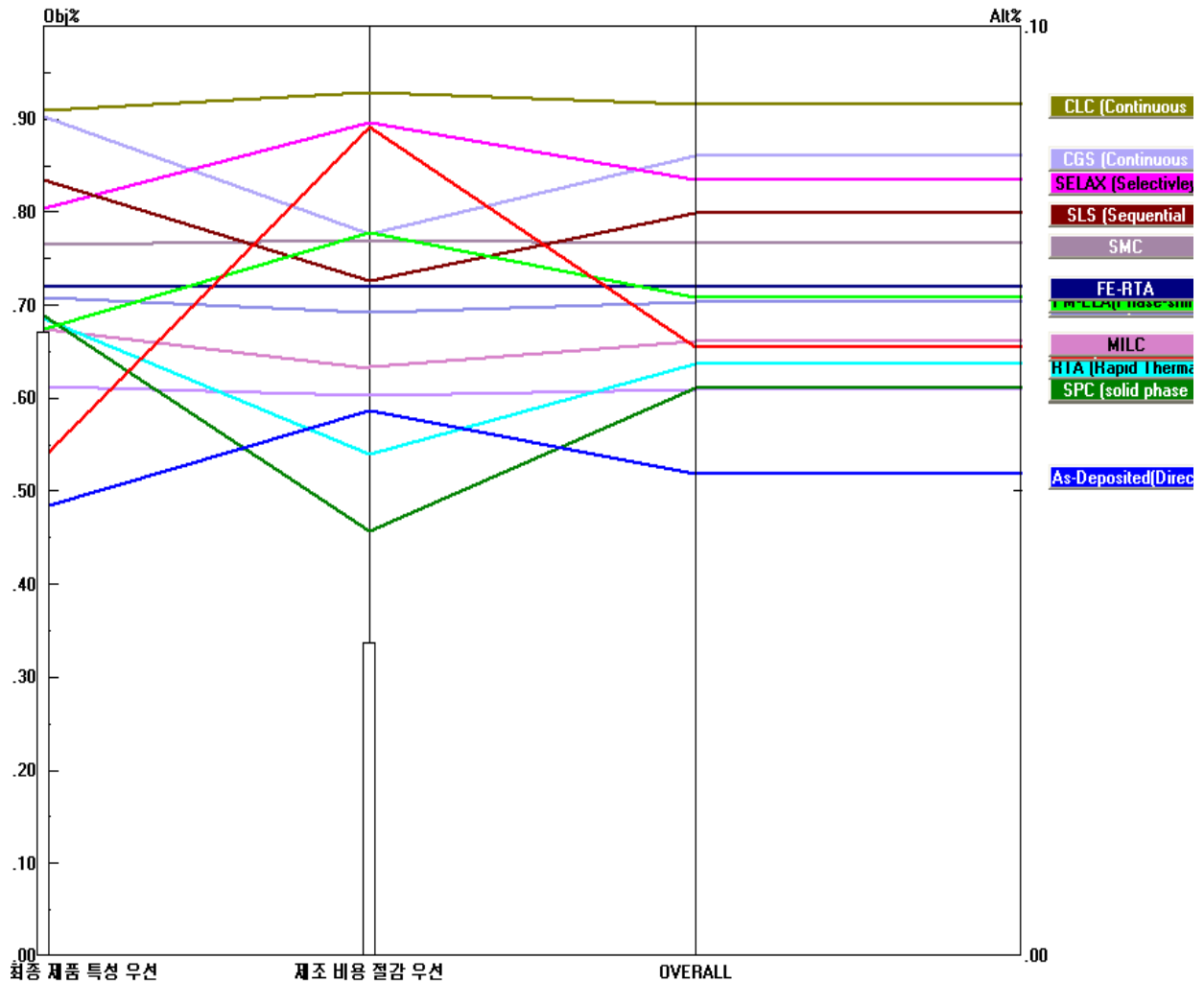
[그림 8] AHP 분석 구조

<표 3>은 14개 LTPS 기술을 AHP 분석후 얻어지는 최종 평가값이고 <그림 9>는 AHP 분석에서의 평가 요인별 최적의 LTPS 기술을 도시한 것이다.

[표 3] 14개 LTPS 결정화 기술에 대한 AHP 분석 평가값

LTPS 결정화 기술	AHP 분석 평가값	우선순위
CLC (Continuous Wave Laser Lateral Crystallization)	0.092	1
CGS (Continuous Grain Silicon)	0.086	2
SELAX (Selectively Enlarging Laser Xn'tallization)	0.083	3
SLS (Sequential Lateral Solidification)	0.08	4
SMC(Silicide-mediated crystallization)	0.077	5
FE-RTA (Field-Enhanced RTA)	0.072	6
PM-ELA (Phase-shift mask ELA)	0.071	7
MICC (Metal Induced Crystallization using a Cap layer)	0.07	8
ELA (Excimer Laser Annealing)	0.066	9
MILC (Metal-induced lateral crystallization)	0.066	9
RTA (Rapid Thermal Annealing)	0.064	11
SPC (Solid phase crystallization)	0.061	12
MIC (Metal-induced crystallization)	0.061	12
AS*DEPOSITED (직접 증착)	0.052	14

<그림 9>는 제품의 기술적 특성 요인만, 제조비용요인만 그리고 2가지 요인을 다 고려했을 경우의 14가지 LTPS 결정화 기술에 대한 비교 우위를 나타낸도표이다. <그림 9>로부터, CLC (Continuous Wave Laser Lateral Crystallization) 기술이 제품의 기술 특성 측면과 제조비용 측면에서 가장 좋아 전체적으로 가장 좋은 LTPS 결정화 기술로 평가되었다. 이러한 AHP 분석결과는 <그림 7>의 특허맵을 분석한 내용과 일치한다. 즉, <그림 7>의 특허맵에서 CLC 기술은 레이저 결정화 기술중의 하나인 SELAX 기술과 노 열처리(Furnace Annealing) 기술중 비금속 촉매를 사용하는 기술인 CGS 기술과



(그림 9) 14개 LTPS 결정화 기술에 대한 평가요인별 점수 도표

연관되어 발전했음을 확인할 수 있다. CLC 기술은 기존 엑시머(Excimer) 레이저 등 가스(gas) 방식 레이저를 사용하지 않고 가시광 영역의 연속과장 DPSS (Diode pumped solid state) 레이저를 이용한 결정화 방법으로 기존의 비정질 TFT 생산라인을 활용할 수 있어서 타 레이저 결정화 장비 투자의 10분의 1 수준의 저비용으로 LTPS 생산 능력을 갖출 수 있는 SELAX 기술의 장점과 고온 열처리 공정을 진행하여 우수한 특성을 가지는 최종 제품을 만들 수 있는 CGS 기술의 장점을 모두 가지고 있다.

제품 특성 관점에서는 CLC 기술에 이어 두 번째로 좋은 반면 제조비용 관점에서는 CLC 기술, SELAX 기술, MILC 기술보다 상대적으로 낮은 것으로 평가되어 전체 측면에서 두 번째로 우수한 기술은 CGS (Continuous Grain Silicon) 기술로 나타났다. CGS 기술은 Sharp사의 대표 기술로서 MIC, MILC 기술의 금속 오염을 최소화하고 결정성을 높이기 위해 이온을 주입하고 고온 열처리로 잔류 가스를 제거(Gettering)하는 기술이기에 MIC, MILC 기술보다 최종 제품 특성 측면에서 우수함을 확인할 수 있다.

제조비용 관점에서는 CLC 기술에 이어 두 번째로 좋은 반면 제품 특성 관점에서는 CLC 기술, CGS 기술, SLS 기술보다 상대적으로 낮은 것으로 평가되어 전체 측면에서 세 번째로 우수한 결정화 기술은 SELAX 기술로 나타났다. SELAX 기술은 비정질 TFT 기관 중 주변의 회로 내장부와 같이 큰 전자 이동도를 필요로 하는 부분에만 고체 레이저를 조사하여 비정질 실리콘의 결정화와 횡 방향의 결정 성장을 동시에 실현한 기술이다. 특허맵에서 1998년 MIC기술에서 최초로 파생되어 2000년 SLS 기술, 2003년 PM-ELA 기술 등 레이저 결정화 기술의 단점을 보완하여 최종 파생된 것으로 파악된 MICC 기술의 AHP 분석결과 전체 순위는 8위이다. 그런데, MICC 기술보다 낮게 평가되리라 예상되는 SLS 기술과 PM-ELA 기술은 각각 4위, 7위로 평가되어 전문가의 기술평가지 오류가 있었는지 확인할 필요

가 있다. 아쉽게도 본 연구에서는 오류 발생 여부를 확인할 방법이 없었으나 일반적으로 기존에 기술 평가에 참여한 전문가에게 재차 확인을 하거나 더 많은 전문가들에 대해 추가적으로 기술평가를 수행할 수 있겠다.

그럼에도 불구하고, 최종 제품 특성과 제조 비용 절감이라는 전체 측면이 모두 우수하다고 평가되는 CLC 기술은 특허맵 분석 내용과 AHP 분석간 상호 충돌되는 오류를 발견할 수 없었다. 따라서, 본 연구의 실증 사례에서는 파악된 LTPS 기술 연구개발 흐름 및 현시점 전문가의 기술 평가 결과에 근거하여 미래 결정화 기술의 주류가 될 유망 기술로 CLC 기술을 선정하였다.

## V. 결론

본 연구에서는 현재 주류 기술이 정립되지 않은 상태에서 개발 또는 연구 진행 중인 LTPS 결정화 공정 기술들을 대상으로 각 기술들의 기술 발전 흐름 및 기술간 관계를 파악하고 기술간 비교를 통한 현장 활용 타당성 분석을 수행하여 최적의 LTPS 결정화 공정 기술을 선정하였다. 현존하는 14가지 LTPS 결정화 공정 기술 관련한 특허문서를 특허맵 분석을 통해 분석하여, 각 기술의 개발 흐름 및 기술간 관계와 LTPS 결정화 기술들의 메가트렌드를 쉽게 파악함으로써 LTPS 결정화 공정 기술을 쉽게 이해할 수 있었다. 이를 바탕으로 AHP 분석을 수행하여 14가지 LTPS 결정화 공정 기술들에 대한 전문가의 타당성 평가를 반영하여 최적의 기술을 합리적으로 선택할 수 있었다. 본 연구에서 제시한 특허맵 분석과 AHP 분석을 14가지 LTPS 결정화 기술에 적용한 결과, CLC (Continuous Wave Laser Lateral Crystallization) 레이저 방식의 결정화 기술이 LTPS 결정화 기술 중 최종 제품의 특성과 제조 비용 절감이라는 2가지 관점에서 가장 우수한 기술로 평가되어 추후 결정화 기술의 주류가 될 유망 기술로 전망된다. 특허맵 분석으로 CLC 기술이

14개 LTPS 기술중 두 번째와 세 번째로 우수한 CGS 기술과 SELAX 기술과 연관되어 발전했음을 알 수 있었다.

그러나 본 연구의 분석 결과가 실질적으로 LCD 제조 기업 의사결정에 도움을 주기 위해서는 보완이 필요하다. 본 연구에서는 LTPS 결정화 기술관련한 한국 특허문서만 분석하였는데 미국, 일본 특허 문서에 대한 추가적인 특허맵 분석이 수행되어야 한다. 또한 AHP 분석에서 기술간 평가 요인으로 제품 특성 측면과 제조 비용 측면만을 고려하였는데 실무 현장에서 중요하게 고려되어야 하는 더 많은 요인을 고려해서 분석해야 한다. 그러함에도, 본 연구에서 제시한 분석 방법을 통해 목표(target) 기술의 개발 흐름 분석 및 기술 전망을 하고 해당 기술 시장에서 개발 우선순위와 상위 기술을 판별함으로써 기업의 사전 기술 개발 의사결정에 일종의 안내자(guide) 역할을 할 수 있으리라 기대한다. 본 연구는 지식경영 관점에서 볼 때, 본 연구에서 제시한 분석방법을 활용하여 정보 또는 지식이 담겨있는 대용량의 문서들을 일반 사용자들이 쉽게 이해할 수 있는 형태로 지식을 표현·구성하고, 공유되어야 하는 신뢰할 만한 지식들을 해당 분야 내부/외부 전문가들의 합의적인 평가를 통해 양질의 지식만을 사용자들이 공유할 수 있는 기능을 제공하는 지식경영시스템의 필요성을 본 연구는 제시하고 있다. 따라서, 본 연구의 후속연구로서 지식경영의 성과를 향상할 수 있는 새로운 지식경영시스템의 기능 및 구조 연구와 더불어 특허맵 분석 결과를 반영할 수 있는 정량적 지표를 개발하여 AHP 분석 또는 다른 분석방법에 통합되어 반영함으로써 기술평가 및 선정 정확도 및 신뢰성을 향상할 수 있는 방안에 대해 연구하고자 한다.

## 참고 문헌

### [국내 문헌]

- [1] 윤병운, 백재호, 박용태 (2001), 데이터 마이닝을 이용한 특허 인용 분석, 대한산업공학회 춘계학술대회
- [2] 윤재근(1996), AHP기법의 적용 효과 및 한계점에 관한 연구, 한국경영과학회지 제21권, 제3호, 109-124.
- [3] 이금희 (2003), 의류디자인 분야의 특허정보 분석 -국제특허분류를 중심으로-, 복식문화연구, 11(6), 835-851
- [4] 이장희(2008), 기술예측 오류 제거를 위한 델파이와 특허분석 활용 방안, 한국 산업경영시스템 춘계학술대회
- [5] 특허청 (2006), "AMOLED LTPS 기술", 한국 발명진흥회

### [국외 문헌]

- [1] Andal M, Oyanagi S. and Yamakazi K. (2006), Research on text mining techniques to support patent map generation, *Forum on Information Technology*, 111-112.
- [2] Chen, R. (2009), Design patent map visualization display, *Expert systems with applications*, 36(10), 12362-12374
- [3] Chen, W.T., Chang, P.Y. and Huang, Y.H. (2010), Assessing the overall performance of value engineering workshops for construction projects, *International journal of project management*, 28(5), 514-527

- [4] Imren, C. and Emrah, C. (2008), Development of a machine tool selection system using AHP, *International journal of advanced manufacturing technology*, 35(3/4), 363-376
- [5] Lee, S., Yoon, B. and Park, Y. (2009), An approach to discovering new technology opportunities: Keyword-based patent map approach; *Technovation* , 29(6/7), 481-497
- [6] Liu, Ping, Wu, Xinyin and Qi, Changwen (2005), Application of Patent Map in R&D Management of Enterprise, *R & D management*, 17(2), 47-52
- [7] Saaty, T. and Vargas, L. (2001), *Models, Methods, Concepts and Applications of the Analytic Hierarchy Process*, Kluwer Academic Publishers: London
- [8] Schropp, R.E.I., Stannowski, B. and Rath, J.K. (2002), New challenges in thin film transistor (TFT) research, *Journal of non-crystalline solids*, 299/302 pt.2,1304-1310
- [9] Voutsas A.T. (2003), A New era of crystallization: advances in polysilicon crystallization and crystal engineering, *Applied Surface Science*, 208/209, 250-262
- [10] Young Gil Kim, Jong Hwan Suh and Sang Chan Park(2008), Visualization of patent analysis for emerging technology, *Expert Systems with Applications*, 34(3), 1804-1812

● 저 자 소 개 ●

---



**김 관 열 (Kwan Yeoul KIM)**

한국기술교육대학교 기술경영학부에서 MOT 전공으로 석사학위를 취득하고, 현재까지 CMM(Coordinate Measuring Machine) 및 FPD(Flat Panel Display)장비 제조사에 재직 중이다. 주요 연구관심분야는 기술예측, 기술사업화와 기술마케팅으로 실제 기업에 적용 가능한 사례 연구 및 실증연구에 목표를 두고 있다. 소성가공기 및 정밀측정분야 기술엔지니어인 그는 생산기계공학부 당시 사출성형 부형상 설계 소프트웨어를 제작하였으며, 대학 및 중소기업연수원 등에서 정밀측정 및 형상공차 강의를 진행하고 있다.



**이 장 희 (Jang Hee Lee)**

현재 한국기술교육대학교 산업경영학부 교수로 재직 중이다. 고려대학교, KAIST 산업공학과 석사를 거쳐 박사 학위를 취득하고 삼성전자 반도체에서 근무하였다. 주요 관심분야는 데이터 마이닝, 경영정보시스템, 지식경영시스템, 식스 시그마, 품질경영, 기술경영 등이다.