

광학기술사

1.10 최근의 광학기술

20세기의 광학기술은 렌즈 재료(광학 유리)의 성격이 바뀌어졌다는 것에 주목해야 한다.

19세기부터 20세기에 걸쳐 오토·쇼트(1851~1935)에 의해 새롭게 광학유리가 생산되었으며 광학 상수가 종래의 크라운계, 플린트계 영역에서 확장되었다. Petzval 조건과 색소(色素)조건을 동시에 만족시키는 렌즈계가 설계될 가능성을 Rudolf 이상으로 향상시켰다는 것은 대단하다. 그리고 그 계통의 신종 광학유리가 미국 카네기 지구물리연구소의 모레이(G.W.Morey)에 의해 희토류(rare earth) 함유의 봉산계 유리가 만들어져 굴절률이 현저하게 커지고(1.7~1.9 정도) 종래의 플린트계와는 달리 분산능이 작은 특성을 지닌 광학유리가 만들어 졌다. 이것들은 La, Y, Hf, Ta, Zr, Sr, B, Ba등을 각각 포함한다. 또한 그것들을 개량한 것이라든지 반대로 굴절률이 작고 분산능이 큰(불화염 유리)유리가 Kuan-Han-Sun 등에 의해서 이스트먼·코닥社를 중심으로 만들어졌다. 이들 신종 광학유리는 광각으로 하여 밝은 렌즈계 설계용으로 널리 이용되고 있다.

렌즈계 설계는 종래 대수표 등에 의해 계산이 이루어졌지만 현재는 전자계산기가 사용됨으로써 이른바 신행 설계계산방식이 사용되고 있다.

그러나 역사상 다음 사람들의 렌즈 설계업적은 잊을수가 없다. 즉

Karl Friedrich Gauss : 광선굴절의 연구
(1840)

Ludwig Philipp von Seidel : 광선굴절론에 관하여 (1855)

Sebastian Finsterwalder : 커지는 열림(開) 및 커지는 시야의 광학계에 의해 생 성되는 상(1892)

Ernst Abbe and Siegfried Czapski : 광학 적 영상의 기하학 적 이론 (1904)

George biddell Airy : 망원경 접안렌즈의 구면 수차에 관하여 (1827)

Ernst Abbe : 정현 조건 (1873)

William Rowan Hamilton : 광선계의 이론 (1824~30)

James Clerk Maxwell : 좁은 광속에 대한 하 밀톤의 특성 함수에 관하여 (1874~75)

Karl Schwarzschild : 기하광학에 관한 연구 (1905)

Lord Rayleigh : 하밀톤의 원리와 파소자이드 (Zaidel)의 5수차(1908)

또한 렌즈설계에 공헌한 고전적인 저서 (오늘 날에도 참조되고 있다)로서는 다음과 같은 것이 있다.

Czapski - Eppenstein : "Grundzüge der Theorie der Optischen Instrumenten" (초판 1893)

James P. C. Southall : "The Principles &

Methods of Geometrical Optics”
(제2판)

- H. Bouasse : “Optique géométrique supérieure: (1917)
A. Gleichen : “Lehrbuch der Geometrischen Optik” (1902)
M. von Rohr : “Die Theorie der Optischen Instrumente : 1. Die Bildzeugung in Optischen Instrumenten: (1904)
“Photographische Objektive” (1899)
J. W. French : “Applied Optics” (“Steinheil & Voit의 Handbuch der Angewandten Optik” 의 영역)(1918~19)
A. E. Conrady : “Applied Optical and Optical Design”, 1 (1929)
Dennis Taylor : “A System of Applied Optics”
M. Herzberger : “Modern Geometrical Optics” (1958)

현재 렌즈에 의한 영상의 강도해석에 리스폰스 함수가 상용되고 있다는 것도 잊어서는 안된다.

렌즈의 반사방지에 관해서는 영국의 테일러(H. Dennis Taylor)가 1892년 렌즈면에 「인화」가 되면 그 면에서 광선의 반사가 감소되어 빛의 투과도가 잘 된다는 것을 발견한 것이 계기가 된다.

미국의 J. Strong은 1936년에 렌즈 표면에 유리보다 낮은 굴절률의 물질인 박막을 붙이면 반사가 감소되는 것을 발명했다. 여기에 진공증착법 기술이 일어난다. 불화물(MgF₂)등의 박막을 렌즈 면에 증착시키는 방법이다.

박막연구는 미국 G.E (General Electric Co.)의 랭그 뷰러 (Irving Langmuir)에 의해서

이루어졌다. 이 연구로 1932년 그에게 노벨 화학상(계면화학의 연구)이 수여되었다.

박막의 응용은 넓다. 은, 알루미늄 등의 박막은 표면경으로 하여 광학계의 반사경으로 옛부터 이용되고 있다. 표면반사 방지막에는 氷晶石, 불화마그네슘 등 굴절률이 작은 물질의 박막증착이 발달되었다. 굴절률이 큰 황화아연 등의 물질인 박막 유리면 증착은 흡수에 의한 빛의 손실이 없는 반사경으로 사용되기도 하고, 증착박막용 위상판으로 이용하여 위상차 현미경(1935년 Zernike의 발명)에 이용되기도 한다.

렌즈계의 수차를 제거하는 방법은 이미 기술한 바와 같이 렌즈재료의 광학상수 특수성을 이용하는 것인데 렌즈의 곡률을 비구면으로 하는 것이 연구되었다. 이른바 슈미트·카메라 렌즈가 그것이다. 슈미트(Bernhard Schmidt)는 반사 망원경의 수경 앞에 평행평면의 1면을 $x=By^4$ 로 주어지는 (y는 광축에 수직방향) 곡면을 지닌 비구면 렌즈(그는 직경 36cm, 두께 5mm, 초점거리 62.5cm, 즉 F/1.7의 렌즈를 사용했다)를 놓음으로써 구면수차와 코마수차를 제거하는데 성공했다. (1930) 이 논리에 관해서 슈미트는 발표하지 않았는데, 그가 사망(1935) 후 B. Strömberg(1935), Ch. Smiley(1936, 1938, 1940), F. Lucy(1940~1941), C. Carathéodory(1940) 등에 의해서 발표되었다. 이러한 렌즈 제작은 연마로는 어렵기 때문에 그 밖의 여러 종류의 방법(진공기술을 이용하여 얻은 방법 등)이 연구되었다.

사진렌즈에 비구면을 이용하는 방법도 고안되었지만 비구면의 양산적 연마기술은 곤란하기 때문에 실용화될 수가 없다. 구면수차등을 제거하는 렌즈계 제작의 한 방법으로 반사경을 이용하는 방법이 고안되었다. 예를 들면 대물반사 현미경의 연구가 그것이다. 일본에서는 官田尙一들에 의해서 Schwarzschild형의 구면수차와 코마수차를 동시에 제로로 하는 비구면 반사경을 양산적으로 제작하고자 진공증발법으로 보조렌즈없이 Apla-

matic이면서 Apochromate한 반사대물경(현미경인 경우)을 만들었다.(1952) 또한 비구면 렌즈의 연마기술에 관해서는 桜井武磨들이 슈미트·렌즈 제작을 위해 1952년경부터 연구되었다. 현미경에 관해서는 레벤후크 이래 아베의 개량을 거쳐 편광현미경, 금속현미경, 위상차현미경, 그리고 전자현미경으로 되었다.

렌즈의 1면을 비구면(2차곡면)으로 하고 다른 1면을 구면으로 한 무수차 렌즈는 가능하지만 양산적인 연마기술 가능성에 대해서는 문제였다. 그것들의 프레스 제품(연마하지 않고 유리를 용해하여 비구면 렌즈로 하는 기술)으로 얻어지는 것은 정밀도가 문제이므로 집광계(condenser)등에 사용되고 있다. condenser라 하면 현미경의 condenser에는 Cardioid 반사경이 사용된다. 어쨌든 유리면(비구면)의 연마기술에 관해서는 이론상으로나 또 실제면에서도 상당한 문제가 있다. 프랑스의 Essel社에서는 안경렌즈의 중초점용 비구면 연마에 성공했다.

렌즈면을 성형하는 기술은 「거친 연마」「정밀 연삭」등 이른바 사습가공(래핑)으로부터, 정밀 연마 공정(Polishing)까지 연마기술이 옛날부터 여러 가지로 연구되어 왔다. 그리고 성형되어 연마되는 면의 성상에 관해서도 이론상으로 연구되었다. 레일리(L. Rayleigh, 1905), 베일비(G. T. Beilby, 1903), 프렌치(T. W. French, 1917), 프레스톤(F. W. Preston, 1930)등의 연구는 특히 유명하다. 즉 연마된 면은 용융연화되어 변질된 층(Beilby 층)으로 된다고 생각했다.

또 연마용의 연마재나 피치, 펠트, 합성수지 등의 성능에 대해서도 연구되었다. 또 광학유리 면상에서의 「인화」 현상도 수화상(水和狀) 규산막을 건조한 겔 모양의 규산막이 있다고 보고 있다. 또 연마재에는 산화 알루미늄계인 것과 탄화규소계인(금강사, 아랜덤, 카보랜덤) 황습용(荒漙用) 조연제(粗研劑)가 사용되었고 다음으로 다이아몬드·커브 제너레이터(자동 렌즈 황습기)가 사용되면서 모래는 카보랜덤, 정밀연삭에는 아랜덤이

현재 렌즈에 의한 영상의 강도해석에 리스폴스 함수가 상용되고 있다는 것도 잊어서는 안된다.

렌즈의 반사방지에 관해서는 영국의 테일러(H. Dennis Taylor)가 1892년 렌즈면에 「인화」가 되면 그 면에서 광선의 반사가 감소되어 빛의 투과도가 잘 된다는 것을 발견한 것이 계기가 된다.

사용되고 있다. 다듬질 연마재에는 옛부터 뽕갈라(산화철)외 사용되었지만 이제는 거의가 산화 세륨이나 산화 질코늄이 사용되고 있다.

가공기술에 있어서도 1907년에는 Carl Zeiss社에 의한 다이아몬드를 심은 동판공구의 발명, 연마판 유리에 대해서는 Henry Ford에 의한 일괄작업 방식이 1922년에 확립되었으나, Floating 방식에 의한 일괄작업적 연마기술이 영국의 빌킨턴社에 의해 발명되었다. 또 같은해에 P. Neven에 의한 메탈 본드의 다이아몬드 슛돌이 발명되었다. 현재는 연마 공정을 고속화시키는 방법으로서 고정저립(砥粒)의 가공방식이 실시되어 PVA 슛돌이나 폴리에스테르 본드 슛돌(PE 슛돌)도 사용되고 있다. 또한 래프로서는 옛날에는 피치, 현재는 아크릴, 페놀, 에폭시, 테플론, 폴리우레탄 등의 합성수지가 고속연마 등에 사용되고 있다. 연마기계도 종래의 오스카형에서 비약적으로 발전돼 가고 있다. 이른바 고속연마 방식이 정밀연삭 공정(Smoothing)에서 연마방식(polishing)에 이르기까지 단시간에 자동적으로 다듬질되는 장치가 연구되었다. 오스카 고속연마, 자이카 방식, Dama, Bothner 방식 등의 고속 연마기가 사용되고 있다.

광학기계의 종류나 그 발달도 헤아릴 수가 없

렌즈면을 성형하는 기술은
「거친 연마」 「정밀 연삭」 등 이른바
사습가공(래핑)으로부터, 정밀 연마 공정
(Polishing)까지 연마기술이 옛날부터 여러가지로
연구되어 왔다.
또 연마용의 연마재나 피치, 펠트, 합성수지 등의 성능에 대해서도
연구되었다.

다. 다만 불가지광선(자외선, 적외선)의 연구에 수반되는 그것들의 분광계 특히 적외분광기의 발달은 인공 합성 결정, 예를 들면 불화 칼슘의 연구가 발달됨에 따라 그것들을 프리즘, 렌즈재료로서 사용하게 되어 그 성장은 눈부신 바가 있다.

광원이 에디슨에 의해 카본 전구가 발명되고 더욱이 텅스텐 전구, 각종 방전관의 발명에 의해 형광등, 수은등, 나트륨등 특히 Radio Frequency lamp(RF램프), 질코늄 방전등, 키세논 방전등, 세슘 방전등 등 광학기술상의 광원으로서 또 일렉트로닉스와 광학의 병용기술로서 양자의 발달에 공헌하고 있다.

1952년에 J. Weber에 의해 이른바 maser의 가능성이 지적된 이래 C.H.Townes에 의해 1955년, maser 장치(기체방식)가 만들어지고 1956년에 N. Bloembergen에 의해서 고체 메이저가 제안 되었다.

1960년에 T.H.Maiman은 펄스 루비·레이저를 만들고 같은해 M. J. Stevenson는 고체 레이저(Laser) 실험을 실시했고 또 A. Javan, W. R. Bennett, D. R. Herriott들은 가스레이저 실험에 성공했다.

특히 레이저(Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation)는 적외선, 가시광 영역의 방사선에 coherent한 전자파로서 원자에서 유도 방출시키는 메커니즘을 이용한 것이다.

광학유리를 섬유상으로 하여 그 주위에 그것보다 굴절률이 작은 광학유리를 피복해 성형시킨 섬

유다발로 적외선이나 영상의 전송에 이용되는 기술도 주목해야 한다. 이른바 섬유광학이라는 이름하에 1927년 J. Baird와 C.W.Hansell의 텔레비전에서의 응용에 주목해야하고 H.Lamm은 가스트로스코프에 응용하는 논문을 발표했다.(1930) 1950년에는 fiber제조가 가능케 되어 이 종류의 광학계가 한 단계 높아졌다. 이 광학계의 성질을 최초로 연구하기 시작한 사람은 Van Heel (1953), H. H.Hopkins, N.S.Kapany(1954), E. Snitzer(1960)이고, 광전 굴절률, 가스트로스코프, Focone등에 Kapany 등이 이용되고 있다. G. E., A.O.C. 등 및 Corning G.C. 등에 있어서 그 양산이 이뤄지고 있다. 우주기술 방면에서의 이용도 주목되고 있다.

그 밖에 광학용 재료(플라스틱 렌즈 재료, 노광 재료 등)및 광학기계(각종 분광기, 분광계, 광전측색계, 분광분석기, 광학측정기, 간섭계, 편광, 형광 등을 이용한 것)의 발전을 들지 않을 수 없고, 특히 1948년 런던대학의 D. Gabor에 의해서 발명된 Holography나 Micro사진, 전자 사진술, 박막기술 및 카메라 렌즈로의 망원 렌즈, 줌 렌즈의 발전(홉킨스의 이론에서), 렌즈 설계와 전자 계산기와의 관계 등을 들 수 있다. 1962년 미시건 대학의 N.레이스, J. 우베트니츠크스가 레이저 광의 간섭성을 이용해 개발한 홀로그래피의 기술은 특히 주목할 만하다. 또 시각(생리광학)에 관한 광학 정보처리 문제가 있다.

<다음호에 계속>