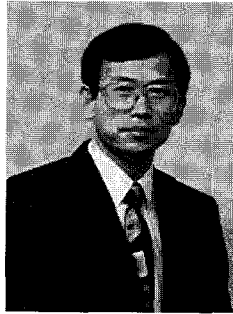


5. 국내 광학연구 동향(한국광학회지 수록 논문 분석) 광통신기술 연구논문 가장 활발해 광학계 설계 및 평가 꾸준히 증가

1995년과 2000년 한국광학회지 수록 논문을 분석해 본 결과 새로운 세부분야가 많이 생기고 기존분야는 더욱 전문화·구체화되며 실용성 있는 연구가 많아졌다. 국내에서 기술 수요가 크고 연구비 지원이 많이 이루어지는 광통신기술 분야 연구 논문이 가장 많이 발표되고 있으며 앞으로도 급격히 팽창할 것으로 전망된다. 광학계 설계는 꾸준히 연구가 이루어지고 있어 수요가 지속적으로 있음을 알 수 있다. 광학계 평가도 크게 증가되고 있으며 이는 비구면, 대구경 광학계와 초연마 광학면에 대한 평가 수요가 반영된 결과로 보인다.



글·이인원 부장/한국표준과학연구원 광기술표준부

1. 서론

국내의 대학, 연구기관, 산업체에서의 광학연구 동향을 알아보는 방법으로 한국광학회지에 발표된 논문을 분석해 보았다.

1995년도에 1년간 발표된 논문과 2000년도에 1년간 발표된 논문을 분석해 연구동향의 변화를 감지하고자 했으며, 주요 기관별 연구분야를 분석하기 위해서는 최근 동향만을 반영하도록 2000년도의 자료만을 사용했다. 2000년도에는 국문학술지인 한국광학회지 이외에 영문학술지도 간행되었으나 1995년에는 영문지가 없었던 점을 고려하여 2000년도에도 국문지만을 분

석 대상으로 했다.

1995년에는 52편의 논문이 발표되었고 2000년도에는 77편의 논문이 발표되어 영문지를 제외하더라도 많이 증가한 수치를 보여 주고 있으며 이러한 사실은 광학분야 연구가 더욱 활성화 되었음을 말해주고 있는 것이다.

하나의 논문에는 저자가 여러 명 있는 것이 보통이고 연구기관도 단일기관이 아닌 경우가 많으므로 기관간 통계에서는 공동연구로 참여한 실적도 모두 고려했다.

한국광학회가 광학연구를 하는 전문가들의 집합체라고 볼 수 있으므로 한국광학회지가 국내의 광학연구 동향을 대체로 반영한다고 할 수 있

다. 하지만 제품기술 연구는 논문으로 발표되지 않는 경향이 있는 점과 활발한 연구를 하는 전문가들 중 일부는 외국 학술지에만 주로 투고하는 경우도 있는 점을 고려할 때 국내의 광학연구 활동이 여기에서 분석된 내용에 국한되지 않는다는 사실도 기억할 필요가 있다.

2. 기술분야별 연구동향

가. 광학계 설계

5년 전에는 카메라용 줌렌즈, 적외선 열상장비용 줌 망원경 설계 등이 수행되었으며 2000년도에는 소형인공위성용 망원경설계, 레이저 프린터용 플라스틱 $f\theta$ 렌즈의 설계 및 플라스틱 재료의 복굴절이 결상빔경에 미치는 영향 분석, 회절광학소자를 이용한 디지털스틸카메라 광학계 설계, 타원 비구면 측정을 위한 null 렌즈 설계 등이 수행되었다.

국내의 광학계 설계는 20명 정도의 수준급 전문가들이 비교적 다양한 설계 경험을 가지고 있기 때문에 웬만한 광학계는 어려움 없이 국내에서 설계가 가능한 상황이다. 결상광학계 설계와 더불어 광원, 광검출기, 각종 광학소자를 포함하는 복합적인 시스템의 설계를 위해서는 렌즈설계 전문가와 다른 분야 전문가의 협동작업에 의한 연구체계가 수요에 따라 이루어져야 할 것이다.

광학 설계분야 논문편수는 1995년의 5편에서 2000년에는 7편으로 꾸준히 증가하고 있는 추세이다.

나. 광학계 평가

과거에는 복사기 렌즈의 MTF 고속 측정, 카메라 렌즈의 MTF 및 왜곡 수차 측정, 구면경의 곡률반경 측정 등의 평가가 주로 이루어졌으며 2000년도에는 Computer Generated Hologram을 이용한 포물 비구면 형상측정, 초

연마 반사경 기관의 표면거칠기 측정 등이 수행되었음을 알 수 있다. 최근에는 광학계가 첨단화되면서 비구면의 사용이 증가하고 있음을 반영하고 있으며 표면이 극히 깨끗한 super polish 기술이 국내에서도 개발되면서 초연마면의 표면 거칠기 평가도 요구되고 있다고 판단된다.

앞으로 인공위성에 탑재할 대구경 광학계와 천체 망원경용 대구경 광학계도 국내에서 제작될 전망이므로 대구경 광학계에 대한 평가기술의 개발도 요구되고 있다.

광학계 평가분야의 논문수가 1995년의 2편에 비해 2000년도에는 7편으로 크게 증가한 것은 국내에서 새로운 광학계의 개발이 진행되고 있음이 반영된 결과이다.

다. 광계측

1995년도에는 Nd:YAG 레이저 펄스를 이용한 거리측정기의 설계, 제작연구가 수행되어 19 km까지의 거리를 측정할 수 있는 시스템이 개발되었으며 광섬유 자이로의 광신호 처리기술 연구, 어블침가 광섬유 증폭기를 광원으로 하는 광섬유 자이로의 초기단계 실험 등이 수행되었으며 2000년도에는 광섬유 자이로의 성능개선 연구, 백색광 간섭계를 이용한 nm 정밀도의 형상측정, 광학적 방법에 의한 혈중산소포화도 측정, 레이저 도플러 속도계, LCD에서 셀간극이 작을 때에도 적용할 수 있는 회전 편광자를 이용한 셀갭 측정기술 연구, Cavity Ring-down 방법에 의한 고반사율 반사경의 손실 측정 등의 연구가 수행되었다.

광계측 분야도 적용대상이 다양하기 때문에 꾸준히 연구되고 있음이 반영되어 논문수는 1995년과 2000년 동일하게 7편씩 발표되었다.

라. 광학 박막

광학 박막의 설계 및 제작 연구결과로 5년전에는 크롬박막의 이온빔 보조증착과 박막의 탄

성층정 등의 논문이 발표되었고 2000년도에는 Indium Tin Oxide(ITO) 박막의 열처리 조건에 따른 투과율, 면저항 특성연구, 이온보조 증착한 Ta₂O₅ 광학박막의 광학적·기계적 특성분석, TiN 박막을 이용한 무반사, 무정전 코팅의 설계 및 제작 연구가 발표되었다.

박막 연구분야도 꾸준한 수요가 있으며 논문 수는 3편씩 발표되어 동일한 수준을 유지하고 있다.

박막제작 기술은 이온빔 보조증착, RF 스퍼터링 방법, 전자빔 가열 등 다양해지고 있으며 박막의 코팅 전·후 처리기술도 다양해지고 있음을 알 수 있다.

마. 레이저 개발 및 특성평가

1995년에는 Nd:YAG 레이저의 2차 고조파 광으로 여기시킨 Ti:sapphire 레이저를 LIDAR 용으로 개발하여 8 pm의 선폭, 13 ns 펄스를 얻은 연구가 발표되었고 소형도파관 CO₂ 레이저의 Q 스위칭 연구 등이 발표되었으며 2000년에는 Ti:Sapphire 레이저에서 9 fs의 초단펄스를 발생시킨 연구, 다이오드 레이저로 여기시키는 새로운 종류의 레이저들 (Cr:LiSAF 레이저, Tm:YAG 레이저, Nd:S-VAP 레이저)에 대한 연구결과가 발표되었고 고효율로 양호한 레이저빔 단면을 제공하는 Nd:YAG 레이저가 측면에서 1 kW의 다이오드로 여기시키는 방식으로 연속출력 500 W를 내는 결과가 발표되었다.

열팽창계수가 극히 적은 ULE 재료를 사용한 초안정 기준공진기가 부착된 다이오드레이저 주파수 안정화 연구결과도 발표되었다.

레이저 개발 및 특성평가 분야는 1995년의 논문편수 11편에 비해 2000년에는 9편으로 약간 감소한 추세를 보이고 있으나 이러한 사실은 국내의 레이저 연구가 기업에서 많이 수행되고 있기 때문이라고 판단된다. 과거 수년동안 레이저를 생산하거나 레이저 응용장치를 생산하는

전문업체가 많이 창업되었으며 전문화되면서 발전하고 있는 추세이다.

바. 광정보

광정보 분야는 최근에 새로이 부각되기 시작하는 분야이며 국내의 연구활동도 최근에 급격히 활발해지기 시작한 분야이다. 5년전에는 1편의 논문만이 게재되었으나 2000년에는 영문지에 게재된 특별호 논문을 제외하고 국문지에 수록된 논문만도 6편에 달한다.

지난해에 국문지에 발표된 내용은 BTN 액정소자의 시야각 특성을 개선하기 위해 광축방향이 다른 두장의 위상판을 겹쳐쓰는 방법의 제안, 디스크형 홀로그래픽 메모리에서 저장밀도를 증대시키기 위한 회전, 각, 공간 다중화 방법 및 렌즈 영향분석, 디지털 홀로그래픽 광메모리 시스템의 구현 및 bit-error-rate 개선 연구 등이 수행되었다.

사. 광통신

광통신 분야는 가장 활발하게 논문이 발표되는 분야이다. 광통신 분야를 다시 세분할 수도 있었으나 여기에서는 하나로 묶어서 취급하였다. 1995년도에는 13편의 논문이 광학회지에 발표되었고 2000년도에는 29편의 논문이 발표되어 증가율에서도 두드러진 수치를 보여주고 있다.

2000년에 발표된 논문의 주요내용은 광통신용 소자에 대한 연구이며 소자들은 광섬유 형태, 평면도파로 형태, 또는 반도체 레이저 다이오드 형태로 구성되고 각 형태마다 필요에 따라 증폭기능, 도파로기능, 변조기능을 수행하도록 소자들이 설계, 제작되고 있다.

평면도파로 형태를 예로 들면 도파로를 만드는 방법으로는 스퍼터링법에 의한 SiO_xN_y 박막제작, 실리카에 GeO₂를 가한 도파로 박막도파로 제작 등이 발표되었으며 평면도파로를 방향

성 결합기로 이용한 경우, 1.5 μm 파장에서 7.5 dB의 증폭 이득 매질로 이용한 경우, 광분배기로 이용한 경우 등이 보고 되었다. 광섬유 형태를 가지는 소자들도 비슷한 용도를 위한 연구들이 수행되었으며 광섬유, LD, 평면도파로를 효율적으로 연결해 주기 위해서 모드 모양 변환기도 연구되었다.

고속의 광시분할 다중화 통신을 위해 짧고 잡음이 없는 펄스를 생성하는 방법과 펄스신호의 위상동기 방법에 대한 연구와 파장분할 다중화 통신을 위한 파장안정화 연구도 발표되었고 국

산 non-zero 분산이동 광섬유를 이용하여 10 Gb/s x 16 채널 파장분할다중 신호를 640 km 전송한 실험결과도 발표되었다.

아. 광과학

레이저분광학과 양자광학, 원자광학을 주로 포함하였다. 1995년에는 주로 레이저분광학 연구결과가 발표되었으나 2000년도에는 분광학연구는 거의 발표되지 않았는데 그 이유는 레이저분광학을 연구하는 국내 연구실의 수준이 높아졌고 SCI 등재 논문을 중시하는 국내 각기관의

표 1. 주요기관별 발표 논문수 현황

(2000년도 한국광학회지 2편 이상 게재 기관)

기관명	설계	평가	레이저	계측	박막	정보	통신	광과학	기타	소계(편)
표준과학연구원	2	2		1				3		8
KAIST	3		2	1			2			8
서울대			1				5			6
ETRI							6			6
KIST			1				3		1	5
경희대			1	1		2	1			5
한양대							4			4
인하대					1		2			3
전북대				1			2			3
아주대								1	2	3
원자력연구소			3							3
홍익대							2	1		3
한국통신							3			3
한남대		1						1		2
충남대								2		2
전남대		1						1		2
삼성중기원				1		1				2
부경대						2				2
단국대	1				1					2
고등기술원		1		1						2
부산대				1		1				2
영남대		1	1							2
소계(편)	6	6	9	7	2	6	30	9	3	

정책에 영향을 받아 외국 학술지에 투고했기 때문이라고 여겨진다. 국내 학술지의 발전을 위해 어떤 조치가 필요한지 검토되어야 하겠다.

2000년도에 발표된 내용의 주류는 원자광학 분야이다. 레이저광압을 이용한 세슘원자의 집속, 레이저를 이용한 세슘원자의 냉각 및 온도측정, 자기장과 레이저를 이용한 원자포획 및 비대칭 광압에 의한 원자의 운동 및 분포에 대한 연구 등이 발표되었으며 집속된 HeNe 레이저광을 이용하여 MIE 입자를 포획하고 이동시킨 실험은 미생물을 자유로이 이동시키거나 모을 수 있는 광집계로의 가능성을 확인시켜 주었다.

양자광학적 현상으로 세슘원자에서의 전자기 유도흡수(EIA) 현상을 반도체레이저로 852nm 부근에서 관찰한 것은 새로운 발견이다.

3. 주요 연구기관별 동향 분석

한국광학회지에 2000년도 중 발표된 논문을 기준으로 2편 이상을 발표한 기관의 자료가 표에 제시되었다. 표에 나타나는 않았으나 1편의 논문을 발표한 기관수가 24개이므로 2000년도에 논문을 게재한 기관의 총수는 46개 기관이 된다.

논문을 가장 많이 발표한 기관은 표준과학연구원과 KAIST로 각각 8편씩의 논문을 게재하고 있다. 표준과학연구원은 광학전공자가 많고 광학적 방법이 측정표준의 여러분야에서 활용되기 때문에 광학계 설계, 평가, 광계측, 광과학 등 다양한 분야에 논문을 발표하고 있음을 알 수 있다. 광학계 평가 분야와 광과학분야에서는 가장 많은 논문을 발표하는 기관으로 나타나고 있다.

KAIST 물리과에서는 광학계 설계와 레이저 개발 및 특성평가 분야에 논문을 주로 발표하였고 광통신 분야의 논문은 전자과에서 광계측분야 논문은 기계공학과에서 발표하였다.

서울대학교와 ETRI는 각각 6편씩의 논문을

지난해에 광학회지에

1편씩의 논문을 발표한 기관은 연세대, 교원대, 서강대, 광운대, 대전산업대, LG전선, 삼성전자, 삼성 SDI, 대한전선, 아사달디스플레이, 울산대, 목원대, 호남대, 한림대, 중앙대, 경주대, 청주대, 배재대, 건국대, 금오공대, 대전기계장, 청암대, 장원대, 육군사관학교이다.

발표하여 공동 3위를 차지하고 있다. ETRI는 6편 모두가 광통신 분야 논문이며 광통신분야에서 가장 많은 논문을 내고 있다.

서울대학교는 광통신분야에 논문이 집중되고 있으며 서울대학교 전자과는 ETRI에 이어서 제 2위를 차지할 만큼 광통신분야 논문발표가 활발하다.

KIST와 경희대가 5편씩의 논문을 발표하여 공동 5위에 위치하고 있다. KIST의 논문도 주로 광통신분야인데 국내에서 처음으로 광섬유를 개발했던 전통이 이어지고 있다고 보아진다.

경희대는 레이저개발 및 특성평가 분야, 광계측분야, 광정보분야, 광통신분야에 골고루 논문을 내고 있다.

한양대는 광통신 분야에 4편의 논문을 내고 있고 인하대는 박막분야와 광통신분야에 논문을 내고 있다. 인하대는 박막의 설계, 제작에 대한 오랜 연구경험을 가지고 있다.

인하대 이외에도 동일하게 3편의 논문을 발표한 기관으로는 전북대, 아주대, 원자력연구소, 홍익대, 한국통신 등이 있다.

논문을 2편씩 발표한 기관은 한남대를 비롯하여 충남대, 전남대, 삼성종합기술원, 부경대, 단국대, 대우고등기술원, 부산대, 영남대가 있는데 충남대는 광과학분야로, 부경대는 광정보분야로 특화되어 있음을 알 수 있다.

지난해에 광학회지에 1편씩의 논문을 발표한 기관은 연세대, 교원대, 서강대, 광운대, 대전산업대, LG전선, 삼성전자, 삼성 SDI, 대한전선, 아사달디스플레이, 울산대, 목원대, 호남대, 한림대, 중앙대, 경주대, 청주대, 배재대, 건국대, 금오공대, 대전기계창, 청암대, 창원대, 육군사관학교이다.

각 기관 별로 논문발표가 많은 연도가 있고 적은 연도가 있는 점을 고려하면 2000년도 1년간의 자료는 대체적인 경향은 보여주지만 해당기관의 광학분야 연구의 활성화와 직접적으로 비례하지는 않는다는 점을 강조하고 싶다.

4. 결론

한국광학회지에 발표된 논문을 기술분야별, 연구기관별로 분석함으로써 국내의 광학연구 동향을 파악해보았다.

전체 논문수로 판단할 때 1995년에 없었던 영문학술지가 2000년에는 발간된 점을 고려하고, 2000년도의 영문지를 제외한 국문지만을 대상으로 해도 논문수가 1.5배로 증가한 사실은 광학분야의 연구활동이 지난 5년 동안 2배이상 활발해진 것을 말해주고 있다.

분야별로는 광학계 설계는 20% 증가되어 꾸준히 연구활동이 수행되고 있고 연구에 대한 수요가 지속적으로 있음을 알 수 있다. 광학계 평가도 1995년의 2편에서 2000년에는 7편으로 크게 증가되고 있어서 비구면, 대구경 광학계와 초연마 광학면에 대한 평가 수요가 반영된 결과로 보여진다.

가장 큰 비중을 차지하는 분야는 광통신기술이며 1995년에는 13편, 2000년에는 29편의 논문이 발표되고 있어 국내의 기술수요가 크다는 사실과 연구비 재원이 광통신분야에 많이 지원되고 있다는 사실을 나타내고 있다. 광통신 분야는 광학계 설계, 평가, 박막, 광계측 등을 포함한

분야별로는 광학계 설계는 20% 증가되어 꾸준히 연구활동이 수행되고 있고 연구에 대한 수요가 지속적으로 있음을 알 수 있다. 광학계 평가도 1995년의 2편에서 2000년에는 7편으로 크게 증가되고 있어서 비구면, 대구경 광학계와 초연마 광학면에 대한 평가 수요가 반영된 결과로 보여진다.

광기술분야 보다 규모가 작았던 95년과 달리 2000년에는 오히려 상회하는 규모를 차지하고 있으며 앞으로도 급격히 팽창할 것으로 전망되고 있다.

논문을 1995년과 2000년을 비교하여 보면 새로운 세부분야가 생긴 것이 많고 기존분야는 내용이 더욱 전문화되고 구체화되어 있어서 연구를 위한 연구가 적어지고 실용성 있는 연구가 많아진 것을 알 수 있다.

논문을 발표한 기관의 수도 증가되었고 특히 지방대학의 논문발표가 빠르게 늘어나고 있다. 그 이유는 지방대학에 젊은 유능한 교수들이 자리를 잡아가고 있기 때문이라고 분석되며 연구비, 연구장비도 점진적으로 확산되고 있어서 연구를 할 수 있는 여건이 갖추어져 가고 있다고 판단된다.

앞으로 더욱더 광학분야의 연구역량이 증대되고 광학산업이 발전하여 연구에 대한 수요가 커져야 할 것이다. 아울러 증대된 수요가 연구활동을 자극하고 활성화된 연구활동의 결과가 다시 광산업 발전에 기여하는 상승작용이 생기기를 기대한다.