광(光)기반 융·복합 신산업

DOI: 10.3938/PhiT.24.019

안선영·신용진

Photonics-based New Convergence Industry

Sun young AHN and Yong Jin SHIN

As a core growth engine industry, the photonics industry will create a new industry through convergence with other industries. Photonics technology affects various industrial sectors, such as the IT, CT, BT, MT, car, military, energy, construction, design, and medical sectors, and has tremendous potential.

광산업은 타 산업과의 융복합을 통해 산업 전반에 새로운 활력을 가져다 줄 핵심 성장 동력으로서 신산업을 창출해 나갈 것이다. 광 기술은 산업간 융합에 있어서 IT, CT, BT, MT, 자동차, 국방, 에너지, 건설, 디자인, 의료분야 등 전방산업의 고도화 및 생산성 향상 등에 많은 영향을 미칠 수 있는 기술로서 향후 산업융합과 연계되어 수요증가의 가능성이 클 것이다.

서 언

광산업은 빛을 생성·제어하여 정보를 저장하거나 전달하는데 필요한 부품·소재·장비·시스템을 포괄하는 산업으로 기존 산업과의 융복합을 통해 우리나라 산업에 새로운 활로를 가져다 줄 핵심 신 성장 동력 산업이다. 우리나라에서는 2000년도에 광산업이 지역전략산업진흥사업으로 정부로부터 지정되면서 광주 첨단산업단지를 중심으로 국내 광산업 클러스터를 구축하여 양

적 측면뿐만 아니라, 관련 연구 인프라, 기업, 기업지원기관 등 질적 측면에서도 세계적인 광산업 클러스터로 성장하였다.

그러나 국내 광산업 및 관련 기업들은 최근 들어 조선, 자동차, 에너지, 의료 등 타 산업과 융·복합을 통해 기존산업의 획기적인 고부가가치화 실현이라는 중대한 해결 과제와 함께 치열한 경쟁에서 살아남기 위한 기업 경쟁력 확보라는 어려운 환경에 직면해 있다. 국내 광산업의 경우 대내외 여건에 쉽게 흔들리는 취약한 구조에서 벗어나지 못하고, 뚜렷한 미래 성장 동력을 확보하지 못하고 있으며, 일부 토종 강소기업이 출현하였으나 글로벌 수준의 기업화에는 다다르지 못한 상황이다. 이를 해결하기 위해서는 무엇보다 기업의 경영효율성과 생산성 제고를 통해 기업의 경쟁력을 확보하는 것이 중요한 과제 중의 하나이지만 무엇보다도 광기술을 기반으로 한 광기반 융·복합 신산업 발굴 및 기술 경쟁력 확보가 중요하다. 본고에서는 최근 광산업의 국내·외 기술 현황과 국내 광산업의 한계점이 무엇인지 살펴보고, 광기반 융·복합 신산업 발전방안에 대해 생각해보았다.

광(光)산업 개요

광산업이란 특정 파장이나 에너지의 빛이 가지고 있는 성질을 이용 및 활용하여 다양한 분야의 첨단 제품을 생산 및 제조하는 산업으로 빛을 만들고, 제어하고, 활용하는 것과 관련된 소자, 기기 및 시스템 산업을 총칭한다. 전통적으로 광학 및 광원(조명기기) 분야에 국한되었으나 1960년대 레이저가 발명된 이후 광전자, 초정밀계측, 의료기기 등 다양한 분야로 확장되어 가고 있다. 특히 빛을 특정 에너지와 운동성을 가지는 입자로 취급하는 광자(photon)의 성질을 이용하기 때문에 물리학 및 광공학 분야에서는 기술적인 용어로 광자기술, 즉 포토닉스(Photonics) 산업이라고 부르기도 한다. 이러한 빛은 에너지를 갖고 있을 뿐 아니라 파동성과 입자성이 있어 오늘날 정보를 전송할 수 있는 광통신 기술로 발전되었으며, 정보를 저장 및 변환할 수 있는 광학드라이브(CD-ROM) 등의 분야로도 확장되었다.

저자약력

안선영 박사는 2012년 전남대학교에서 박사학위를 받았으며, 현재 한국광산업진흥회 정책기획부 부장으로 재직 중이다. (asybig@kapid.org)

신용진 교수는 1990년 New York University (Polytechnic Institute)에서 박사학위를 받은 후, 현재 조선대학교 물리학과 교수로 재직 중이다. (yjshin@chosun.ac.kr)

Grupp(1992)가 과학집적도가 가장 높은 분야로 Laser, Laser medicine, Genetics & Pharmacy, Polyimides, Fuel Cell 등 이고, 과학집약도가 평균 이상인 분야로 Optics, Image Transmission, Sensors, Coating 등으로 제시한 바와 같이 광산업은 과학적 집중도가 매우 높은 과학기반산업의 특성을 가지고 있다. 따라서 광산업은 아이디어 및 기술력의 비중이 크며 원자재와 인건비 부담이 적은 지식기반형 산업으로서, 환경친화형 산업이며 타 산업에 비해 기술변화가 빠르다는 특성을 지니고 있다. 따라서 기술 인력의 질과 수준이 산업경쟁력을 좌우하는 전형적인 기술집약적 산업이다.

2000년대 들어 광산업의 발전 없이는 미래 정보화 사회의 실현이 불가능할 정도로 그 중요성은 매우 높아지고 있다. 반도체 레이저, 발광소자(LED) 등 세기와 파장대가 조절되는 광원이 개발되고, 이러한 광원의 특성에 맞는 응용분야의 개척이 이루어지면서 광산업이 비약적으로 발전되었다. 최근에는 급증하는 인터넷 통신의 수요로 인해 대용량의 정보를 초고속으로 송수신하고자 광통신기술이 접목되어 통신수단의 혁신적인 변화를 가져왔다. 또한 생명기술(BT), 나노기술(NT), 환경기술(ET) 등 미래 유망 분야와 국방, 생산가공 및 측정 등 다양한 분야의 기반을 이루고 있으며, 인류의 복지증진과 지구환경에 기여하는 국가의 공통 자산이자 국내 모든 산업에 영향을 미치는 기반 산업이다.

광산업의 범위는 산업의 특성상 첨단 제품들로 구성되어 있다. 따라서 그 기준과 분류에 있어 한국표준산업분류에 별도로 부여되지 않은 상황으로, 국내 산업계 및 학계 등에서는 2000년도에 한국광산업진흥회에서 만든 광산업 분류표를 기준으로 광산업의 범위로 간주하여 분류하고 있다. 학문적이고 기술적인 범위는 물리학 또는 광공학을 중심으로 전자공학, 전기공학, 기계공학 등과 결합하거나 융합한 형태를 나타내고 있으며, 빛 관련 기술 및 요소기술 즉, 소자, 모듈, 재료, 설계이론, 가공기술 등을 포괄하며 이들을 위한 소프트웨어 등도 포함된다.

국내·외 광산업 기술현황

최근 광산업 시장 이슈는 광통신 분야의 경우 중국 등 신흥 국가들이 광통신 제품의 저가 공세로 시장을 급격하게 잠식하고 있으며, 스마트폰 보급률 확대 및 통신서비스의 폭주 등으로 인해 통신량을 수용하기 위한 새로운 개념의 통신, 소자, 망 구현법이 개발되고 있다. 아울러 통신 트래픽이 증가함에 따라 현재의 IP라우터 중심의 전달 망 환경에서 광파장 스위치 및 캐리어이더넷 중심으로 전달 망 환경이 변화될 것으로 예상되고 있다.

빛을 생성·제어하여 조명·통신·의료, 소재가공 등에 활용하는 부품·소재·장비·시스템 산업

- 60년대 빛 생성기술(LED, 레이저)에서 시작 → 80년대 이후 빛의 제어·활용 기술개발로 산업화
- 90년대 광섬유 기반의 광통신 산업 본격화 → 2천년대 들어 LED, 태양광 산업 등으로 확대 중
- 최근 들어 레이저 응용, 적외선 광학렌즈, 광센서 등 新유망 분야 부각

Fig. 1. Definition of Photonics Industry and application sector.

Table 1. Classification of Photonics Industry.

대분류	중분류	세분류
광통신	광통신시스템	기간망 전송장치, 분배망 전송, 능동형 장치, 수동형 장치
	광통신부품	통신용 수발광소자, 수동형 부품, 능동형 부품, 통신용 광섬유
광원 및 광전소자	광원	반도체 광원, 방전용 광원, 특수 광원
	광전 변환기	반도체 광검출기, 태양전지, 비반도체 광변환기
광정밀기기	레이저 기기	의료용 레이저기기, 산업용 레이저기기, 연구용 레이저 기기
	광계측 및 센서기기	의료용 광계측 및 센서기기, 산업용 광계측 및 센서기기
광소재	광재료	비결정 광재료, 광결정
	광소재 부품품	비통신용 광섬유, 광학재료부품
광정보기기	광정보 입출력기기	입출력 가능기기, 출력 전용기기
	광정보저장매체	저장 반복 매체, 일회 저장 매체
	영상 표시기	평판 디스플레이, 3차원 디스플레이, 프로젝션 디스플레이
광학 기기	관측검사기기	일반용, 산업용
	화상기록재생	일반용, 산업용

※ 자료 출처: 한국광산업진흥회 홈페이지

LED 분야의 경우 Cash-Cow의 불연속성 및 원가하락에 의한 시장상황이 악화되어 어려움을 겪고 있는데 이는 LED 조명 분야 국내의 대기업의 표준화 선도 및 폐쇄적인 정책으로 인한 국내 중소기업들의 대외 경쟁력이 약화된 것으로 예상된다. 그러나 2015년 1월에 LED 품목의 경우 중소기업적합업종 지정이 해제되어 국내 LED 대중소기업간 상생협력을 통해 국내 LED 시장을 견인할 수 있을 것으로 예상된다. LED 산업의 경우 기존 단순조명으로써의 LED 조명시장에서 LED 융합 기술로 발전하고 고효율, 저가격화 실현 방향으로 조명시장이 변모될 것으로 보이며, 고효율/고방열, 장수명 LED 조명으로

발전하여 최근 이슈가 되고 있는 OLED 조명과의 차별화가 필요한 실정이다.

광정밀기기 분야의 경우 국제적인 기술경쟁력 확보를 위한 연구, 투자 등으로 인해 상용화가 급속히 진행 중이나, 아직 시장 진입기로 5년 이상의 선진국과의 기술격차 해소를 위한 다양한 연구가 필요하며, 해외에서는 노후화된 교량, 건물 등의 보수와 관련하여 실시간 광계측 기술 개발 등이 러시를 이루고 있으며, 구조물과 센서시스템이 일체화된 스마트 구조가 이슈가 되고 있고 수년 내 다양한 산업분야로 확대가 예상되고 있다. 고출력 다이오드는 최근 각광을 받고 있는 다이오드 레이저를 위한 여기광으로 사용되며 이러한 여기광방식의 레이저는 수명, 빔 품질, 신뢰도 등에서 우수하여 각광을 받고 있다.

레이저 가공기술은 레이저 빔의 집속과 시공간적 정밀제어가 가능하여 반도체, 전자, 자동차, 메카트로닉스 등 첨단산업 분야에서 고품질 부품을 가공하는 필수적인 기술로 활용되고 있고, 펄초 레이저 출력력이 테라와트(terawatt, TW=10¹² W) 급으로 증가되면서 응용 영역이 급속도로 확대되기 시작하였다.

고출력 광섬유 레이저 개발로 다양한 산업분야에서 활용이 급속히 확대됨에 따라 광섬유 기반의 다중 펄프광원 결합기 및 출력 편광조정기의 개발과 상품화가 활발히 추진되고 있다. DPSSL은 CO₂ 레이저, Flash Lamp 펄핑형 고체 레이저, Excimer 레이저 등 기존의 레이저를 대체하는 새로운 레이저 시스템으로 부상하고 있다. 국내에서는 기존의 레이저 산업분야에 대한 지원은 레이저 자체를 이용하여 새로운 응용분야에 접목시키는 연구를 하는데 치중되어 있어서 산업용 레이저 자체를 개발하고 이를 지원하는 시스템 구축이 매우 시급한 실정이다.

태양광 분야의 경우 가동률과 출하량이 증가하고 일부 기업들이 투자를 재개하고 있는 상황에서 글로벌 공급과잉의 여파로 '11년~'13년에 대다수의 국내 태양광 기업들은 사업을 철수했지만 '13년 2분기에 국내 기업들의 재고가 상당부분 소진되었고 많은 태양광 모듈 기업들이 최근 높은 가동률을 보이고 있으며 일부 기업들은 늘어난 주문에 대응하고자 생산용량을 확대하고 있는 추세이다.

광소재 분야의 경우 비구면 광학렌즈의 연구개발은 군수산업이 발달된 미국, 독일의 일부 업체(미국 LightPath사, 독일 Umicore사 등)들이 관련 핵심기술 및 노하우를 독점하면서 주도하며, 민수분야로의 시장 확대를 모색하고 있다. 비정질 실리콘(a-Si)을 이용한 microbolometer 어레이 센서는 세계 많은 연구기관들과 기업에 의해 개발 및 상용화되고 있다. 플라스틱 비구면 렌즈는 초기에 안경렌즈나 뷰파인더용으로 주로 사용되

Table 2. Technical standard of Korea for major photonics industry fields. (from Ref. [8])

분 야	기술 수준 (선진국대비)	정책적 중요성	향 후 과 제
광소재 - 가시광선 광학렌즈 - 적외선 광학렌즈	세계최고수준 50%	신규 민수 시장 확대	렌즈 제작 기술개발
광통신 (광섬유, 수동부품)	세계최고수준	정보사회 구현의 핵심	핵심부품-모듈고기능화
광원응용 (LED, 태양광)	90%	높은 성장성, 녹색산업	LED조명, 융합시대 대비
광정보기기 (LED BLU, 디스플레이)	세계최고수준	-	-
광정밀기기 - 레이저	80%	기존산업 고부가가치화	원천기술개발 및 부품개발
- 센 서	75%	기존산업 고부가가치화	핵심부품 및 시스템 상용화
광학기기	30%	-	-

었으나 최근에는 PC 카메라, 디지털 카메라, 광 저장장치 픽업, IMT-2000용 단말기용 소형렌즈에서 프로젝션 TV용 대형 렌즈에 이르기까지 폭 넓게 활용되고 있다. 높은 광선 투과율, 고해상도, 복굴절 없음이 요구되는 휴대폰 카메라 렌즈에 글라스 렌즈의 채용이 증가할 전망이며, 비구면 글라스 렌즈용 초정밀 몰드금형을 비롯한 광학 정밀렌즈용 광학유리 소재의 개발에 대한 연구들이 추진되고 있다. UV 경화 소재의 광학적 특성 한계로 고품질 렌즈 모듈의 양산성에 문제가 있으나 이를 해결하기 위한 소재 관련 기술개발이 활발하게 진행되고 있다.

국내 광산업의 한계점

우리나라 광산업은 LED BLU, 디스플레이 등 광정보기기 분야와 광통신 분야 중 광섬유와 수동부품에서는 세계 최고의 기술경쟁력을 확보하고 있으며, LED 및 태양광분야에서는 선진국 대비 90%, 레이저 분야에서는 80%의 기술경쟁력을 확보한 것으로 파악된다.

그러나 국내 광통신 분야의 경우 광통신 벨류체인 내에서 중간 연결 계층인 전송장비/서비스시스템의 계층이 취약하여 국내 광통신 부품업체가 해외로 수출한 부품으로 만든 모듈이나 장비를 수입하여 사용하고 있으며, 상당수의 부품마저도 중국에서 수입하는 상황이 초래되었다. 이는 광통신 시장의 흐름이 전체적인 시스템 및 모든 부품의 모듈화를 통한 패키징화된 제품의 수요가 증가하고 있는 반면, 국내 업체들은 부품 및 단품 위주의 제품만을 생산하여 판매하고 있어 선진사에 비해 시장 경쟁력이 약화되는 것으로 예상된다.

LED 분야의 경우 일반 조명에 비해 고가인 LED 조명제품에 대한 소비자의 선호도가 아직까지 높지 않아 시장이 확대되지 못하고 있는 상황이며, 다수의 경쟁자로 시장이 포화상태가 되어 신규 진입 또한 어려운 상황이다. 또한 중국 저가제품

Fig. 2. Innovation of photonics-based convergence technology. (from Ref. [10])

에 비해 가격 경쟁력에서 취약성이 있는 국내 제품에 대한 차별화(방열기술 등) 및 고부가가치(광의료 등) 틈새시장에 진출할 수 있는 제품 개발이 시급한 상황이다. 또한 LED 시장이 점차 확대될 것으로 예상되고 있으나 이에 따른 소비자의 눈높이도 올라가고 있어 자발적인 품질 제고 노력이 시장진입 및 시장점유율 확대에 중요한 요소로 작용할 것으로 예상된다.

국내 광산업체 시장창출 능력차원에서 분석해 보면 국내 광산업은 그간 R&D 중심의 지원정책으로 판로개척, 마케팅, 사업화 지원 등의 지원이 상대적으로 부족하여 신시장 창출이나 과잉경쟁을 초래한 것으로 보이며, 기업들 사이의 기술 협력 및 공동 마케팅 등의 상생협력이 필요한 상황이다.

광산업뿐만 아니라 국내 산업의 고질적인 문제인 우수인재 영입과 관련해서는 국내 광산업의 경우 낮은 급여문제 등으로 우수한 인재의 채용이 사실상 어려우며, 생산인력의 채용에 있어서도 정착률이 낮은 실정으로 인력 부족, 특히 숙련공 부족의 문제가 지속적으로 발생되고 있는 것으로 파악된다.

시장 선순환 구조 측면에서는 국내 광산업은 부품산업 위주로 각각의 부품을 생산하여 업체별로 개별 마케팅이 이루어지고 있는 상황이다. 반면에 해외 대기업들은 시스템에서부터 부품까지 수직 계열화를 통해 마케팅이 이루어지고 있어 시장 경쟁력을 확보하고 있는 것으로 보인다.

광기반 융·복합 신산업 도출

최근 사회는 물질문명의 진보와 경제적 풍요로 인해 산업사회 이전의 의식주에 대한 기본적인 욕구는 이제 전혀 다른 차원의 산업적·경제적 욕구로 변화되고 있다. 경쟁심화에 따른 신시장 창출의 필요성과 기술 혁신에 따른 가능성 증대, 무엇보다도 소비자의 욕구/니즈의 향상에 따라 사람들은 건강하고 안전한 사회, 편리하고 즐거운 사회, 소통하여 감정을 공유하는 공감의 사회를 요구하고 있다. 이러한 사회와 연결되는 서비스나 기술, 제품은 미래 사회의 가장 유망한 산업이 될 것

첨단 인지-광 융합산업 생태계 조성

Main Issues	안전	건강/생활	환경/에너지	문화/삶의 질
Key Technology	구조물진단 식품안전 교통안전 재난관리	식품공장 진단 및 수술 홍의료 바이오로봇	광감응기술 에너지 저장/절감 전력전송 환경모니터링	유비쿼터스 사물인터넷 디스플레이 감성/방조영
관련 광기술분야	광계측/제어 이미징 광통신 레이저	광의료기기 영상통신신료 광원 광배양	광계측/제어 광촉매 광발전	조명 광통신 레이저
특화 분야	광통신 및 센서 광소재 및 응용	LED & OLED 광통신 및 센서	LED & OLED 광소재 및 응용	광통신 및 센서 LED & OLED 광소재 및 응용

Fig. 3. Optical technology and specialized field related with cutting edge perception-photonics convergence industry. (from Ref. [10])

로 예상되고 있다. 이러한 소비자 니즈의 다양화 및 고도화를 해결하기 위한 수단으로 광기술을 기반으로 한 융·복합기술 개발의 필요성이 제기되고 있다. 광기반 기술 활용의 여건이 마련되면 산업간 융합 또한 산업의 지능화를 촉진하고, 기존 산업에서의 새로운 가능성을 제고할 수 있다.

산업연구원에서 2014년 말에 선정한 10대 미래 유망기술·산업 및 정부정책 동향을 살펴보면 WoT/IoT 플랫폼 기술, 빅데이터 및 클라우드 기술, 5G 무선통신시스템 기술, 초다시점 콘텐츠 및 방송시스템 기술, 신재생 에너지 기술, 에너지 저장장치 기술, 줄기세포 치료제 기술, 차세대 의료기기 기술, 멀티스케일 융·복합 소재 기술, 친환경자동차 기술 등을 10대 미래 유망기술 및 산업으로 분류하고 있다. 특히 최근에는 정부에서 창조경제의 기반으로 가장 중점을 두는 ICT(Information and Communications Technologies) 산업과 빅데이터, 모바일, 웨어러블이 새로운 화두가 되고 있다. 더 나아가 사물인터넷은 가장 핫 이슈로 미래유망기술로 떠오르고 있다.

광산업은 제조업과의 융합도 활발하나, 광산업 특성상 ICT 산업과의 융합이 가장 용이한 것으로 보인다. 그동안 광산업과 자동차, 가전산업 등이 결합한 형태로 융합산업을 발굴하였고, 광역경제권 정책을 통해 조선 산업으로 확장하였다. 또한 의료, 환경, 건설, 농수산 등 틈새 시장을 겨냥한 융합아이템 발굴도 활발히 진행 중에 있다. 하지만 무엇보다도 국내 광산업이 경쟁력을 확보하기 위해서는 만물통신(IoE) 플랫폼, 감성형 단말 기술, 지능형 ICT 융합모듈, 5세대(5G) 이동통신 등 핵심 기술을 접목하여 광산업을 한 단계 더 도약시킬 수 있는 광기반 융합기술 개발 및 틈새시장 발굴이 필요하며, 이를 바탕으로 광기반 융·복합 신산업을 도출해낼 수 있다. 안전에 관련된 광기술 미래 유망분야는 구조물 진단, 식품 안전, 교통 안전, 재난관리 등이 있다. 건강/생활 분야는 식품공장, 진단 및 수술, 광의료기기, 바이오 로봇 등이다. 환경/에너지 분야는 광

감응기술, 에너지 저장/절감 기술, 전력전송분야, 환경모니터링 기술 등이고, 문화/삶의 질과 관련 분야는 유비쿼터스, 사물인터넷, 디스플레이, 감성/방송조명 등이 미래 유망기술 및 시장 분야로 도출되었다. 이를 통해 광을 기반으로 한 신산업 분야를 첨단 인지-광융합 산업으로 육성하여 국내 광산업의 구조 고도화, 기업의 핵심역량 강화, 광기업의 사업화 실현을 통한 기술 경쟁력 제고 및 세계 시장 선점이 가능할 것으로 예상된다.

결 론

우리나라의 광산업은 그동안 많은 정책적, 경제적 지원이 이루어진 것에 비해 신제품 개발이나 신시장 창출 활동이 다소 부족하여 중국 저가 제품과의 경쟁에서 시장성을 잃어버리는 현상이 발생되고 있다. 이를 해결하기 위해서는 무엇보다도 새로운 광응용 기술과 광융합 분야에서의 신기술 창출을 기반으로 경쟁력을 확보해야 할 것이다. 지적재산권 확보에 있어서는 광기술 관련 대학 및 연구소와 공동 연구를 통해 핵심/원천 특허를 확보할 수 있는 종합적인 지원책 마련과 시장/기업중심의 연구개발 지원이 필요할 것이다. 기술 및 고급 인력 부족 문제를 해결하기 위해서는 기술 및 지식을 보유한 주변 대학

및 연구소로부터 맞춤형 컨설팅 지원으로 개별 기업의 인적자원의 역량을 강화해야 할 것이다. 국내 광산업 제품의 고부가가치를 높이기 위해서는 해당 분야의 기술적 우위 확보가 중요하지만, 무엇보다도 타 산업과 융합이나 타 기술과의 융·복합으로 신규 틈새기술 발굴이 중요할 것으로 사료된다.

REFERENCES

- [1] Promoting Gwangju Photonics Industry and Integration Plan, KIET (2000).
- [2] Y. J. Shin, Research Report on Photonics Industry (Biophotonics), KAPID (2003).
- [3] White paper for Photonics Industry, KAPID (2005).
- [4] Y. J. Shin *et al.*, Medium and long term development plan for Photonics Industry, Gwangju City (2005).
- [5] Y. J. Shin, The here & hereafter of Korea photonics industry, KSA (2006).
- [6] Planning Report for Photonics 2020, KIET (2010).
- [7] Y. J. Shin, Gwangju Photonics smart specialisation strategy, OECD outreach workshop, 83 (2013. 4. 3).
- [8] Current status and prospect of 2014 domestic and international Photonics Industry, KAPID (2014).
- [9] Analysis report for Photonics Industry Technology competitiveness, KAPID (2014).
- [10] Medium and long term development strategy for 2nd leap of Gwangju Photonics Industry, GJTP (2015).