

4P 분석을 통한 양자점 기술개발 현황 분석 -양자점 기술의 응용 및 융합 분야를 중심으로

허니영¹, 고영주^{1*}

¹한국화학연구원 UST 캠퍼스 과학기술정책학과

The Status of Research of Quantum dot Using 4P Analysis -Focusing on the application and convergence field of quantum technology

Na-Young Heo¹, Young-Joo Ko^{1*}

¹Division of Science and Technology Policy, Korea Research Institute of Chemical
Technology UST Campus

요약 양자점 기술은 나노연구 관점에서 벌크 재료에 대한 보완적 응용과 고유한 특성을 활용한 응용의 폭이 넓어 융합기술로서 의미가 크다. 양자점 기술의 발전과 더불어 기술성, 사업성, 시장성에 기반한 현황 분석이 매우 중요하고, 이에 본 연구는 특허, 논문, 시장 및 산업, 국가 R&D 과제 정보를 활용한 4P 분석 방법을 적용하여 양자점 연구의 동향을 파악하고자 한다. 연구의 결과물은 양자점 연구의 방향 설정, 전략 수립에 활용될 수 있는 기초 정보를 제공한다. 특히 특허와 논문 분석을 통해 양자점 연구 성과를 파악하고, 급격한 성장세를 보이는 응용 분야와 사업화를 견인하고 있는 응용 분야를 도출하였다. 또한 선진 연구와 국내 연구 동향을 비교하여 국내 양자점 연구 현황을 진단할 수 있는 초석을 제공하였다는 점에서 본 연구가 의미를 갖는다.

• **주제어** : 양자점, 퀀텀닷, 나노기술, 4P 분석, 기술기획

Abstract Quantum dot technology can be complementary application of the bulk material, and that a wide range of applications that can take advantage of the characteristic convergence technology. With the development of quantum dot technology, it is important to analyze Marketability of quantum technology, business opportunity. In this study, patents, papers, market, analysis of the project will be to investigate the quantum information research trends. Research results are expected to be used as a basis for research and development path setting and strategic planning of the quantum dot. In particular, this study found the performance of quantum dot research through patents and papers analyzed. In addition, fast-growing field, the field to lead the commercialization were derived. Compared to the advanced research and national research was to diagnose the domestic research into quantum dots.

• **Key Words** : Quantum Dot, QD, Nano-technology, 4P Analysis, Technology planning

*교신저자 : 고영주(yjko@kricr.re.kr)

접수일 2015년 2월 9일

수정일 2015년 3월 30일

게재확정일 2015년 4월 20일

1. 서론

1.1 양자점 기술개발의 중요성

양자점(Quantum-dot, QD) 기술은 기존에 존재하는 기술에 혁신을 더하는 연구 테마이며 기존 나노연구 분야의 융합에 영향을 미칠 것으로 기대되는 기술이다. 특히 기초연구 측면에서 파급력이 크고 응용 분야의 폭이 넓어 융합기술로서 의미가 크다[1]. 양자점 기술은 태양 전지, 디스플레이 장치, 바이오 분야 소재와 같이 다수의 분야를 넘나들며 적용이 가능하고 이는 다른 소재들은 보유하지 못한 양자점 기술만의 독특한 장점이라 할 수 있다. 또한 나노연구 관점에서는 벌크 재료를 위한 보완적 응용뿐만 아니라 고유한 특성을 활용한 응용이 가능 하다[2].

최근 양자점 기술은 타 기술과의 융합을 추구하며 동반 성장 경향을 보이고 있다. 양자점 기술은 화학분야에서 중요한 위치를 차지하는 연구 테마이고, 동시에 양자점 기술의 적용처가 폭넓기 때문에 나타난 시너지라고 판단된다. 이와 같은 상황 속에서 양자점 기술에 대해 이해하고 분야를 리딩할 수 있는 선도 기술을 개발하는 것은 향후 관련 시장을 선점하는데 필수적인 과업이다. 또한 일부 국가에서 양자점 기술의 상용화가 초읽기에 접어든 상황이기 때문에 국내에서도 기술개발 우위를 확보하기 위한 노력이 시급한 상황이다.

1.2 기존 문헌 검토

양자점 기술의 중요성으로 인해 기술 동향을 분석하고 분야의 성장을 파악하려는 연구가 증가하고 있다. 이로 인해 양자점 기술에 대한 다양한 분석이 수행되고 있으나 <Table 1>과 같이 동향을 분석하는 대상이 특허와 논문에 집중되어 있다. 양자점 분야 주요 연구에서는 특허와 논문을 통해 연구 동향과 사업화 유망 분야를 도출하고 있으며 강세를 보이는 국가와 응용 분야를 제시하고 있다[3, 4, 5].

그러나 양자점 기술은 기술개발 속도가 빠르고 이미 상용화 기술이 등장하고 있어, 시장성과 사업성에 기반한 분석이 필요한 상황이다. 기존 문헌은 기술 개발 초기 단계에서는 유용한 정보로서 의미를 갖지만 실제 양자점 기술을 적용한 제품을 개발하고 이를 시장에 출시할 때에는 활용하기 어려운 정보원이다. 또한 공통적으로 특허 분석에 의존하는 양상을 보이는데, 단일한 정보원을

활용하는 것은 환경 분석에 있어 실제적인 정보를 반영하기 어렵게 한다.

종합하면 기존 연구들은 양자점 기술의 발전 상황을 고려하지 못하고 있으며 분석의 폭을 확대하고 다양한 정보에 접근하는 것이 필요한 상황이다.

<Table 1> Literature review

Author	Method
J.W Lee(2005)	- Patents analysis
Santo(2006)	- Patents analysis - Papers analysis - Text mining
Alenca(2007)	- Patents analysis
Miyazaki(2007)	- Papers analysis - Text mining
Pei(2011)	- Papers analysis

1.3 연구 목적

본 연구는 양자점 기술개발의 가속화와 이로 인한 기술개발 환경의 복잡성을 고려한 분석을 시도하고자 한다. 특허와 논문에 기반한 분석으로는 기술이 처한 환경을 분석하기 어렵고, 시장성과 사업성의 고려는 가속화되고 있는 기술개발 상황을 고려할 때 반드시 필요한 요소이다. 또한 양자점 기술개발 측면에서도 환경 분석이 미흡할 경우 앞으로 다가올 변화에 대응하기 어려워 질 것이다. 이러한 연구 문제를 바탕으로 본 연구는 양자점 기술 개발 동향을 분석하고 향후 실질적인 기술개발을 위한 과제 기획의 기초자료를 제공하고자 한다.

2. 연구 방법

양자점 분야의 기술적, 산업적 현황을 반영한 분석을 위해 정형화된 틀을 활용하였다. 특허(Patent), 논문(Paper), 시장 환경(Product), 국가 R&D 과제 (Project) 정보를 활용하였기 때문에 4P라고 명명하였으며 이는 한국화학연구원의 과제 기획에 활용되는 분석 방법론으로 객관성과 효율성 측면에서 신뢰도가 높다.

구체적인 분석 항목과 내용은 <Table 2>와 같이 특허와 논문 정보를 포함하고 추가적으로 시장과 산업 정보, 유사 국가 R&D 과제 정보를 포함한다. 특허와 논문은 기

술의 성숙도, 핵심 기술, 최신 연구 동향과 같이 기술개발과 밀접한 내용을 파악한다. 이는 선행연구와 동일한 방식이나, 제품, 기업, 산업에 대한 정보와 동종분야 R&D 과제 동향과의 연계성을 가진 유기적 분석을 수행한다.

<Table 2> Methodology – 4P Analysis

Element	Purpose of analysis
Patent	- Analysis of Technology development level, Core Technology
Paper	- Analysis of Most advanced research, The latest study
Product	- Analysis of Industrial environment
Project	- Analysis of National R&D project (Similarity)

상세하게는 특허 분석에서 잠재적 경쟁 기술을 파악하고 이에 해당하는 특허의 발명 내용, 출원인, 출원기관, 출원국가, 응용분야 등의 내용을 확인한다. 이를 통해 기술개발 수준, 핵심기술, 기술의 위상을 파악한다. 논문 분석은 특허분석과 연장선 상에서 유사하게 분석될 수 있지만, 특허보다 신규한 최신 이슈를 파악할 수 있고 연구 내용, 저자, 인용도 등의 정보를 활용한다. 시장 분석의 경우 시장 전망과 규모를 파악한다. 잠재적 시장과 시장의 규모가 성장세를 보이는지 확인하고 기술개발 완료시 진입할 수 있는 시장의 존재 여부를 점검한다. 국가 R&D 과제 분석은 분석 대상 기술과 유사한 과제가 있는지 분석한다.

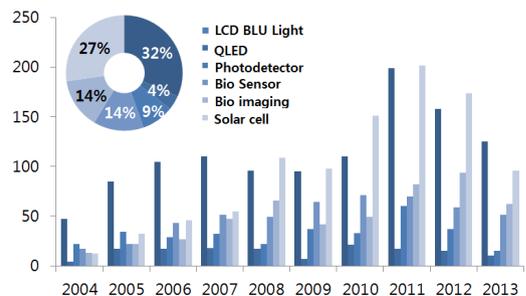
4P 분석은 기술성 이외에 기술이 시장에 진입하기 위해 필요한 요소를 복합적으로 분석한다. 4P 분석의 개별 분석 단위는 기술개발과 관련된 중요한 정보를 제공하고, 각 정보의 연계성있는 분석을 견지하여 기술개발에 있어 반드시 고려해야 하는 요인을 도출할 수 있다. 더 나아가 4P 분석의 결과는 기술개발에 있어 경쟁력을 갖춰야 하는 부분을 도출할 수 있고 이는 향후 사업 포트폴리오 구성, 연구개발의 목표 등을 수립하는데 유용하게 활용될 수 있다. 또한 제품이 사업화되었을 때 진입해야 하는 시장에 대한 대응과 대책 마련이 가능하다.

3. 분석 결과

본 연구는 특허 분석을 위해 Thomson Innovation 데이터 베이스를 활용하였다. 분석 항목은 기본 정보 이외에 ‘Derwent World Patents Index’에서 제공하는 항목을 활용하였다. 분석 국가는 미국, EU, 중국, 일본, 한국을 대상으로 하고 검색 기간은 2004-2014년으로 한정하였다. DWPI 제공 필드에서 기본적인 제공 정보 이외에 ‘Use’, ‘Novelty’를 중점적으로 활용하여 기술의 응용분야와 신규성을 검토하였다. 논문 정보 역시 특허와 동일한 검색 조건하에서 데이터를 수집하였으며 특허 데이터 3,570건, 논문 데이터 8,046건을 대상으로 하였다. 특허와 논문 정보 분석을 위해 Thomson社에서 제공하는 텍스트 마이닝, 자동화 분석 기능을 활용하였다. 시장정보는 응용분야별 시장 전망, 기업 정보를 활용하였으며 국내 R&D 수행 정보는 NTIS에서 제공하는 2004-2014년 기간동안 국내 358개 기관의 양자점 관련 사업과 과제를 대상으로 하였다. 최종 연구개발 과제 분석 대상은 다차년도 과제의 중복을 제외하여 155건으로 압축하였다.

3.1 특허 분석

양자점 분야의 특허출원은 LCD 백라이트와 조명 분야에서 가장 활발한 출원 동향을 보이고 있다. 2011년 최고치를 달성하였으며, QLED 분야 특허와 함께 디스플레이 분야 특허가 가장 높은 비중을 차지한다. 태양전지 분야 역시 2011년 특허 출원 최고치를 달성하였으며 지속적인 특허 출원이 이어지고 있다.



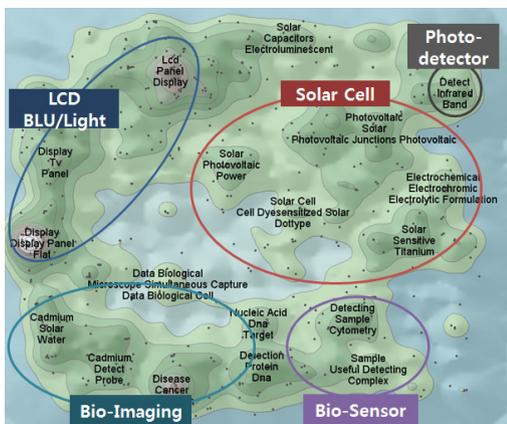
[Fig. 1] Patent Trend Analysis

나노기술 분야의 정착이 2000년대 이후 이루어지고 있다는데 연구자들의 의견이 모아지면서[6], 이와 동시에 양자점 기술내 산업체 참여 비중이 증가세를 보이고 있

다. 특허분석 대상기간인 2004년부터 2011년에 이르기까지 산업체의 특허 건수가 지속적으로 증가하고 있다. 양자점 기술개발 주요 기업을 중심으로 연도별 동향을 확인한 결과, LG, Honeywell, Merck, Dai Nippon Printing 과 같이 1990년대부터 나노기술의 핵심 기업으로 평가받던 글로벌 대기업들이 특허 비중이 높게 나타났다. 또한 상대적인 특허 건수는 적지만 2004년 이후 양자점 분야 특허를 지속적으로 확보하고 있는 Nanosys, Nanoco, QD Vision, QD Solution과 같은 Startup 기업이 존재한다.

또한 바이오 이미징, 바이오센서 분야는 대학의 특허 비중이 높게 나타나는데, 특히 바이오 이미징 분야의 경우 기업의 특허 출원 비중보다 대학의 특허 출원 비중이 높게 나타나, 대학의 연구가 활발함을 확인하였다. 이는 대학에서 논문과 특허 성과를 동시에 도출하고 있는 것을 의미한다.

[Fig. 2]와 같이 특허 데이터를 대상으로 텍스트 마이닝을 수행한 결과 디스플레이, 태양전지, 바이오분야의 키워드 출현 빈도가 높게 나타났다. 논문 데이터 분석 결과와 달리 디스플레이 분야(LCD BLU/Light)의 특허 비중이 높게 나타났고, 마찬가지로 광검출소자 기술이 독립적인 클러스터를 구성하였다. 그러나 광검출소자 분야 특허는 타 응용분야 대비 아직까지 넓은 범위를 차지하지 못하고 있는 상황이다.

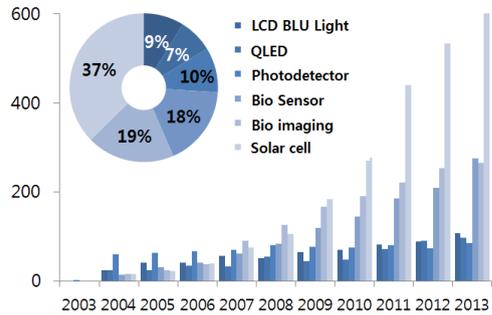


[Fig. 2] QD Core Research and Keyword Cluster- Patent

3.2 논문 분석

양자점 기술의 응용분야별 논문 발표 추이는 2009년 이후 지속적인 증가세를 보이고 있으며 태양전지 분야(37%)에서 급격한 증가를 나타내고 있다. 바이오이미징

과 바이오센서 분야의 논문 게재 건수도 증가하고 있으며, 두 분야를 합산할 경우 전체 건수 중에서 37%를 차지하여 태양전지 분야와 비견할 만큼 높은 비중을 차지한다.



[Fig. 3] Paper Trend Analysis

논문 발표 상황과 특허 출원 상황을 비교했을 때, 논문은 태양전지, 바이오분야에서 강세를 보이고 있으며 특허는 디스플레이, 태양전지 분야에서 성장이 나타나고 있다. 디스플레이와 태양전지 분야를 이어 바이오이미징, 바이오센서, 광검출소자 분야의 특허 역시 지속적 증가세를 보이고 있다. 태양전지 분야의 경우 논문과 특허 모두 활발한 연구 성과가 도출되고 있으며 디스플레이 분야는 논문보다 특허에서 강세를 보이고 있다. 바이오 분야의 경우 바이오이미징, 바이오센서 관련 논문 성과가 다수 발표되고 있으며, 특허에서도 유사한 양상이 나타나고 있다. 다만 광검출소자의 경우 특허에서 증가세를 나타내고 있으며 이는 논문보다 특허가 활발하게 출원되고 있는 상황이라 할 수 있다.

논문 데이터의 텍스트 마이닝 결과는 태양전지, 바이오 분야 키워드의 출현 빈도가 높게 나타났다. LCD 백라이트와 조명, 광검출소자 분야의 키워드도 클러스터를 소규모로 구성하였으며, 독립적인 기술군을 형성하였다. 다만 QLED 분야는 독립적인 기술군을 형성하기에는 논문 성과의 비중이 낮은 상황이다. 특히 광검출소자 기술군의 등장은 특허 데이터 결과와도 일치하는 내용으로, 광검출소자 분야 연구가 활성화되고 있다고 볼 수 있다.

플레이 분야이며, 특히 LCD 백라이트(BLU) 분야의 특허권이 강화되는 추세임

- 디스플레이와 더불어 바이오 분야는 양자점 기술의 주요한 응용처임. 이로 인해 바이오 분야 응용을 타겟으로 하는 양자점 기술개발이 활발함
- 국내 연구개발 상황은 디스플레이와 태양전지 분야에 주력, 바이오 분야는 연구개발이 저조함

양자점 기술과 관련하여 가장 시장성이 높다고 평가되는 분야는 디스플레이, 바이오 분야로 나타났다. 바이오 기술과 양자점 기술의 융합을 시도하는 사례도 증가하고 있어 이에 대한 기술개발 성과도 가시화될 것으로 보인다. 국내 양자점 연구 역시 바이오 분야와 융합이 나타나, 디스플레이와 태양전지 분야 연구에 보다 주력하고 있는 것으로 보인다. 바이오 분야에 대한 국내 R&D 프로젝트 비중도 낮은 상황이다. 바이오 분야는 핵심기술을 확보하여 시장을 선점할 수 있는 가능성이 높은 분야로, 시장성이 기대되는 바이오이미징, 바이오센서 등의 분야에 대한 육성이 필요하다. 이러한 지원을 통해 양자점 기술에 대한 균형있는 포트폴리오를 구축할 수 있을 것이다.

4. 결론 및 후속 연구

본 연구는 4P 분석을 활용하여 양자점 기술의 응용분야별로 사업화 측면의 신규한 양자점 기술개발 이슈를 도출하였다. 양자점 기술개발 현황, 세계적인 양자점 시장 전망, 국내의 기술개발 프로젝트 현황을 포함하였으며 이를 바탕으로 향후 양자점 기술개발 방향 설정과 전략 수립을 위한 기초자료로 활용 가능하다.

그러나 이러한 기술개발 현황은 주기적으로 검토될 필요성이 있다. 기술을 둘러싼 환경은 지속적으로 변화하며 이를 모니터링하여 기술개발 전략을 수정하고 경쟁자 연구에 대한 동향을 파악할 수 있다. 또한 본 연구는 양자점 동향 분석 관한 초기 연구에 해당하여 본 연구의 내용을 발전시킨 고도화된 분석이 향후 필요할 것으로 보인다.

REFERENCES

- [1] Nazrul Islam, Kumiko Miyazaki, "Nanotechnology innovation system: Understanding hidden dynamics of nanoscience fusion trajectories", *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 76, pp. 128-140, 2009.
- [2] H.S. Hong, K.S. Park, C.K. Lee, B.S. Kim, Y.S. Kang, Y.H. Jin, "Current and Future Quantum dot Technologies", *Journal of Korean Power Metallurgy Institute*, Vol. 19, No. 6, pp. 451-457, 2012.
- [3] Kumiki Miyazaki, Nazrul Islamm, "Nanotechnology system of Innovation? An analysis of industry and academia research activities", *Technovation*, Vol. 27, pp. 661-675, 2007.
- [4] Marico de Mirandi Santo, Gilda Massari Coelho, Dalci Maria dos Santos, Lelio Fellows Filho, "Text mining as a valuable tool in foresight exercises: A study on nanotechnology", *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 73, pp. 1013-1027, 2006.
- [5] Ruimin Pei, Alan L. Porter, "Profiling leading scientists in nanobiomedical science: interdisciplinarity and potential leading indicators of research directions", *R&D Management*, Vol. 41, No. 3, pp. 228-306, 2007.
- [6] Federico Munari, Laura Toschi, "Running ahead in the nanotechnology gold rush. Strategin patenting in emerging technologies", *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 83, pp. 194-207, 2014.
- [7] Berry Bozeman, Philippe Laredo, Vincent Managematin, "Understanding the emergence and development of nano S&T", *Research policy*, Vol. 36, pp. 807-812, 2007.
- [8] B.H. Hyeon, J.H. Yoon, J.H. Seo, "New Research and Development Planning Theory", *KyungMoonSa*, 2006.
- [9] Frank T. Rothaenrmel, Marie Thurby, "The nanotech versus the biotech revolution: Sources of productivity in incumbents firm research",

Research policy, Vol. 36, pp. 832-849, 2007.

- [10] Frost&Sullivan, "Opportunities for Quantum Dot Display and Lighting? Emerging Technology Set fo Revolutionize Display Industry", Frost&Sullivan, 2012.
- [11] Hyun Ju Jung, Jeongsik Jay Lee, "The impacts of science and technology policy interventions on university research: Evidence from the US National Nanotechnology Initiative", Research policy, Vol. 43, pp. 74-91, 2014.
- [12] J.H. Yoon, B.H. Hyeon, J.H. Seo, "Research and Development Planning Methodology; Market cohesive way", Korean Technology Innovation Societies Fall Conference, 2006.
- [13] J.W. Lee, "Nanomaterials Technology Trends Analysis", Seoul:Korean Federation of Science and Technology Societie, 2006.
- [14] M.S.M Alencar, A.L. Porter, A.M.S Antunes, "Nanopatenting patterns in relation to product life cycle", Technological Forecasting and Social Change, Vol. 74, pp. 1661-1680, 2007.
- [15] S.H. Shin, B.H. Hyeon, "Research productivity analysis using patents and papers", Journal of Korean Technology Innovation Societies Vol. 11, No. 3, pp. 400-429, 2008.
- [16] Y.H. Moon, J.S. Park, J.Y. Lee, S.Y. Park, B.Y. Ko, "National R&D planning capacity building strategy through effective use of information", Korean Technology Innovation Societies Fall Conference, 2006.

저자소개

허 나 영(Na-Young Heo)

[학생회원]



- 2013년 2월 ~ 현재 : 과학기술연합대학원대학교 과학기술경영정책 석사과정 재학중

<관심분야> : 과학기술정책, 기술기획

고 영 주(Young-Joo ko)

[정회원]



- 1986년 2월 : 서강대학교 대학원 화학과 (화학 석사)
- 2006년 2월 : The University of Manchester 과학기술정책 (과학기술정책학 박사)
- 2011년 11월 ~ 현재 : 한국화학연구원 대외협력본부장

- 2012년 9월 ~ 현재 : 과학기술연합대학원대학교 겸임 교수

<관심분야> : 과학기술정책, 화학산업 정책, 국가 R&D 정책기획