

모으는 빛 확대하는 빛 마이크로 렌즈의 최신 동향

필자는 2차원 어레이 형태 마이크로렌즈의 방식을 1979년에 제안했다. 초기에는 학회에 발표 할 때마다 이처럼 작은 렌즈를 어디에 쓸 것인가 라는 질문을 끊임없이 받았다. Microlens라는 학술용어도 없어 학회지에서 사용도 허가되지 않았을 정도였다. 그 뒤 광일렉트로닉스의 학술, 산업의 발전에 따라 종종 마이크로렌즈 제작법이 고안 되어, 여러 가지 응용분야에 적용이 확대되었다. 본 내용에서는 이와 같은 소형 마이크로렌즈의 제작법과 응용 등에 대해 기초부터 총 망라해 놓았으며, 본고는 일본 「O Plus E. 2002년 7월호」에 게재된 내용을 번역한 것이다.

글/이카 겐이치(日本學術振興會/工學院大學 伊賀 健一)

서론

광일렉트로닉스나 옵토일렉트로닉스 또는 광양자일렉트로닉스 등의 말이 쓰여지기 시작 한 것은 레이저가 출현한 이후부터이다.

즉, 1960년 미국 휴즈사의 Maiman에 의해 루비레이저가 발명되어 1961년에는 Javan 등의 벨연구소 그룹에 의해 He-Ne가스레이저가, 또한 1962년에는 GE사의 Hall 등과 Holonyak 등, IBM사 Nathan 등 및 MIT의 Quist 등 각 그룹에 의해 각각 독립적으로 GaAs, GaInP계 반도체 레이저의 실험이 성공하고 이어서 우수한 특징이 있는 각종 레이저와 응용분야가 개발됨으로써 양자전자공학의 기초가 형성되어 왔다.

한편 1984년 Gavor의 제안인 홀로그래피가 Leith 등에 의해 1962년 레이저광을 사용하여 고성능 화됨으로서 계측 등의 분야에서도 관심을 갖기 시작했다.

레이저의 출현 후 10년 간은 이러한 레이저 개발과 가간섭광을 사용한 여러 가지 가능성 추구

의 검토가 행해질 수 있게 되어 양자전자 공학적인 기초가 확립됨과 아울러 각종 레이저의 개발, 광재료의 개발, 계측에 응용, 광통신에 응용, 광기록에 응용, 의료에 응용, 레이저 가공, 핵융합이나 화학반응에 응용 등 여러 가지 개발이나 시도가 행해져 점차적으로 그 장점과 단점, 한계가 밝혀졌다.

이 사이 TV와 컴퓨터 보급에 의해 화상표시 전송 처리 기술이 급속히 진보되었다. 또 하드카피와 고속레이저프린터의 발달은 사무처리를 새롭게 발전시켰다. 1970년 이후로는 이들 연구개발의 성과가 결실을 맺기 시작하여 현재는 광섬유 통신이 급속히 보급, 추진되어 통신기술의 혁신에 공헌하고 있을 뿐 아니라 대용량 메모리나 비디오디스크 혹은 콤팩트디스크 등의 광디스크를 중심으로 하는 광기록 재생기술이 개발 실용화되었다.

한편, 레이저광에 의한 절단 용접 표시 등 가공 기술의 개발, 광CVD 등의 반도체산업에 응용, 광동위체분리법의 개발, 계측, 의료 등 더욱이 레

이제 조명이나 예술 등 각종 형태로 레이저기술의 개발 보급이 진전되고 있다.

이처럼 옵토일렉트로닉스는 광범위한 분야에 걸쳐 발달해 오고 있다.

이와 같이 광일렉트로닉스는 레이저를 중심으로 사용하는 신기술의 최첨단에 있으며,

- ① 광섬유 통신
- ② 광디스크 메모리
- ③ 광전자기기
- ④ 이미지 인식 처리 등의 광연산
- ⑤ 광인터커넥션
- ⑥ 광계측 광센싱
- ⑦ 디스플레이
- ⑧ 새로운 조명 등

새로운 시스템, 소프트웨어, 비즈니스 탄생이 이어지고 있다.

멀티미디어 정보네트워크 등 장래의 정보통신 사회 기반을 구축하기 위해 광일렉트로닉스의 중요성은 증가하고 있다. 특히 차세대 광통신 네트워크나 컴퓨터를 광으로 접속하는 광인터커넥션 등의 차세대 광시스템은 점점 그 정보전송 용량의 증대나 새로운 광기술의 개척이 중요하게 되고 있다. 종래의 광통신 시스템은 주로 점에서 점으로의 전송이 주였으나 앞으로는 특히 네트워크화나 병렬적으로 광을 사용하여 막대한 정보를 보내는 광네트워크의 중요성이 늘어날 것이다.

이와 같은 광의 병렬성을 심분 활용한 초병렬 광시스템을 실현하기 위해서는 대규모로 2차원 형태로 집적하는 것이 가능한 병렬광(並列光) 디바이스 등의 브레이크 스루(break through)가 필요하다. 이 때문에 매우 작은 광컴퍼넌트의 수요가 일어나 미소광학(Microoptics)이 등장했다. 수 μm 에서 수 mm 의 매우 작은 혹은 콤팩트한 광소자를 정교하게 조합시키거나 혹은 집적한 광학소자, 그것들을 기본으로 하는 종합기술로서 그 기능은 다음과 같은 것이 있다.

- ① 광의 발생, ② 증폭, ③ 전송, ④ 집광, ⑤

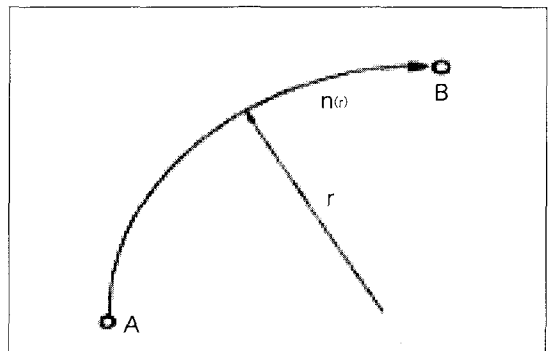
결상, ⑥ 분배, ⑦ 분과, ⑧ 화상처리 등 필자는 2차원 어레이 형태 마이크로렌즈의 방식을 1979년에 제안했다. 최초에는 학회에 발표 할 때마다 이처럼 작은 렌즈를 어디에 쓸 것인가라는 질문을 끊임없이 받았다. Microlens라는 학술용어도 없어 학회지에서 사용도 허가되지 않았을 정도였다. 그 뒤 광일렉트로닉스의 학술, 산업의 발전에 따라 종종 마이크로렌즈 제작법이 고안되어, 위에서 이야기한 여러 가지 응용분야에 적용이 확대되었다.

여기서는 이와 같은 소형 마이크로렌즈의 제작법과 응용 등에 대해 기초부터 응용까지를 총 망라해 놓았다.

빛은 진행방향을 알고 있다.

빛은 파장이 짧은 전자파이고 움직임은 맥스웰의 방정식을 따른다. 결국 어느 점의 주변상황을 포함하는 미분방정식(微分方程式)에 의해 기술된다. 빛의 진행방향을 나타내는데 광선방정식이 자주 쓰여진다. 이 미분방정식은 맥스웰 방정식에서 파생하는 파동방정식(波動方程式)에 있어서, 파장을 제로로 할 때의 근사치에 의해 얻을 수 있다. 그 진행방향은 주변 굴절률의 구배에 따라 얻을 수 있다. 결국 빛은 굴절률이 높은 쪽으로 꺾어진다.

그러나 페르마 원리에 의하면 빛은 최단시간에



▲ 그림 1. 광은 무엇을 알고 있는가?

전파하도록 광로를 선택한다. [그림1]과 같이 A 점에서 B점까지 걸리는 시간은 매질내의 광속을 적분(積分)하여 얻어지는데, 이것이 최소가 되도록 빛은 진행한다. 이것은 마치 빛이 자기의 진행 방향을 이미 알고 있듯이 움직이고 있다. 정말로 불가사의한 일이다.

렌즈는 굴절률이 다른 경계면, 혹은 굴절률의 구배에 의해 빛을 꺾어, 어느 점에서 어느 점까지의 도달시간을 최소로 하도록 고안된 컴퍼넌트이다. 그렇다면 마이크로렌즈는 얼마만큼 작아야만 되는 것일까를 말하라면 그 제한은 없다. 예를 들면 우주과학에서 마이크로렌즈라 하면 거대한 중력구배의 장으로 빛이 꺾여지는 것에 의한 렌즈 작용을 말하며, 빛의 파장에 가까운 정도의 작은 극미소(極微小)렌즈도 있다. 주변의 크기에 대해 상대적으로 작은 경우 마이크로렌즈라고 하는 것이 타당하지만, 일반적으로는 10 μ m 정도부터 수 mm 정도 렌즈를 의미하는 것이라 해도 좋을 것이다. 그러나 렌즈가 파장에 가까운 크기가 되면 광선에 의한 개념만으로는 나타낼 수 없게 되고 회절도 고려하지 않으면 안되게 된다. 그 원리는 앞에 서술한 것처럼 .

- ① 구면 혹은 비구면 경계에서 굴절작용을 이용하는 것
- ② 굴절률의 분포를 이용하는 것
- ③ 회절격자와 같이 주변구조의 회절현상을 쓰는 것
- ④ 단순히 굴절률이 큰 판에 뚫린 구멍에 의한 위상 변위를 이용하는 것 등이 있다.

모으는 빛-광의 빔

1. 광도파로내(光道波路內)의 광

광섬유 속에서 빛이 가이드되는 원리는 높은 굴절률의 코어(core)와 낮은 굴절률의 클래드(clad)와 사이의 반사에 의해서이다. 따라서 광선은 전반사를 반복하면서 지그재그로 진행한다.

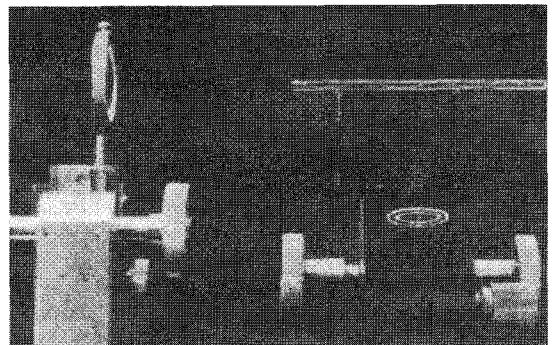
원통 파이버에서는 여기에다 스쿠(skew) 광선이라고 불리는 나선상의 광선이 더해진다.

그렇다면 중심 축에 따라 직진하는 광선은 없을 것인가라는 의문이 생긴다. 그러나 이것은 허용되지 않는다. 이것은 광파이버 속을 전달하는 광의 상태를 파동방정식이라는 엄밀한 미분방정식으로 풀어, 그것을 광선의 묶음이라고 생각해보면 알 수 있다. 즉, 양자역학에서 에너지-제로의 상태가 받아들여지지 않는다는 것과 비슷하다.

2. 분포굴절률(分布屈折率)파이버 속의 레이저 광 전파

[그림 2]에 나타난 사진은 플라스틱으로 만든 로드(rod) 렌즈의 가운데를 알콘레이저 빛이 사행(蛇行)으로 지나가며 전파하고 있는 모습을 나타내고 있다. 1976년 무렵 찍었던 것이다. 시료는 연구실에서 만든 것이었으나 촬영해준 사람은 전문 사진가로서 정말 잘 찍혀져 아름답다.

1973년 무렵 플라스틱에 분포 굴절률을 갖게 하여 렌즈로 만드는 연구로부터 출발했다. DAI(디아릴이소프탈레이트)라고 하는 플라스틱을 반중합(半重合)시켜 항온조에 설치한 굴절률이 작은 MMA(메타크릴산 메틸)에 담가 잔류 모노머를 넣어 바꾼 것이다. 이렇게 한 교환확산에 의해 굵은 파이버인 봉상태 시료가 만들어진다.



▲ 그림 2. 플라스틱파이버 속의 레이저 빔

이것을 소정의 길이로 절단, 단면을 연마하면 렌즈가 된다. 광파이버 교과서에 쓰여있는 것처럼 또는 사진과 같이 사행하는 가우스빔 파(波)의 전파가 가능한 것이다. 그러나 이것을 수학적으로 증명하는 것은 상당한 시간을 필요로 한다. 그 뒤 로드 렌즈에 만족하지 않고 평판 마이크로렌즈를 1979년에 발명했다. 뒤에 이것은 특허화 되었다.

광파이버에서 마이크로렌즈로

1966년 불순물을 제거하면 저손실이 된다는 가능성이 당시 영국의 Kao에 의해 제시되었으며 1970년이 되어 코닝사의 Kapron. Keck, Maurer에 의해 단파장대에서 20dB/km의 저손실 파이버가 개발되었다. 그 사이에 유전체도파로(誘電體道波路)의 해석이 시작되어 가스렌즈에 대한 일련의 해석이나 다모드파이버 정속성(定速性)의 해석, 집속 파이버의 개발 등이 진행되었다. 1976년에는 電電公社(당시)와 藤倉電線(당시)에 의해 1.3 μ m 장파장대역에서 0.47dB/km의 획기적인 저 손실 파이버가 또한 1979년에는 1.55 μ m에서 0.2dB/km의 극저손실 파이버가 개발되었다.

현재는 실리콘파이버 최저손실은 1.3 μ m에서 0.27dB/km, 1.55 μ m에서 0.54dB/km로 보고되어 있다. 광파이버 통신의 특징은 광대역성으로 단일모드파이버로 100Gbit/s km, 굴절률 분포형으로 2Gbit/s km 정도의 전송이 가능하다.

실리콘계 광파이버의 저손실 영역이 파장 1 μ m 대에 있다는 것을 알게 되어 GaInAsP/InP계 반도체 레이저의 시대가 시작되었다. 광파이버 저손실화의 연구와 병행하여 이 계열의 고신뢰화가 단시간에 완성되어 오늘날 광파이버 통신의 실현에 크게 기여했다. 1989년 5월부터 인류 처음으로 해저 광케이블이 태평양, 대서양에 개통했다. 가입자 계에서는 대량의 레이저가 필요하기 때문

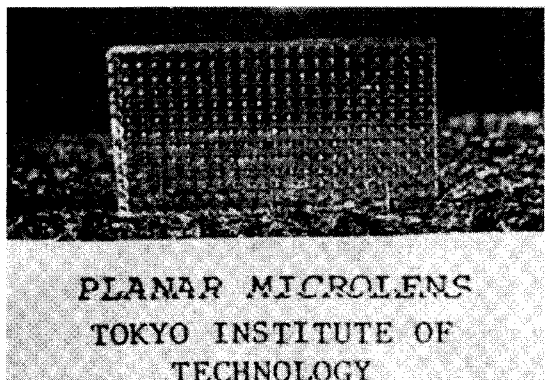
에 콤팩트 디스크용에 개발된 값싼 레이저의 도입, 플라스틱파이버와 적색레이저의 조합이 검토되고 있다.

그러나 광파이버에서 마이크로렌즈라 하면 선구(先球)파이버가 있다. 파이버 가장 끝을 구상(球狀)으로 가공하여 그 끝이 렌즈작용을 갖게 한다. 광파이버와 레이저의 광결합 효율을 높이고, 더욱 파이버 단면으로부터 반사광이 레이저에 돌아오지 않도록 하는 효과도 있다. 또 별개로 준비된 마이크로렌즈는 파이버와 레이저, 혹은 파이버와 파이버 사이에 여러 가지 기능의 소자를 삽입하는 부품에 필수적으로 되었다.

나아가서 마이크로렌즈

앞에서 잠시 언급한 것처럼 필자는 1979년에 병렬 광디바이스의 한가지로 평판마이크로렌즈를 발명했다.

[그림 3]과 같은 평판 마이크로렌즈 생각이 떠올랐을 때는 미국 로체스터에서 열렸던 제1회 분포 굴절률 광학 국제회의에 출석하여 강연을 듣고 있던 중이었다. 지금까지의 렌즈로서는 어떻게 하더라도 개별 디바이스로 장래 집적분야에 사용될 수가 없었다. 이것이 평판 마이크로렌즈 발명의 동기였다. 그로부터 유리기관에 마스크를



▲ 그림 3. 평판 마이크로 렌즈

붙이고 작은 구멍에서 점차적으로 높은 굴절률의 재료를 확산시킨다면 렌즈와 같은 기능이 나올 수 있을 것이다. 이것이 평판마이크로렌즈 아이디어의 기본이 되었다. 발명순간은 극도로 깊은 생각에 파묻혀 피곤한 머리와 회의중이라는 적당한 소음이 오히려 다행이었다.

평판마이크로렌즈의 배경은 필자가 대학원 시절에 연구한 가스렌즈에 있었다고 해도 좋을 것이다. 그것은 광파이버가 나오기 전 광전송과 집광을 하는 디바이스로서 공기의 굴절률 분포를 이용하여 가스렌즈가 연구된 시기이다.

필자는 가스흐름을 이용한 종류형 또 한가지는 4중극자를 이용한 쌍극형 두 종류의 가스렌즈를 취급하였다. 전자는 광축 방향에도 굴절률 분포를 갖는 것이기 때문에 크기가 대단히 큰 것으로 후에 생각해 보면 분포 굴절률 렌즈의 원형이라 해도 좋을 것이다. 이어서 로드형 분포 굴절률 렌즈에 대해 잠시 연구한 뒤 역시 모노리식(monolithic)으로 렌즈를 제조하는 필요성을 느껴 평판 마이크로렌즈를 발명한 것이었다. 그 뒤 화상응용분야의 출현, 광통신 서브시스템으로 부활하며 처음으로 세상에 알려지기 시작했다.

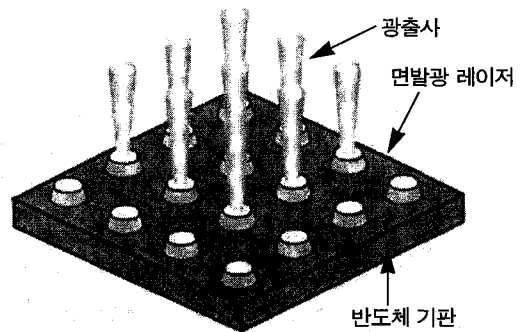
평판 마이크로렌즈에 대해 좀더 자세히 설명해 보고자 한다. 플라스틱에서 확산중합법(擴散重合法)과 Glass에서 이온 교환확산법(交換擴散法)을 사용 1979년 처음으로 축방향과 반경방향의 양방향에 굴절률이 분포하는 평판마이크로렌즈를 실현했다. 전장(電場)을 응용하는 것으로 이온교환을 현저히 촉진시킨 전장이입법(電場移入法)과 제작공정이 간단한 이온교환 확산법에 의해 렌즈어레이를 제작했다. 유리기판에 마스크를 붙인 뒤에 Photo-lithography의 수법에 따라 직경 100 μ m 전후의 원형 창을 만들어 용융소금에 담가 이온교환에 의해 굴절률 분포를 형성한다. 수시간 전장을 응용하여 직경 0.9mm, 초점거리 2mm 개구수 NA=0.23의 렌즈를 만들었다. 이 값은 통상 NA=0.2의 다모드파이버에서 광을 수광

하는데 충분한 값이다. 더욱이 이 렌즈를 합해서 2장을 적층하면 초점거리 1.8mm NA=0.38이 된다. 이 값은 시장에서 입수 가능한 로드 렌즈의 NA에 가깝다. 이 렌즈에 파장이 0.633 μ m인 He-Ne 레이저광을 통과시켜 집광시켰더니 스폿직경 약 2.8 μ m로 거의 회절한계에 가까운 값을 얻을 수 있었다. 반도체레이저에서 출사광을 받는 데는 NA=0.5 정도가 필요하지만 특수한 유리기판에 의해 0.54까지 증대시킬 수가 있다. 게다가 수차를 작게 하여 단일모드 파이버용이나 광디스크용에도 생각해볼 수 있다. 또 렌즈의 간격도 직경과 거의 같게 할 수 있기 때문에 0.01~2mm 간격의 렌즈어레이가 2차원적으로 가능하며 마치 잠자리의 겹눈과 같은 광부품도 가능하다.

최근에는 日本板硝子(株)에서 렌즈의 균질성을 좋게 하기 위해 전장을 응용하지 않는 이온교환 확산법이 재검토되어 제작공정을 공업화한 NA=0.25의 저수차 렌즈를 얻을 수 있도록 되었다. 마이크로렌즈어레이가 액정비전 등의 대형 디스플레이 등에 응용되어 똑같은 대형어레이가 대량 생산되고 있다. 광파이버어레이의 일괄접속 등 당초의 목적에도 개발이 추진되고 있다.

면발광 레이저와 병렬광 디바이스

[그림 4]와 같이 면발광 레이저 역시 필자의



▲ 그림 4. 면발광 레이저

발명으로 된 것이지만 기판과 수직으로 공진기를 형성하여 레이저광을 출사하는 것으로 횡방향의 크기가 수 μm 으로 작고, 2차원적으로 많이 집적할 수 있다는 특징을 갖고 있다. 이 레이저로는 극히 낮은 임계치로 할 수 있다는 것, 웨이퍼스케일의 일괄생산이 가능하기 때문에 병렬광 정보처리나 광인터커넥션 등의 새로운 광일렉트로닉스 분야에 적용을 기대할 수 있다.

그리고 수직 공진기형 면발광 레이저에는 다음과 같이 우수한 특징을 기대할 수 있다.

- ① 모노리식 공진기형성에 의한 낮은 chip 가격과 높은 양산성
- ② 소자분리전의 웨이퍼단위 검사
- ③ 본딩(bonding)과 마운트의 편리성
- ④ 고가의 패키지(package) 불필요
- ⑤ 광파이버와 모드정합용이, 단일모드부터 1mm정도 대구경까지
- ⑥ 1mA이하(1mA에 육박)의 극히 낮은 임계치로 동작
- ⑦ 임계치가 온도에 의해 그다지 변하지 않는 설계가 가능
- ⑧ 동적 단일과장 동작
- ⑨ 큰 완화 진동주파수
- ⑩ 정확한 임의배치의 고밀도 2차원 레이저어레이
- ⑪ 적층 혹은 마이크로머신에 적합한 3차원 집적화
- ⑫ 기판과 수직한 광출사
- ⑬ LSI와의 좋은 정합성
- ⑭ 높은 전력변환효율 (현재의 최고: >57%)
- ⑮ 긴 수명 (현재의 최고예측 수명: 10^7 시간)

지금까지 적외선영역으로부터 청색에 걸쳐 반도체재료를 사용 면발광 레이저가 만들어지고 있다. 즉 광통신용 광원으로서는 중요한 파장 1.3~1.5 μm 대의 GaInAsP/InP계, 광인터커넥션에 응용이 기대되어 우수한 레이저성능이 발휘할 수 있는 파장 0.9~1 μm 의 GaInAs/GaAs계, 광정

보처리에 중요한 파장 0.7~0.8 μm 대의 GaAs/GaAlAs계, GaInAlP의 적색, 청색의 ZnSe계, 청색에서 자외선 영역까지를 커버하는 GaN계가 있다.

멀티미디어 정보네트워크 등 미래 정보통신사회기반을 구축하기 위해 광일렉트로닉스의 중요성은 늘어나고 있다. 특히 차세대 광통신 네트워크나 컴퓨터를 광으로 접속하는 광인터커넥션 등의 차세대 광시스템으로서 점점 그 정보 전송용량의 증대나 새로운 광기술의 개척이 중요하게 되고 있다. 종래의 광통신 시스템은 주로 점에서 점으로의 전송이 주였으나 앞으로는 특히 네트워크화나 병렬화에 광을 이용, 막대한 정보를 보내는 병렬광전송이 기대된다. 또 여러 가지 파장의 면발광 레이저, 예를 들면 3원색(R, G, B)의 면발광 레이저어레이가 가능하다면 새로운 조명 표시나 프린터로 응용이 흥미 있을 것이다.

면발광 레이저에서 마이크로렌즈작용을 이용하는 것으로서 AIAs의 산화막이 있다. 면발광 레이저 구조의 활성층 가까이에 40nm 정도의 얇은 AIAs층을 성장시켜두고 포스트 형태로 에칭을 한 뒤 주변부터 고온의 수증기로 산화시키면 중심은 AIAs 상태로 주위는 Al의 산화층으로 된다. 이 산화층은 굴절률이 약 1.7 정도로 되어 중심 AIAs의 3 이상에 비해 작아진다. 이 때문에 주위를 통하는 파면의 위상이 앞서게 되고, 중심이 늦어지기 때문에 일종의 마이크로렌즈가 레이저공진기 속으로 문혀 들어가는 것처럼 되어, 광을 레이저 중심으로 가두는 작용을 만들어 내어 임계치를 극적으로 작게 하는 역할을 하고 있다.

병렬이미지 처리

다량의 정보를 고속으로 처리하기 위한 유효한 수단으로서 병렬처리가 주목되고 있다. 특히 화상정보를 직접 입력하여 활용할 수 있는 병렬처리에 의한 기대는 크다.

앞에서도 말했듯이 1979년에 평판마이크로렌즈(Planar Microlens) 등의 미소광학소자를, 또한 1981년에는 2차원 어레이 상에 배열한 병렬 광학계에 종속되어 중복으로 합쳐진 적층 광학계(Stacked Planar Optics)를 제안했다. 종래 광학계에서 각 소자는 광학대 위에 독립적으로 배치되는 것이 일반적이어서 간단한 처리를 행하는 경우에도 사방 수 10cm 넓이를 점유하게 된다. 또 각 소자가 독립되어 있기 때문에 광축의 조정을 위한 시간이 걸렸으며 그 안정성에도 문제가 있었다. 그러나 집적화된 미소광학소자의 병렬적층 집적화에 의해 광축 조정도 필요 없게되며 계통의 안정성도 일정하게 유지된다.

1996년 미국광학회(OSA)가 창립 80주년을 기념하여 日本板硝子(株)와 함께 타임캡슐을 만들었다. 그 중의 한가지로 평판마이크로렌즈가 선택되어 캡슐상자 안에 들어갔다. 30년 뒤에 개봉될 것이다. 이와 관련하여 일본에서 채용된 것은 이 평판 마이크로렌즈와 코니카(주)의 플라스틱 몰드렌즈 2건이었다.

또한 평판마이크로렌즈 어레이는 비간섭 조명된 물체에 대해 단일물체로 결상 특성이 비교적 양호한 이미지 복제기능을 나타낼 수 있다고 알려져 있다. 그 특징을 활용하여 입력화상을 다수 복제하고, 그 각각을 병렬적으로 처리를 행하는 법이 한가지 유력한 방법이라고 생각할 수 있다.

화상복제계에 이용하여 2차원 Walsh 함수 마스크를 공간필터로 쓴 문자 인식계가 제안되었다. 여기에서 우리들은 평판마이크로렌즈어레이를 쓴 적층 광학계로 실현하는 연구를 추진해왔다. 이 방식은 가간섭 광원을 쓴 matched filtering 등과 달리 비간섭성 광 화상을 직접 입력할 수 있기 때문에 취급이 용이할 것이라는 점이 있다.

우선 비간섭성 조명된 입력화상은 볼록렌즈에 의해 평행 광으로 되어 그 뒤에 있는 평판마이크로렌즈에 균일하게 입사되어 상이 복제된다. 볼

록렌즈에 의해 입사광선이 넓어지는 것을 막을 수가 있어 뒷 부분의 필터 등 소자의 위치결합이 용이하게 된다. 볼록렌즈 대신에 분포 굴절률 로드 렌즈를 사용하는 것으로서 이 부분도 볼록 모드로 하는 것은 가능하다.

평판마이크로렌즈 어레이로 복제된 입력 상은 각각 공간필터에 의해 입력 상에 대응한 광강도로 되고 이것을 마스크 전체로 보면 입력 이미지를 반영한 광강도의 분포가 얻어진다.

다음으로 뒷 부분의 평판 마이크로 어레이에서 그 광강도 패턴을 다시 복제하여 참조(參照)필터를 투과시킨다. 참조필터는 바르게 쓰여진 문자가 있는 곳의 투과 광량이 최대치가 되도록 설계되어 있기 때문에 인식이 된다. 이 단계에서 이미 인식은 완료하고 있으나 이 광량을 포토디텍터로 수광하고 LED 등의 표시장치로 나타내면 알기 쉽다.

또 포토디텍터 대신에 광학적 리피터(repeater)를 놓는 것으로 이 시스템을 광 컴퓨터의 입력모듈로 하는 것도 가능하다. 전공정을 완성하고 후공정 제작을 서두르고 있다. 이 시스템이 완성되면 하나의 칩으로 실시간에 반응하는 이미지 인식장치가 가능 하여 안전관리, 로봇의 눈 등에 응용할 수 있을 것이다.

초병렬광 일렉트로닉스로의 발전

그래서 여러 가지 정보, 특히 컬러의 동화상이 인터넷 등에서 빈번하게 취해 질 수 있도록 된다면 어느 정도의 전송용량이 필요할 것인가를 생각해 보면 단순한 계산으로서도 Tbit/s에서 P(페타)bit/s에 해당하는 고속처리가 필요 할 것이다. 그리하여 시간영역다중화(TDM), 파장영역다중(WDM), 초병렬광전송 등이 나오게 된다. 실리콘파이버를 사용하는 파장 1.55 μ m대의 파장다중에 의해 현재 1~10 Tbit/s 이상의 전송속도가 연구단계에 시험되고 있다. 더욱이 Pbit/s의 영역으로 되면 초병렬전송이 필요하게 된다.

한편 컴퓨터세계에서는 여러 가지 단계로 인터 커넥터에 광이 도입되도록 하고 있다. 고속성, 경량성, 가느다란 구경, 무 유도성 등 전기적 배선에 비해 많은 우위성이 있기 때문이지만 문제는 광을 사용하기 위한 디바이스의 가능성과 가격이다. 현재 1.3 μm 의 장파장, 0.85 μm 대의 단파장대의 양쪽으로 연구개발이 추진되고 있다. 광산업 기술진흥협회에서는 지금부터 광일렉트로닉스의 로드맵을 만드는 중으로 각 가정으로의 광 파이 버망 구축대책을 검토하고 있다.

전송문제와 함께 기록 기억에 관한 것도 중요하게 되고 있다. 고밀도 메모리 기술로의 요청이 있다. 과학기술청에서는 5년마다 과학기술의 장래동향에 대해 조사하고 있다. 거기에서는 1Tbyte의 광메모리 실현시기도 설문대상으로 하고 있다.

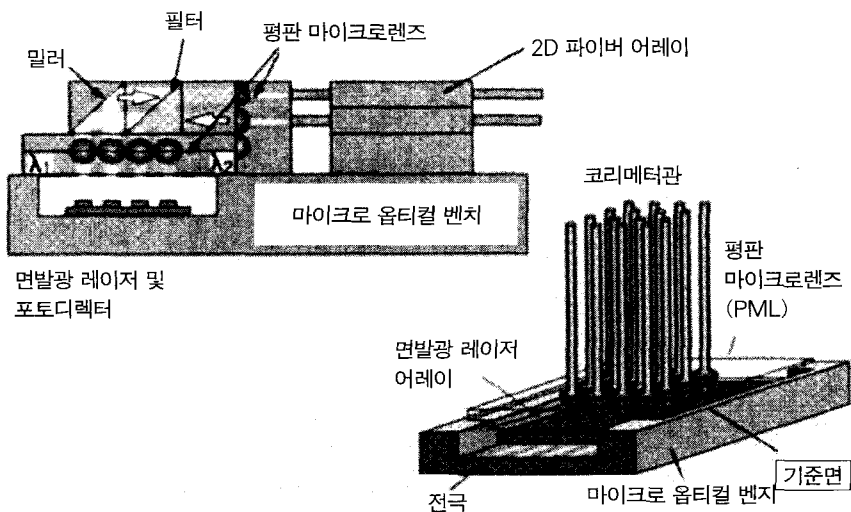
이들 대규모 광일렉트로닉스 네트워크의 발전에 광원으로서의 면발광 레이저 어레이 출현이 기대되고 있다. 컴퓨터의 광인터커넥트는 물론 근축장 광학을 이용하는 고밀도 광메모리 등장이 기대되고 있다.

멀티미디어 정보네트워크 등 장래의 정보통신

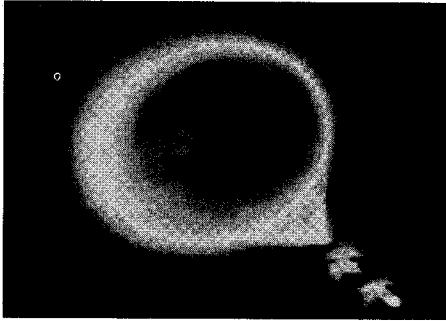
사회기반을 구축하기 위해 광일렉트로닉스의 중요성은 늘어나고 있다. 특히 차세대 광통신네트워크나 컴퓨터를 광으로 접속하는 광인터커넥션 등의 차세대광시스템에서는 점점 그 정보전송용량의 증대나 새로운 광기술의 개척이 중요해지고 있다. 종래의 광통신시스템은 주로 점에서 점으로 전송이 주였으나 앞으로는 특히 네트워크 화나 병렬에 광을 사용하여 막대한 정보를 보내는 병렬광전송의 중요성이 늘어날 것이다.

이와 같이 광의 병렬성을 충분히 활용한 초병렬 광시스템을 실현하기 위해서는 대규모로 2차원 형태로 집적하는 것이 가능하게 되는 병렬 광 디바이스가 핵심이 된다. [그림 5]에 나타난 것은 소규모이면서 이와 같은 생각을 구체화한 컴퍼넌트이다.

현재의 광통신에 쓰이는 반도체레이저는 결정을 쪼개서 반사경을 형성하는 등, 수공적(手工的)인 요소가 많고 소자분리(素子分離)를 하지 않으면 성능검사가 불가능하다는 점이나 디바이스가 크기 때문에 2차원적인 고밀도 집적에 무리가 있는 등 초병렬 광시스템 실현에는 브레이크 스루가 필요하다. 이러한 문제의 돌파구를 열기



▲ 그림 5. 마이크로 옵티컬 벤치



▲ 그림 6. 광링빔시스템

위해 면발광 레이저나 마이크로렌즈어레이 등의 새로운 2차원 어레이 광디바이스를 만들어 왔다. 면발광 레이저는 기판과 수직으로 레이저광을 출사시키는 것으로 소비전력이 적고 2차원적으로 많은 집적이 가능하다는 특징을 가지고 있다. 또 마이크로렌즈어레이도 100만개 규모의 수많은 렌즈를 면 형태로 집적할 수 있다. 그리하여 이들 2차원 형태로 많은 소자를 나열시킨 병렬 광디바이스를 써서 병렬로 정보를 보내고, 처리하는 초병렬 광시스템이나 광디바이스와 전자디바이스를 대규모로 집적한 컴퓨터시스템 등 광기술과 일렉트로닉스를 융합한 학술분야의 기초를 구축하는 것을 목적으로 하여 초병렬 광일렉트로닉스 프로젝트를 조직하고 문부과학성의 과학연구비 COE의 보조를 얻어 그 실현에 노력했다.

확대되는 광링빔시스템 (RBS)

마이크로렌즈의 형태는 모든 빛을 모으고, 결상하는 데만 그치지 않는다. 레이저광을 원추형태로 만들기도 하고 또 얇은 평면에 원추형태로 하여 사방팔방으로 방사할 수 있을 것인가. 등대와 같이 레이저빔을 빙글빙글 돌리며 방출해도 좋지만, 어떻게 하더라도 기계부분이 들어가기 때문에 신뢰성이 없어진다. 이와 같은 요청을 받아들여 제안한 방식이 광파이버의 원리를 사용하

자는 것이었다. 훨씬 이전에 한 개의 step-index optical fiber로 광화상을 직접 전송한다는 과제를 생각한 적이 있다.

이러한 원리로서는 파이버에 비스듬히 광을 입사시키면 출사광은 둥근 원추로 된다는 것이 기본이다. 어떻게 하여 그렇게 되는가는 문헌을 보도록 하고,

[그림 6]에 나타난 것 같이 실로 아름다운 빛의 둥근 테가 나타나기 때문이다. 다음으로 원추 프리즘으로 굴절시켜 원반으로 만들어도 좋을 것이다. 이렇게 하여 기본적인 구상을 정리한 것으로 정도가 높은 광 부품을 만든다는 것은 쉽지 않을 뿐 아니라 광학연마의 실력을 모아 겨우 장치를 완성시킨 것이다. 그렇다면 이 원반 빔을 어디에 사용할 것인가 하면 건축분야에서 수준기, 광센서 헤드, 광LAN용의 안테나, 원추 혹은 원형 레이저빔의 형성 등등, 이미 널리 퍼져 있다는 것을 보여주고 있다.

이와 같이 일반적인 견해를 보면 마이크로렌즈는 광 토폴로지(topology) 변환기로 하는 것도 가능하다. 또 그 특징은 작기 때문에 또 일괄제작할 수 있을 뿐아니라 정확히 나열된 어레이로 할 수 있을 것이다.

결론

마이크로렌즈의 정의를 다시 한번 생각해보자. 마이크로렌즈는 「 μm 에서 mm 의 크기를 가진 작은 렌즈로서 대체로 모노리식으로 제작할 수 있기 때문에 2차원 어레이 상에 많은 렌즈를 나열하여 배치할 수 있다는 것을 특징으로 한다. 광의 집광, 결상, 광 토폴로지 변환 등 많은 기능을 가지고 있다.」 이 때문에 광일렉트로닉스의 여러 가지 분야에 침투하여 새로운 기능과 응용을 전개할 수 있는 소자이다. 여러 가지 종류의 제작법이 모여있기 때문에 지금부터는 새로운 응용으로 발전되는 시기를 맞이하고 있다.