

# 광학기술사

—최근의 광학 기술—

## 1.1 광학기술에서 옵트 일렉트로닉스로

1960년을 경계로 하여 광학기술은 급속도로 발전하였다. 첫째로 레이저 공학의 등장과 둘째로 푸리에(Fourier) 광학에 바탕을 둔 영상(화상) 공학의 개발일 것이다. 그리고 새로운 재료의 개발 즉 섬유광학 및 반도체계 재료 등의 연구 개발은 광학기술과 전자기술과의 관련을 심화시켜 상호작용을 매우 깊이 있게 하였다. 여기에서 발전 경과를 역사적으로 살펴보는 동시에 장래의 발전 방향을 논하여 보기로 한다.

## 1.2 유도 방출의 발상

금세기의 과학과 기술을 생각해 볼 때 Max Plank(1858~1947)의 양자설(1900)이 발단이 되어 제창된 A.Einstein(1879~1955)에 의한 광양자설(1905), 그리고 그의 설에 의한 광전 효과의 해명(1908), 또한 1913년에 제창된 N. Bohr(1885~1960)의 수소 원자 스펙트럼의 발광 기구의 해명에 따른 양자설에 바탕을 둔 원자 구조론의 발전은 진정 획기적인 것이었다.

그래서 여기서의 과제는 1916~7년에 발전된 다음의 A. Einstein의 연구에 원점을 두지 않으면 안된다. 즉 A. Einstein의 베를린대학 재임시에 발표된 「Strahlungs-Emission und Absorption nach der Quantentheorie」(Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft. Bd. 18, S. 318~323, 1916) 및 「Quantentheorie der Strahlung」(Physi-

kalische Zeitschrift. Bd. 18, S. 121~128, 1917)의 연구 성과일 것이다.

N. Bohr 까지의 과정에서는 원자에서의 빛의 방출은 자연 과정에서의 이른바 자연방출(Spontaneous emission)의 과정이었다. 그런데 3년 정도 A. Einstein은 이 경우의 전자도약의 메커니즘에 관해 더욱 깊은 고찰을 하게 되었다. 즉 N. Bohr에 의한 전자도약의 확률을  $A_{ij}$  ( $E_i - E_j = h\nu_{ij}$ )로 하고 여기상태(勵起狀態)의 원자수를  $n_i$ 로 할때 공간에 등방으로 방출되는 매초마다의 에너지를  $n_i A_{ij} h\nu_{ij}$ 로 하고 같은 여기상태의 원자가 주파수  $\nu_{ij}$  빛의 장(場)에 있다고 한다면 그것들의 원자는 유도 방출(같은 주파수의 빛)되는 것이라 하여 그 경우의 유도 도약의 확률은 빛의 에너지 밀도  $u(\nu_{ij})$ 과  $n_i - n_j$ 에 비례해서 유도 방출된 빛은 그것을 유도한 빛과 같은 방향성과 편광특성을 갖는 것이라하고 그것을 양자의 여기상태에서의 방출 과정의 정량적 관계는 다음 식에 의해 주어지는 것이라 하였다.

$$P(\nu_{ij}) = h\nu_{ij} [n_i A_{ij} + (n_i - n_j) B_{ij} u(\nu_{ij})]$$

여기서  $p(\nu_{ij})$ 는 단위 체적당 방출되는 모든 에너지를 나타낸다.

여기에  $A_{ij}$  과 함께  $B_{ij}$ 인 유도 방출계수의 개념과 유도 방출의 원리가 탄생된 것이다.

## 1.3 유도 방출의 실현

유도 방출의 원리를 실현할 수 있게 된 것은 1916~7년에 A. Einstein에 의해 제창되면서부

터 37년 후인 1954년에 J. D. Gordon H. J. Zeiger 및 C. H. Townes들에 의해 분자선 발진기에 의해 이뤄지게 되었던 것이다. [Compt Rend., 242 : 2451 (1956)]. 이것이 계기가 되어 이른바 메저(meser)가 탄생했다. 그러나 여기에는 주지하는 바와 같이 NH<sub>3</sub> 분자의 반전분포 가능성을 알지 않으면 안되게 되었던 것이다. 즉 블쯔만 (Blotzmann, 1844~1906)의 열 평형 상태에서의 원자수의 분포를 나타내는 블쯔만의 식

$$n_{i0} = n_j \exp\left(-\frac{E_i - E_j}{kT}\right)$$

에 있어서 음(-)인 온도의 개념을 도입함에 있었다. 이 개념을 C. H. Townes들 이전에 도입한 것이 E. M. Parcell과 R. V. Pound로서 1951년의 일이다. [Phys. Rev., 81 : 279 (1951)]. 이러한 역사적 과정을 기본으로 하여 A. Javan [A. Javan, W. R. Bennett, Jr., 및 D. R. Herriott, Phys. Rev. Letters, 6 : 106 (1961)]은 1959년, He-Ne 방전 레이저 증폭에 성공할 수가 있었던 것이다. 곧이어 T. H. Maiman에 의해 레이저 (ruby laser)에 대한 최초의 실험이 이루어졌다.

1960년 전후를 계기로 레이저기술이 등장하여 그것이 기체, 액체, 고체 등의 레이저를 불분하고 어느 것이나 전기적으로나 광학적으로도 유도 방출이 가능하게 됨에 따라 일렉트로닉스와 광학기술과의 교섭 (상호작용)은 현저하게 발전하였다. 재료상으로는 Nd(네오디뮴)를 포함한 유리 레이저의 문제 (고출력 가능), 반도체의 문제, 또한 옴토 일렉트로닉스로서의 재료 (세라믹, 칼코젠 유리, 반도체 등)의 문제가 속출했다.

#### 1.4 Ernst Abbe의 결상이론에서 정보기술로

레이저 기술의 출현에 의해 광전송 (광통신·정보전달)에 관한 기술 및 홀로그래피 기술이 대두되었다.

이미 말한 바와 같이 레이저 광 (유도 방출)에 대한 이론은 1916년과 1917년에 A. Einstein에

의해 제창된 것이고 홀로그래피에 관한 기본적인 발상도 이미 Ernst Abbe (1840~1905)에 의한 현미경의 결상이론에서 발단되었다는 것을 볼 수 있을 것이다. 즉 E. Abbe의 「Über die Spektralapparat am Mikroskop. Jen Zs. f. Med. u. Nw. V, 459 (1870)」 「Über die Bestimmung der Lichtsträrke optischer Instrumente mit bes. Berücksichtigung des Mikroskops USW. Jen Zs. f. Med. u. Nw. VI, 263 (1871)」

의 연구로 시작되고, 그리고 「Beiträge zur Theorie des Mikroskops und der mikroskopischen Wahrnehmung, Schultze's Archiv. f. mikr. Anatomie IX, 413 및 Über einen neuen Beleuchtungsapparat am Mikroskop, Anatomie IX, 469 (1873)」

에 의해 회절결상이론 (광원에서 빛이 대물 렌즈에 의해서 물체에 조사된 빛이 프라운호퍼 회절상을 만들고, 그것이 광원으로 되어 2차파에 의해 재생되는 회절 결상)으로 발단되고 또한 대물 렌즈의 분해능을 결정하는 빛은 표본면의 가간섭광에 의한다는 것이 H. H. Hopkins 와 P. M. Barham [Proc. Phys. Soc. Lond., 63B 737 (1950)]에 의해 제시되었지만 전자 현미경의 해상력 연구를 하고 있던 D. Gabor에 의해 1948년 Ernst Abbe의 현미경에 의한 회절상의 재생 이론에 근거하여 프레넬 회절상에 의한 이른바 홀로그래픽을 창시하게 되었던 것이다. 그러나 이 실현은 레이저 광의 등장으로 비로소 가능케 되었다는 것은 주지하는 바일 것이다. 즉 1962년에 E. N. Leith, J. Upatniks 등에 의해 회절 재생상이 실현되고 1965년 그들에 의해서 X선 현미경에 실시 되면서부터 드디어 홀로그래피의 기술은 각 방면으로 개발된 것이다.

그리고 또 이러한 광학기술의 발전과 회절광의 상 형식의 이론에 푸리에 적분의 변환 이론이 적용 되었다는 것은 최근 광학기술의 상 형성의 이론 해명에 있어서 주목할만한 일이다.

푸리에 적분 변환 이론은 이미 전기통신의 회로 이론에 사용되고 있지만, 그 이론을 1946년에 Duffieux와 P. Michel에 의해서 광학계의 결상 이론에 적용함으로써 시작되는 것이라 할 수 있다. 이리하여 광학계에서의 광학 상의 강도 분포의 평가, 광학계의 설계, 광학계의 성능 측정 등의 광학기술 개발이 이뤄지게 되었다. 더욱이 1953년 Marechal에 의해 광학계에 광학적 필터링이 제창 될 수 있게 되어 Ernst Abbe의 사상은 더욱 광학 정보기술의 발전에 기여할 수 있게 되었다.

### 1.5 레이저 광기술과 광학 섬유기술의 발전

레이저 광기술에 관해서는 「레이저 공학」이 계속 발전되고 있으며 또 푸리에 광학에 관해서는 「화상 공학」이 계속 개발되고 있다.

원자력기술에 있어서는 핵 융합기술과 함께 플라즈마의 기술으로도 레이저 기술이 진출해 가고 있다. 예를 들면 핵 융합에 있어서 플라즈마 진단의 광원으로서 레이저 광이 이용되고 있어 간섭계에 의한 밀도측정, 홀로그래피에 의한 플라즈마의 촬영, 톱슨 산란에 의한 고온 고밀도 플라즈마 측정 등에 이용되고 있다. 또 레이저 펄스를 중수소에 조사하여 단시간에 플라즈마를 발생시켜 효과적으로 핵 융합을 실행하므로 유리 레이저에 의한 펄스 폭이 짧고 출력이 큰 이른바 자이언트·펄스·레이저가 사용되고 있다. 또한 에너지 변환 효율이 좋은 탄산 가스 레이저의 자이언트·펄스에 의한 플라즈마의 고에너지 밀도 발생장치도 개발이 향상되고 있다.

1960년 T. H. Maiman이 루비 레이저의 실험에 성공 (6,943Å)하면서, 1961년에는 Q 스위치법 (Hellwarth), 광 고조파 발생 (Franken), 유리 레이저 (Seitzwr), 1962년에는 레이저 홀로그래피(Leth, Upatnieks), 반도체 주입형 레이저(GaAs) (Hall, Nathan, Quit, 기타) 1963에는 질소 분자 레이저(Mathias, Davis) 1964년에 탄산 가스 레이저 (Bridges), 실온 연속 발진

YAG 레이저(Benoit a la Guillaun), 1965년에는 화학 레이저(HCI-Kasper, Pimentel), 광 파라미터릭 발진 (Giordmainc, Miller), 1966년에는 무기 액체 레이저 (SeOC1<sub>2</sub> : Nd<sup>2+</sup>, Heller), 유기 색소용액 레이저 (Lempicki, Sorokin, 기타) 1967년에는 레이저와 클라이스트론의 비트(Hocker, Javan, Ramachandre Rao), 1968년에는 레이저 가열 플라즈마에 의한 중성자 발생 (Basov, 기타), 1969년에는 연속발진 화학레이저 (Cool' 기타) 1970년에는 대기압 탄산 가스 레이저 (Bealleu), 실온에서의 연속 발진 유기 색소 레이저 (Peterson, 기타)등 레이저 기술이 개발되었다.

또 레이저 광이 그 변조와 복조의 기술과 광학 파이버의 개발기술 향상에 따라 빛의 전송로로서 레이저 광이 정보기술로서의 광통신기술에의 결정적인 기술을 제공하고 있다.

광학 섬유기술은 1954년에 Nature誌 (173 : 39~41)는 H. H. Hopkins와 N. S. Kapany가 파이버스코프와 같이 화상 전송의 가능성에 관해 보고됨에 따라 이른바 「fiber optics」기술이 주목되게 되었다. 특히 미국에 있어서는 O'Brien (American Opt 社) (Illinois Institute of Technology) J. W. Hicks (Mosaic Fabrication's)등에 의해서 개발되었다. 1960년대에 이르러 레이저 광에 의한 광통신기술이 각광을 받게 되어 fiber optics기술의 개발이 활발해졌다.

### 1.6 전기 광학 재료의 개발 향상

광학기술과 일렉트로닉스와 상호작용에 의한 「옵트 일렉트로닉스」의 등장은 전기광학 재료로서의 세라믹스의 개발, 예를 들면 니오븀산소다. 투명 디비트리파이드 세라믹스, 지르콘, 티탄산 연투명자기, 또는 PLZT 세라믹스 (Pb, La, Zr, Ti, O)등 단결정 재료가 아닌 세라믹스 재료가 개발되었고 또 투명한 알루미늄 다결정체 (Lucalox), 투명한 GaAs 소결체 등이 개발되

었다. 또 반도체로서의 칼코젠 유리의 개발도 주목되고 있다.

또한 광 변조, 광 메모리, 광 편향, 공간 변조기, 광 집적 회로 (IC)로서의 광학기술은 일렉트로닉스와 상호작용적인 관련하에서 광학기술의 발전이 이루어지게 되었다.

### 1.7 맺음말

최근의 광학기술에 관하여 기술함에 있어서 각광을 받고 있는 레이저 광기술, 홀로그래피 기술에 대해 기술하고, 그 역사적 발생과정을 들었다. 다음에 광학기술에 관해 구체적으로 기술해야 하겠지만 최근 각 방면의 발전은 광범위 (시각 방

면, 광 통신, 전송 방면)하게 걸쳐 있다. 예를 들면 레이저 발광분석기술에 레이저·마이크로프로브(Lasermicro Probe) 시스템이 활용되고 있으며 라만 레이저 광의 발전 비선형 광학기술, 옵트 일렉트로닉스, 광도전소자, 일렉트릭 미에센스, 포토다이오드, 광결합 소자, 광물성(光物性), 박막 광학기술, 음향 광학기술, 광IC(광 집적 회로) 등의 개발에 즈음해서 최근의 광학기술은 다방면으로 발전돼 가고 있다.

특히 정보통신분야에서 광학기술은 점차 전자기술을 대체하여 가면서 미래는 광학기술이 전자기술의 한계를 극복하면서 급속도로 발전할 것이다.

## —제2회 국제광학기기전문전시회—

# '90년도 국제광학기기전시회 개최 안내

일 시 : 1990년 9월 21일 ~ 25일 (5일간)

장 소 : 한국종합전시장 (1층)

주 최 : 한국광학기기협회  
한국종합전시장

주요전시품목 : • 사진기, 캠코더, 현미경, 쌍안경  
• 현상기, 필름  
• 레이저기기 및 응용기기  
• 사진및 광학 관련 완제품, 약세사리, 부품 등