



照明에 이용되는 Laser Graphic Systems

(Laser graphic systems using in illumination)

1. 서 론

LASER란 Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation의 약자임은 이미 널리 알려진 바이다. 즉 유도방출에 의한 빛의 증폭현상을 의미한다. 이것의 최초 발진확인은 1960년 휴즈항공사의 마이만 박사에 의해 행하여졌으며, 반도체 관련 전자기기보다는 느리지만 상당한 발전을 해 온 것만은 사실이며, 이미 산업계 구석구석에서 가정집의 가정기기에까지 그 응용범위는 널리 확산되고 있다.

특히 오늘날 전자공학분야와 결합한 Opto-electronics(광전자공학) 혹은 Electro-optics(전자광학)분야는 새로운 시대를 이끌어갈 첨단분야로 널리 각광받고 있음을 주목할 때, 이 분야에 대한 보다 높은 관심 및 연구가 행하여져야 할 것으로 믿는다. 특히 조명분야에서도 널리 확산되고 있는 레이저 그래픽 시스템의 벡타스캐닝에 의한 원리 및 응용은 Optics(광학)응용 기술의 한 기본기술로 널리 응용되고 있어 여기서 그 간단한 원리와 함께 소개코자 하는 바이다.

성 규 동
(주)메트로씨스템즈 이사

2. 레이저의 역사 및 그 특성

2.1 레이저의 역사

전술한 바와 같이 레이저의 첫 발진은 당시 마

이크로파의 연구가 한창이던 1960년 휴즈항공사의 마이탄 박사에 의한, 붉은색 계통의 693.2 nm의 파장을 내는 루비(Ruby)레이저였다. 이는 담배 굽기의 인공 루비 결정에 크세논 플래시 램프를 비치게 해서 얻어낸 첫번째 유도방출에 의한 광증폭실험이었다.

이어 같은 해 He과 Ne의 혼합가스를 고주파 방전시켜 1153nm의 적외선을 내는 HeNe 레이저의 발전에 성공하였으며, 1962년에는 오늘날 주위에서 가장 널리 이용되는 붉은 색의 632.8 nm를 발진하는 HeNe 레이저의 발전에 성공하게 되었다. 이 HeNe 레이저는 발전 직후 세계 최초의 레이저 생산회사를 탄생시켜 상품화되게 되며, 오늘날까지 꾸준한 기술개발에 힘입어 연간 수십만대 수준의 양산으로 이어져 현재 가장 손쉽고 일반적인 제품으로 성장하였으나 오늘에는 반도체 레이저의 강력한 도전으로 전망이 불투명한 면을 보이고 있기는 하다. 국내에서도 일찌기 이 HeNe 레이저의 발전 실험에 성공해 이미 그 파워 서플라이의 국내 생산이 이루어져 수출이 이루어지고 있으며, 모 램프 제작회사에 의해 핵심기술인 헤드의 국내 생산도 이루어질 전망이다.

또한 1962년에는 LED로 유명한 GaAs의 발광효율이 높은 것에 착안한 반도체 레이저(일명 LD-Laser Diode)가 발표되었는데 근년에 들어 마침내 대망의 가시광선대역 반도체 레이저의 발전에 성공, 상품화됨으로써 레이저 산업의 획기적인 전기를 마련해줄 것으로 기대되고 있다.

한편 1964년은 레이저 역사에 있어 또 하나 중요한 해로 기록되는 바, 이 해에는 가시광선 레이저로 20~30 Watt급의 고출력을 내는 아르곤 이온(Argon Ion)레이저, 산업용 레이저로 널리 이용되는 고출력의 1.06 μm의 YAG 레이저 및 10.6 μm의 CO₂ 레이저가 휴즈 및 벨 연구소에서 계속 발표되었다.

2.2 레이저의 특성

레이저 빛의 특성은 다음과 같이 요약할 수 있다.

- ① 단색성(Monochromacity)
- ② 직진성 또는 지향성(Directionality)

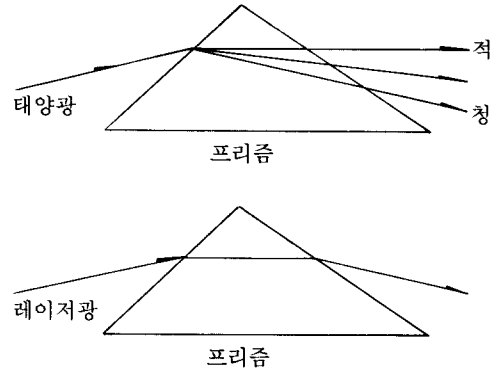


그림 1. 태양광과 레이저광의 프리즘에 의한 굴절

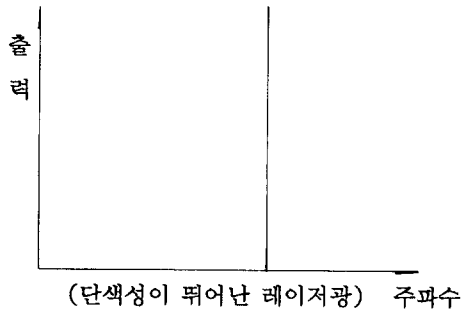
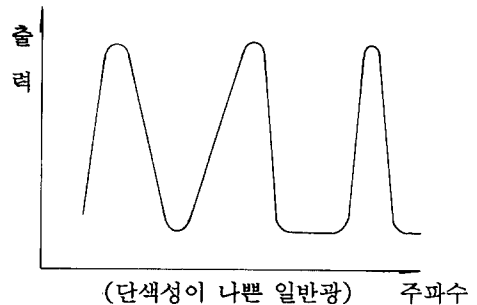


그림 2. 레이저광의 단색성

- ③ 가간섭성(Coherence)
- ④ 고휘도성(Radiance or Brightness)

첫째 단색성은 일반의 빛이 여러 파장의 조합된 것임에 비해 레이저는 단일 파장의 빛이라 할 수 있다. 즉 일반의 빛이 그림 1과 같이 프리즘을 통과시 여러색으로 갈라짐에 비해 레이저는 그 갈라짐이 없으며 그 특성을 그림 2와 같이 표시할 수 있다.

둘째 직진성이 뛰어나다. 물론 약간의 퍼짐(Divergence)이 있기 하나 거의 일직선으로 퍼져나간다는 점이다.

세째 공간적으로 시간적으로 동일위상을 유지해 나가므로 어느 일정한 간섭현상을 일으키거나 해석이 가능하다. 오늘날 널리 응용이 되고 있는 Interferrometer(간섭계) 또는 Holography(3차원 입체영상술)의 기술은 이 특성을 응용한 것이라 할 수 있다.

네째 고휘도성의 경우 태양광선을 집속해 종이나 나무를 태울 수 있는 것과 같이 직진하는 레이저광의 경우 에너지 밀도가 몹시 높으므로 이것을 집속할 경우 철판까지도 태울 수 있는 강력한 특성을 가지고 있다고 할 수 있다.

3. 레이저 그래픽 시스템

레이저 그래픽 시스템은 TV주사선 주사방식인 Raster 스캔 방식이 아닌, 우리가 연필로 글을 써나가듯 레이저를 이용해 주사해 나가는 방식의 대표적인 응용의 하나라 할 수 있다. 이와같은 주사방식을 이용하는 많은 응용들이 있으며 그들중 대표적인 것에 다음과 같은 것들이 있다. 철판 등에 Marking을 하는 레이저 마킹기기, Hybrid IC의 저항 및 콘덴서의 정밀한 Trimming을 해주는데 필수적인 Laser Trimming Machine, CAD장비의

3차원 Solid Model data를 받아 액체 플라스틱을 굳혀 (UV Curing기술) CAD에서 설계된 것과 똑같은 모형을 단 몇 시간내에 만들어 주는 3차원 인쇄장비인 Stereo Lithography Apparatus 및 많은 제측 및 반도체 기기들에 레이저 그래픽 시스템과 똑같은 벡타스캐닝 방식을 사용하고 있으며 사용 레이저의 종류는 응용에 따라 CO₂ Laser, Q-switched Nd:YAG Laser, Argon Ion Laser, Krypton Ion Laser 및 HeCd Laser 등이 널리 이용되고 있다.

3.1. 레이저 그래픽 시스템의 구성

현재 가장 널리 사용되고 있는 청·녹색의 파장을 포함한 Argon Ion 레이저를 이용한 레이저 그래픽 시스템의 기본구성은 그림 3과 같다.

첫째 레이저는 레이저를 발전하는 튜브를 포함한 Head부와, 그 발전안정회로부와 고압발생부를 포함한 파워서플라이부로 구성된다. 여기에서 청색과 녹색의 파장을 포함한 레이저 빔이 발생되며 보다 자세한 것은 3-2절에서 설명키로 한다.

둘째 특수하게 코팅된 Dichroic Mirror는 Multi-line Argon Ion 레이저에 포함된 청색과 녹색의 두가지 색을 각각으로 분리시켜 하나는 직진시키고 또 다른 하나의 색은 45° 반사시키게 된다. 이 Mirror의 특성이 좋아야 전체 효율이 개선되고 또

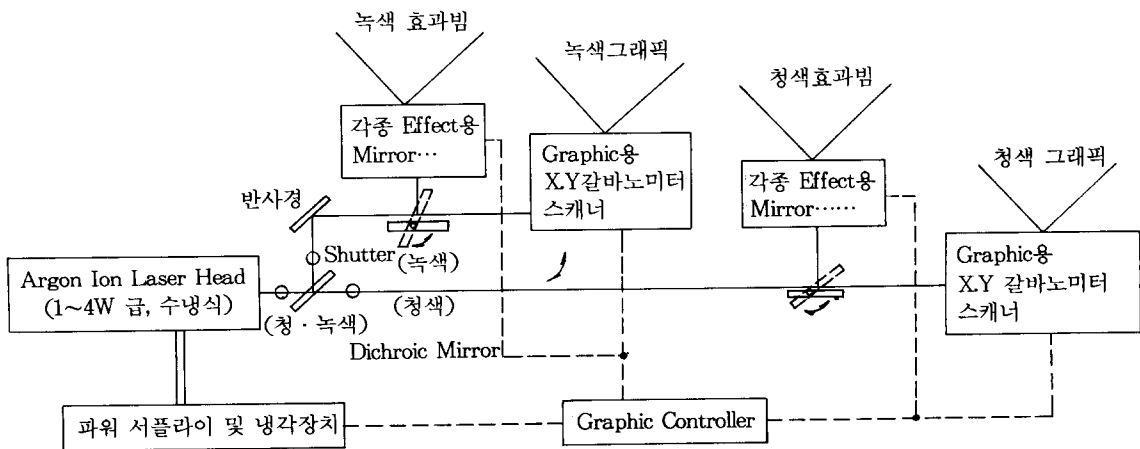


그림 3. Argon Ion Laser를 이용한 레이저 그래픽 시스템의 기본구성

한 레이저 빔이 멀리까지 갔을 경우 원래의 특성인 퍼지지 않는 직경이 가는 빔을 유지하게 된다.

세계 이렇게 갈라진 각각의 빔을 Graphic Controller에 의해 실제의 pattern을 만들게 되는, 2개의 정밀한 Galvanometer Scanner라는 모터위에 장착된 반사거울에 의해 X, Y 각축으로 움직여 실제의 모양을 만들게 된다. 이 스캐너의 특성이 워낙 정교하고 빨라 Graphic Controller에 입력된 Pattern대로 형상을 그릴 수 있게 된다. 이에 대해서는 3-3절에서 보다 자세히 설명한다.

네째 역시 Graphic Controller의 제어에 의해 움직이는 각종 Effect효과에 의해 각종 효과를 재현할 수 있게 되는데 이에는 각종 특수 filter 및 Grating 등이 사용되어 환상적 효과를 자아내게 된다. 이와는 별도로 또한 스모그등의 효과를 사용하게 되면 터널 effect 등 각종 효과적 image를 실현할 수 있게 된다.

마지막으로 앞서 설명된 바와 같이 이 모든 기구들을 제어하고 Graphic pattern data를 생성·제어하게 하여주는 Head적인 Graphic Controller가 있게된다. 또한 여기에는 digitizer나 data 입·출력용의 보조장치도 함께 하게 된다.

3.2 널리 이용되는 레이저

조명장치에 사용되는 레이저는 주로 3가지로 HeNe Laser, Argon Ion 및 Krypton Ion Laser가 널리 이용된다. HeNe 레이저는 공냉식에 비교적 취급이 쉬운 장점이 있으나 현재 상용화된 최대출력이 50mW 밖에 되지 않아 주로 5~10 mW급의 출력으로 소규모 장소에서 가끔 사용될 뿐이다.

청색과 녹색의 빛을 내는 Argon Ion 레이저의 경우 최대 출력이 가시광선에서 30W급까지 나오고 있어 이 분야에서 가장 널리 사용되고 있는 레이저라 할 수 있다. 실내에서 사용할 경우 대개 1~4 W급이 주로 사용되며, 대규모 야외 장소에서 사용할 경우 20W 이상급의 대형 레이저가 사용되고 있다. 이 레이저의 출력 Spectrum은 그림 4와 같으며, 과학적 실험에 사용할 경우에는 주로 prism 및 etalon 등을 이용하여 필요한 한 파장만의 빛을 추출하여 사용하게 된다.

문제는 이 레이저의 효율이 0.1% 이하여서 예를

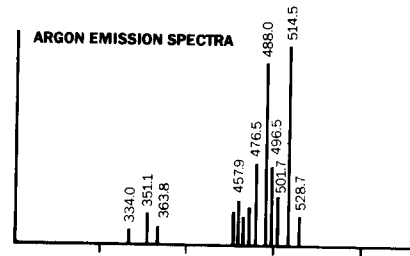


그림 4. Argon Ion 레이저의 출력 spectrum

들어 5W 출력의 경우 5KW이상의 입력전원이 요하게 되어 이 대부분의 입력전원의 냉각이 대단히 중요하게 된다는 점이다. 즉 발진하는 튜브의 주위로 엄청난 열의 손실이 있게 되어 이의 효율적 냉각을 위한 냉각장치가 중요하게 된다. 보통의 경우 수냉식을 사용하며, 냉각장치의 이상이 있을 경우 레이저가 치명상을 입는 경우가 많아 주의를 요하게 된다.

또 하나 중요한 문제로 되는 것은 레이저 빔의 퍼짐도(Divergence)가 된다. 레이저의 경우 fundamental mode로부터 모을 수 있는 전 mode를 모은 Multi-mode 레이저와, beam mode가 fundamental mode만 추출해 Gaussian mode로 좋은 TEM₀₀ mode 레이저로 크게 대분된다. Multi-mode 레이저의 경우 효율이 크게 개선되는 반면 beam의 mode가 나빠지고 beam의 Divergence가 증가해 빔이 크게 퍼지게 되고, 집속했을 경우 beam의 집속 spot size가 퍼져 일부 특수 산업용을 제외하고는 잘 사용되지 않는다. 이에 반해 TEM₀₀ mode 레이저의 경우 효율은 나빠지나 beam의 mode가 아주 좋고, divergence가 최소화되어 beam의 퍼짐이 적고, 집속했을 경우 beam의 spot size가 최소화되어 널리 사용되고 있다. 조명의 경우 이와 같은 문제로 Multi-Mode의 레이저는 레이저 빔의 사용거리가 짧은 일부의 곳에 사용되고 대부분의 경우 TEM₀₀ 레이저가 사용된다.

따라서 대부분의 경우 4W급 수냉식 TEM₀₀ Argon Ion 레이저가 전체 수요의 60% 정도를 점하고 있다고 보여지며, 이 외에 4-5 W급의 Multi-mode type 및 1 W급의 공냉식 레이저도 사용되고 있는 실정이다.

이 외에 색상의 다양화를 위해 적색과 노랑색의

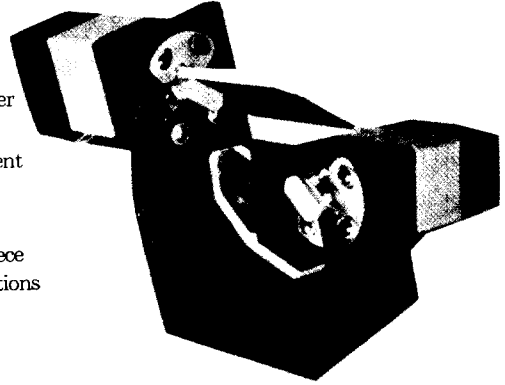
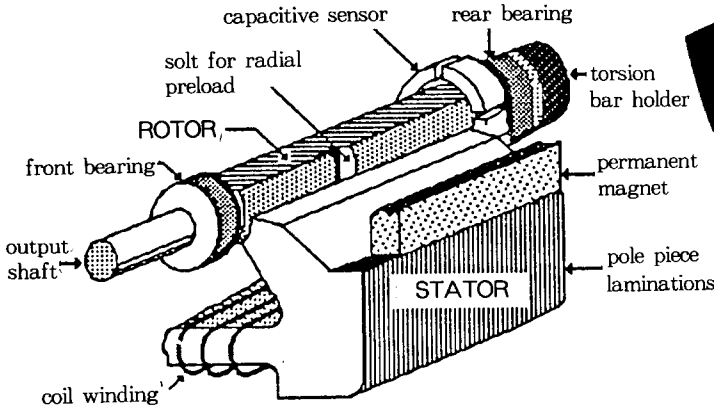


그림 5. 각종 스캐닝 장치에 널리 사용되는 Galvanometer Scanner

Krypton Ion 레이저가 사용된다. Krypton 레이저는 Argon 레이저의 튜브에 Gas만 바꿔넣은 것으로 그 효율이 0.001~0.005%로 지극히 낮다. 대부분의 경우 Argon Ion 레이저 시스템과 함께 운용되어 4색 또는 색상 배합 Optics의 적절한 배합으로 full-color 레이저 Graphic을 연출할 수 있다.

3.3 Galvanometer Scanner

조명장치의 Graphic Pattern을 만드는데 가장 중요한 역할을 하는 분야가 이 Galvanometer Scanner라고 할 수 있다. 이것의 동작원리는 여타 계측기에 사용되는 갈바노미터의 원리와 같이 입력전류에 비례해 아주 섬세하게 제어될 수 있다.

그림 5는 실제 조명장치에 사용되는 Galvanometer Scanner의 내부 구조와 실제 모습을 보여주며 그림 6은 이를 사용한 X, Y 스캐닝의 원리를 보여준다. 그러나 조명장치에서는 그림 6에 보여지는 집속(focusing)을 위한 Negative 및 Positive Lens는 사용되지 않으나 다른 대부분의 응용에서는 이와 같은 종류의 집속 optics 등이 사용된다. 요즘에는 그림에서 보는 Negative · Positive Optics에 의한 집속보다는 Z축 Dynamic focus 및 $f-\theta$ Lens 등이 렌즈의 수차 및 Linear한 촛점거리를 유지하기 위해 널리 사용되고 있다.

조명장치에 사용되는 Galvanometer Scanner는 주로 Digital data의 경우 초당 100~300 point를 따라가며 움직일 수 있는 것이 이용된다. 따라서

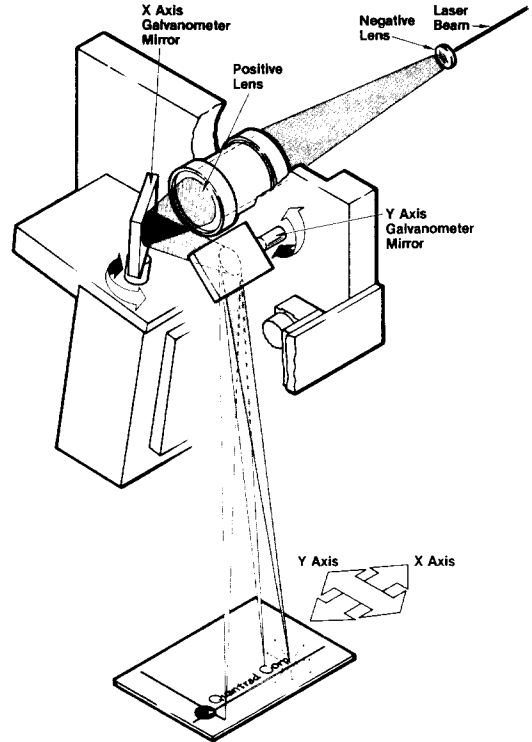


그림 6. X · Y Scanning의 원리

각종 graphic의 경우 각 점으로 그려져야하는 단점이 있으나 실제 scanner 구동시 mirror의 inertia 등에 의해 smooth한 형상을 얻을 수 있다. 예를 들어 60개의 point로 구성된 그림의 경우 300 point scanner를 사용하면 초당 5번의 그림을 그려내 상



(실제의 Graphic)



(Hologram을 이용한 effect)

그림 7. 실제연출된 Laser Graphic

당히 연속적인 image를 형성할 수 있다. 즉 point가 적은 단순한 그림일수록 보다 떨림이 적은 정밀한 화면을 구성할 수 있게 된다. 최근에는 초당 2000 point를 scan할 수 있는 scanner가 개발되어 사용되고 있어 보다 복잡한 형상을 그려내고 있기

도 하다.

또 이와는 별도로 각 image를 수학적으로 풀어내 hardware적인 회로의 결합으로 구성된 각종 리사쥬의 경우 보다 정밀하고 떨림이 없는 완벽한 image를 그려낼 수 있다.

그림 7은 이를 이용해 연출된 실제의 Graphic 형상을 보여준다.

4. 결 론

오늘날 레이저를 이용한 광학(optics)기술의 응용은 과거에 불가능했던 새로운 세계를 열어주는 매개체로 널리 이용되고 있으며 최첨단의 기술로 각광받고 있다. 날아오는 미사일을 단지 위성에 달린 mirror만을 움직여 강력한 빛으로 격추코자 하는 미국의 SDI 계획에서 가정의 오디오용 Compact Disc의 Pick-up에 이르기까지 이제 레이저는 우리 생활 곳곳에서 떨 수 없는 중요한 요소로 자리 잡고 있다.

Galvanometer Scanner를 이용한 Laser Graphic System도 entertainment용으로 주위에서 널리 이용되고 있음을 볼 수 있고, 실제 이 기술로부터 Laser TV를 위시한 많은 기술이 파생되어 나가고 있어 이 기술이 Galvanometer Scanner를 이용한 vector scanning의 대표적인 하나의 응용기술이라고도 말할 수 있어 이 분야 기술에 대한 연구가 보다 활발히 진행되어야 하리라고 보며 이 글을 맺고자 한다.