

레이저의 종류

레이저의 종류

- 사용 매질에 따른 분류
- 출력되는 빛의 파장에 따른 분류
- 외부에서 공급해주는 에너지 종류에 따른 분류

사용매질에 따른 분류

- 고체 레이저
- 기체 레이저
- 액체 레이저
- 반도체레이저

고체 레이저

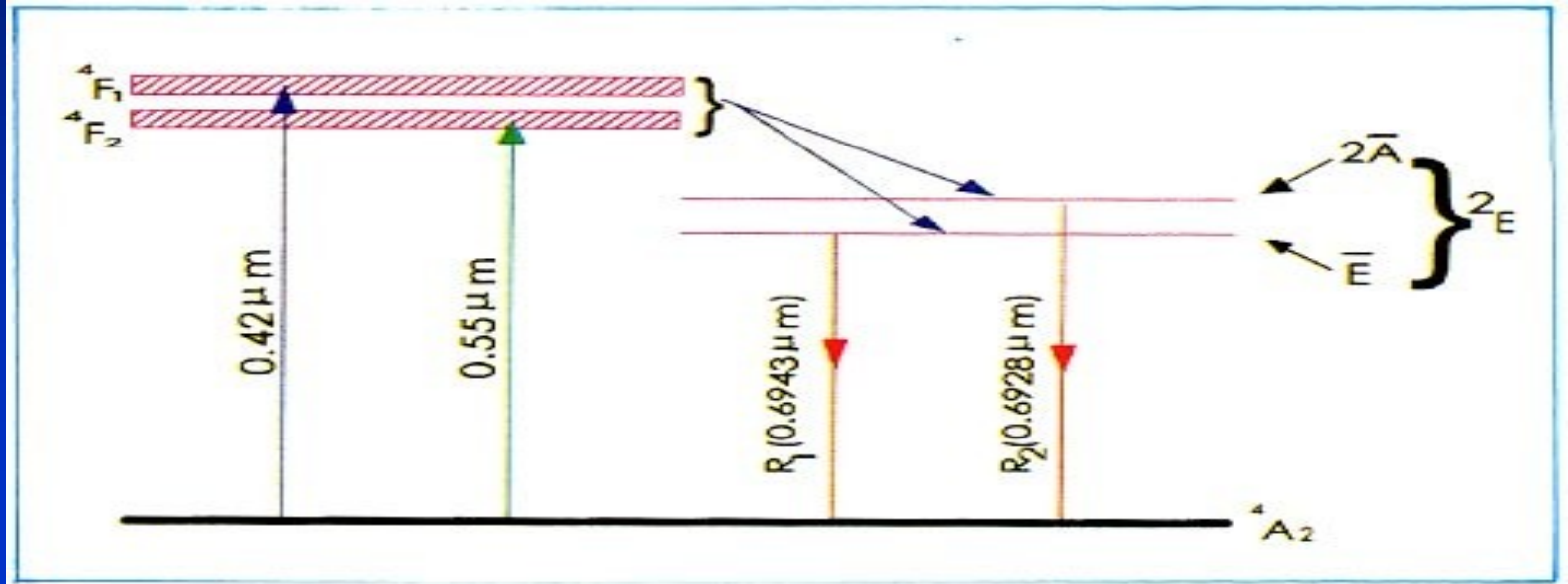
- 루비($\text{Cr} : \text{Al}_2\text{O}_3$) 레이저
 - 니오디뮴 : 야그($\text{Nd} : \text{YAG}$)
 - 니오디뮴 : 일프($\text{Nd} : \text{YLF}$) 레이저
 - 니오디뮴 : 글라스($\text{Nd} : \text{glass}$) 레이저
 - 티타늄 사파이어($\text{Ti} : \text{Sapphire}$) 레이저
- 반도체 레이저 등이 있으며
그 발진 파장은 붉은 색에서부터 적외선
파장에 걸쳐 있다.

1.루비($\text{Cr} : \text{Al}_2 \text{O}_3$)레이저

1960년 휴즈(Hughes)연구소의 마이만 (T.Maiman)에 의해 가시광 영역인 694.3 nm (1nm = 10억 분의 1m)의 붉은색인 루비레이저광이 최초로 발진되었다. 그는 보석의 하나인 루비(ruby)를 나선형 플래쉬 램프 가운데 삽입하고 그 플래쉬램프를 터뜨려 쏜 빛을 루비에 입사시킴으로써 레이저의 발진에 성공한 것이다. 피부과에서는 이 색의 흡수 성질을 이용하여 피부에 난 검은 반점을 태워서 제거하는 데 사용한다.

루비 레이저의 에너지 준위

- 2E 준위와 4A 준위 사이에 밀도 반전이 일어나서 붉은색($0.6943\mu\text{m}$)의 레이저가 발진된다.



2.니오디뮴:야그 레이저

1 μ m 파장의 근적외선 영역에서 발진하는 니오디뮴 : 야그 레이저는 레이저 이득이 크고 열적 기계적 특성이 우수하여 널리 활용되고 있는 레이저이다. 니오디뮴 : 야그는 야그(Yttrium Aluminum Garnet)이라고 하는 결정에 니오디뮴(Nd)을 첨가한 이득 매질로서 여기 방법은 섬광 등에 의해 주로 이루어져 왔으나, 최근에는 반도체 레이저에 의해 효율적인 여기가 되어 소형 레이저 광원으로 각광받고 있다. 니오디뮴 : 야그 레이저는 과학연구용, 레이저 천공이나 레이저 용접같은 산업용, 또는 의료용 등의 다양한 방면에서 활용되고 있다. 이 레이저는 파장 변환에 의해 녹색 레이저 광원으로도 매우 긴요하게 사용되고 있다.

3.니오디뮴:글라스레이저

Nd:glass 레이저는 YAG대신에 유리를 사용하며 발진 파장을 ND:YAG와 비슷한 $1.06\mu\text{m}$ 이 다.

ND:glass레이저의 이점은 크기에 제한없이 용이하게 레이저봉을 만들 수 있고 모양이나 형태또한 원하는 대로 만들 수 있다.

더욱이 Nd^{3+} 의 양을 쉽사리 조정할 수 있다.

현재 레이저 핵융합 등의 고출력 발진레이저 장치는 대체로 ND:glass 봉이 증폭기로 이용된다. 이때는 보통 펄스로 동작되는 순간 출력이 10^{12}W 에 달하는 것도 있다.

4. 티타늄 사파이어 레이저

루비 레이저나 니오디뮴 : 야그 레이저와 같은 대부분의 고체 레이저는 정해진 특정 파장에서만 레이저가 발진하나, 최근에 개발된 알렉산드라이트나 티타늄 사파이어 레이저는 광범위 파장 영역에서 발진 파장을 연속적으로 변화할 수 있는 특성이 있다.

티타늄 사파이어 레이저는 사파이어 (Al_2O_3)에 TiO_3 를 첨가하여 이득 매질로 사용한다. 티타늄은 사파이어의 알루미늄을 대체하여 산소 원자들과 공유결합을 이루면서 Ti^{3+} 이온처럼 행동한다. 이 Ti^{3+} 의 에너지 준위는 사파이어 결정 구조의 영향을 받아서 결정의 격자 진동과 결합하여 형성된다. Ti^{3+} 가 갖는 각 에너지 준위는 격자 진동의 영향으로 촘촘히 배열된 진동 준위를 포함한다.

고체 레이저의 발진파장 레이저

종류	파장(㎞)
루비	694.3
니오디뮴:야그(Nd:YAG)	1064
니오디뮴:글라스	1054
인산염	1061
규산염	1047
니오디뮴:일프(Nd:YLF)	1053
	1061
니오디뮴:GSGG	2940
Er:야그	1540
Er:글라스	850
Er:일프	1230
	1730
	2800
Ho:야그	2127
Ho:YSGG	2088
HO:YALO	2850
	2920

기체 레이저

- 헬륨-네온 레이저
- 아르곤 이온 레이저
- 크립톤 이온 레이저
- 이산화탄소 레이저
- 엑시머 레이저
- 금이나 구리 증기 레이저, 옥소 레이저 등이 있다.

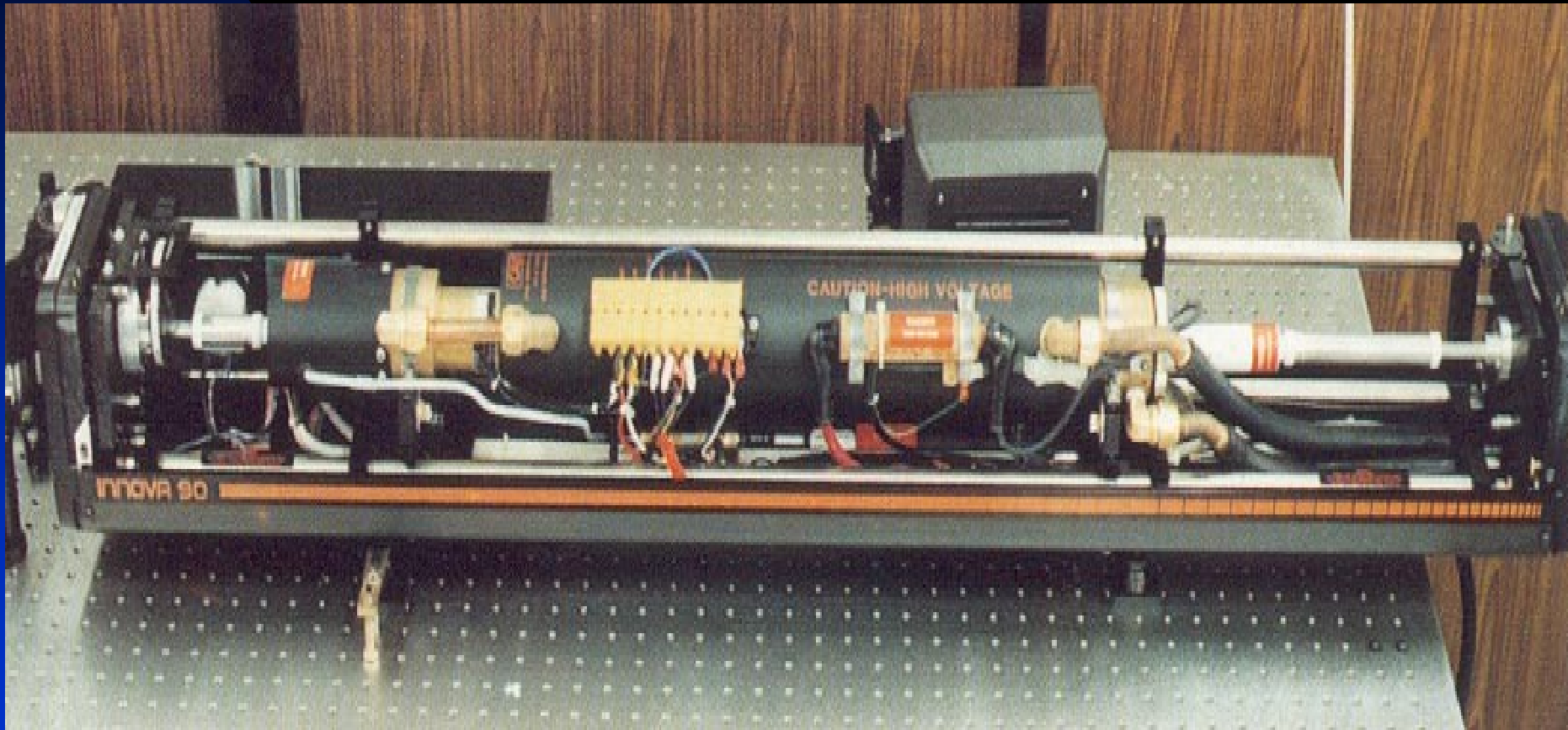
1. 헬륨-네온 레이저

632.8 nm의 붉은 파장을 가지는 이 레이저는 대표적인 레이저로서 최초의 개스레이저이기도 하다. 주로 간섭, 회절, 굴절 등 기초 광학 실험용으로 가장 흔히 사용되며 작은 것은 출력이 0.5mW에서 큰 것은 100mW까지의 대형레이저 까지 다양한 제품이 시판되고 있다. 이 레이저의 매질은 He와 Ne의 혼합기체로서 Ne가스에서 레이저가 발진된다.

2.아르곤 레이저

아르곤 이온 레이저는 청색과 녹색의 2개의 파장에서 강하게 발진되어 레이저 쇼와 같은 디스플레이 광원으로 많이 사용되고 있으며, 안과에서는 청색과 녹색의 빛이 망막까지 흡수되지 않고 도달하는 성질을 이용하여 망막에 필요 이상으로 발달된 모세 혈관을 태워서 없앴으로써 여러 가지 안구 질환의 치료에 활용하고 있다.

아르곤 레이저 발생기



3.이산화탄소 레이저

- 탄산가스 레이저는 탄산가스 분자의 진동준위 사이에서 10.6 μ m의 적외선이 발진되며 효율이 높아서 용이하게 고출력을 얻을 수 있다. 이런 이점으로 강한 열작용을 이용한 금속 또는 피륙의 용접 절단 등 산업에 이용되고 있다. 약 1m 길이의 유리(pyrex)관에 CO₂, He, N₂를 일정비로 흘리면서 10kV 정도의 직류전압을 가하면 글로우 방전이 일어난다. 밀도반전은 방전시 전자와 N₂와의 충돌로 N₂ 분자가 $V''=0$ 에서 $V''=1$ 의 진동준위로 들뜨게 되는데 이 들뜬 준위는 CO₂ 분자의 001 진동준위와 에너지 차가 작은 준위로서 두 분자사이의 충돌로 N₂ 분자는 에너지를 CO₂ 분자에 제공하고 아래로 떨어진다. 이 과정으로 CO₂ 분자가 001 준위로 들뜨게 된다. 들뜬 CO₂ 분자의 001 진동준위와 이보다 아래 에너지의 100 진동준위 사이에 밀도반전이 형성되어 레이저 발진이 가능하게 된다.

4. 엑시머 레이저

- 엑시머 레이저는 KrF, ArF이나 XeCl와 같은 엑시머(여기 상태에서만 분자로 결합함)를 이득 매질로 사용하며, 자외선 영역에서 발진한다. 이 레이저는 짧은 파장 영역에서 발진하므로, 16M DRAM이나 64MDRAM과 같은 고집적 메모리 칩의 생산을 위한 광 리소그래피 광원으로 사용되고 있다. 이 엑시머 레이저 중 ArF * 레이저는 발진 파장이 가장 짧아서 안구 표면에서 잘 흡수되므로, 안과에서는 근시 교정을 위한 각막 성형에 이용하고 있다(이 근시 교정 방법은 국내에 많이 보급되어 있으나, 구미 선진국에서는 장기적 부작용에 대한 검증이 끝나지 아니하여 아직 시험 단계에 있다). 또한 엑시머 레이저의 파장이 짧으므로, 엑시머 레이저는 집속시 그 직경을 매우 작게 할 수 있어 세라믹과 같은 물질의 미세 가공에 활용되고 있다.

기체 레이저의 발진파장

종 류 파장(nm)		종 류 파장(nm)	
원자		분 자 (많은 발진선)	
HeNe	544	CO	5000~6500
	594	CO ₂	9000~11000
	612		
	633		
	730		
	1150	엑시머	
	1523	F ₂	157
	3390	ArF	193
XeNe	2026	KrCl	222
	3506	KrF	249
이온		XeCl	308
아르곤이온	275~477	XeF	350
(많은 발진선)			
	488	금속증기	
	514.5	금증기	628
크립톤이온	413.1	구리증기	510
	468		578
	520.8		
	530.9		
	647.1	기타	
	752	질소	337
네온이온	330~380	HeCd	325
(많은 발진선)			442
크세논이온	526		534
535		목소	538
	540		1315

액체 레이저

- 액체 레이저의 대표적인 예는 물이나 알코올같은 용매에 유기 색소를 녹여서 이득 매질로 사용하는 색소 레이저이다. 색소 레이저의 특징은 넓은 영역에서 파장을 가변할 수 있다는 데 있다. 다양한 종류의 색소 레이저가 개발되어 있으며, 색소 레이저에 사용되는 색소를 교환함으로써 전 가시광선 영역을 포함하는 색상에서 레이저의 발진을 얻을 수 있다.

색소 레이저

- 현란한 색깔을 갖고 있는 유기 색소는 여러 종류가 레이저 이득 매질로 개발되어 있다. 색소 레이저는 유기 색소를 물이나 에탄올, 메탄올 같은 알코올 등의 용매에 녹여 액체상태의 이득 매질을 사용한다. 유기 색소는 하나의 전자 준위 내에 촘촘히 존재하는 진동준위를 갖고 있기 때문에, 색소 레이저는 연속적으로 발진 파장을 조정할 수 있다.

색소 레이저 (1)

- 색소 레이저는 적절한 색소의 교환에 의해 가시 광선 전 영역에 걸쳐 연속적으로 파장 가변을 할 수 있기 때문에, 과학 연구용이나 의료용으로 많이 사용된다. 특정한 파장의 광원이 요구되는 분광학 연구나 피부의 문신이나 검버섯을 제거하는 피부과용 레이저로 색소 레이저는 많이 활용되어 왔다.

색소 레이저 (2)

- 색소 레이저에 사용되는 유기색소는 인간이 섭취할 수 있을 정도로 안전한 것도 있으나, 암을 유발할 수 있는 유독성 색소도 많이 사용되어 그 취급이 매우 까다로운 단점이 있다. 여기 광원은 색소 레이저를 광펌핑하는 데 쓰이고 있으나, 이 광원, 특히 자외선 광원, 은 색소를 분해하여 사용되고 있는 색소의 수명을 단축시킨다. 그 결과, 유기 색소의 교환이 때때로 이루어져야 하므로, 색소 레이저를 사용하는 데는 번거로움이 항상 뒤따르게 된다.

반도체 레이저

- 반도체 레이저는 다이오드레이저라고도 하며 지금까지 개발된 레이저 중에서 제일 작은 것으로 보통 1nm이하의 크기이다. p형 반도체와 n형 반도체의 접합으로 되어 있으며 p-n접합의 양쪽끝은 평행한 평면 이다. 만약 면이 평면이 아니거나 평행하지 않으면 반도체레이저가 될 수 없다. 이 두면은 매우 큰 굴절을 때문에 반사경의 역할이 가능하게 된다.반도체 제조기술의 발달로 이러한 조건은 쉽사리 만족된다. 반도체 레이저는 체적이 매우 작은 특징이 있고 제조 단가가 저렴하고 대량생산이 용이 하며 수 mA의 전류만 흘리면 레이저가 되는 이점이 있으므로 CD재생장치, 광통신 등 응용도가 매우 높다.

반도체 레이저의 재료

- GaAs나 GaAlAs 또는 GaAlAsP 등이 개발되어 있으며 발진파장을 매질의 종류에 따라 다르나 GaAs인 경우 840nm의 적외선이다. 크기가 매우작기 때문에 회절효과가 두드러져 지향성이 다른 레이저에 비해 좋지 않은 결점이 있다. 보통 빔의 확산 각도가 다른 레이저의 경우보다 훨씬 큰 5-10도 이다.

자유전자 레이저

자유 전자 레이저의 구성은 고에너지 전자 발생기, 전자를 좌우로 진동시키기 위한 교번 자장기(위글러라고 부름)와 공진기 구성을 위한 광학계이다. 높은 에너지를 가진 전자들이 자기장의 극성이 규칙적으로 바뀌는 위글러를 통과하면서 진동을 하면, 제동 복사라고 하는 복사광을 방출한다. 이 복사광이 자유전자 레이저의 공진기를 구성하고 있는 광학계에 의해 위글러 내를 통과하는 고에너지 전자들과 상호 작용을 할 수 있도록 공진기의 공진 조건을 만들어 주면, 자유전자 레이저에서도 일반적인 레이저처럼 레이저 발진을 일으킬 수 있다.

출력되는 빛의 파장에 따른 분류

- 자외선 레이저
- 가시광선 레이저
- 적외선 레이저

자외선 레이저

- 발진파장이 자외영역(15~400 nm)에 있는 레이저이다. 그 중에서도 15~200 nm의 파장영역을 진공 자외영역이라 부르고 있다. 자외선 레이저로 가장 완성도가 높은 레이저는 불활성 가스 할라이드 엑시머 레이저로 공업적으로도 많이 이용되고 있다. 더욱이 파장이 짧은 진공 자외영역에서 발진하는 불활성 엑시머 레이저 레이저도 있다. 분자 레이저로서는 질소 레이저(337nm), 불소 레이저(158nm)가 있다.

가시 광선 레이저

- 발진 파장이 가시광 영역(400–720 nm)에 있는 레이저이다. 아래와 같은 레이저가 실제로 쓰이고 있다. 또, 적외선 영역 레이저의 고조파광이나 합주파광, 라만 레이저도 포함되어 있다.

적외선 레이저

- 적외선 영역은, 파장이 $0.72\sim 2.5\ \mu\text{m}$ 를 근적외선, $2.5\sim 25\ \mu\text{m}$ 를 중적외선, $25\sim 1,000\ \mu\text{m}$ 를 원적외선이라고 한다.
- 일반적으로 전자의 두 영역 레이저를 적외선 레이저라고 한다.

원적외선 레이저

- 파장이 25 μm 에서 1 mm 가까운 영역을 원적외선이라 한다. 또 그 중에서 100 μm 보다 긴 파장 영역을 서브밀리파라고도 한다. 그러나 원적외선 상품의 유행 이래, 단순히 근적외선($\sim 3 \mu\text{m}$)보다 파장이 긴 영역을 원적외라 부르는 경우도 있다.
- 원적외선 레이저로는 방전여기 레이저, 반도체 레이저도 있지만, 그 대부분은 각종 분자 기체(예를 들어, CH_3OH , CH_3F , D_2O)를 CO_2 레이저로 광여기하여 얻어진다. 현재 약 80종의 분자에서 약 4,000개의 발진선이 얻어지고 있다.
- 물성 연구나 자장밀폐 핵융합 플라즈마 진단용 레이저로서 혹은 우주공간에서의 물질 특성을 위한 파장 기준 등 사용되고 있다

외부에서 공급해주는 에너지 종류에 따른 분류

- 광 펌핑 레이저
- 전기 펌핑 레이저
- 화학 펌핑 레이저

광 펌핑 레이저

- 센 빛을 증폭기 에 입사시켜 밀도반전을 일으키는 것으로서 플래쉬 펌프를 터트려 나오는 빛을 집속시키는 것과 센 레이저 빛을 입사시켜 밀도반정을 일으키는 것으로서 다른 레이저를 발생케하는 방법들이 있다. 집속된 빛은 흡수되어 원자의 전자가 높은 궤도로 들뜨게 됨으로서 밀도반전이 된다.
- 루비레이저나 Nd:YAG 레이저 등에서 쓰이고 N2 레이저 혹은 Ar 레이저로 색소(dye)레이저 등의 여기에 쓰이고 있다.

전기 펌핑 레이저

- 주로 기체레이저에 해당되며 기체를 관 속에 일정량 주입하고 전기방전을 시 키면 방전전자가 기체원자와 충돌하여 원자내의 원자를 높은 궤도로 올림으로서 밀도반전이 형성된다.

화학 펌핑 레이저

- 불산(HF)레이저 등에서 쓰이는 방법으로 화학반응을 통하여 HF분자의 진동회전 준위 사이에 밀도반전이 일어나게 하는 방법이다.

참조 문헌

- http://211.40.179.13/book_file/ke27/ke027-003.htm:
- <http://my.netian.com/~jyho/link/laser/laser4.htm>
- <http://www.bookshill.com/laser/wave/1-12.htm>