

제정 기술표준원고시 제2000 - 463호 (2001. 1. 5)
개정 기술표준원고시 제2003 - 523호 (2003. 5. 24)

전기용품안전기준

K 60825-1

[KS C IEC 2002]

레이저 제품의 안정성

제1부 : 장비 등급분류, 요구사항 및 사용자 지침

- 목 차 -

서문	7
I. 일반사항	
1. 적용범위 및 목적	8
1.1 적용범위	8
1.2 적용목적	9
2. 표준 참고문헌	9
3. 용어의 정의	9
II. 제조 요구사항	
4. 기술사양	16
4.1 일반사항	16
4.2 보호하우징	16
4.3 접근판 및 안전 인터록	16
4.4 원격 인터록 접속기	17
4.5 키 조정	17
4.6 레이저방사 방출 경고	17
4.7 빔 멈추게 또는 빔 감쇠기	17
4.8 제어기	18
4.9 가시광	18
4.10 주사보호대	18
4.11 정렬보조기구	18
4.12 들어가기 접근	18
4.13 주위조건	18
4.14 기타 위험에 대한 보호	19
5. 표지	19
5.1 일반사항	19
5.2 1 등급 및 1M 등급	19
5.3 2 등급 및 2M 등급	20
5.4 3R 등급	20
5.5 3B 등급	20
5.6 4 등급	21
5.7 개구 표지	21
5.8 방사 출력 및 규격 정보	21
5.9 접근판 표지	21

5.10 비가시 레이저 방사에 대한 경고	22
5.11 가시 레이저 방사에 대한 경고	22
5.12 LED 방사 경고	22
6. 기타 정보 요구사항	25
6.1 사용자 정보	25
6.2 구매 및 서비스 정보	26
7. 특정레이저 제품에 대한 추가 요구사항	30
7.1 의료 레이저 제품	30
7.2 IEC 60825 계열의 기타 규격	30
8. 등급분류	30
8.1 일반사항	30
8.2 레이저 등급 설명	30
8.3 등급분류 의무	31
8.4 등급분류 규칙	31
9. 등급분류를 위한 측정	34
9.1 시험	34
9.2 레이저 방사 측정	35
9.3 측정 기하학 구조	36
III. 사용자 안내서	
10. 안전 사전주의	42
10.1 일반사항	42
10.2 원격 인터록 접속기의 사용	42
10.3 키 제어	42
10.4 빔 멈추개 또는 감쇠기	42
10.5 경고 사인	42
10.6 빔 경로	42
10.7 정반사	43
10.8 눈 보호	43
10.9 보호 의복	44
10.10 훈련	44
10.11 의료 감시	45
11. 레이저 운전에 따르는 위험	45
11.1 대기오염	45
11.2 부방사 위험	45
11.3 전기적 위험	45

11.4 극저온 냉각제	45
11.5 물질처리	45
11.6 기타 위험	46
12. 위험제어 절차	46
12.1 일반사항	46
12.2 옥외에서 사용되는 레이저 위험 평가	46
12.3 사람 보호장치	46
12.4 레이저의 데모, 디스플레이 및 전시	47
12.5 실험실 및 작업실 레이저 설치	47
12.6 옥외 및 건축물에의 레이저 설치	48
13. 최대허용 노광량(MPE)	49
13.1 일반사항	49
13.2 제한개구	49
13.3 반복펄스 혹은 변조 레이저	50
13.4 측정조건	51
13.5 확장원 레이저	52
부록 A 생물학적 고려사항	59
부록 B 물질처리용 레이저 제품에 적절한 고출력 레이저 고려사항	65
부록 C 관련 IEC 규격	68
부록 D LED 제조자에 의해 제공되는 정보	69

레이저 제품의 안정성

제 1부 : 장비 등급분류, 요구사항 및 사용자 지침

Safety of laser products

Part 1 : Equipment classification, requirements
and user's guide

서문

서문 이 규격은 2001년에 제 1.2판으로 발행된 IEC 60825-1 Safety of laser products-Part 1. Equipment classification, requirements and user's guide을 번역해서 기술적 내용 및 규격서의 서식을 변경하지 않고 작성한 한국 산업 규격이다.

IEC 60825-1의 국제규격은 "IEC 기술위원회 76: 레이저 장비"에 의해 작성된 것이다. 통합판으로서 발행된 IEC 60825-1의 제 1.2판은 제 1판(1993), 수정안 1(1997)[문서 76/157/FDIS 및 76/165/RVD], 그리고 수정안 2(2001)[문서 76/220/FDIS 및 76/223/RVD]에 기초한다. IEC 60825-1의 여백에 있는 수직선은 제 1 판의 내용이 수정안 1과 수정안 2에 의해 변경된 것을 나타낸다.

IEC 60825-1의 제 1.2판은 사람 안전에 관련되는 레이저 방사의 측면에서, IEC Guide 104에 따른 안전 간행물 군(Group Safety Publication)으로 분류되며 제 1부라 한다.

내용에 대한 설명을 보완하기 위하여 부록 A, B, C, D가 주어진다.

IEC 기술위원회는 IEC 60825-1의 제 1.2판 규격의 내용을 2003 년 까지 변경하지 않기로 결정했다. 2003 년에 간행물의 규격내용이 재확인, 삭제, 개정판으로 대체, 또는 수정될 예정이다.

(주) IEC Guide 104:1984, Guide to the drafting of safety standard, and the role of Committees with safety pilot functions and safety group functions.

IEC Guide 104는 IEC 기술위원회와 사양 작성자에게 안전 간행물의 규격 안 작성에 대한 지침을 준다. 이 지침은 표준 참고문헌을 구성하지는 않지만, 내용에 대한 참고사항은 정보를 위해 제공된다.

레이저 제품의 안정성

제1부 : 장비 등급분류, 요구사항 및 사용자 지침

Safety of laser products

Part 1 : Equipment classification, requirements and user's guide

I. 일반사항

1. 적용범위 및 목적

1.1 적용범위

이 규격은 레이저 제품의 안전성에 관련된 것으로서 1장에서는 일반사항과 부록, 2장에서는 제조 요구사항, 그리고 3 장에서는 사용자 지침을 각각 다룬다.

이 규격이 적용되는 레이저 제품은 분리된 전원 또는 분리되지 않은 전원을 갖는 하나의 레이저를 구성할 수도 있고, 또한 복잡한 광, 전기 또는 기계 시스템에 하나 이상의 레이저를 포함할 수도 있다. 일반적으로, 레이저 제품은 재질처리, 데이터 읽기 및 저장, 정보전송 및 디스플레이 등과 같은 물리적 현상 및 광 현상을 보이기 위해 사용된다. 이와같은 레이저 제품은 산업, 사무처리, 오락, 연구, 교육 및 의료 분야에서 사용되어 왔다. 판매를 위한 시스템의 구성요소로서 다른 제조자에게 판매되는 레이저 제품은 이 규격을 적용받지 않는다. 왜냐하면, 최종제품 자체가 이 규격에 적용되기 때문이다.

제 1부에서는 레이저 단어가 사용될 때 마다 발광다이오드(light emitting diode : LED)가 포함된다. LED의 제조자에 의해 제공되는 정보 설명은 부록 D를 참조한다.

모든 레이저 제품 및 LED 제품은 다음 경우 제 1부의 추가 요구사항에 대하여 제외된다.

- 3, 8, 9절에 따른 레이저 제품의 분류에 의해 방출레벨이 운전, 유지, 서비스 및 고장의 모든 조건에서 1 등급 접근가능레벨(accessible emission level:AEL)을 초과하지 않는 경우.
- 그 제품이 내장된 레이저나 LED를 포함하지 않은 경우.

레이저 방사로부터 발생하는 위험외에 레이저 장비는 화재나 누전같은 다른 위험을 야기하기도 한다. 제 1부는 최소 요구사항만 명시한다. 레이저 시스템이 다른 IEC 제품의 안전 규격(예를들면, 의료장비(IEC 60601-2-22), IT 장비(IEC 60950), 오디오 및 비디오 장비(IEC 60065), 위험한 상황에서 사용되는 장비)을 따르는 장비의 한 부분을 포함하는 경우, 제 1부는 레이저 방사로부터 초래되는 위험을 위한 IEC Guide 104의 규정에 일치하여 적용된다. 하지만, 레이저 시스템이 이 장비로부터 제거된 상태에서 동작되면, 제 1부의 모든 규격은 제거된 기구에 적용된다. 어떤 안전규격도 적용되지 않으면, IEC 61010-1이 적용된다.

레이저 방사를 위해 정해진 제 1부의 최대허용노광량(maximum permissible exposure : MPE) 값은 부 방사에는 적용되지 않는다. MPE 값은 의료 치료 목적인 레이저 방사에 대한 환자의 노출에는 적용되지 않는다.

1.2 적용목적

(1) 레이저 방사에 대한 안전 작업 레벨의 지시 및 위험정도에 따른 레이저 및 레이저 제품의 분류 시스템을 통해 180 nm~1mm의 파장 범위를 갖는 레이저 방사로부터 사람을 보호한다.

(2) 적절한 사전주의가 채택될 수 있도록 사용자 및 제조자가 절차를 확립하고 정보를 제공하기 위한 요구사항을 설정한다.

(3) 레이저 제품의 접근가능 방사에 수반되는 위험에 대해 사인, 표지 및 명령을 통해 개인에게 적절한 경고를 준다.

(4) 불필요한 접근가능 방사를 최소화함으로써 부상의 가능성을 줄이고 보호용 특징을 통해 레이저 방사 위험에 대한 제어를 향상시키며 사용자 제어 조치를 명시함으로써 레이저 제품의 안전사용법을 제공한다.

(5) 레이저 제품의 사용 및 동작시 발생하는 기타 위험으로부터 사람을 보호한다.

2. 표준 참고문헌

다음 표준 참고문헌들은 IEC 60825-1에 대한 규정을 정하는 내용을 갖고 있다. 날짜가 있는 문헌들의 경우, 수정안이나 개정판은 적용되지 않는다. 하지만, IEC 60825-1에 근거한 합의 관계자는 다음 표준 참고문헌들의 가장 최근 판을 적용할 가능성을 검토하도록 장려된다. 날짜가 없는 문헌의 경우 인용된 참고문헌의 최신 판이 적용된다. IEC와 ISO 위원들은 현재 유효한 국제규격의 등록을 관리한다.

IEC 60027-1:1992, Letter symbols to be used in electrical technology- Part 1: General Amendment 1, 1997.

IEC 60050(845):1987, International Electrotechnical Vocabulary(IEV)- Chapter 845: Lighting.

IEC 60601-2-22:1995, Medical electrical equipment- Part 2: Particular requirements for the safety of diagnostic and therapeutic laser equipment.

IEC 60825-2:2000, Safety of laser products- Part 2: Safety of optical fibre communication systems.

IEC 61010-2:2001, Safety requirements for electrical equipment for measurement, control and laboratory use- Part 1: General requirements.

IEC 61040:1990, Power and energy measuring detectors, instruments and equipment for laser radiation.

ISO 1000:1992, SI units and recommendations for the use of their multiples and of certain other units.

3. 용어의 정의

(1) **접근판(access panel)** 제거되거나 위치가 변경될 때, 레이저 방사에 대한 접근을 제공하는 보호용 하우징 또는 밀폐함의 한 부분.

(2) **접근 방출 한계(accessible emission limit: AEL)** 특별한 등급내에서 허용되는 최대 접근가능 방출 레벨.

(3) **관리제어(administrative control)** 키 감시, 사람의 안전 훈련, 경고 통보, 카운트다운 절차, 영역안전 제어와 같은 비기술적 형태의 안전조치.

(4) **정렬 레이저 제품(alignment laser product)** 다음 사용중 하나 이상을 위해 설계, 제

조 및 계획된 레이저 제품

- (a) 각 측정에 의해 점, 본체 또는 영역의 형태, 범위 또는 위치를 결정하거나 도해
- (b) 서로 관련된 부분의 위치 결정 또는 조정
- (c) 평면, 레벨, 승강 또는 직선을 명시.

(5) $\alpha_{\min}$ (alpha min) 맞변각 참조.

(6) 수용각 γ (angle of acceptance γ) 검출기가 이 각내에서 광방사에 반응하게 되는 평면각. 보통은 라디안으로 표시된다. 수용각은 검출기 정면에 위치한 개구 또는 광 미소부분에 의해 조정되며 시야계로서 언급되기도 한다.

(주) 광화학적 위험을 평가하기 위한 제한적 측정 수용각 γ_p 가 명시된다. γ_p 는 생물학적으로 눈 움직임에 연관이 되며 원(source)의 맞변각에 무관하다. 원의 맞변각이 제한적 수용각보다 적으면 실제 측정 수용각은 제한적일 필요가 없다. 원의 맞변각이 제한적 수용각보다 크면 실제 측정 수용각은 제한되어 원은 고온점을 위해 주사된다. 측정수용각이 특정한 레벨로 제한되지 않으면 위험은 과대평가될 수도 있다.

(7) 맞변각(angular subtense) 공간내의 한 점에서 관측되는 결보기원에 의해 대응되는 각. 레이저 제품의 분류를 위해 맞변각은 결보기원에서 100 mm 이상 떨어진 점(또는 결보기원이 창문이나 렌즈내에서 100 mm 보다 멀리 떨어진 위치에 있는 경우는 제품의 출구 창문 혹은 렌즈)에서 결정된다. 최대허용 노광량 레벨의 분석을 위해 맞변각은 결보기원에서 100 mm 이상 떨어진 가시거리에서 결정된다.

(주 1) 결보기원의 맞변각은 400 nm~1,400 nm의 파장범위, 즉 망막 위험영역에서만 적용된다.

(주 2) 원의 맞변각은 빔발산과 혼동되어서는 안된다.

(8) 개구(aperature), 개구조리개(aperature stop) 개구는 사람에게 레이저 방사의 접근을 허용하도록 레이저 방사를 방출하는 레이저 제품의 보호하우징 혹은 다른 밀폐함에서의 구멍. 개구조리개는 방사 측정 영역을 정하는 역할을 수행하는 구멍이다.

(9) 결보기원(apparent source) 가장 작은 가능한 망막의 상을 형성하는 실제 혹은 가상 물체.

(주) 이 정의는 결보기원이 눈의 조절영역(100 mm 이상)에 위치한다는 가정하에 400 nm~1,400 nm 파장범위내의 레이저 방사에 대한 결보기 원점의 위치를 결정하기 위해 사용된다. 확산되어 사라지는 극한의 경우, 즉 이상적인 평행빔의 경우, 결보기원의 위치는 무한대가 된다. 결보기원의 개념은 302.5 nm~4,000 nm의 확장된 파장영역에서 사용된다. 왜냐하면, 기존 렌즈에 의한 초점조정이 그 파장영역에서 가능하기 때문이다.

(10) 빔(beam) 방향, 발산, 직경 및 주사에 대한 사양으로 특징을 나타내는 레이저 방사. 비규칙 반사로 부터 분산된 방사는 빔으로 고려되지 않는다.

(11) 빔 감쇄기(beam attenuator) 규정 레벨 또는 그 이하로 레이저 방사를 감소시키는 장치.

(12) 빔 직경, 빔폭(beam diameter, beam width) 공간상의 한점에서 빔직경 d_u 는 전체 레이저 출력(또는 에너지)의 u %를 포함하는 가장 작은 원의 직경이다. 이 규격에서는 d_{63} 가 사용된다.

(주) 가우시안 빔의 경우, d_{63} 은 조사가 중앙최대치의 $1/e$ 로 떨어지는 점에 해당한다.

(13) 빔확산(beam divergence) 빔직경에 의해 정해지는 원추의 원거리 평면각. 단위는 rad 이다. 거리 r 로 떨어진 두점에서의 빔 직경이 각각 d_{63} 과 d'_{63} 일 때 빔확산은 다음과 같다.

$$\Psi = 2 \tan^{-1} \left[\frac{d_{63} - d'_{63}}{2r} \right]$$

- (14) **빔확장기(beam expander)** 레이저 빔의 직경을 증가시키는 광요소들의 조합.
- (15) **빔경로 구성요소(beam path component)** 정의된 빔경로에 있는 광 구성요소(예를 들면, 빔조정 거울 또는 초점렌즈).
- (16) **빔 멈춤개(beam stop)** 레이저 빔 경로를 종결시키는 장치
- (17) **1 등급 레이저 제품(Class 1 laser product)** 적용과장 및 방출 지속기간에 대하여 1 등급의 AEL을 초과하는 레이저 방사에 사람의 접근을 허용하지 않는 레이저 제품.
- (18) **1M 등급 레이저 제품(Class 1M laser product)** 적용과장 및 방출 지속기간에 대하여 1 등급의 AEL을 초과하는 레이저 방사에 사람의 접근을 허용하지 않는 302.5 nm~400 nm 의 과장범위를 갖는 레이저 제품. 이 레이저 제품의 방사 레벨은 9.2 절 g)항에 따라 측정되지만, 1 등급 레이저 제품을 위해 사용되는 것 보다 더 작은 측정 개구로 또는 겉보기 원으로 부터 더 먼 거리에서 각각 구해진다.
- (19) **2 등급 레이저 제품(Class 2 laser product)** 적용과장 및 방출 지속기간에 대하여 2 등급의 AEL을 초과하는 레이저 방사에 사람의 접근을 허용하지 않는 레이저 제품.
- (20) **2M 등급 레이저 제품(Class 2M laser product)** 적용과장 및 방출 지속기간에 대하여 2 등급의 AEL을 초과하는 레이저 방사에 사람의 접근을 허용하지 않는 400 nm~700 nm 의 과장범위를 갖는 레이저 제품. 이 레이저 제품의 방사 레벨은 9.2 절 h)항에 따라 측정되지만, 2 등급 레이저 제품을 위해 사용되는 것 보다 더 작은 측정 개구로 또는 겉보기 원으로 부터 더 먼 거리에서 각각 구해진다. 따라서, 2M 등급 레이저 제품의 출력을 광 계측기를 사용하여 관측할 때 위험할 수 있다.
- (21) **3R 등급 및 3B 등급 레이저 제품(Class 3R and Class 3B laser products)** 1 등급 및 2 등급의 AEL을 초과하는 레이저 방사에 사람의 접근을 허용하지만, 적용과장 및 방출 지속기간에 대하여 3R 등급 및 3B 등급 각각의 AEL을 초과하는 레이저 방사에 사람의 접근을 허용하지 않는 레이저 제품.
- (22) **4 등급 레이저 제품(Class 4 laser product)** 3B 등급의 AEL을 초과하는 레이저 방사에 사람의 접근을 허용하는 레이저 제품.
- (23) **부방사(collateral radiation)** 레이저 동작으로 인해 레이저 제품에서 방출되는 레이저 방사를 제외한 180 nm~1 mm의 과장범위내의 전자파 방사.
- (24) **평행빔(collimated beam)** 매우 작은 각발산이나 각수렴을 갖는 평행광선.
- (25) **연속파(continuous wave: CW)** 펄스모드 보다는 오히려 연속모드에서 동작하는 레이저의 출력. 0.25 초 또는 그 보다 긴 기간동안 연속출력으로 동작하는 레이저를 연속파 레이저이라 한다.
- (26) **지정 빔경로(defined beam path)** 레이저 제품내에서 레이저 빔의 계획된 경로.
- (27) **전시용 레이저 제품(demonstration laser product)** 전시, 오락, 광고, 디스플레이 및 예술적 창작을 목적으로 설계, 제작 및 계획된 레이저 제품. 다른 응용을 위해 설계되고 계획된 레이저 제품은 전시할 목적이란도 전시용 레이저 제품이라 하지 않는다.
- (28) **확산반사(diffuse reflection)** 방사 빔이 표면이나 매질에 따라 여러 방향으로 퍼짐으로써 생기는 방사 빔의 공간분포의 변화. 완벽한 확산기는 우발적이고 긴급한 방사의 방향들의 모든 상관관계를 파괴한다.
- (주) 이 정의는 IEC 845-04-47에 정의된 내용과는 다르다.
- (29) **내장 레이저 제품(embedded laser product)** 접근가능 방출을 제한하는 기술적 특징으로 인해 레이저의 고유 능력보다 낮은 등급으로 지정된 레이저 제품.

(주) 내장 레이저 제품에 결합된 레이저를 내장 레이저이라고 한다.

(30) **방출 지속기간(emission duration)** 레이저 제품의 동작, 유지 및 서비스의 결과로써 레이저 방사에 사람의 접근이 일어나는 펄스, 펄스열 또는 연속동작의 일시적 지속기간. 펄스열의 경우 방출 지속기간은 상승펄스의 첫 번째 첨두전력의 절반에 해당하는 점과 하강펄스의 마지막 첨두전력의 절반에 해당하는 점 사이의 지속기간이다.

(31) **오차 레이저 방사(errant laser radiation)** 지정 빔 경로로부터 이탈하는 레이저 방사. 이 방사는 빔경로 구성요소로부터의 불필요한 이차 반사, 오정렬된 또는 손상된 구성요소로부터의 이탈방사 및 공작물로 부터의 반사를 포함한다.

(32) **노출시간(exposure time)** 인체에 입사하는 레이저 방사의 펄스, 펄스열 또는 연속방출의 지속기간. 펄스열의 경우 방출기간은 상승펄스의 첫 번째 첨두전력의 절반에 해당하는 점과 하강펄스의 마지막 첨두전력의 절반에 해당하는 점 사이의 지속기간이다.

(33) **확장원 가시(extended source viewing)** 100 mm 혹은 그 이상의 거리에서 겹보기원이 제한 맞변각(α_{min}) 보다 큰 눈의 각에 대응하는 가시 상태. 망막 열손상 위험을 고려할 때 이 구역에서는 α_{min} , α_{max} (중간원), α_{max} 보다 큰 각(큰원) 사이의 맞변각 α 를 갖는 원을 구별하기 위해 사용되는 중간원과 큰원의 두 개의 확장원 상태가 고려된다.

(34) **고장안전(fail safe)** 구성요소의 고장시 위험이 증대되지 않게 하는 설계상 고려. 고장 모드에서는 시스템이 비동작 혹은 비위험 상태가 된다.

(35) **고장안전조치 인터록(fail safe safety interlock)** 고장모드에서 인터록의 목적을 수행하는 인터록. 예를들면, 힌지형 덮개가 열리자마자 말자 또는 분리식 덮개가 제거되기 전 오프 위치로 구동되고, 힌지형 덮개가 닫힐때까지 또는 분리식 덮개가 닫힌 위치에서 잠글때까지 오프 위치를 유지하는 인터록.

(36) **사람접근(human access)** a) 개구로부터 방출되는 위험한 레이저 방사에 인체 부위가 견딜 수 있는 능력, 또는 12 mm에서 80 mm 까지의 직경을 갖는 탐침(프로브)으로서 2 등급, 2M 등급 및 3R 등급의 레이저 방사를 차단 할 능력. b) 보호용 하우징내의 구멍을 통한 제품 내부의 단일 평면에 의해 직접 반사되는 위험한 레이저 방사에 견딜 수 있는 인체 부위의 능력.

(37) **적분방사(integrated radiance)** 방출의 단위 입체각당 그리고 방사표면의 단위면적당 방사에너지로 표현되는 지정 노출시간 동안의 방사의 적분. 단위는 $J \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$ 이다.

(38) **빔내 가시(intrabeam viewing)** 확산반사의 가시와 대조적으로 눈이 직접 또는 거울 같이 반사된 레이저 빔에 노출되는 모든 가시 상태.

(39) **조사(irradiance)** 한 표면의 미소부분에 입사하는 방사속 $d\Phi$ 를 그 미소부분의 면적 dA 로 나눈 값 $E = \frac{d\Phi}{dA}$. 단위는 $W \cdot m^{-2}$ 이다.

(40) **레이저(laser)** 제어된 유도방출 공정에 의해 180 nm~1 mm의 파장범위에서 전자파 방사선을 발생시키거나 증폭시키는 장치.

(주) 이 정의는 IEC 845-04-39에 정의된 내용과는 다르다.

(41) **레이저 제어 영역(laser controlled area)** 방사 위험으로부터의 보호를 목적으로 방사의 점유 및 활동이 제어 및 감시를 받게되는 영역.

(42) **레이저 에너지원(laser energy source)** 전자, 이온 또는 분자의 여기를 위한 에너지를 공급하기 위해 레이저와 결합하여 사용되는 장치. 전원 또는 배터리 같은 일반 에너지원

은 레이저 에너지를 구성하지 않는다.

(43) 레이저 위험 영역(laser hazard area) 공칭 눈 위험 영역 참조

(44) 레이저 광섬유 전송 시스템(laser fibre optic transmission system) 하나 또는 그 이상의 전송기 및 관련 광섬유 케이블로 구성된 시스템.

(45) 레이저 제품(laser product) 레이저나 레이저 시스템을 구성하여 결합하는 제품이나 부품의 조립. 전자제품의 부품으로서 사용을 목적으로 다른 제조업자에게 판매되는 것은 레이저 제품이라 하지 않는다.

(46) 레이저 방사(laser radiation) 제어된 유도방출에 의해 레이저 제품에서 방출되는 180 nm~1 mm의 파장범위를 갖는 전자파 방사선.

(47) 레이저 안전관리자(laser safety officer) 레이저 위험의 평가 및 제어에 대한 지식을 갖고 레이저 위험 제어를 감독할 책임이 있는 사람.

(48) 레이저 시스템(laser system) 추가 구성요소에 상관없이 적절한 레이저 에너지원과 결합된 레이저.

(49) 레벨링 레이저 제품(levelling laser product) 정렬 레이저 제품 참조.

(50) 발광다이오드(light emitting diode : LED) 180 nm~1 mm의 파장범위내에서 반도체의 방사 재결합에 의해 전자파 방사선을 발생시키는 반도체 p-n 접합 장치(일부 유도방출이 존재할지라도, 광방사는 주로 자연방출 공정에 의해 발생된다).

(51) 제한 개구(limiting aperture) 조사와 방사노광량이 평균되는 원형 영역.

(52) 유지(maintenance) 레이저 제품에 대하여 제조자에 의해 제공되는 사용자 정보에 명시된 조정 또는 절차의 성능. 유지는 제품의 의도된 성능을 확신할 목적으로 사용자가 수행하며 동작이나 서비스는 유지에 포함되지 않는다.

(53) 최대 맞변각 $\alpha_{\max}$ (maximum angular subtense, $\alpha_{\max}$) MPE와 AEL이 광원의 크기와 무관한 겉보기원의 맞변각의 값.

(54) 최대출력(maximum output) 동작이 가능한 전 범위에 대하여 레이저 제품에 의해 모든 방향으로 방출되는 전체 접근가능 레이저 방사의 최대 방사 전력 또는 펄스당 최대 방사 에너지.

(55) 최대허용노광량(maximum permissible exposure: MPE) 정상 상태에서 사람이 역효과를 입지 않고 노출되는 레이저 방사 레벨. MPE 레벨은 눈이나 피부가 노출 즉시 혹은 긴 시간 후에 나타나는 상해없이 노출될 수 있는 최대 레벨을 나타내며, 방사 파장, 펄스 지속기간, 위험한 조직, 400 nm~1400 nm 범위에서의 가시 및 근접 적외선 방사에 의한 망막상의 크기에 관계가 있다.

(56) 의료 레이저 제품(medical laser product) 인체 모든부분의 생체내 진단, 수술, 혹은 치료 레이저 방사선조사의 목적으로 설계, 제조 및 계획된 레이저 제품.

(57) 최소 맞변각 $\alpha_{\min}$ (minimum angular subtense $\alpha_{\min}$) 확장원으로 간주되는 겉보기원의 맞변각 값. MPE와 ALE는 $\alpha_{\min}$ 보다 작은 맞변각에 대하여 원의 크기에 무관하다.

(58) 모드동기(mode-locking) 멀티모드로 발진하는 레이저에서 모드 상호간에 일정한 위상 관계를 유지시키는 조작. 시간폭이 좁은 고속의 광펄스를 얻는 방법으로 사용된다.

(59) 공칭 눈 위험 영역(nominal ocular hazard area: NOHA) 레이저 빔의 우발적 잘못 지시의 가능성을 포함하여, 빔 조사나 방사 노광량이 적절한 각막의 MPE를 초과하는 영역. NOHA가 광보조기구를 통해 가시 가능성을 포함하면 그 NOHA를 확장 NOHA이라 한다.

(60) 공칭 안 위험 거리(nominal ocular hazard distance: NOHD) 빔 조사나 방사 노광량이 적절한 각막의 MPE와 같게되는 거리. NOHD가 광보조를 통한 가시 가능성을 포함하면 확장 NOHD이라 한다.

(61) 동작(operation) 의도된 기능의 전 범위에 대한 레이저 제품의 실행. 동작은 유지나 서비스를 포함하지 않는다.

(62) 광화학적 위험 제한(photochemical hazard limit) 역 광화학적 효과(예를들면, 광망막염- 400 nm~600 nm의 파장범위내의 방사 노출로 부터 생기는 광화학적 망막의 손상)에 대하여 사람을 보호하기 위해 유도된 MPE 또는 AEL.

(63) 보호 밀폐함(protective enclosure) 레이저 방사에 사람의 노출을 방지하기 위한 물리적 수단의 매체.

(64) 보호 하우징(protective housing) 규정 AEL을 초과하는 레이저 방사에 대한 사람의 접근을 방지하기 위해 설계된, 내장 레이저를 결합한 제품을 포함한 레이저 제품의 부분. 일반적으로 제조자가 설치한다.

(65) 펄스 지속기간(pulse duration) 펄스의 상승구간 및 하강구간에 있는 첨두전력의 절반에 해당하는 점들 사이에서 측정된 시간증분.

(66) 펄스 레이저(pulsed laser) 에너지를 단일 펄스 혹은 펄스열 형태로 방출하는 레이저. 펄스의 지속시간은 0.25 초 보다 적다.

(67) 방사(radiation) 다음 식에 의해 정의되는 양으로 단위는 $W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$ 이다.

$$L = \frac{d\Phi}{dA \cdot \cos \theta \cdot d\Omega}$$

여기서

$d\Phi$: 정해진 점을 통과하고 정해진 방향을 포함하는 입체각 $d\Omega$ 로 전파하는 기본빔에 의해 전송되는 방사속

dA : 정해진 점을 포함하는 빔의 단면적

θ : 단면의 법선과 빔방향 사이의 각.

(68) 방사에너지(radiant energy) 시간 Δt 동안의 방사속의 시간적분. 단위는 J이다.

$$Q = \int_{\Delta t} \Phi dt$$

(69) 방사노광량(radiant exposure) 수광된 방사에너지의 표면 밀도. 단위는 $J \cdot m^{-2}$ 이다.

$$H = \frac{dQ}{dA} = \int E dt$$

(70) 방사력, 방사속(radiant power, radiant flux) 방사 형태로 방출, 전달 및 수신되는 전력. 단위는 W 이다.

$$P, \Phi = \frac{dQ}{dt}$$

(71) 반사율(reflectance) 주어진 조건(IEV 845-04-58)에서 반사방사력과 입사방사력의 비.

(72) 원격 인터록 접속기(remote interlock connector) 레이저 제품의 다른 구성요소와는 별도로 위치한 외부 제어의 연결을 허용하는 접속기.

(73) 안전 인터록(safety interlock) 하우징 부분이 제거될 때 3 등급 또는 4 등급 레이저 방사에 대한 사람의 접근을 방지하기 위한 레이저 제품의 보호하우징에 관련되는 자동장치.

- (74) 주사 레이저 방사(scanning laser radiation) 고정 기준 프레임에 대하여 전파의 시변 방향, 원점 및 형태를 갖는 레이저 방사.
- (75) 서비스(service) 제품성능의 관점에 영향을 줄 수 있는 제조자의 서비스 지침에 명시된 절차 및 조정의 실행. 서비스는 유지나 운전을 포함하지 않는다.
- (76) 서비스 연결(service connection) 서비스를 위해 설계된 레이저 광섬유 전송시스템에서의 접근 점은 분리하기 위해서는 공구가 필요하다.
- (77) 서비스 판(service panel) 서비스를 위해 제거되거나 옮겨지도록 설계된 접근 판.
- (78) 단일사고상태(single fault condition) 제품에서 생기는 단일 사고 및 그 사고의 직접 결과.
- (79) 작은 원(small source) 최소 맞변각 $\alpha_{\min}$ 과 같거나 적은 맞변각을 갖는 원.
- (80) 정반사(specular reflection) 거울반사와 같이 방사의 입사빔과 반사빔 사이 각의 상관관계를 유지하는 표면반사.
- (81) 측량 레이저 제품(surveying laser product) 정렬 레이저 제품 참조.
- (82) 열 위험 제한(thermal hazard limit) 광화학적 손상에 반대되는 것으로서 역 열효과에 대해 사람을 보호하기 위해 유도된 MPE 또는 AEL.
- (83) 시간축(time base) 제품분류를 위한 방출 지속시간.
- (84) 공구(tool) 나사 및 고정매체를 동작시키기 위해 사용되는 나사드라이버, 동전, 또는 다른 물건.
- (85) 투과율(transmittance) 정해진 상태에서의 전송 방사속과 입사방사속과의 비.
- (86) 투과율 밀도(transmittance density) 투과율 τ 의 역의 기저 10의 대수 값(IEV 845-04-66).
- $$D = -\log_{10} \tau$$
- (87) 가시방사(visible radiation) 직접 시각을 초래할 수 있는 광방사(IEC 845-01-03)로서 단색성분의 파장이 400 nm~700 nm 사이에 있는 전자계 방사를 평균한 값.
- (88) 공작물(workpiece) 레이저 방사의 공정을 통해 제조되는 가공품.

II. 제조 요구사항

4. 기술 사양

4.1 일반사항

레이저 제품은 제조자가 할당한 등급에 따라 일체형 안전 특징을 요구된다. 제조업자는 레이저 제품 및 시스템의 분류에 대해 책임있는 사람이 분류 체계의 의미를 충분히 이해할 수 있도록 적절한 수준으로 훈련을 받아왔다는 것을 확신해야 한다.

4.2 보호 하우징

4.2.1 일반사항

각 레이저 제품은 제품의 기능의 실행을 위해 사람의 접근이 필요할 때를 제외하고는 1 등급을 초과하는 레이저 방사에 사람의 접근을 방지하는 보호 하우징을 갖춘다(고출력 레이저를 위한 이 요구사항에 대한 지침은 부록 B 참조).

4.2.2 서비스

서비스를 위해 제거되거나 옮겨질 수 있으며, 할당된 AEL을 초과하는 레이저 방사에의 접근을 허용하면서 인터록이 안된 레이저 제품(내장 레이저 제품을 포함)의 하우징 또는 밀폐함의 모든부분은 제거나 변위를 위해서는 공구를 사용해야 한다.

4.2.3 제거가능 레이저 시스템

내장 레이저 제품이나 레이저 시스템이 보호 하우징 또는 밀폐함으로 부터 제거될 수 있으며 수정없이 동작될 수 있는 경우 레이저 제품은 지정 등급에 적합한 4 절과 5 절의 제조자 요구사항에 따른다. 하지만, 이 규격에 적용받지 않는 시스템의 구성요소로 사용되기 위해 다른 제조자에게 판매되는 레이저 제품은 그것을 사용하는 최종 제품이 이 규격을 따라야 하므로 제외된다.

4.3 접근판 및 안전 인터록

4.3.1 안전 인터록은 다음 두 조건이 만족될 때 보호 하우징의 접근판을 위해 제공된다.

- a) 접근판이 유지 또는 동작 동안 제거되거나 변위되도록 의도된다.
- b) 접근판의 제거가 아래 표에서 "/"로 지정된 레이저 방사 레벨로의 접근을 준다.

아래 표에서 x 표시는 안전 인터록의 필요성을 나타낸다.

제품 등급	접근판 제거 동안 또는 제거 후 접근가능 방출				
	1, 1M	2, 2M	3R	3B	4
1, 1M	-	-	x	x	x
2, 2M	-	-	x	x	x
3R	-	-	-	x	x
3B	-	-	-	x	x
4	-	-	-	x	x

접근판의 제거는 1M 등급 또는 2M 등급을 초과하는 구멍을 통한 방출을 초래하지 않는다. 안전인터록은 접근가능 방사 레벨이 지정 등급의 AEL과 4.3.1b)에서 명시된 제한값 보

다 작게 될 때까지 판의 제거를 방지하도록 설계된다. 부주의한 인터록 재설정으로 인해 지정 등급의 AEL 보다 많은 방출값이나 4.3.1절 b)에서의 제한값 이상이 복구되지는 않는다.

4.3.2 보조 수동장치가 제공되면 제조자는 안전 작업방법에 관한 적절한 지침서를 제공한다. 접근판이 정상 위치로 되돌아 왔을 때 동작중인 보조 수동장치를 멈추는 것은 불가능하다. 인터록은 5.9.2 절에 명시된 레벨과 명확히 부합된다. 레이저가 활성화 되거나 커패시터 뱅크가 충분히 방전이 안될 때마다 보조 수동장치의 사용은 접근판이 제거되거나 변위되는 것과 상관없이 명확한 가시 혹은 가청 경고를 준다. 가시 경고는 접근가능 레이저 방사의 파장에 대하여 설계 및 규정된 눈 보호기구를 통해 명확히 볼 수 있어야 한다.

4.4 원격 인터록 접속기

3B 등급 및 4 등급 레이저 시스템은 원격 인터록 접속기를 갖는다. 접속기 단말이 개회로 상태일 때 접근가능 방사는 1M 등급 및 2M 등급을 초과하지 않는다.

4.5 키 조정

3B 등급 및 4 등급 레이저 시스템은 키로 동작되는 주 제어장치를 갖는다. 키는 제거할 수 있으며 레이저 방사는 키가 제거될 때 접근되지 않는다. 키는 자기장 카드나 암호 조립기와 같은 모든 다른 제어 장치를 포함한다.

4.6 레이저방사 방출 경고

4.6.1 400 nm 이하 및 700 nm 이상의 파장범위에서의 3R 등급 레이저 시스템과 3B 등급 및 4 등급 레이저 시스템은 스위치가 온, 펄스 레이저의 커패시터 뱅크가 충전 혹은 확실하게 방전되지 않을 때 가청 또는 가시 경고를 준다. 경고장치는 고장안전장치 또는 예비장치이다. 가시 정보 장치는 방출 레이저 방사의 파장을 위해 눈 보호기구를 통해 명확히 보여야 하고, 1M 및 2M 등급의 AEL을 초과하는 레이저방사에의 사람의 노출을 방지한다.

4.6.2 방사 경고장치로부터 2 미터 혹은 그 이상 떨어질 수 있는 동작 제어기와 레이저 개구에는 방사 경고장치가 제공된다. 그 경고장치는 동작 제어기나 레이저 개구 근처에 있는 사람이 명확히 보거나 들을 수 있어야 한다.

4.6.3 레이저 방출이 하나 이상의 출력개구를 통해 분포되는 경우, 가시 경고장치는 레이저 방출이 발생하는 출력개구 또는 개구를 명확히 지시한다.

4.7 빔 멈추개 또는 빔 감쇠기

3B 등급 및 4 등급 레이저 시스템은 하나 또는 그 이상의 영구 부착된 감쇠 수단(레이저 에너지원 스위치외에 빔 멈추개 또는 빔 감쇠기, 주모선 접속기 또는 키 조정기)을 갖는다. 빔 멈추개 또는 빔 감쇠기는 1M 등급 및 2M 등급을 초과하는 레이저 방사에의 사람의 접근을 막을 수 있다.

4.8 제어기

각 레이저 제품은 조정이나 동작을 위해 사람이 3R, 3B 및 4 등급의 레이저 방출에 노출

되지 않도록 적절한 위치에 제어를 갖는다.

4.9 가시광

레이저 제품에 결합된 가시광, 보임창 및 디스플레이 스크린은 1M 등급의 AEL을 초과하는 레이저 방사에 대한 사람의 접근을 방지하기에 충분할 만큼 광을 감쇠시킨다. 가시광, 보임창 및 디스플레이 스크린 서터에 결합된 서터나 가변감쇠기에는 다음 역할을 위한 수단이 제공된다.

- a) 서터가 열리거나 감쇠기가 가변될 때 1M 등급을 위한 AEL을 초과하는 레이저 방사에 대한 사람의 접근을 방지.
- b) 1M 등급의 AEL을 초과하는 레이저 방사에 노출될 때 서터의 열림이나 감쇠기의 변화를 방지.

4.10 주사보호대

주사된 방사를 방출하기 위한 레이저 제품은, 스캔 고장이나 스캔 속도 또는 진폭의 변화 결과로서, 지정 등급의 AEL을 초과하는 레이저 방사에 대한 사람의 접근을 허용하지는 않는다.

4.11 정렬보조기구

일상적인 유지를 위해 빔경로 구성요소들의 정렬이 필요한 경우, 이를 위한 안전수단이 제공된다.

4.12 들어가기(walk-in) 접근

보호 하우징이 들어가기 접근을 제공하는 접근판을 갖출 때,

- a) 하우징내의 사람이 3B 등급 혹은 4 등급 레이저 위험을 입지 않을 수단이 제공된다.
- b) 경고장치는 하우징내의 사람에게 400 nm 이하 및 700 nm 이상의 파장범위 내의 3R 등급 레이저 방출 또는 3B 등급 및 4 등급 레이저 방사에 대해 경고를 줄 수 있는 위치에 설치한다.

4.13 주위조건

레이저 제품은 제품사용에 적절하다고 예상되는 모든 동작상태에서, 본 규격에서 정해진 안전 요구사항을 충족해야 한다. 고려할 사항은 다음을 포함한다.

- 기후조건(온도, 상대습도)
- 진동 및 충격.

어떤 규정도 제품 안전 규격에 정해지지 않은 경우 IEC 61010-1에 있는 관련되는 부절이 적용된다.

(주) 전자기 자화율에 관련되는 요구사항은 검토 중이다.

4.14 기타 위험에 대한 보호

4.14.1 비광학적 위험

관련 제품의 안전 규격에 대한 요구사항은 운전 중이나 다음과 같은 사고의 경우에 만족되어야 한다.

- 전기적 위험
- 과잉 온도
- 장비에서의 불꽃
- 소리 및 초음파
- 유해물질
- 폭발.

어떤 규정도 제품 안전 규격에 포함되지 않은 경우 IEC 61010-1에 있는 관련되는 부절이 적용된다.

4.14.2 부방사

레이저 제품의 보호하우징은 일반적으로 부방사(예를들면, 자외선, 가시선, 적외선)의 위험을 막는다. 접근하는 부방사가 해로울 경우, 이 위험을 판단하기 위한 레이저 MPE 값이 적용된다.

5. 표지

5.1 일반사항

각 레이저 제품은 다음절의 요구사항에 따라 표지를 부착한다. 표지는 운전, 유지 및 서비스동안 고정되어 읽을 수 있으며 명확히 볼 수 있어야 한다. 표지는 1 등급을 위한 AEL을 초과하는 레이저 방사에 사람이 노출되지 않고 읽을 수 있는 위치에 있어야 한다. 문자 경계 및 심볼은 색깔 조합이 필요한 1 등급을 제외하고는 황색 배경에 흑색으로 한다.

5.2 1 등급 및 1M 등급

1.1 절에서 허용된 경우를 제외하고는 각 1 등급 레이저 제품에는 다음 문구의 설명표지(그림 1)가 부착된다.

1 등급 레이저 제품

각 1M 등급 레이저 제품에는 다음 문구의 설명표지(그림 1)가 부착된다.

레이저 방사
광계측기로 직접 보지 마시오
1M 등급 레이저 제품

위험을 증가시키는 광계측기 유형은 "계측기" 단어 뒤 괄호안에 추가된다. 이 추가되는 문구는 표 1의 조건 1에 해당되지 않으므로 1M 등급으로 구분되는 큰 직경의 평행빔을 갖는 레이저 제품에는 "(쌍안경 또는 망원경)" 혹은 표 1의 조건 2에 해당되지 않으므로 1M 등급으로 구분되는 레이저 제품에는 "(확대기)" 가 될 수 있다.

5.3 2 등급 및 2M 등급

2 등급 레이저 제품에는 경고표지(그림 2)와 다음 문구의 설명표지(그림 1)가 부착된다.

레이저방사
빔을 주시하지 마시오
2 등급 레이저 제품

2M 등급 레이저 제품에는 경고표지(그림 2)와 다음 문구의 설명표지(그림 1)가 부착된다.

레이저방사
빔을 주시하거나 광계측기로 직접 보지 마시오
2M 등급 레이저 제품

위험을 증가시키는 광계측기 유형은 "계측기" 단어 뒤 괄호안에 추가된다. 이 추가되는 문구는 표 1의 조건 1에 해당되지 않으므로 2M 등급으로 구분되는 큰 직경의 평행 빔을 갖는 레이저 제품에는 "(쌍안경 또는 망원경)" 혹은 표 1의 조건 2에 해당되지 않으므로 2M 등급으로 구분되는 레이저 제품에는 "(확대기)" 가 될 수 있다.

5.4 3R 등급

400 nm~1,400 nm 의 파장범위내의 3R 등급 레이저 제품에는 경고표지(그림 2)와 다음 문구의 설명표지(그림 1)가 부착된다.

레이저방사
직접 눈 노출을 피하십시오
3R 등급 레이저 제품

다른 파장내의 3R 등급 레이저 제품에는 경고표지(그림 2)와 다음 문구의 설명표지(그림 1)가 부착된다.

레이저방사
빔에 대한 노출을 피하십시오
3R 등급 레이저 제품

5.5 3B 등급

3B 등급 레이저 제품에는 경고표지(그림 2)와 다음 문구의 설명표지(그림 1)가 부착된다.

레이저방사
빔에 대한 노출을 피하십시오
3B 등급 레이저 제품

5.6 4 등급

4 등급 레이저 제품에는 경고표지(그림 1)와 다음 문구의 설명표지(그림 2)가 부착된다.

레이저방사
직접 혹은 분사 방사에 대한 눈 또는 피부 노출을 피하십시오
4 등급 레이저 제품

5.7 개구 표지

3R, 3B 및 4 등급 레이저 제품은 1 등급 및 2 등급의 AEL을 초과하는 레이저 방사가 방출되는 각 개구에 근접한 위치에 다음문구의 설명표지를 부착한다.

레이저 개구
혹은
노출을 피하십시오 - 개구에서 방출되는 레이저 방사

5.8 방사 출력 및 규격 정보

1 등급 제품을 제외하고는 각 레이저 제품의 설명표지(그림 1)에는 레이저 방사의 최대 출력, 펄스 지속기간 및 방출파장이 표시되어 있다. 제품이 등급되는 규격에 대한 이름과 공표 날짜가 설명표지에 표시된다. 1 등급 및 1M 등급의 경우 이 정보가 제품의 설명표지 대신 사용자 정보에 포함되기도 한다.

5.9 접근판 표지

5.9.1 판 표지

제거되거나 변위될 때 1 등급의 AEL을 초과하는 레이저 방사에 대한 사람 접근을 허용하는 각 연결부, 보호 하우징 판 및 보호 밀폐함의 접근 판에는 다음 문구의 표지가 부착된다(내장 1M 등급 레이저의 경우, 이 문구는 사용자 정보에 포함된다).

주의 - 개방시 레이저 방사

이 표지에는 다음 문구들이 추가로 표시된다.

a) 주의 - 개방시 1M 등급 레이저 방사
광계측기로 직접 보지 마시오

b) 접근가능 방사가 방사 레벨이 9.2g)와 9.3 절에 따라 측정되는 1M 등급의 AEL을 초과하지 않으면, 다음 문구를 추가한다.

주의 - 개방시 2 등급 레이저 방사
빔을 주시하지 마시오

c) 접근가능 방사가 방사 레벨이 9.2h)와 9.3 절에 따라 측정되는 2 등급의 AEL을 초과하지 않으면, 다음 문구를 추가한다.

주의 - 개방시 2M 등급 레이저 방사
빔을 주시하거나 광계측기로 직접 보지마시오

d) 접근가능 방사가 방사 레벨이 9.2h)와 9.3 절에 따라 측정되는 2M 등급의 AEL을 초과하지 않으면, 다음 문구를 추가한다.

주의 - 개방시 3R 등급 레이저 방사

직접 눈의 노출을 피하십시오

e) 접근가능 방사가 400 nm~1400 nm의 파장범위내에 있고 3R 등급의 AEL을 초과하지 않으면, 다음 문구를 추가한다.

주의 - 개방시 3R 등급 레이저 방사

빔에 대한 노출을 피하십시오

f) 접근가능 방사가 400 nm~1400 nm의 파장범위를 벗어나고 3R 등급의 AEL을 초과하지 않으면, 다음 문구를 추가한다.

주의 - 개방시 3B 등급 레이저 방사

빔에 대한 노출을 피하십시오

g) 접근가능 방사가 3B 등급을 위한 AEL을 초과하지 않으면, 다음 문구를 추가한다.

주의 - 개방시 4 등급 레이저 방사

직접 혹은 분사 방사에 대한 눈 또는 피부 노출을 피하십시오

5.9.2 안전 인터록판 표지

적절한 표지는 최우선이면서 1 등급의 AEL을 초과하는 레이저 방사에 대한 사람의 접근을 허용하는 안전 인터록과 명확히 부합된다. 이 표지는 인터록 전 및 인터록 동안에 볼 수 있어야 하며 보호하우징의 제거에 의해 생기는 구멍에 가까운 위치에 있어야 한다. 이 표지에는 다음 문구를 포함하여 첫 줄 후의 추가 줄에 5.9.1 절의 a)~g) 항에서 명시된 문구들이 표시된다.

5.10 비가시 레이저 방사에 대한 경고

레이저 출력이 400 nm~700 nm의 파장범위를 벗어나면 5절에 표지에서 명시된 "레이저 방사"는 "비가시 레이저방사"로, 그리고 이 파장범위내 및 밖의 두 파장범위에 있으면 "가시 및 비가시 레이저 방사"로 수정된다.

레이저 제품이 가시 레이저 방사 레벨에 따라 분류되고 비가시파장에서 1 등급의 AEL을 초과하여 방출하면, 표지에는 "레이저 방사" 대신 "가시 및 비가시 레이저 방사" 문구가 표시된다.

5.11 가시 레이저 방사에 대한 경고

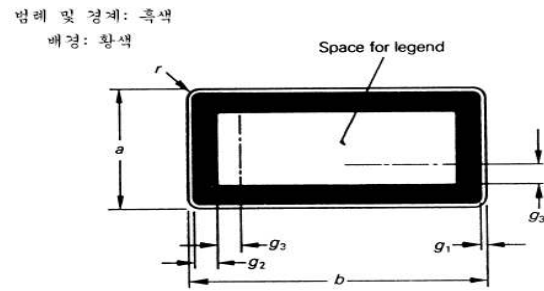
5절의 표지를 위한 "레이저방사" 문구는 레이저 출력이 400 nm~700 nm의 파장범위내에 있으면 "레이저 광"으로 수정된다.

5.12 LED 방사 경고

LED 방사에 대한 5절 표지의 "레이저" 는 "LED"로 대체된다.

표 1 측정 개구 및 측정 거리의 치수

과장 mm	전력 W 또는 에너지 J로 표현된 값을 위함				조사 W/ m ^{2b} 또는 방사 노광량 J/ m ^{2b} 를 위한	
	조건 1		조건 2		개구제한	거리
1 등급의 경우 9.2g) 참조	구경조리개	거리	구경조리개	거리	mm	mm
2 등급의 경우 9.2h) 참조	mm	mm	mm	mm	mm	mm
< 302.5 nm	-	-	7	14	1	0
≥ 302.5 nm~400 nm	25	2000	7	14	1	100
≥ 400 nm~1,400 nm	50	2000	7 ^a	r ^a	7	100
≥ 1,400 nm~4,000 nm	25	2000	7	14	t ≤ 0.35 s: 1 0.35 s < t < 10 s; 1.5 t ^{3/8} t ≥ 10 s: 3.5	100
≥ 4,000 nm~ 10 ⁵ nm	-	-	7	14	t ≤ 0.35 s: 1 0.35 s < t < 10 s; 1.5 t ^{3/8} t ≥ 10 s: 3.5	0
≥ 10 ⁵ nm~ 10 ⁶ nm	-	-	7	14	11	0
a - 광화학적 제한을 위한 t ≤ 100 s 에서의 r의 값: α ≤ 1.5 mrad ; r = 14 mm 1.5 mrad < α ≤ 11 mrad ; r = 100 mm(α /11 mrad) α > 11 mrad ; r = 100 mm (1M 등급 및 2M 등급을 위한 시험은 9.2 g) 및 9.2 h) 참조) - 광화학적 제한을 위한 t > 100 s 에서의 r의 값(γ_p 정의는 9.3c) 참조): α ≤ 1.5 mrad ; r = 14 mm 1.5 mrad < α ≤ γ_p ; r = $\left(14 + 86 \frac{\alpha - 1.5 \text{ mrad}}{\gamma_p - 1.5 \text{ mrad}}\right)$ mm α > γ_p ; r = 100 mm (1M 등급 및 2M 등급을 위한 시험은 9.2 g) 및 9.2 h) 참조) - 열제한을 위한 r의 값: α < α_{min} ; r = (100 mm) $\sqrt{\frac{\alpha + 0.46 \text{ mrad}}{\alpha_{\max}}}$ α ≥ α_{max} ; r = 100 mm (1M 등급 및 2M 등급을 위한 시험은 9.2 g) 및 9.2 h) 참조) b 400 nm~1400 nm의 파장범위에서 이 값들은 1M 등급 및 2M 등급을 위한 전력이나 에너지의 측정에 적용된다.						



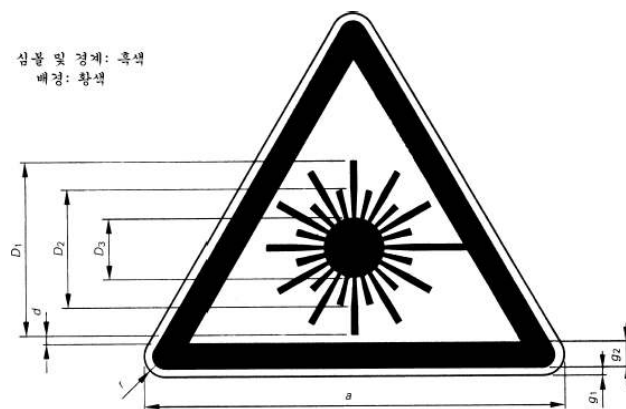
(치수 : mm)

a×b	g_1	g_2	g_3	r	문자의 최소 높이
26×52	1	4	4	2	문자는 읽을 수 있는 크기
52×105	1.6	5	5	3.2	
84×148	2	6	7.5	4	
100×250	2.5	8	12.5	5	
140×200	2.5	10	10	5	
140×250	2.5	10	12.5	5	
140×400	3	10	20	6	
200×250	3	12	12.5	6	
200×400	3	12	20	6	
250×400	4	15	25	8	
치수 g_1 은 권고된 값이다.					

그림 1 설명 표지

(주 1) 레벨이 이해될 수 있는 가장 큰 거리 L 과 레벨의 최소 영역 A 사이의 관계는 $A = L^2/2000$ 이다. 여기서 A 와 L 의 단위는 각각 m^2 과 m 이다. 이 공식은 50 m 미만의 거리 L 에 적용된다.

(주 2) 이 치수들은 권고된 값이다. 레벨은 요구되는 경계와 문자를 포함할 수 있는 크기를 갖는다. 각 경계 치수 g_2 와 g_3 의 최소폭은 레벨에서 더 짧은 길이의 0.06 배가 된다.



(치수 : mm)

a	g_1	g_2	r	D_1	D_2	D_3	d
25	0.5	1.5	1.25	10.5	7	3.5	0.5
50	1	3	2.5	21	14	7	1
100	2	6	5	42	28	14	2
150	3	9	7.5	63	42	21	3
200	4	12	10	84	56	28	4
400	8	24	20	168	112	56	8
600	12	36	30	252	168	84	12
치수 D_1 , D_2 , D_3 , g_1 및 d는 권고된 값들이다.							

그림 2 경고표지 및 위험 심볼

(주 1) 레벨이 이해될 수 있는 가장 큰 거리 L 과 레벨의 최소 영역 A 사이의 관계는 $A = L^2/2000$ 이다. 여기서 A 와 L 의 단위는 각각 m^2 과 m 이다. 이 공식은 50 m 미만의 거리 L 에 적용된다.

(주 2) 이 치수들은 권고된 값이다. 이 값들이 비례적으로 길어질 때, 심볼과 경계선은 레이저 제품의 크기에 맞게 읽을 수 있는 크기를 갖는다.

6. 기타 정보 요구사항

6.1 사용자 정보

레이저 제품 제조자는 제품과 함께 정기적으로 공급되는 사용자 지침서 및 동작 매뉴얼을 제공한다.

a) 위험한 레이저 방사에 대한 노출을 피하기 위해 사전주의에 관련되는 경고를 포함한 적합한 조립, 유지 및 안전사용을 위한 적절한 지침서.

b) 1M 등급 및 2M 등급 레이저 제품에 대한 추가 경고. 확산빔에 대해서 이 경고는 100 mm의 거리내에서 광계측기(예를들면, 돋보기, 확대기 및 현미경)로 레이저 출력을 보는 것은 눈에 위험할 수 있다는 것을 언급한다. 평행빔에 대해서 이 경고는 일정한 거리에서의 사용을 위해 설계된 광계측기(예를들면, 망원경, 쌍안경)로 레이저 출력을 보는 것은 눈에 해로울 수 있다는 것을 언급한다.

c) 누적되는 측정치의 불확실성과 제조사의 측정값에 추가되는 제조 후의 측정량의 증가와 함께, 평행빔의 빔발산, 펄스 지속기간 및 최대출력에 대한 적절한 단위들에 대한 언급(비교의적 모드동기로부터 발생하는 펄스 지속기간은 명시될 필요가 없다. 하지만, 비교의적 모드동기를 초래하는 제품에 부합되는 조건들은 명시된다).

추가적으로, 내장 및 기타 혼합된 레이저 제품에 대하여 유사 정보가 혼합된 레이저 제품을 설명하기 위해 제공된다. 그 정보는 위험한 레이저 방사에 대한 부주의한 노출을 피하기 위한 사용자에게 대한 적절한 안전지침을 포함한다.

d) 레이저 제품에 부착되거나 제공될 모든 표지 및 위험 경고의 복사. 제품에 부착되는 각 표지의 해당위치는 지시되며, 제품과 함께 제공될 경우, 이 표지는 제품에 부착되지 않고 제품과 함께 문구형태로 제공된다.

e) 레이저 개구의 모든 위치를 매뉴얼에 명확히 표시.

f) "주의 - 여기에 명시된 것 이외의 조정이나 조절의 사용 및 절차의 수행은 위험한 방사 노출을 초래할 수 있음"이라는 경고를 포함한 제어, 조정, 동작 및 유지 절차에 대한 목록.

g) 레이저 방출을 위해 필요한 레이저 에너지를 갖지 않는 레이저 제품의 경우, 안전을 확보하기 위한 레이저 에너지원의 적합성에 대한 요구사항.

6.2 구매 및 서비스 정보

레이저 제품의 제조자는 다음을 제공한다.

a) 명세서, 설명 브로셔, 레이저 제품의 등급 및 6.1 절 b)항에서 요구하는 경고가 명시된 카달로그.

b) 판매자를 위한 레이저 제품 모델별 서비스 조정 및 절차에 대한 지침. 이 지침은 레이저 방사에 대한 노출을 피하기 위한 경고 및 사전주의, 그리고 제품을 잘 유지하기 위해 필요한 유지 절차를 포함한다.

방사의 접근가능 방출 레벨을 증가시키기 의해 제조자 이외의 사람에 의해 이용되는 제어 및 절차 목록과 표 2~표 5에 있는 접근가능 제한을 초과하는 레이저 방사에 대한 접근을 허용할 수 있는 보호하우징의 변위부분의 위치에 대한 명확한 설명을 포함하는 서비스 지침. 이 지침은 서비스하는 사람을 위한 보호절차, 표지의 복사 및 위험 경고를 포함한다.

표 2 2 등급 및 2M 등급 레이저 제품을 위한 AEL

파장 λ nm	방출 지속시간 t sec	2 등급 AEL
400 ~ 700	$t < 0.25$	1 등급 AEL와 동일
	$t \geq 0.25$	$C_6 \times 10^{-3} \text{ W}^*$
* 보정율 및 단위는 표 2~표 5 까지의 (주) 참조.		

표 3 3B 등급 레이저 제품을 위한 AEL

방출 지속시간 t (sec)	10^{-9} 미만	10^{-9} 미만 ~ 0.25	$0.25 \sim 3 \times 10^4$
파장 λ (nm)			
180 ~ 302.5	$3.8 \times 10^5 \text{ W}$	$3.8 \times 10^{-4} \text{ J}$	$1.5 \times 10^{-3} \text{ W}$
302.5 ~ 315	$1.25 \times 10^4 \text{ C}_2 \text{ W}$	$1.25 \times 10^{-5} \text{ C}_2 \text{ J}$	$5 \times 10^{-5} \text{ C}_2 \text{ W}$
315 ~ 400	$1.25 \times 10^8 \text{ W}$	0.125 J	0.5 W
400 ~ 700	$3 \times 10^7 \text{ W}$	$t < 0.06 \text{ sec}; 0.03 \text{ J}$ $t \geq 0.06 \text{ sec}; 0.5 \text{ W}$	0.5 W
700 ~ 1,050	$3 \times 10^7 \text{ C}_4 \text{ W}$	$t < 0.06 \text{ C}_4 \text{ sec}; 0.03 \text{ C}_4 \text{ J}$ $t \geq 0.06 \text{ C}_4 \text{ sec}; 0.5 \text{ W}$	0.5 W
1,050 ~ 1,400	$1.5 \times 10^8 \text{ W}$	0.15 J	0.5 W
1,400 to 10^6	$1.25 \times 10^8 \text{ W}$	0.125 J	0.5 W
보정율 및 단위는 "표 2~표 5의 (주)" 참조.			

표 4 1 등급 및 1M 등급 레이저 제품을 위한 AEL

표 5 3R 등급 레이저 제품을 위한 AEL^{a, b}

표 2~ 표5 (주)

(주 1) 400 nm 보다 적고 1400 nm 보다 큰 파장에 대하여 10^{-9} sec 보다 적은 노출시간을 위한 효과에 대한 제한된 확증이 있다. 이 노출 시간과 파장을 위한 AEL은 400 nm 보다 적고 1,400 nm 보다 큰 파장에 대하여 10^{-9} sec 에서의 방사력 혹은 방사 노광량과 동등한 방사력이나 조사를 계산함으로써 유도된다.

(주 2) 표 2~표 5에 사용되는 보정율 $C_1 \sim C_7$ 와 차단점 T_1 , T_2 는 다음 표현으로 정의되며 그림 4~그림 11에서 설명된다.

(주 3) 제한 개구에 대해서는 표 8 참조.

(주 4) 사용된 공식에서 파장은 nm로 표시되고, 방출 지속시간 t 는 sec로, α 는 mrad로 각각 표시된다.

파라미터	분광영역(nm)	그림
$C_1 = 5.6 \times 10^{-3} t^{0.25}$	302.5 ~ 400	4
$T_1 = 10^{0.8(\lambda - 295)} \times 10^{-15}$ s	302.5 ~ 315	5
$C_2 = 10^{0.2(\lambda - 295)}$	302.5 ~ 315	6
$T_2 = 10 \times 10^{[(\alpha - \alpha_{\min})/98.5]} s^a$	400 ~ 1400	7
$C_3 = 1.0$	400 ~ 450	8
$C_3 = 10^{0.02(\lambda - 450)}$	450 ~ 600	8
$C_4 = 10^{0.002(\lambda - 700)}$	700 ~ 1050	9
$C_4 = 5$	1050 ~ 1400	9
$C_5 = N^{-1/4b}$	400 ~ 10^6	10
$\alpha \leq \alpha_{\min}$; $C_6 = 1$	400 ~ 1400	c
$\alpha_{\min} < \alpha \leq \alpha_{\max}$; $C_6 = \alpha / \alpha_{\min}$	400 ~ 1400	c
$\alpha > \alpha_{\max}^d$; $C_6 = \alpha_{\max} / \alpha_{\min} = 66.7$	400 ~ 1400	c
$C_7 = 1$	700 ~ 1150	11
$C_7 = 10^{0.018(\lambda - 1150)}$	1150 ~ 1200	11
$C_7 = 8$	1200 ~ 1400	11
a $\alpha < 1.5$ mrad 경우, $T_2 = 10$ sec, 그리고 $\alpha > 100$ mrad 경우 $T_2 = 100$ sec b C_5 는 0.25 sec 보다 짧은 펄스 지속시간에만 적용된다. c C_6 는 열 손상이 많게되는 펄스 레이저와 연속파 레이저에 적용된다(표 2 참조). d 제한 수용각 γ는 $\alpha_{\max}$ 와 같다. $\alpha_{\min} = 1.5$ mrad $\alpha_{\max} = 100$ mrad N = 적용 지속시간내에 포함된 펄스의 수.		

7. 특정레이저 제품에 대한 추가 요구사항

7.1 의료 레이저 제품

각 의료 레이저 제품은 각 등급의 레이저 제품에 적용되는 요구사항을 따른다. 3B 등급 또는 4 등급 의료 레이저 제품은 IEC60601-2-22의 규격을 따른다.

7.2 IEC 60825 계열의 기타 규격

특정 분야에 대해서는 다음 IEC 60825 계열 중 하나 혹은 다른 규격이 적용된다

- 광섬유 통신시스템(IEC 60825-2)
- 레이저 보호대(IEC 60825-4)
- 레이저 쇼에 관한 추가정보(IEC/TR 60825-3)
- 제조업자의 점검목록에 관한 추가정보(IEC/TR 60825-5)
- 가시 정보 전송을 위해 전용으로 사용된 제품에 관한 추가정보(IEC/TR 60825-6)
- 비가시 정보 전송을 위해 전용으로 사용된 제품에 관한 추가정보(IEC/TR 60825-7)
- 의료 레이저 장비의 안전사용을 위한 지침(IEC/TR 60825-8)
- 비간섭성 방사를 위한 MPE에 관한 추가정보(IEC/TR 60825-9).

8. 등급분류

8.1 일반사항

레이저 빔의 파장, 에너지 함유량 및 펄스 특성의 은 범위 때문에 빔의 사용시 발생하 는 위험은 다양하다. 레이저를 공통 안전 제한이 적용되는 단일 군으로 간주할 수 없다.

8.2 레이저 등급 설명

1 등급: 빔내 가시를 위한 광계측기 사용을 포함하여 합리적으로 미리알 수 있는 동작상 태에서 안전한 레이저.

1M 등급: 합리적으로 미리알 수 있는 동작상태에서 안전하지만, 사용자가 빔내에 광을 사 용하면 위험할 수 있는 302.5 nm~400 nm의 파장범위에서 방출하는 레이저.

1 등급 및 1M 등급의 조건들은 다음에 적용된다.

a) 사용자가 빔을 집중시키기 위해 원으로부터 100 mm 내에 광 구성요소를 위치시킬 경우의 빔 발산.

b) 조사 및 방사노광량의 측정을 위한 표 1에 명시된 직경보다 큰 직경을 갖는 평행빔.

2 등급: 눈 보호가 안검반사를 포함하여 염색현상 반응에 의해 제공되는 400 nm~700 nm 의 파장범위에서 가시방사를 방출하는 레이저. 이 반응은 빔내 가시를 위한 광계측기의 사용을 포함하여 합리적으로 미리 볼 수 있는 동작상태에서 적절한 보호를 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

(주) 400 nm~700 nm 의 파장범위밖에서 추가 2 등급 레이저의 방출은 1 등급의 AEL 보다 적어야 한다.

2M 등급: 눈 보호가 안검반사를 포함하여 염색현상 반응에 의해 제공되는 400 nm~700 nm의 파장범위에서 가시방사를 방출하는 레이저. 하지만, 사용자가 빔내에서 광을 사용하면 출력을 보는 것이 더 해로울 수 있다.

2 등급 및 2M 등급의 조건들은 다음에 적용된다.

a) 사용자가 빔을 집중시키기 위해 원으로부터 100 mm 내에 광 구성요소를 위치시킬

경우의 빔 발산.

b) 조사 및 방사노광량의 측정을 위한 표 1에 명시된 직경보다 큰 직경을 갖는 평행빔.

(주) 400 nm~700 nm 의 파장범위밖에서 추가 2M 등급 레이저의 방출은 1M 등급의 AEL 보다 적어야 한다.

3R 등급: 직접 빔내 가시가 임시적으로 해롭지만 그 위험도가 3B 등급 레이저 경우보다 낮고 제조요구사항 및 사용자를 위한 제어 조치가 3B 등급 레이저 보다 적은 302.5 nm~ 10^6 nm의 파장범위에서 방출하는 레이저. AEL은 400 nm~700 nm의 파장범위에서는 2 등급 AEL, 그리고 다른 파장에 대해서는 1 등급 AEL의 각각 5배이내이다.

3B 등급: 직접 빔내 노출이 일어날 때(즉, NOHD 이내) 일반적으로 해로운 레이저. 확산 반사의 관측은 보통 안전하다.

4 등급: 해로운 확산반사를 발생할 수 있는 레이저. 이 레이저는 피부손상을 유발하거나 화재위험을 가져온다. 이 레이저 사용에는 극도의 주의가 요구된다.

8.3 등급분류 의무

레이저 제품의 정확한 등급을 제공하는 것은 제조자의 의무이다. 제조 후 동작 동안 능력의 전 범위에 대하여 접근 레이저방사의 출력전력과 파장의 조합에 근거하여 등급이 구분된다. 1 등급 및 1M 등급, 2 등급 및 2M 등급, 그리고 3R 등급 및 3B 등급(위험도가 높은 순서)의 AEL은 각각 표 2~표 5에 주어진다.

사용된 보정을 값들은 파장, 방출 지속기간, 펄스 수 및 맞변각의 함수로서 표 2~표 5의 (주)에 주어진다.

8.4 등급분류 규칙

다음 등급 순위(위험도가 높은 순서)가 사용된다:

1 등급, 1M 등급, 2 등급, 2M 등급, 3R 등급, 3B 등급, 4 등급.

(주) 1 M 및 2 M 등급 레이저 제품에 대해서는, 표 1의 거리에서의 조사 및 방사노광량을 측정하기 위해 표 1에 지정된 개구의 사용은 큰 직경이나 강한 빔의 발산으로부터 집중되는 방사의 양을 제한한다. 예를들면, 1M 등급과 2M 등급 제품들은 3R 등급의 AEL 보다 높은 에너지와 전력을 갖는다.

a) 단일파장의 방사

AEL이 변하지 않을 만큼 충분히 좁은 방사선의 분광영역을 갖는 단일파장의 레이저 제품이 지정등급에 적당한 조건하에서 측정된 접근가능 레이저 방사가 지정등급 보다 낮은 모든 등급의 AEL을 초과하지만, 지정된 등급을 초과하지는 않을 때 그 등급에 지정된다.

b) 다중파장의 방사

1) 표 6에서 추가된 분광영역에서, 두 개 이상의 파장을 방출하는 레이저 제품이 지정등급에 적당한 조건하에서 측정된 접근가능 레이저 방사와 이 파장의 AEL에 대한 비의 합이 지정등급 보다 낮은 모든 등급에 대해서는 1 보다 크지만 지정등급에 대해서는 1을 초과하지 않을 때 그 등급에 지정된다.

2) 표 6에서 추가되지 않은 두 개 이상의 파장을 방출하는 레이저 제품이 지정등급에 적당한 조건하에서 측정된 접근가능 레이저 방사가 최소한 한 파장에 대해서는 지정등급 보다 낮은 모든 등급의 AEL을 초과하지만 다른 파장에 대하여 지정등급의 AEL을 초과하지 않을 때 그 등급에 지정된다.

표 6 다른 분광영역의 방사에 의한 안(o)와 피부(s)에 대한 효과의 가산성

분광영역*	UV-C 및 UV-B 180 nm~315 nm	UV-A 315 nm~400 nm	가시선 및 IR-A 400 nm~1,400 nm	IR-B 및 IR-C 1,400 nm~ 10 ⁶ nm
UV-C 및 UV-B 180 nm~315 nm	o s			
UV-A 400 nm~1,400 nm		o s	s	o s
가시선 및 IR-A 400 nm~1,400 nm		s	O ** s	s
IR-B 및 IR-C 1,400 nm~ 10 ⁶ nm		o s	s	o s

* 분광영역의 정의. 표 A.1 참조.
 ** AEL 및 눈 MPE가 1 sec 혹은 그 이상의 시간축 또는 노출 지속시간 동안 산정되는 경우, 가산 광화학적 효과(400 nm ~600 nm)와 가산 열효과(400 nm~1,400 nm)는 독립적으로 결정되어 가장 제한적 값이 사용된다.

c) 확장원의 방사

400 nm~1,400 nm의 파장범위를 갖는 레이저원으로 부터의 눈에 대한 위험은 레이저원의 빔변각에 의존한다. 원의 빔변각이 $\alpha_{\min}=1.5$ mrad 보다 클 때 그 원은 확장원으로 고려한다. 망막의 열위험 평가(400 nm~1,400 nm)를 위해서는, 확장원을 위한 AEL은 원의 빔변각에 따라 직접 변한다. 망막의 광화학적 위험평가(400 nm~600 nm)를 위한 1 초 보다 긴 노출동안에는 AEL은 원의 빔변각에 따라 직접 변하지 않는다. 하지만, 노출기간에 따라 11 mrad 이상의 제한 수용각 α_p 가 측정용을 위해 사용되며, 원의 빔변각 α 에 대한 수용각 α_p 의 관계는 측정값에 영향을 준다. $\alpha_{\min}$ 이하 각에 맞대응하는 원의 AEL과 MPE는 원의 빔변각 α 에 무관하다..

확장원에 대해서는 측정전력 및 에너지 값은 원의 빔변각 α 의 함수로서 등급을 위해 규정된 AEL을 위한 허용전력 및 허용에너지 값 이하이다.

조건 1이 적용되는(표 1 참조) 레이저 제품의 등급을 지정하기 위한 결보기원의 빔변각 α 는 50 mm 측정개구의 위치에서 결정된다. 결보기원의 빔변각 배율의 7배는 C_6 를 결정하기 위해 적용된다. 즉, 방사가 배율 7의 광계측기를 통해 관측될 때 가장적인 가능한 망막 점 직경이 $C_6 \times 25 \mu\text{m}$ 이상일 경우, $C_6 = (7 \times \alpha) / \alpha_{\min}$ 이다. $(7 \times \alpha)$ 값은 C_6 를 계산하기 전 $\alpha_{\max}$ 로 제한된다.

(주) $\alpha < 1.5$ mrad 이면서 $7 \times \alpha > 1.5$ mrad 인 경우, $7 \times$ (망막 점 직경의 배율)이 명시될 수 있으면 표 4와 표 5의 $\alpha > 1.5$ mrad를 위한 제한값이 적용된다.

조건 2가 적용되는(표 1 참조) 레이저 제품의 등급을 지정하기 위한 결보기원의 빔변각 α 는 100 mm 이상에서, 결보기원에 사람이 접근하는 가장가까운 점에서 결정된다.

d) 비원형 및 다중원

겉보기원이 다중점을 구성하고 $a_{\min}$ 보다 큰 맞변각 및 400 nm~1,400 nm의 파장범위를 갖는 선형원인 경우, 레이저 방사에 대한 측정 또는 산정은 모든 단일 점 혹은 점집합에 대하여 이루어 진다. 원이 각 부분면적에 의해 대응되는 각 a 를 위한 AEL을 초과하지 않는다는 것을 확신할 필요가 있으며, $a_{\min} \leq a \leq a_{\max}$ 이다.

망막의 광화학적 위험 제한(400 nm~600 nm)에 대하여, 확장원을 평가하기 위한 제한 수용각 γ_p 는 9.3 절 c) 항의 i)에 명시된다.

AEL 망막 열위험 제한(400 nm~1,400 nm)의 결정을 위해서, 정방향 및 선형원의 맞변각 값은 원의 두 각 치수의 산술적 평균에 의해 결정된다. $a_{\max}$ 보다 큰 혹은 $a_{\min}$ 보다 작은 각치수는 평균을 계산하기 전에 각각 $a_{\max}$ 혹은 $a_{\min}$ 로 제한된다. 광화학적 제한(400 nm~600 nm)은 원의 맞변각에 의존하지 않으며 그 원은 9.3 절 c) 항에서 명시한 수용각으로 측정된다.

e) 시간축

이 규격에서 등급분류를 위해 사용되는 시간축은 다음과 같다.

i) 400 nm~700 nm의 파장범위에서 2 등급, 2M 등급 및 3R 등급 레이저 방사를 위한 0.25 sec.

ii) i)과 iii)에 열거한 경우를 제외한 400 nm 보다 큰 파장의 레이저 방사를 위한 100 sec.

iii) 400 nm 이하 파장의 레이저 방사 및 계획적인 장기간 가시가 레이저 제품의 설계나 기능에 포함되어 있는 400 nm 이상 파장의 레이저 방사를 위한 30,000 sec.

(주) 제품등급을 결정할 때 시간축내의 모든 가능한 방출 지속기간이 고려되어야 한다. 이것은 단일 펄스의 방출레벨은 펄스의 방출 지속기간에 적용되는 AEL과 비교되어야 함을 의미한다. 등급 시간축의 기간동안 방출레벨을 단지 평균하는것만으로 충분하지 않다.

f) 반복펄스 또는 변조펄스

다음 방법들은 반복펄스 방출에 적용될 AEL을 결정하기 위해 사용된다.

400 nm~ 10^6 의 파장범위를 위한 AEL은 요구사항 i) ii), iii)에서 가장 엄격한 것에 의해 결정된다. 다른 파장에 대해서는 AEL은 요구사항 i) ii) 에서 가장 엄격한 것에 의해 결정된다. 요구사항 iii)은 온도제한에만 적용되며 광화학적 제한에는 적용되지 않는다.

i) 펄스열내의 한 펄스로 부터의 노광량은 단일펄스를 위한 AEL을 초과하지 않는다.

ii) 방출 지속기간 T를 갖는 펄스열의 평균출력은 방출 지속기간 T를 갖는 단일펄스에 대하여 각각 표 2~표 5에서 주어진 AEL에 해당하는 출력을 초과하지 않는다.

iii) 펄스열내의 펄스로 부터의 평균 펄스 에너지를 보정율 C_5 로 곱해진 단일펄스를 위한 AEL을 초과하지 않는다. 가변진폭을 갖는 펄스가 사용되면 평가는 각 진폭을 갖는 펄스에 대하여 분리하여, 그리고 펄스의 전체열에 대하여 수행된다.

$$AEL_{train} = AEL_{single} \times C_5$$

여기서

AEL_{train} : 펄스열에 있는 모든 단일펄스를 위한 AEL

AEL_{single} : 단일펄스를 위한 AEL

$$C_5 = N^{-0.25}$$

N : 다음 표에 따른 지속기간동안 펄스열에 있는 펄스 수

파장	N을 결정하기 위한 지속기간
400 nm~1,400 nm	T_2 또는 적용 시간 축. 더 짧은 것을 선택
1,400 nm 이상	10 sec

여기서 C_5 는 0.25 sec 보다 큰 펄스 지속기간에 적용된다.

일부의 경우, 계산 값이 같은 시간축을 사용하는 동일한 침투 전력에서의 연속 동작에 적용되는 AEL 아래로 떨어지게 된다. 이러한 상황에서는 연속 동작을 위한 AEL이 사용된다.

다중펄스들이 T_i 기간(표 7 참조)내에 나타나면, 그들은 N 을 결정하기 위해 단일펄스로 계산되고 모든 개개 펄스 지속기간이 10^{-9} sec 보다 클 경우, 각 펄스들의 에너지는 T_i 의 AEL과 비교하기 위하여 합산된다.

표 7 펄스군이 합산되는 시간 T_i

파장	T_i
$400 \text{ nm} \leq \lambda < 1,050 \text{ nm}$	$18 \times 10^{-6} \text{ sec}$
$1,050 \text{ nm} \leq \lambda < 1,400 \text{ nm}$	$50 \times 10^{-6} \text{ sec}$
$1,400 \text{ nm} \leq \lambda < 1,500 \text{ nm}$	10^{-3} sec
$1,500 \text{ nm} \leq \lambda < 1,800 \text{ nm}$	10 sec
$1,800 \text{ nm} \leq \lambda < 2,600 \text{ nm}$	10^{-3} sec
$2,600 \text{ nm} \leq \lambda \leq 10^6 \text{ nm}$	10^{-7} sec

펄스폭과 펄스간격이 변하는 경우, 전체시간펄스(total-on-time pulse: TOTP) 방법이 요구사항 iii) 대신 사용된다. 이 경우, AEL은 방출 지속기간 혹은 더 작은 T_2 내에 있는 모든 펄스 지속기간의 합이되는 TOTP의 지속기간에 의해 결정된다. T_i 보다 작은 지속기간을 갖는 펄스들은 T_i 지속기간으로 할당된다. 두 개 이상의 펄스가 T_i 기간내에 생기면, 이 펄스군에는 T_i 펄스 지속기간이 할당된다. 해당 지속기간을 위한 AEL과 비교를 하기위해 모든 개개 펄스의 에너지가 합산된다. 이 방법은 펄스들의 평균에너지가 C_5 로 곱해진 단일 펄스의 AEL과 비교할 만할때 요구사항 iii)과 동등하게 된다.

IEC/TR 60825-9는 대체할 수 있는 다른 절차를 나타낸다.

9. 등급분류를 위한 측정

9.1 시험

시험은 측정절차(IEC 61040 참조)에서의 모든 오차 및 통계적 불확실성, 방출의 증가, 그리고 나이에 따른 방사안전의 저하 등을 고려하여 수행된다.

동작중 시험은 제품의 등급을 결정하기 위해 사용된다. 동작, 유지 및 서비스 중 시험은 안전인터록, 표지 및 사용자를 위한 정보에 대한 요구사항을 결정하기 위해 사용된다. 시험

은 합리적으로 예견할 수 있는 단일사고 상태하에서 수행된다. 하지만, 제한된 기간동안 AEL을 초과하는 방사의 방출을 가져오는 사고나 방사에 대한 사람의 접근이 제품이 서비스를 할 수 없기 전에 발생한다고 합리적으로 예견되지 않은 사고는 고려할 필요가 없다.

(주) 예를들면, 표면방출 LED는 단일사고 상태가 고려될 필요가 없는 제품군이다(표면 방출 LED는 방출이 칩 표면에 직교하는 무이득을 갖는 기존의 LED이며 칩 표면은 직접 관측될 수 있다. 표면 방출 LED는 내장 렌즈나 반사기를 갖기도 한다.)

광 증폭기의 경우, 최대 정격입력 전력 및 에너지를 포함하는 최대 접근 총출력 및 에너지를 사용하여 등급이 구분된다.

(주) 명확한 출력이나 에너지 제한이 없는 경우, 증폭기에 의해 추가되는 최대전력이나 에너지가 그 상태를 확보하기 위해 필요한 입력신호의 출력이나 에너지에 합해져서 사용된다.

9.2 레이저 방사 측정

레이저 방사레벨의 측정은 9.1 절에 따라 레이저 제품의 등급을 지정하기 위해 필요하다. 레이저원의 물리적 특성과 제한성에 의해 레이저 제품이 특별한 등급에 지정되면 이 측정은 불필요하다. 측정은 다음 조건하에서 수행된다.

- a) 레이저 제품의 시동, 안정된 방출 및 정지를 포함한 AEL을 최대화하는 조건 및 절차.
- b) 방사의 최대 접근레벨을 위해 조절된 운전, 유지 및 서비스 지침에 열거된 모든 제어와 설정. 측정에는 방사 위험(예를 들면, 평행광)을 증가시키는 제품과 함께 제조자에 의해 제공되는 부속물도 사용된다.
- c) 제조자에 의해 호환되는 것으로 명시되며 제품으로부터 최대 접근가능 방사의 방출을 발생하는 레이저 에너지원의 형태와 결합된 레이저를 갖는, 레이저 시스템과는 다른 레이저 제품에 대한 측정.
- d) AEL 측정을 위한 운전중 사람접근이 가능한 공간상의 점(예를들면, 동작을 위해 보호하우징의 일부분의 제거와 안전인터록의 불성화가 요구되면, 측정은 그 제품구성내의 접근 가능한 점에서 수행된다)에서의 측정.
- e) 계측기에 의해 방사의 최대 검출을 초래하도록 레이저제품에 대한 위치와 방향이 정해진 측정용 검출기로 측정.
- f) 측정에 대한 부 방사의 영향을 피하거나 제거시키기 위하여 만들어진 적절한 규정.
- g) 1 등급 및 1M 등급.

302.5 nm~400 nm의 파장범위에서 표 1에 따라 결정되는 조건 1 및 조건 2를 위한 방사레벨이 1 등급의 AEL 이하이면 그 레이저 제품은 1 등급에 지정된다.

방사레벨이 조건 1 또는 조건 2를 위한 1 등급의 AEL 보다 크고 3B 등급의 AEL 보다 작으며, 조사나 방사노광량 측정을 위해 표 1에서 명시된 직경을 갖는 개구조리개 및 겹보기원으로 부터의 거리에서 1 등급의 AEL 이하이면, 레이저 제품은 1M 등급으로 지정된다.

h) 2 등급 및 2M 등급

400 nm~700 nm의 파장범위에서 표 1에 따라 결정되는 조건 1 및 조건 2를 위한 방사레벨이 1 등급의 AEL을 초과하고 2 등급의 AEL 이하이면 레이저 제품은 2 등급에 지정된다.

표 1에 따라 결정되는 방사레벨이 조건 1 또는 조건 2를 위한 2 등급의 AEL 보다 크고 3B 등급의 AEL 보다 작으며, 조사나 방사노광량 측정을 위해 표 1에서 명시된 직경을 갖는 개구조리개 및 겹보기원으로 부터의 거리에서 2 등급의 AEL 이하이면, 그 레이저 제품은 2M 등급으로 지정된다.

(주) 2M 등급을 위한 광 계측기를 통과하는 최대 출력을 제한하기 위해 3B 등급의 AEL이 전력이나 에너지의 측정에 사용된다.

9.3 측정 기하학적 구조

표 1에 주어진 두 측정 조건은 광학적 관측이 위험을 증가시키는 파장에 적용된다. 가장 엄격한 조건이 적용된다. 조건 1은 망원경과 쌍안경의 사용으로 위험이 증가하는 평행빔에, 조건 2는 현미경, 손 확대기 및 돋보기의 사용으로 위험이 증가하는 높은 발산 출력을 갖는 원에 각각 적용된다.

주사 레이저 방사의 전력 및 에너지 측정을 위해, 조사 또는 방사 노광량을 위해 표 1에서 명시된 측정 개구 및 거리가 사용된다.

a) 개구 직경

등급분류의 목적을 위한 방사측정을 위해 사용되는 개구직경이 표 1에 보여진다.

(주) 조사 및 방사 노광량 값은 조사와 방사 노광량을 위해 표 1에 주어진 제한 개구 보다 작은 개구에 대해서 평균되는 값이 되어서는 안된다.

b) 측정거리

조건 1의 경우, 표 1에 명시된 측정거리는 사람접근에 가장 근접한 점과 개구조리개 사이의 거리를 말한다. 조건 2와 조사 또는 방사 노광량 측정의 경우, 측정거리는 겉보기원과 개구조리개 사이의 거리를 말한다. 302.5 nm~400 nm의 파장범위밖에서 조건 1과 조건 2에의 구분은 적용되지 않고, 표 1에 명시된 거리는 사람접근에 가장 근접한 점과 개구조리개 사이의 거리를 말한다.

빔웨이스트의 위치는 표 1의 측정거리를 결정하기 위한 겉보기원의 위치로서 고려된다. 하지만, 빔웨이스트 위치와 크기는 겉보기원의 맞변각을 기하학적으로 결정하기 위해 사용되지 않는다. α_{min} 보다 큰 맞변각의 값이 등급분류를 위해 사용되면, 겉보기원의 치수가 결정된다. 주사빔의 경우 적당한 측정위치는 맞변각과 펄스 지속시간의 결합이 가장 엄격한 AEL을 초래하는 위치가 된다.

(주) 조건 2를 위한 전력 및 에너지의 측정과 302.5 nm~400 nm의 파장범위에서 조사나 방사 노광량의 측정을 위한 내용으로, 겉보기원이 기술적 설계에 의해 접근 가능하지 않게 되는 경우 측정거리는 지정거리 보다 적지 않으면서 사람 접근에 가장 가까운 점의 위치까지의 거리가 된다.

원이 오목하지 않으면 열제한에 대한 표 1의 a)에 있는 공식에 의해 결정되는 거리 r 에 위치한 7 mm 직경의 개구조리개 대신 가변 직경 d 를 갖는 개구조리개가 겉보기원으로부터 100 mm 떨어진 위치에 놓여질 수 있다. 이 경우 개구 직경은 다음 식에 의해 결정된다.

$$\alpha < \alpha_{min} \text{ 이면, } d = (7\text{mm}) \sqrt{\frac{\alpha_{max}}{\alpha + 0.46 \text{ mrad}}}$$

$$\alpha \geq \alpha_{max} \text{ 이면, } d = 7 \text{ mm}$$

(주) 표 1에 있는 측정 개구 및 측정 거리는 등급을 위해 사용되는 방사레벨을 결정하기 위해 요구되는 측정 조건의 기하학적 구조를 기술한다. 일부의 경우, 계기와 공간의 제한 때문에 개구와 거리의 등가 배열을 사용하는 것이 적합할 수 있다. 예를들면, 겉보기원으로부터 14 mm의 거리에 위치한 7 mm 직경을 갖는 개구조리개 대신 50 mm 직경의 개구조리개가 겉보기원에서 100 mm 떨어진 거리에 위치될 수 있다.

c) 수용각

i) 광화학적 망막 제한

광화학적 제한(400 nm~600 nm)에 대하여 평가되는 원의 측정을 위한 제한 수용각 γ_p 는 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
10 \text{ sec} < t \leq 100 \text{ sec} ; & \quad \gamma_p = 11 \text{ mrad} \\
100 \text{ sec} < t \leq 10^4 \text{ sec} ; & \quad \gamma_p = 1.1 t^{0.5} \text{ mrad} \\
10^4 \text{ sec} < t \leq 3 \times 10^4 \text{ sec} ; & \quad \gamma_p = 110 \text{ mrad}
\end{aligned}$$

원의 맞변각 α 가 규정된 제한 수용각 γ_p 보다 크면, 수용각은 γ_p 를 위해 규정된 값보다 크지말아야 한다. 원의 맞변각 α 가 규정된 제한 수용각 γ_p 보다 적으면, 수용각은 고려되고 있는 원을 완전히 포함하지만, 그렇지 않으면 잘 정의될 필요가 없다(즉, 수용각은 γ_p 로 제한될 필요가 없다).

(주) 단일 작은원의 측정을 위해 $\alpha < \gamma_p$ 가 되는 경우, 특정의 잘 정의된 수용각으로 측정할 필요는 없다. 잘 정의된 수용각을 확보하기 위해 수용각은 원을 시야조리개에 상화하거나(그림 3 a) 원을 가림으로써(그림 3 b) 정의된다.

ii) 기타 제한

광화학적 제한과 비슷한 방사측정을 위한 수용각은 고려되고 있는 원을 완전히 포함한다(즉, 수용각은 최소한 원의 맞변각 α 만큼 크다). 하지만, 302.5 nm~400 nm의 파장범위에서 $\alpha > \alpha_{\max}$ 이면, 제한 수용각은 $\alpha_{\max}$ (100 mrad)가 된다. 400 nm~1400 nm의 파장범위내에서 다중점을 구성하는 결보기원의 평가를 위한 수용각은 $\alpha_{\min} \leq \gamma \leq \alpha_{\max}$ 의 범위에서 변화되어야 한다.

수용각은 시야조리개의 직경과 렌즈-시야조리개 거리(상거리)의 비(그림 3a), 혹은 시야조리개의 직경과 원-검출기 거리(그림 3b)에 의해 결정된다. 렌즈로 인한 투과손실과 반사손실은 고려되어야 한다. 표 1에서 명시된 측정거리 r 은 개구 조리개에서 정해진다.

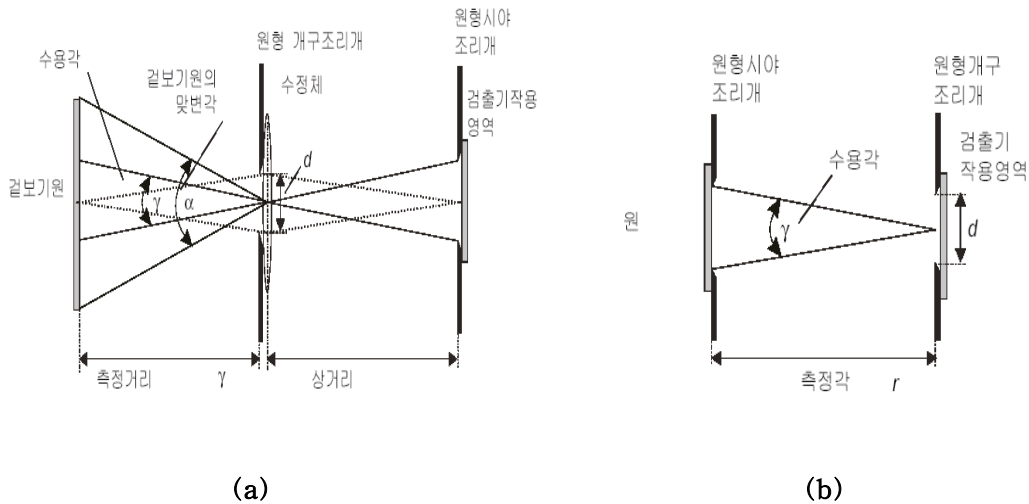


그림 3 잘 정의된 수용각을 얻기위한 측정 준비; (a) 시야 조리개면으로 결보기원을 상화, (b) 원형 개구 혹은 마스크(시야 조리개로서 사용)를 원에 가깝게 위치

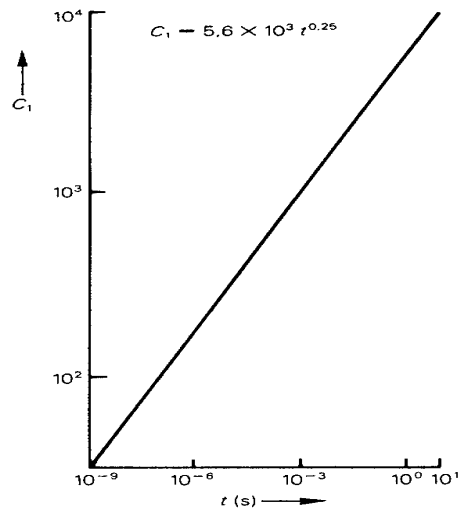


그림 4 10^{-9} sec ~ 10 sec의 방출 지속시간을 위한 보정률 C_1

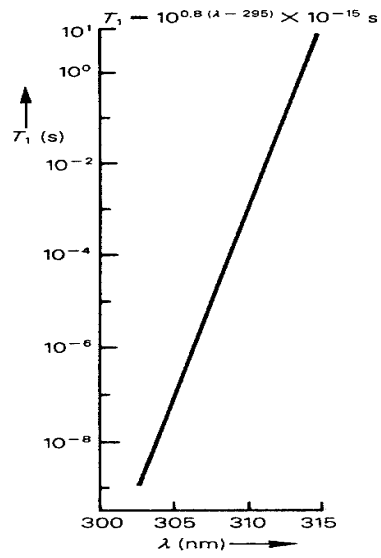


그림 5 $\lambda = 302.5 \text{ nm} \sim 315 \text{ nm}$ 에 대한 차단점 T_1

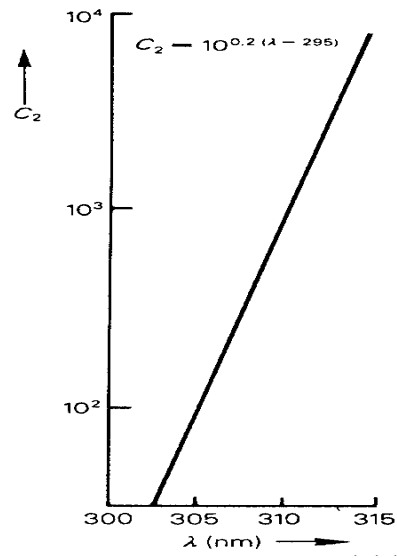


그림 6 $\lambda = 302.5 \text{ nm} \sim 315 \text{ nm}$ 에 대한 보정률 C_2

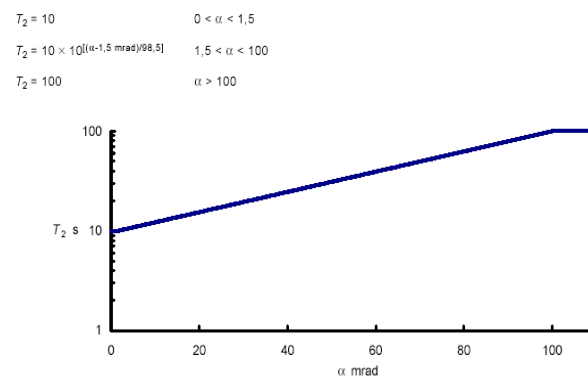


그림 7 0 mrad~100 mrad 이상의 범위를 갖는 원의 크기 α 에 대한 차단점 T_2

$$C_3 = 1 \quad \text{for } (400 < \lambda < 450)$$

$$C_3 = 10^{0.02(\lambda-450)} \quad \text{for } (450 < \lambda < 600)$$

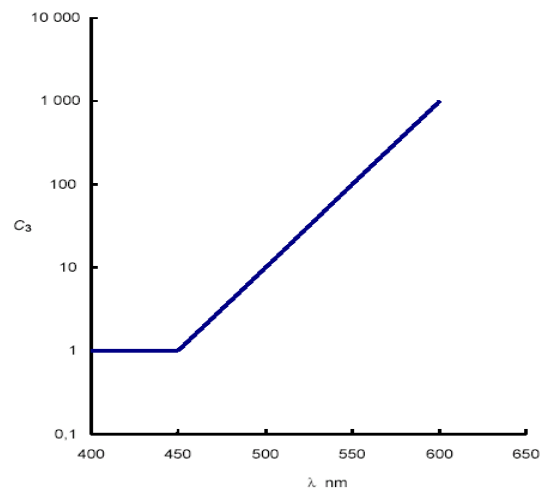


그림 8 $\lambda = 400 \text{ nm} \sim 600 \text{ nm}$ 에 대한 보정률 C_3

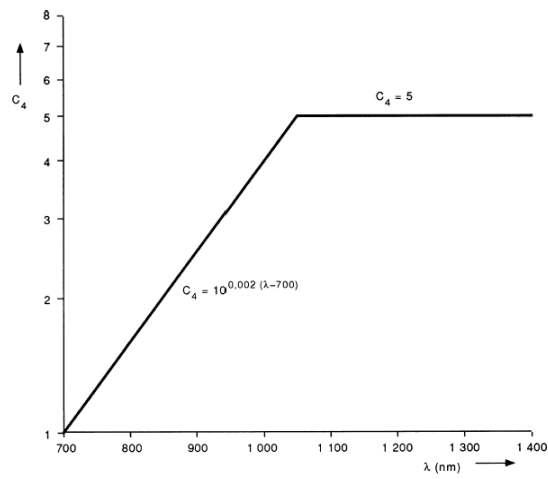


그림 9 $\lambda = 700 \text{ nm} \sim 1,400 \text{ nm}$ 에 대한 보정률 C_4

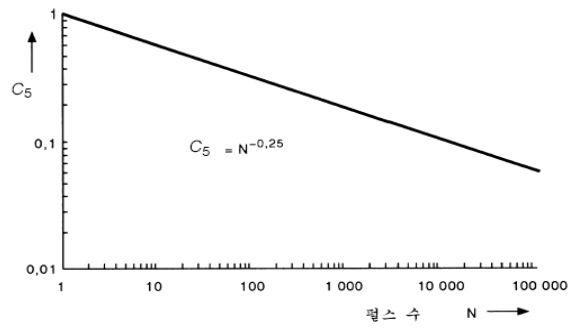


그림 10 $N = 1 \sim 100,000$ 에 대한 보정률 C_5

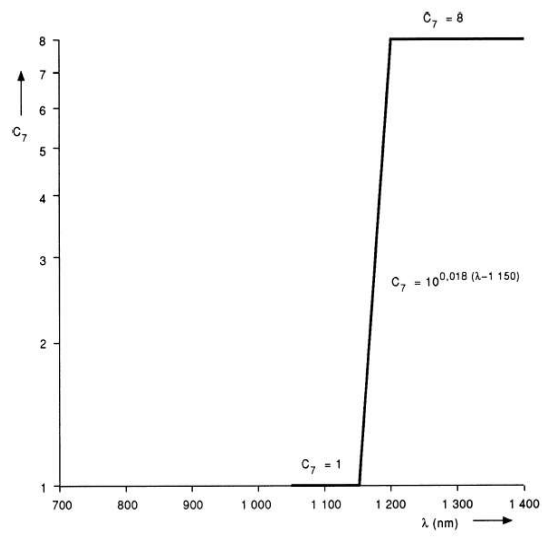


그림 11 $\lambda = 1,050 \text{ nm} \sim 1,400 \text{ nm}$ 에 대한 보정률 C_7

III. 사용자 안내서

10. 안전 사전주의

10.1 일반사항

이 절은 위험 등급분류에 따라 레이저 제품 사용자가 취할 안전 사전주의 및 제어조치를 규정한다. 제조자에게 부과되는 제약조건 또는 요구사항은 언급되지 않는다.

400 nm~700 nm의 파장범위 밖에서 에너지를 방출하는 3R 등급 레이저 제품 또는 3B 등급 및 4 등급 레이저 제품의 설치를 위해서는 레이저 안전요원이 임명되어야 한다. 다음과 같은 사전주의를 검토하고 이행할 적절한 제어기구를 지정하는 것은 레이저 안전요원의 의무이다. 레이저 보호 밀폐함이 3B 등급 또는 4 등급 레이저를 위해 사용된다. 보호밀폐함의 제거가능한 부분 혹은 그것의 제거나 분리에 의해 위험이 발생하는 서비스 연결부에는 경고표지가 필요하다.

안전 사전주의와 제어수단의 목적은 레이저 방사의 위험한 수준 혹은 다른 연관된 위험에의 노출 가능성을 감소시키는 것이다. 하나 이상의 제어조치가 노광량을 MPE 이하의 레벨로 감소시키면, 추가 제어조치는 불필요하다.

사전에 등급이 지정된 레이저 제품에 대한 사용자의 수정이 이 규격의 범위내에서 제품 성능이나 기능에 영향을 주면, 이 수정을 수행한 사람이나 기관은 레이저 제품의 재등급 분류 및 재표지화에 대한 의무가 있다.

10.2 원격 인터록 접속기의 사용

3B 등급 및 4 등급의 원격 인터록 접속기는 비상 주 분리 인터록, 방, 문 혹은 기구 인터록에 연결된다. 입장 시간과 위치에서 어떠한 광 방사 위험이 없다는 것이 입증되면 책임자는 권한이 부여된 사람의 접근을 허용하는 원격 인터록 접속기의 우선 허용한다.

10.3 키 제어

사용되지 않는 3B 등급 및 4 등급 레이저 제품은 키 제어로부터 키를 제거함으로써 무허가 사용에 대하여 보호되어야 한다.

10.4 빔 멈추개 또는 감쇠기

3B 등급 또는 4 등급 레이저 제품으로 부터의 레이저 방사에 구경꾼들의 부주의한 노출은 빔 감쇠기나 빔 조리개에 의해 방지되어야 한다.

10.5 경고 사인

3B 등급 및 4 등급 레이저 제품을 수용하는 영역이나 보호 밀폐함 입구에는 적절한 경고 사인이 부착되어야 한다.

10.6 빔 경로

표 1의 조건 1에서 등급된 1M 등급과 2M 등급 레이저 제품, 400 nm~700 nm의 파장범위 밖에서 에너지를 방출하는 3R 등급 레이저 제품, 그리고 3B 등급 또는 4 등급 레이저 제품에 의해 방출되는 레이저 빔은 적절한 반사율과 열 특성을 갖고 확산반사하는 물질 또는 흡수체에 의해 그것의 유용한 경로 끝에서 종료되어야 한다. 개방 레이저 빔 경로는 실제적

인 눈 레벨 위 또는 아래에 위치되어야 한다.

400 nm~700 nm의 파장범위밖에서 에너지를 방출하는 3R 등급 레이저 제품과 3B 등급 또는 4 등급 레이저 제품의 빔 경로는 실용적으로 짧고, 최소수의 방향성 변화를 가지며, 교차인도와 다른 접근 경로를 피하고 밀폐되어야 한다. 빔 밀폐함(예를들면, 관)은 안전하게 실장되어야 하지만, 빔 형성 구성요소에 강력히 부착되지는 않는다.

10.7 정반사

3R 등급, 3B 등급 또는 4 등급 레이저 제품으로 부터의 본의아닌 정반사를 방지하기 위한 주의가 시행된다. 거울, 렌즈 및 빔분할기는 단단히 실장되어야 하며 레이저가 방출하는 동안 제어된 움직임만 받게된다.

확산되어 나타나는 반사표면은 ,특히 적외선 분광범위에서 반사하는 방사빔의 상당한 부분을 반사한다. 이것은 순수한(램버튼) 확산반사에 대하여 기대하는 것 보다 훨씬 긴 거리에 대하여 잠정적으로 해로울 수 있다.

3B 등급과 4 등급 레이저를 위한 광 구성요소의 선정 및 표면의 청결을 유지하기 위한 특별한 주의가 요망된다. 잠정적으로 위험한 정반사는 렌즈, 프리즘, 창문 및 빔분할기 같은 투과적 광 구성요소의 모든 표면에서 일어난다. 잠정적으로 위험한 방사는 거울같은 반사적 광 구성요소(예를들면, 가시방사의 반사기를 통한 적외선방사)을 통하여 투과될 수 있다.

10.8 눈 보호

특정 레이저 파장에 대한 적절한 보호를 제공하기 위해 설계된 눈보호기구는 400 nm~700 nm의 파장영역밖에서 에너지를 방출하는 3R 등급 레이저 제품, 3B 등급 또는 4 등급 레이저가 사용되는 모든 위험 영역에서 사용된다. 예외는 다음과 같다.

- a) 기술과 관리제어가 적용 MPE를 초과하는 일시 노출을 제거하기 위한 경우.
- b) 예외적 동작 요구 조건 때문에 눈보호기구를 실제로 사용할 수 없는 경우. 이와같은 동작절차는 레이저 안전요원의 승인과 함께 취해져야 한다.

다음은 적당한 눈보호기구를 규정할 때 고려되어야 할 사항이다;

- a) 동작 파장
- b) 방사의 방사노광량
- c) MPE
- d) 레이저 출력파장에서의 눈보호기구의 광밀도
- e) 가시광선 투과 요구사항
- f) 눈막 손상이 일어나는 방사노광량 혹은 방사선조사
- g) 처방전 유리의 필요성
- h) 쾌적 및 환기
- i) 흡수중막의 분해 혹은 수정
- j) 재료의 강도(감전 저항)
- k) 주위 가시 요구사항
- l) 관련 국제 규정.

10.8.1 눈보호기구의 식별

모든 레이저 눈보호기구는 특별한 레이저에 대해 적당한 눈보호기구의 선택을 위한 정보를 갖는 표지를 갖는다.

10.8.2 요구 광밀도

레이저 눈보호기구의 분광 광밀도 D_λ 는 파장에 상당히 의존한다. 눈보호기구가 방사대역을 차폐하도록 요구되는 경우, 그 대역내에서 측정된 D_λ 의 최소값이 인용된다. 눈보호를 위해 요구되는 D_λ 의 값은 다음식에 의해 계산된다.

$$D_\lambda = \log_{10} \frac{H_0}{MPE}$$

여기서 H_0 는 보호되지 않는 눈 노광량 레벨이다.

10.8.3 눈보호기구

눈보호기구는 쓰기에 편안하고 넓은 시계를 제공하며 분무에서의 문제점을 피하기 위한 적절한 환기를 제공하고, 밀폐되며 꼭 맞아야하며 적절한 가시 투과율을 제공해야 한다. 위험한 분광반사를 야기할 수 있는 평평한 반사표면의 사용을 피하기 위한 조치가 취해져야 한다. 프레임 및 측면조각은 렌즈에 의해 제공된 것과 동일한 보호를 주어야 한다.

4 등급 레이저에 대한 눈보호기구를 선택할 때 레이저 방사에 대한 저항과 안전성에 대한 특별한 주의가 필요하다.

10.9 보호 의복

사람이 피부를 위한 MPE를 초과하는 방사레벨에 노출되는 곳에는 적당한 옷이 제공되어야 한다. 특히, 4 등급 레이저는 잠정적 화재 위험이 있으므로 보호 의복은 적당한 방염성 및 내열성 재료로 만들어야 한다. 4 등급 레이저에 대한 보호 의복을 선택할 때 레이저 방사에 대한 저항과 안전성에 대해 특별한 주의가 필요하다.

10.10 훈련

표 1의 조건 1을 만족하지 못하는 1M 등급 및 2M 등급 레이저 제품과 3R 등급, 3B 등급 및 4 등급 레이저 시스템들의 동작은 사용자뿐만 아니라 상당한 거리에 떨어져 있는 다른 사람들에게도 위험을 줄 수 있다.

위험 잠재성 때문에 적절한 수준으로 훈련받은 사람만이 이 시스템의 제어할 수 있다. 제조자, 시스템 공급자, 레이저 안전요원, 혹은 승인된 외부기관에 의해 주어지는 훈련은 다음 사항을 포함해야 한다. 단 다음사항에만 제한되지는 않는다.

- a) 시스템 동작절차에의 익숙함
- b) 위험 제어 절차, 경고 사인의 적당한 사용
- c) 사람 보호를 위한 필요사항
- d) 사고 보고절차
- e) 눈과 피부에 대한 레이저의 생체효과.

10.11 의료 감시

국제규정이 없는 경우 다음 권고안이 고려되어야 한다.

- a) 레이저 종사자의 의료감시의 중요성은 의료 전문업에 의해 아직까지 해결되지 않은 근본적인 문제이다. 눈 검사는 자격있는 전문가에 의해 수행되어야 하며 3B 등급 및 4 등급 레이저를 사용하는 종사자에게 국한되어야 한다.
- b) 손상된 눈의 노출 후 즉시 자격있는 전문의에 의한 의료검사가 취해져야 한다. 이 검사에는 사고가 일어난 상황에 대한 전면적 생물리학적 검사가 보완되어야 한다.
- c) 3B 등급과 4 등급 레이저를 사용하는 종사자에 대한 사전, 중간, 그리고 사후 고용 눈 검사는 의료 법적 원인에 대한 가치를 갖으며 안전프로그램의 필수적 사항은 아니다.

11. 레이저 운전에 따르는 위험

사용 레이저 형태에 따라 레이저운전에 관련된 위험 다음과 같다.

11.1 대기오염

- a) 레이저 커팅, 드릴링 및 용접으로부터의 증발 표적 물질과 반응 제품. 이 물질들은 석면, 일산화탄소, 이산화탄소, 오존, 납, 수은, 기타 금속, 그리고 생물학적 시료를 포함한다.
- b) 브롬, 염소, 시안화수소 같은 유독 가스 레이저 시스템 또는 레이저 반응의 부산물로 부터의 가스.
- c) 극저온 냉각제로 부터의 가스 또는 증기.
- d) 산소 같은 레이저-표적 상호작용을 돕는 가스.

11.2 부방사 위험

11.2.1 자외선 부방사

특히, 자외선 투과관이나 석영같은 유리가 사용될 때 섬광램프나 연속파 레이저 방전관과 부합되는 자외선 방사로부터 상당한 위험이 존재한다.

11.2.2 가시 및 적외선 부방사

플래쉬관, 펄프원 및 표적 재방사로부터 방출되는 가시 및 근적외선 방사는 잠재적 위험을 발생시키기에 충분하다.

11.3 전기적 위험

많은 레이저는 고전압(1 kV 이상)을 사용하며 커패시터 뱅크에 저장된 에너지 때문에 펄스레이저는 특히 위험하다. 적당히 차폐되지 않으면 5 kV 이상되는 양극전압에서 동작하는 전자관 같은 회로부품은 X선을 방출한다.

11.4 극저온 냉각제

극저온액체는 화상을 유발하므로 특별한 취급 사전주의가 요구된다.

11.5 물질처리

물질처리에 사용되는 레이저 제품의 사양은 의도된 사용에 따라 변한다. 사용자가 제조자에 의해 추천된 물질과는 다른 물질을 처리하고자 하면, 사용자는 이와같은 물질처리에 수반되는 위험 정도를 인식하여 유독가스의 방출, 화재, 폭발, 혹은 공작물로부터 레이저 방사의 반사를 방지하기 위한 적절한 사전주의를 취해야 한다.

11.6 기타 위험

커패시터 뱅크 또는 광펌프 시스템에서의 폭발 잠재성이 고출력 레이저 시스템의 운전중에 존재한다. 레이저 커팅, 드릴링 및 용접시 표적 영역으로부터 날아다니는 입자가 생길 수 있다. 화학적 레이저 시약 또는 실험실에서 사용되는 다른 가스의 폭발반응도 일어날 수 있다.

12. 위험제어 절차

12.1 일반사항

레이저 사용에 있어 다음 세가지 관점이 위험 평가와 제어조치 적용시 고려되어야 한다.

- a) 사람에 손상을 주는 레이저나 레이저 시스템의 능력. 이 능력은 주 출구나 보조 출구에 대한 사람의 접근을 고려한다.
- b) 레이저가 사용되는 환경
- c) 레이저를 동작하거나 레이저 방사에 노출되는 사람의 훈련레벨.

레이저 방사 위험의 평가와 제어를 위한 실제적인 수단은 상대적 위험 잠재력에 따라 레이저 시스템을 등급분류하고 각 등급을 위한 적절한 제어를 규정하는 것이다. 등급된 시스템의 사용으로, 대부분의 경우 사용자에게 의한 방사측정을 위한 요구사항이 배제된다.

등급 체계는 특히 레이저 시스템으로 부터의 접근가능 방출과 그 시스템의 물리적 특성에 기반한 잠재적 위험에 관련된다.

다음 자세한 내용은 레이저 제품의 안전동작과 관련된 것이다.

- 관리 제어가 안전동작에 합리적으로 접근 하게되는 옥외 및 건축환경.
- 기술 제어가 가장 큰 역할을 하게되는 실험실 및 작업장 환경.
- 사전계획, 도해 및 접근제어가 안전 동작에 실제적으로 접근하게되는 디스플레이 및 전시 환경.

12.2 옥외에서 사용되는 레이저 위험 평가

표 1의 조건 1을 만족시키지 못한 1M 등급과 2M 등급 레이저 제품, 400 nm~700 nm 파장범위밖에서 에너지를 방출하는 3R 등급 레이저, 그리고 3B 등급 및 4 등급 레이저들에 대한 위험 잠재력은 상당한 거리로 확장될 수 있다. 조사나 방사 노광량이 적절한 MPE 아래로 떨어지는 레이저로 부터의 영역은 NOHD로 명명된다. 빔조사나 방사 노광량이 적절한 MPE를 초과하는 영역은 NOHA라 한다. 이 영역은 레이저 시스템의 횡단, 상승 및 지시 정확성의 제한 값으로 경계를 형성되고 NOHD의 한계나 표적 중 하나로 확장된다. 정확한 NOHA는 빔경로, 예를들면, 정반사기내의 물질의 성질에 의존한다.

레이저 제품이 표 1의 조건 1을 따르지 못하여 1M 등급 또는 2M 등급으로 구분되면, 확대기나 망원경 같은 큰 직경의 가시광이 사용될 때 레이저 제품들은 위험을 주게 된다. NOND는 레이저의 출력 특성, 적절한 MPE, 사용 광시스템의 형태 및 빔전파상 대기효과에 의존한다.

12.3 사람 보호장치

기술적 설계, 빔 밀폐함 및 관리제어를 통하여 레이저 운전시 발생하는 위험에 대한 사람 보호 장치를 사용할 필요를 최소화하여야 한다. 잠재적으로 위험한 레이저 방사(3B 등급 및 4 등급)에 사람이 노출될 때 적당한 사람 보호장치가 제공되어야 한다.

12.4 레이저의 데모, 디스플레이 및 전시

1 등급 또는 2 등급 레이저 제품만이 감시받지 않는 영역에서의 데모, 디스플레이 및 오락을 위해 사용되어야 한다. 이와 같은 목적을 위한 다른 등급의 레이저 사용은 레이저 운전이 경험있는 잘 훈련된 운전자의 제어하에 수행되거나 구경꾼들이 적용 MPE를 초과하는 레벨의 노출로부터 보호될 때만 허용되어야 한다.

학교 등에서 교육목적으로 사용되는 데모용 레이저 제품은 1 등급 또는 2 등급 레이저 제품을 위한 모든 적용 요구사항을 따라야 한다. 데모용 레이저 제품은 1 등급 또는 2 등급의 AEL을 초과하는 레이저 방사에 대한 사람의 접근을 허용하지 않는다.

12.5 실험실 및 작업실 레이저 설치

12.5.1 1M 등급, 2 등급, 2M 등급 및 3R 등급 레이저 제품

직접 빔의 연속적인 가시를 방지하기 위한 예방조치가 요구된다. 1M 등급, 2 등급 및 2M 등급의 경우, 우연한 가시 상황에서 일어나듯이 400 nm~700 nm의 파장범위에서 방사에의 잠시(0.25 sec) 노출은 위험한 것으로 고려하지 않는다. 하지만, 레이저 빔은 의도적으로 사람을 목표로 해서는 안된다. 1M 등급, 2M 등급 및 3R 등급 레이저 제품과 함께 광 관측보조기(예를들면, 쌍안경)의 사용은 눈 위험을 증가시킨다. 1M 등급, 2M 등급 및 3R 등급 레이저 제품을 위한 추가 예방조치는 12.6.2 절에 주어진다.

12.5.2 3B 등급 레이저 제품

직접 빔 또는 정반사가 보호되지 않은 눈에 의해 관측되는 경우(빔내의 시야), 3B 등급 레이저는 잠재적으로 위험하다. 다음과 같은 예방조치가 직접빔 관측을 피하고 정반사를 제어하기 위해 취해져야 한다.

- a) 레이저는 제어영역에서 동작되어야 한다.
- b) 비고의적 정반사를 방지하기 위한 주의가 필요하다.
- c) 레이저빔은 확산되는 물질에 의한 유용한 경로 및 반사 위험을 최소화하면서 빔을 위치시키기 위한 색과 반사율을 갖는 종단에서 끝나야 한다.
(주) 3B 등급 가시 레이저를 위한 확산반사의 안전관측을 위한 조건: 스크린과 각막사이의 13 cm의 최소 가시거리와 10 sec 의 최대 가시시간. 다른 가시 조건들은 확산 반사 노광량과 MPE와의 비교를 통해 이루어진다.
- d) 직접빔 혹은 정반사빔을 관측 또는 c) 항의 조건에 따르지 않는 확산반사를 관측할 가능성이 있는 경우, 눈보호가 필요하다.
- e) 영역입구에는 규격 레이저 경고 사인이 부착되어야 한다.

12.5.3 4 등급 레이저 제품

4 등급 레이저 제품은 직접빔 또는 빔의 정반사 및 확산반사로부터 손상을 유발할 수 있다. 그들은 잠재적인 화재 위험이 되기도 한다. 다음과 같은 제어기구는 이 위험들을 최소화하기 위해 12.5.2 절에서 취해진 조치에 추가하여 채택된다.

- a) 빔경로는 실제로 사용될 때 마다 밀폐된다. 레이저 동작중 레이저 주위에서의 접근은 적절한 레이저 눈보호기구와 보호의복을 착용한 사람에게 제한된다.

빔경로는 작업영역을 피해야 하며 관의 긴 단면은 열팽창, 진동 및 움직이는 다른 원들이 빔형성 구성요소들의 정렬에 심각하게 영향을 주지 않도록 실장되어야 한다.

- b) 4 등급 레이저는 실제로 사용될 때는 원격제어에 의해 동작되어, 사람이 물리적으로 레

이러한 환경에 나타날 필요를 제거해야 한다.

c) 레이저 눈 보호기구를 착용한 영역에서의 양호한 방조명은 중요하다. 명색 확산 벽표면은 이 조건을 위해 도움을 준다.

d) 화재, 광 구성요소에서 열에 의한 빛의 벗어남, 레이저빔을 담기 위해 설계된 고체표적의 용해 또는 증발은 모두 4 등급 레이저로 부터의 방사에 의해 유도되는 잠재적 위험이다. 적당한 빔멈추개가 적절히 냉각된 금속 또는 흑연물표 형태로 우선적으로 제공되어야 한다. 각 반사 표면이 넓은 영역으로 레이저 출력을 분산시킬 수 있는 입사방사 각에 경사된 상태로 있는 경우, 여러 반사에 대한 방사를 흡수함으로써 매우 높은 출력 밀도를 다룰 수 있다.

e) 원격외선 레이저 방사로부터 발생하는 비가시 스펙트럼에 있는 원하지 않은 반사를 방지하기 위한 특별한 예방조치가 요구되고, 빔과 표적 영역은 레이저 파장에서 불투명한 물질에 의해 둘러싸인다(무광 금속 표면은 10.6 μm 의 CO_2 파장에서 강력하게 반사한다).

국부적 차폐가 반사 방사의 정도를 감소시키기 위해 실제적용되는 곳에 사용되어야 한다.

f) 4 등급 레이저빔의 경로에서 광 구성요소 정렬은 처음 및 주기적으로 확인되어야 한다.

12.6 옥외 및 건축물에서의 레이저 설치

12.6.1 2 등급 레이저 제품

실제사용되는 곳에서 빔은 그것의 유용한 경로의 끝에서 종결되어야 하고 레이저는 사람(머리 높이)을 목표를 해서는 안된다.

12.6.2 조사, 정렬 및 레이블링을 위한 1M 등급, 2M 등급 및 3R 등급 레이저 제품

a) 자격있고 훈련된 사람만이 레이저 장비를 설치, 조정, 운전하도록 허용된다.

b) 레이저가 사용되는 영역에는 적절한 레이저 경고 표지가 부착된다.

c) 실제 사용되는 곳에는 기계적 또는 전자적 수단이 레이저의 정렬을 지원하기 위해 사용된다.

d) 사람들이 직접 빔을 바라보지 않도록 예방조치가 취해져야 한다(지속적인 빔내의 관측은 위험할 수 있다). 광계측기(세오돌라이트 등)를 통한 빔의 직접 관측은 특히 표 1의 조건 1에 실패한 1M 등급 및 2M 등급 레이저에 대하여 위험하며 레이저 안전요원에 의해 승인되지 않으면 허용되지 말아야 한다.

e) 레이저빔은 그 유용한 빔경로 끝에서 종결되어야 하며, 위험한 빔경로가 제어영역을 넘으면 모든 경우 중단되어야 한다.

f) 레이저빔 경로는 실제 사용되는 곳에서는 눈레벨 위 또는 아래에 위치하여야 한다.

g) 레이저빔이 거울같은 표면(평평한 혹은 오목 거울같은 표면)에서 방향을 취하도록 예방조치가 필요하다.

h) 사용되지 않을 때, 레이저는 권한이 없는 사람이 접근할 수 없는 위치에 보관된다.

12.6.3 3B 등급 및 4 등급 레이저 제품

옥외나 비슷한 환경에서의 3B 등급 및 4 등급 레이저는 사용상 적당히 훈련을 받고 레이저 안전요원에 의해 승인된 사람에 의해서만 동작되어야 한다. 가능한 위험을 최소화 하기 위하여 다음 예방조치가 12.6.2 절에서 언급된 것에 추가하여 주어진다.

a) 적당한 눈보호기구와 보호 의복을 착용하지 않은 사람은 빔조사 혹은 방사 노광량이 MPE를 초과하는 모든 점에서 빔경로에서 제외시켜야 한다. 물리적 장벽, 빔 횡단과 빔 상승

등을 제한하는 인터록 같은 기술적제어가 관리제어를 강화하기 위하여 사용된다. 오차 빔으로부터 보호하고 주위의 좋은 시야를 제공하는 국부밀폐함내에 조작자를 위치시키는 것이 한 대안이 된다.

b) 비표적 차량교통 혹은 항공기에 대한 의도적 추적은 NOHD내에서는 금지되어야 한다.

c) 빔경로에서 잠재적으로 위험한 비의도적 반사를 발생시키는 모든 표면을 제거하거나 혹은 위험영역이 적당히 확장되어야 한다.

d) 3B 등급 레이저의 빔내 관측이 위험할지라도 빔은 모든 경우 다음 조건에서 확산반사기를 통해 안전하게 관측될 수 있다.

- 스크린과 13 cm 각막 사이의 최소 가지거리

- 10 sec의 최대 가지 시간.

이 조건들중 어느하나가 만족되지 않으면 위험에 대한 주의깊은 평가가 필요하다.

12.6.4 조사, 정렬 및 레이블링을 위한 레이저

1 등급 또는 2 등급 레이저는 실제 사용될 때 조사, 정렬, 및 레이블링을 위해 사용된다. 높은 주위의 광레벨이 보다 높은 출력전력의 레이저 사용을 요구하는 상황이 있다. 1M 등급, 2M 등급 및 3R 등급 레이저들이 사용되면, 12.6.2 절의 요구사항을 따라야 한다. 3B 등급 레이저가 필요한 예외적인 경우에는 12.6.3절의 요구사항을 따라야 한다. 추가로, 3.8×10^{-4} sec 를 초과하는 방출 지속시간 동안 5×10^{-3} W를 초과하는 방사출력을 갖는 400 nm~700 nm의 파장범위를 갖는 레이저 방사나, 다른 방사 지속시간과 파장범위의 조합에 대해 1 등급의 AEL을 초과하는 레이저 방사에는 사람의 접근이 허용되지 않는다.

13. 최대허용 노광량(MPE)

13.1 일반사항

최대허용 노광량은 사용자를 위한 것으로서 위험레벨로 설정되어 있으며 실험연구 결과를 바탕으로 하고 있다. MPE 값은 노출 제어의 지침으로 사용되어야 하며, 안전레벨과 위험레벨 사이를 결정하는 정확한 경계선으로 간주되어서는 안된다. 레이저가 여러범위의 다른 파장에서 방사를 방출할 때 혹은 펄스들이 연속파를 바탕으로 중복되는 곳에서는 위험도의 계산은 복잡하게 된다.

여러 파장으로부터의 노출은 다음 상황에서 표 9과 표 10의 MPE에 따른 분광 효과성의 비례적 기준에 대한 가산 효과를 갖는다고 가정된다.

a) 펄스폭 혹은 노출 지속시간은 크기의 한자리수이내에 있다.

b) 분광영역은 표 6에서 눈 노출과 피부 노출에 대해서는 각각 (o)와 (s)의 심볼로 가산된 것을 표시된다.

방사된 파장이 가산된 것으로 보여지지 않는곳에서의 위험은 별도로 평가된다. 가산은 되었지만 펄스폭이나 노출 지속시간이 크기의 한자리수 이내에 있지 않을 때는 극단의 주의가 요구된다(즉, 펄스 및 연속파 방사에 동시노출의 경우).

13.2 제한개구

노광량 측정 및 계산을 위한 제한개구는 조사나 방사노광량이 평균되는 원 영역의 직경으로 정해진다. 제한구경의 값들은 표 8에 보여진다.

1400 nm와 10^5 nm 사이의 분광영역내의 반복 펄스 레이저 노광량에 대해서는 1 mm 개

구가 각 펄스로 부터의 위험을 평가하기 위해 사용되며, 3.5 mm 개구는 3 sec 보다 긴 노출에 적용될 MPE를 산정하는데 적용된다.

(주) 400 nm~1400 nm의 파장범위에서 눈 노광량 값은 7 mm 직경의 개구(동공)에 대해 측정된다. MPE 값은 더 작은 동공 직경을 고려하도록 조절되지는 않는다.

표 8 레이저 조사와 방사 노광량 측정에 적용되는 개구 직경

분광영역 nm	개구 직경	
	눈 mm	피부 mm
180 ~ 400	1	3.5
400 이상 ~ 1400	7	3.5
1400 이상 ~ 10^5	$t \leq 0.35 \text{ sec} ; 1$ $0.35 < t < 10 \text{ sec} ; 1.5 t^{3/8}$ $t \geq 10 \text{ sec} ; 3.5$	3.5
10^5 이상 ~ 10^6	11	11

13.3 반복펄스 혹은 변조 레이저

다중 펄스 노광량의 판정기준에 대한 데이터는 제한적이므로 반복 펄스 방사에 대한 노광량 평가를 위해서는 주의가 요구된다. 다음 방법들은 반복펄스 방사에 대한 반복 노출에 적용될 MPE를 결정하는데 사용된다.

400 nm ~ 10^6 nm의 파장에 대한 눈 노출을 위한 MPE는 다음과 같은 가장 제한적 요구사항 a), b), c)를 사용하여 결정된다. 요구사항 c)는 열 제한에만 적용되고 광화학적 제한에는 적용되지 않는다.

400 nm 보다 적은 파장에 대한 눈 노출을 위한 MPE와 피부 노출을 위한 MPE는 가장 제한적 요구사항 a), b)를 사용하여 결정된다.

- a) 펄스열내의 단일 펄스로 부터의 노광량은 단일펄스를 위한 MPE를 초과하지 않는다.
- b) 노출 지속시간 T 을 갖는 펄스열을 위한 평균노광량은 표 9과 표 10에서 주어진 노출 지속시간 T 의 단일펄스를 위한 MPE를 초과하지 않는다.
- c) 펄스열내의 펄스들로 부터의 평균노광량은 보정률 C_5 로 곱해진 단일펄스를 위한 MPE를 초과하지 않는다.

(주 1) 펄스열의 노광량들은 $\overline{N}$ 을 결정하기 위해 사용된 같은 방출 지속시간 동안 평균된다. 각 평균 펄스 노광량은 아래 명시된 감소된 MPE_{train} 과 비교된다.

$$MPE_{train} = MPE_{single} \times C_5$$

여기서

MPE_{train} = 펄스열에 있는 단일펄스를 위한 MPE

MPE_{single} = 단일펄스를 위한 MPE

$$C_5 = N^{-1/4}$$

N = 노출시 펄스의 수

일부의 경우 이 값은 동일한 노출시간을 사용하는 동일한 침투 전력에서의 연속 노출에

적용되는 MPE 값 아래로 떨어진다. 이런 상황에서는 연속 노출을 위한 MPE가 사용된다.

가변 진폭을 갖는 펄스가 사용되면, 이 결정은 각 진폭의 펄스를 분리하여, 그리고 전체 펄스열에 대하여 각각 수행된다.

요구사항 c)가 적용되는 최대 노출 지속시간은 400 nm~1400 nm의 파장범위에서 T_2 이고 더 긴 파장에서는 10 sec 이다.

(주 2) C_5 는 0.25 sec 보다 짧은 개별 펄스 기간에만 적용된다.

(주 3) 다중펄스가 T_i 기간(표 7 참조)내에 나타나면, 다중펄스는 N 을 결정하기 위해 단일펄스로 간주되고 개별펄스의 방사노광량은 모든 개별펄스 지속시간들이 10^{-9} sec 보다 크다면 T_i 의 MPE에 비교되도록 더해진다.

(주 4) 정해진 시간에 전달된 펄스군의 노광량은 그 시간동안 MPE를 초과하지 않는다.

(주 5) 가변 펄스폭 혹은 펄스 구간의 경우, TOTP 방법이 요구사항 c) 대신 사용된다. 이 경우, MPE는 노출 지속시간과 T_2 중 작은 시간내의 모든 펄스 지속시간들의 합이되는 TOTP의 지속시간에 의해 결정된다. T_i 보다 작은 지속시간을 갖는 펄스들은 T_i 의 지속시간의 펄스로 지정된다. 두 개 이상의 펄스가 T_i 지속시간내에 일어나면, 이 펄스군은 T_i 의 펄스 지속시간으로 지정된다. 해당 지속시간을 위한 MPE와 비교하기 위해 모든 개별펄스들의 방사노광량이 합산된다. 이 방법은 펄스들의 평균 방사노광량이 C_5 로 곱한 단일펄스의 MPE와 비교될 때 요구사항 c)와 동등하게 된다.

13.4 측정조건

실제노광량을 산정하기 위해서 다음 측정조건들이 적용된다.

13.4.1 제한개구

각 MPE에 비교될 방사노광량 혹은 조사의 값은 표 8의 제한개구에 따라 원형 개구조리개에 대하여 평균된다. 400 nm~1400 nm의 파장범위에서의 눈노광량 측정을 위하여 100 mm의 최소 측정 거리가 사용된다.

13.4.2 수용각

i) 광화학적 망막 제한

광화학적 제한(400 nm~600 nm)에 대하여 평가될 원의 측정을 위한 제한 수용각 γ_p 는 다음과 같다.

$$10 \text{ sec} < t \leq 100 \text{ sec} : \quad \gamma_p = 11 \text{ mrad}$$

$$100 \text{ sec} < t \leq 10^4 \text{ sec} : \quad \gamma_p = 1.1 t^{0.5} \text{ mrad}$$

$$10^4 \text{ sec} < t \leq 3 \times 10^4 \text{ sec} : \quad \gamma_p = 110 \text{ mrad}$$

원의 맞변각 α 가 지정된 제한수용각 γ_p 보다 크면, 수용각은 γ_p 를 위해 지정된 값 보다 크지 말아야 한다. 원의 맞변각 α 가 지정된 제한수용각 γ_p 보다 작으면, 수용각은 고려중인 원을 충분히 포함한다. 그렇지 않은 경우 잘 정의될 필요가 없다(즉, 수용각은 γ_p 로 제한될 필요는 없다).

(주) 단일 작은원의 측정을 위해 $\alpha < \gamma_p$ 가 되는 경우, 특정의 잘 정의된 수용각으로 측정할 필요는 없다. 잘 정의된 수용각을 확보하기 위해 수용각은 원을 시야조리개에 상화하거나(그림 3 (a)) 원을 가림으로써(그림 3 (b)) 정의된다.

ii) 기타 제한

망막의 광화학적 위험 제한과는 다른 제한과 비교될 방사 측정을 위하여 수용각은 고려중

인 원을 충분히 포함한다(즉, 수용각은 최소한 원의 맞변각 α 만큼 크다). 하지만, 302.5 nm~400 nm의 파장범위에서 $\alpha > \alpha_{\max}$ 이면, 제한수용각은 열위험 제한을 위해 $\alpha_{\max}$ (0.1 rad) 보다 크지않다. 열위험 제한을 위한 400 nm~1400 nm의 파장범위내에서, 다중점을 구성하는 결보기원의 평가를 위한 수용각은 $\alpha_{\min} \leq \gamma \leq \alpha_{\max}$ 의 범위에 있다.

비원형 원을 위한 MPE를 결정하기 위한 정방형 혹은 선형원의 맞변각 값은 원의 두 각치수의 산술평균에 의해 결정된다. $\alpha_{\max}$ 보다 크거나 $\alpha_{\min}$ 보다 작은 각치수는 평균을 계산하기 전에 각각 $\alpha_{\max}$ 또는 $\alpha_{\min}$ 으로 제한된다. 망막의 광화학적 위험 제한은 원의 맞변각에 무관하며 그 원은 위에 지정된 수용각으로 측정된다.

13.5 확장원 레이저

작은원 MPE에 대한 다음 수정은 대부분의 경우 가시 확산 반사와 LED에 제한되며, 어떤경우는 레이저 배열 혹은 확장원 확산 레이저 제품에 적용된다.

400 nm~1400 nm의 파장에서의 확장원 레이저 방사(예를들면, 확장 반사 가시)에 대하여, 열 눈 위험 MPE는 원의 맞변각(관측자의 눈에서 측정된)이 $\alpha_{\min}$ 보다 크면 C_6 율로 증가한다. 여기서 $\alpha_{\min}$ 은 1.5 mrad 이다.

보정률 C_6 는 다음과 같이 주어진다.

$$\begin{aligned} \alpha \leq \alpha_{\min} & : C_6 = 1 \\ \alpha_{\min} < \alpha \leq \alpha_{\max} & : C_6 = \alpha / \alpha_{\min} \\ \alpha > \alpha_{\max} & : C_6 = \alpha_{\max} / \alpha_{\min} . \end{aligned}$$

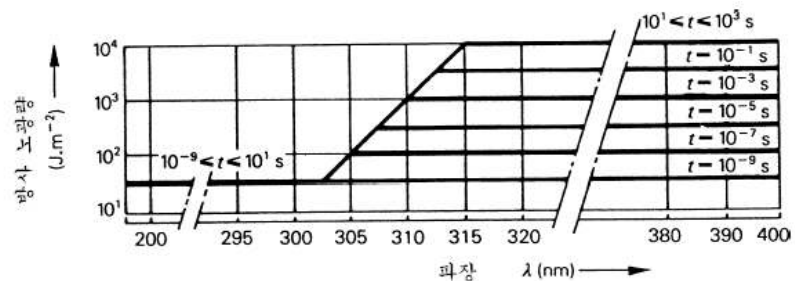
표 9 레이저 방사에의 직접 노출을 위한 각막에서의 MPE

노출시간 t (sec) 파장 λ (nm)	표 10 레이저 10^{-9} 미만	방사선에 대한 피부의 10^{-9} ~ 10^{-7}	피부의 10^{-7} ~ 10^{-3}	MPE ^{1) 2)} 10^{-3} ~ 10	10 ~ 10^3	10^3 ~ 3×10^4
180 ~ 302.5	$3 \times 10^{10} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$	$30 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$				
302.5 ~ 315		$C_2 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$ $(t > T_1)$				$C_2 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$
315 ~ 400		$C_1 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$ $(t > T_1)$				$10^4 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$ $10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$
400 ~ 700	$2 \times 10^{11} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$	$200 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$1.1 \times 10^4 t^{0.25} \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$2000 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$		
700 ~ 1400	$2 \times 10^{11} C_4 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$	$200 C_4 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$1.1 \times 10^4 C_4 t^{0.25} \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$2000 C_4 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$		
1400 ~ 1500	$10^{12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$	$10^3 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$5600 t^{0.25} \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$1000 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2 \ 3)}$		
1500 ~ 1800	$10^{13} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$	$10^4 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$				
1800 ~ 2600	$10^{12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$	$10^3 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$5600 t^{0.25} \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$			
2600 ~ 10^6	$10^{11} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$	$100 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$5600 t^{0.25} \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$			

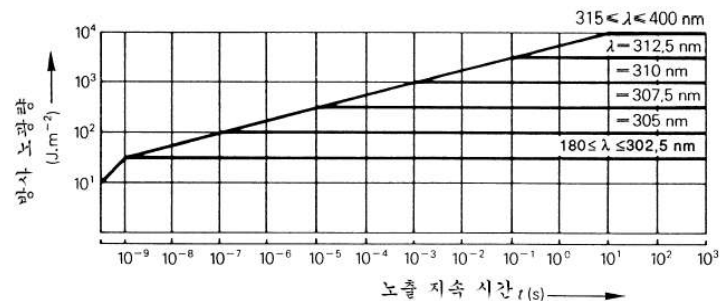
1) 보정률 및 단위는 "표 2~표 5 (주)" 참조.

2) 10^{-9} 보다 짧은 노출 동안의 효과에 대해서는 제한적 확증만 있다. 이 노출시간을 위한 MPE는 10^{-9} sec에서 적용하는 조사량을 유지함으로써 유도된다.

3) 0.1 m^2 보다 큰 피부 노출 영역을 위한 MPE는 $100 \text{ W} \cdot \text{m}^2$ 로 감소된다. 0.01 m^2 과 0.1 m^2 사이의 영역을 위한 MPE는 피부 조사 영역에 역비례하여 변한다.

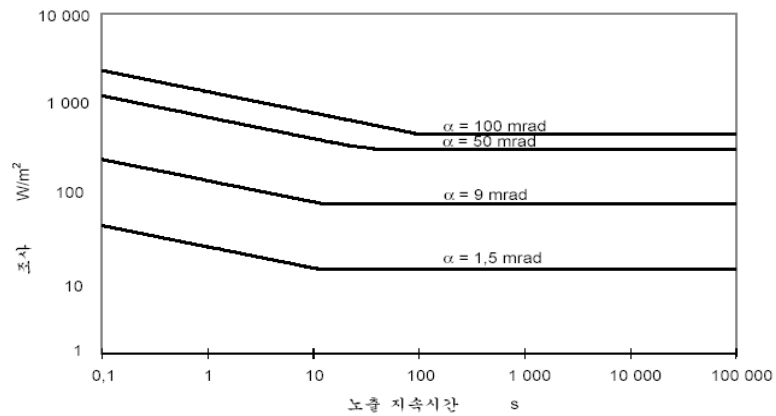


(a) $10^{-9} \text{ sec} \sim 10^3 \text{ sec}$ 의 선택된 방출 지속시간 동안

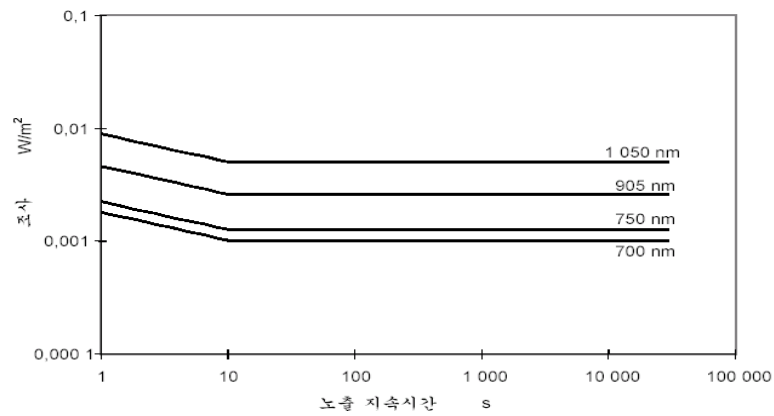


(b) 선택 파장에서 $10^{-9} \text{ sec} \sim 10^3 \text{ sec}$ 의 노출 지속시간 동안

그림 12 자외선 방사에 대한 직접 눈 노출을 위한 MPE

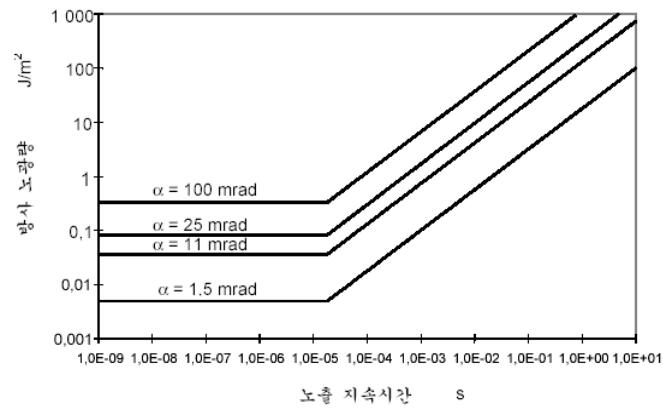


(a) 1.5 mrad~100 mrad 사이에서 선택된 원의 크기에 대해 0.1 sec 보다 긴 노출 지속시간 동안; $\lambda = 400 \text{ nm} \sim 700 \text{ nm}$

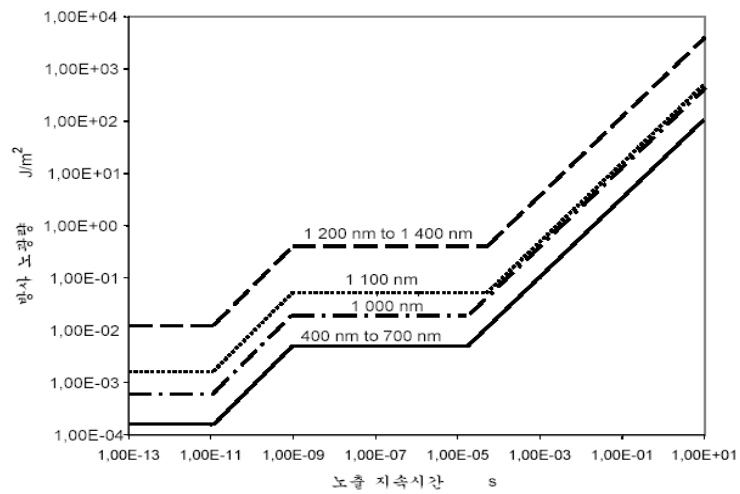


(b) 700 nm~1,050 nm 사이의 선택 파장에서 1 sec 보다 긴 노출 지속시간 동안 직접 눈 노출; $C_6=1$

그림 13 열손상을 막을 수 있는 직접 눈 노출을 위한 MPE

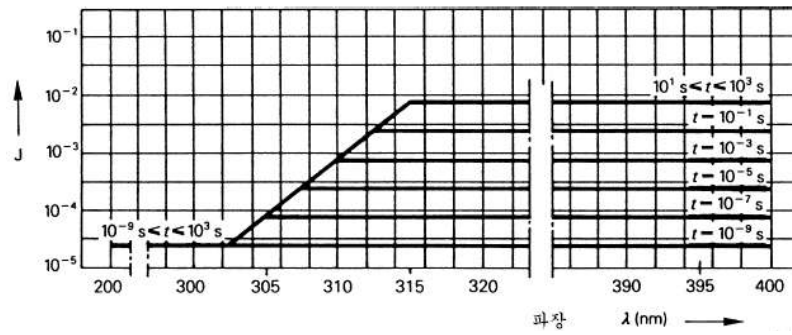


(a) 원을 위해 선택된 맞변각에서 단일 노출: $\lambda = 400 \text{ nm} \sim 700 \text{ nm}$

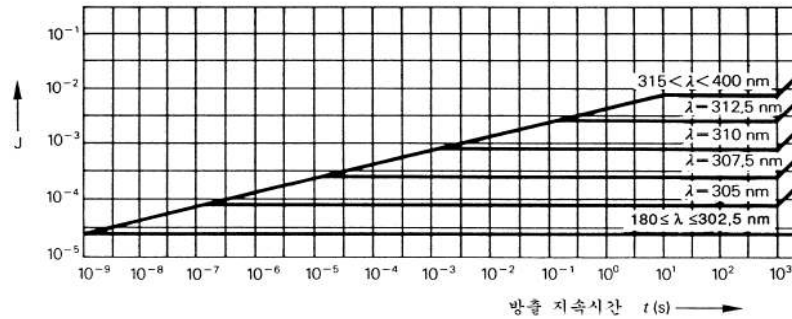


(b) $400 \text{ nm} \sim 1,400 \text{ nm}$ 의 선택 파장; $C_6=1$

그림 14 눈 노출을 위한 MPE



(a) $10^{-9} \text{ sec} \sim 10^3 \text{ sec}$ 의 선택된 방출 지속시간 동안



(b) 선택 파장에서 $10^{-9} \text{ sec} \sim 10^3 \text{ sec}$ 의 방출 지속시간 동안

그림 15 1 등급 자외선 레이저 제품을 위한 MPE

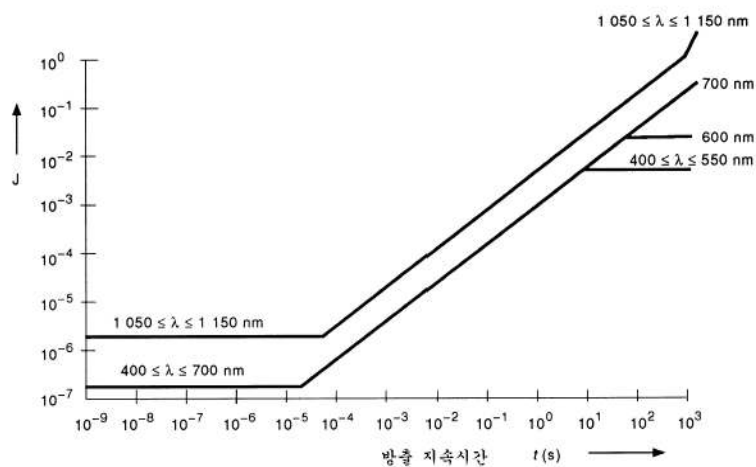


그림 16 1 등급 가시선 및 선택 적외선 레이저 제품을 위한 AEL($C_6=1$)

부록 A

생물리학적 고려사항

A.1 생체조직에서의 레이저 방사 효과

레이저 방사가 손상을 주는 구조는 모든 생물학적 시스템에 대해 유사하며 열, 과도 열음향, 광화학적 과정 및 비선형 효과들의 상호작용을 포함한다. 이 구조 중 어느 하나가 손상에 책임이 있는 정도는 방사선 조사원의 물리적 매개변수들과 연관이 있으며, 그 중 가장 중요한 변수들은 파장, 펄스 지속시간, 상 크기, 조사 및 방사노광량이다.

일반적으로, 역치상 노출에 있어 지배적인 구조는 광범위하게 노출의 펄스 지속시간에 연관된다. 펄스 지속시간을 증가시키기 위하여 다음의 시간영역에서 지배적 효과는 다음과 같다: 나노초(nanosecond) 및 부나노초(sub-nanosecond) 노출, 과도 음향 및 비선형효과; 1 msec~수 sec에 이르는 열효과 및 10 sec를 초과하는 광화학적 효과.

레이저 방사는 잘 알려진 평행빔에 의한 방사형태와는 구분된다. 이 레이저 방사는 초기에 높은 에너지를 갖으며 생체 조직에 과잉 에너지를 전달하는 결과를 초래한다. 생물학적 시스템에 대한 레이저 방사 손상의 주요한 형태는 그 시스템에 의한 광반사 흡수이다. 흡수는 원자 또는 분자레벨에서 일어나며, 그 것은 파장을 지정하는 절차가 된다. 특정 레이저가 어떤 조직에 손상을 주는지를 결정하는 것은 파장이다.

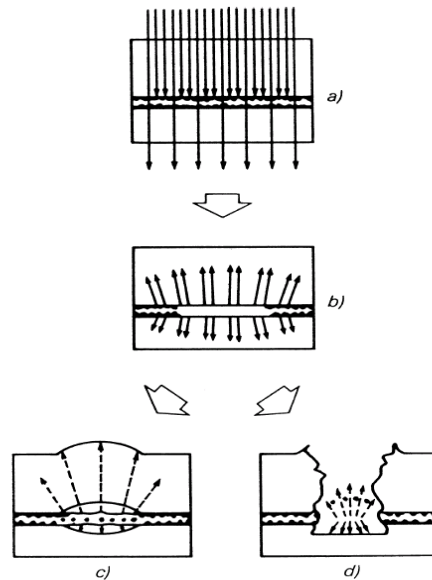
i) 열효과

충분한 방사에너지가 시스템에 흡수되었을 때 그 구성요소의 분자에 심한 진동이 일어나 열 함유량이 증가한다. 대부분의 레이저 손상은 흡수조직의 열 때문에 발생한다. 열손상은 보통 레이저 에너지 흡수장소의 한편으로 확장되어 조사빔에 중심을 두고 있는 제한된영역에 국한된다. 이 영역내의 세포는 화상 특성을 보여주며 조직손상은 주로 단백질의 변질로부터 발생된다. 레이저 충격에 대한 이차 손상 구조의 발생은 펄스 지속시간(그림 A.1)과 냉각 기간에 직접 연관이 있는 조직의 가열 반응의 시간경로와 관련될 수 있다. 열화학적 반응은 가열 및 냉각 기간동안 일어나며 열상해에 대한 점크기 의존성을 준다. 연속파 또는 장펄스레이저 임펄스가 조직방향으로 직접 진행하면 전도에 의해 온도상승을 경험하는 생체조직의 영역은 점진적으로 증가하게 된다. 빔 상의 크기는 전도에 의한 주변확산의 정도가 그 크기 및 조직가열의 초기 영역 온도의 함수가 되므로 매우 중요하다. 열병소 같은 형태는 보통 연속파 혹은 장펄스에 노출시 나타나며, 때로는 단펄스에도 생긴다. 1 mm~2 mm, 또는 그 이하 정도의 조사된 점크기에 대하여 방사 열 흐름은 상해에 대한 점크기 의존성을 이르게한다.

ii) 광화학적 효과

손상효과는 주어진 광의 특정 분자의 흡수에 대한 직접 결과일 수 있다. 이 과정은 주어진 광에너지의 흡수에 의하여 만들어 진다. 중은 에너지를 해제하기 보다는 여기상태에 유일한 화학적 반응을 수행한다. 이 광화학적 반응은 저레벨 노광량에서의 손상의 원인이 될 수 있다. 이 구조에 의해 피부, 눈 수정체, 특히 망막 같은 일부 생체조직은 자외선 방사 및 짧은 파장을 갖는 광의 적당한 레벨에의 장기노출에 의해 유도된 비가역변화를 보일 수도 있다. 이와같은 광화학적으로 유도된 변화는 방사선 조사의 기간이 과도하거나, 혹은 보다 단기 노출이 장기간 반복되면 시스템의 손상을 유발한다. 레이저 노출에 의해 시작된 광화

학적 반응의 일부는 비정상적, 또는 정상과정의 과장이 되기도 한다. 광화학적 반응은 분젠 로스코 법칙을 따르며 1 시간~3 시간 또는 그이하 정도의 기간동안 방사노광량으로 표현된 문턱값은 넓은 범위의 노출 지속시간에 대하여 일정하다. 열확산에 의한 열효과와 함께 일어나는 점크기에 대한 의존성은 존재하지 않는다.



- (a) 레이저 에너지는 시스템에 흡수된다.
- (b) 흡수된 에너지는 주위 조직에 전도되는 열을 발생한다.
- (c) 장펄스 레이저 또는 연속펄스 레이저에서 전면 열에 대한 저항은 점진적으로 병소를 확대시킨다.
- (d) 단펄스 레이저에서 고출력 밀도는 물리적 변위에 의한 셀의 폭발적인 파열과 손상을 초래한다.

그림 A.1 생물학적 시스템에서 레이저에 의해 유도된 손상의 도형

iii) 비선형 효과

단펄스 고 침투출력(즉, Q 스위치 또는 모드 동기) 레이저는 다른 유도구조의 결합을 갖는 조직상해를 초래한다. 에너지는 매우 짧은 시간에 생물학적 표적에 전달되어 고 방사선 조사가 발생한다. 목표조직은 그 세포의 액체 성분이 가스로 변환될 정도로 온도에서의 빠른 상승을 경험한다. 대부분의 경우, 이 상 변화는 너무 빠르게 진행되어 조직과 세포들은 파열된다. 압력 과도현상은 열팽창으로부터 초래되며 두 경우는 대량 물리적 변위에 의해 흡수계층으로부터 떨어져 있는 조직에 대한 손상을 진단시킨다. 부 나노초 노출에서 눈 증막의 자기집속은 평행빔으로부터 레이저 에너지를 더욱 집중시키고 문턱값을 더 낮게하여 대략 10 ps~1 ns 사이에 둔다. 다른 비선형 구조들은 부 나노초 영역에서 망막손상을 초래한다.

위에 언급한 구조 손상의 모든 것은 망막에 적용되며 이 규격에서 제시된 안전 노출 레벨에서의 차단점 또는 변화구배에 반영된다.

A.1.1 눈 위험

눈은 광반사를 받고 그것을 변환한다. 다른 파장의 방사에 대한 눈의 흡수성질은 그림 A.1에 보여지며 과도노출에 의한 병리학은 표 A.1에 요약된다. 자외선과 원적외선을 방출하는 레이저는 가시선 및 근적외선 파장을 방출하는 시스템이 망막에 전송되는 동안 각막에 위험을 초래할 수 있다.

가시선 및 근적외선 레이저는 광의 효과적인 변환기가 되기 위한 눈에 필요한 특성이 강하게 착색된 조직에 나타나는 고 방사 노광량을 초래하기 때문에 눈에 특별히 위험하다. 각막에서 망막으로의 방사선조사의 증가는 대략 동공면적과 망막상 면적의 비가 된다. 이 증가는 동공으로 들어오는 광이 망막의 한 점에 집중되기 때문에 일어난다. 동공은 가변 개구이지만 직경은 젊은 나이에 최대 팽창되면 7 mm 까지 커진다. 이 동공에 해당하는 망막의 상은 직경이 $10\ \mu\text{m} \sim 20\ \mu\text{m}$ 범위에 있다. 고려한 눈내의 산란과 각막 이상으로 각막과 망막 사이에서의 방사선조사의 증가는 2×10^5 정도가 된다.

2×10^5 의 방사선조사 증가를 가정하면, 각막에서의 $50\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ 빔은 망막에서 $1 \times 10^7\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ 가 된다. 이 규격에서는 7 mm 동공이 제한개구로 고려되는데, 이 것은 동공 직경이 측정된 젊은 눈으로부터 얻어진 그림에서 유도된다.

레이저 광의 집중빔이 망막의 초점에 전달되면, 광의 작은 부분(5 % 까지)만 간상과 원추체에 있는 가시 색소에 흡수된다. 광의 대부분은 색소 상피에 포함된 멜라닌이라 부르는 색소에 흡수된다(황반 영역에서, $400\ \text{nm} \sim 500\ \text{nm}$ 의 범위에 있는 일부 에너지는 황반 색소에 흡수된다). 흡수된 에너지는 국부 발열을 일으켜 색소 상피와 인접 광에 민감한 간상과 원추체에 화상을 입힌다. 이 화상 또는 병소는 시력의 손실을 초래한다.

노광량의 크기에 따라 이 시력 손상은 영구적일 수 있다. 시력 감소는 보통 황반의 중앙 혹은 중심와(foveal) 영역이 관련될 때 노출된 사람만이 개인적으로 알게 된다. 황반 중심의 구멍인 와(fovea)는 날카로운 시력의 원인이 되는 망막의 가장 중요한 부분이다. 이 영역이 손상되면, 시력감소는 초기에는 시각의 중심부분이 불투명하게 되는 희미한 하얀 점으로 나타난다. 하지만, 2 주 이상 이내에 까만점으로 변한다. 중심시력의 손실은 매우 심각하다. 주변 병소는 전체 망막 손상이 일어날 때 개인적으로 기록된다. 작은 주위 손상은 통보되지 않고 통과되며 체계적인 안 검사동안에도 검출되지 않을 수 있다.

$400\ \text{nm} \sim 1,400\ \text{nm}$ 의 파장범위에서, 가장 큰 위험은 망막의 손상이다. 각막, 방수, 수정체 및 초자체액들은 이 파장들에 방사에 대하여 투명하다.

잘 평행된 빔의 경우 망막 상은 대략 $10\ \mu\text{m}$ 직경을 갖는 회절이 제한된 반점이라고 가정되므로 장애는 방사원과 눈사이의 거리에 사실상 무관하다. 이 경우, 열평형 상태하에서 망막의 위험구역은 크기가 최소 $25\ \mu\text{m}$ 가 된다.

확장원의 경우, 망막 조사는 원방사와 눈의 수정체 특성에만 의존하므로 위험은 방사원과 눈사이의 거리에 사실상 무관하다.

점형태의 발산 빔 광원의 경우, 빔웨이스트와 눈 사이의 거리 감소에 따라 위험은 증가한다. 그 이유는 거리가 감소함에 따라 망막 상의 크기가 회절 제한을 유지한다는 가정하에(눈의 조절 능력에 의해) 모아진 전력은 증가하기 때문이다. 가장 큰 위험은 가장 짧은 조절 거리에서 일어난다. 훨씬 더 감소된 거리에서는, 더 많은 전력이 모아질지라도 망막상의 빠른 성장과 해당 조사의 감소로 인해 위험 또한 감소한다.

사람 눈의 가장 짧은 조절거리는 $400\ \text{nm} \sim 1,400\ \text{nm}$ 에 이르는 모든 파장에서 100 mm로

설정된다. 젊은 사람과 극소수의 근시가 100 mm 보다 적은 거리에 그들의 눈을 조절할 수 없기 때문에 이 거리는 타협안으로 선정되었다. 이 거리는 빔내 가시의 경우의 조사 측정을 위해 사용된다.

400 nm 보다 작거나 1,400 nm 보다 큰 파장에 대해서 가장 큰 위험은 수정체나 각막에 대한 장애이다. 파장에 따라 광방사가 각막이나 수정체에 의해 선택적으로 혹은 전용으로 흡수된다. 이러한 파장의 발산빔 원(확장 혹은 점형태)에 대해서는 원과 눈 사이의 짧은 거리는 피해야 한다.

표 A.1 광에 대한 과도 노출과 관련된 병리학적 효과에 대한 요약

CIE (분광영역) ^a	눈	피부	
자외선 C (180 nm ~ 280 nm)	사진각막염	홍반(태양열 화상) 색소침착 증가	피부노화 과정 촉진
자외선 B (280 nm ~ 315 nm)			
자외선 A (315 nm ~ 400 nm)	광화학적 백내장	색소 흑화 감광성 반응	피부 화상
가시선 (400 nm ~ 780 nm)	광화학적 및 열적 망막 손상		
적외선 A (780 nm ~ 1,400 nm)	백내장, 망막 화상		
적외선 B (1.4 μm ~ 3.0 μm)	방수 플레어, 백내장, 각막 화상		
적외선 C (3.0 μm ~ 1 mm)	각막 화상		

a CIE에 의해 정해진 분광영역은 생물학적 효과를 설명하는데 유용한 속기 표기이며 MPE 표에 있는 분광 차단점과는 완벽하게 일치하지는 않는다.

A.1.2 피부 위험

피부는 눈보다 레이저 빔 에너지에 훨씬 많이 노출된다. 가시(400 nm~700 nm) 및 적외선(700 nm 이상) 분광영역에서 동작하는 레이저에 의한 피부에 대한 방사선조사의 생물학적 효과는 가벼운 홍반부터 심각한 기포에 이르기까지 다양하다. 재탄화는 매우 짧은 펄스의 고 침투 출력 레이저의 노출에 의해 높은 표면 흡수를 갖는 조직에서 자주 나타난다.

색소화, 궤양형성, 피부 경색 및 장기의 손상은 과도하게 높은 조사로부터 발생한다. 레이저 방사의 잠재 및 누적효과는 잘 알려지지 않고 있다. 일부 제한적인 연구에서, 특별한 조건에서 사람조직의 작은 부분이, 최소 반응을 위한 노출레벨이 변하고 조직에서의 반응이 낮은 레벨의 노출에 대하여 더 심각하다는 결과와 함께, 반복되는 국부 노출에 의해 민감하게 될 수 있다는 것이 제시되었다.

1500 nm~2600 nm의 파장범위에서 생물학적 문턱값 연구에 의하면 피부손상의 위험은 눈 손상과 비슷한 형태를 따른다. 10 sec 까지의 노출에 대하여 MPE는 이 분광범위내에서 증가한다.

A.2 MPE 및 조사 평균값

이 규격안에서는 ICNIRP에서 권고된 MPE 값이 채택된다. ICNIRP에서 권고된 조사 평균 개구(측정 개구), 또는 IEC TC76에 의해 적용된 부가적 안전계수가 채택된다. 일반적으로 MPE에 근거할지라도, AEL의 결정과 유도는 합리적으로 예측가능한 노출상태에 대한 위험 분석과 결정을 필요로 한다. 측정 개구의 선택은 AEL의 유도에 중요한 역할을 하고 생물리학적 및 생리학적 계수들을 반영하게 된다. 표 A.2는 측정개구의 선택에 있어 가정되는 계수들의 요약이다.

표 A.2 MPE에 적용된 측정개구의 설명

분광대(역) λ	노출시간 t	개구직경	개구직경에 대한 해설 및 근거
180 nm~400 nm	$t < 3 \times 10^{-4}$ sec	1 mm	각막 상피 및 각질층에서의 산란은 1 mm; 연속 노출상태를 위한 노출된 조직의 움직임이 없다는 가정이 IEC에 의해 적용. 하지만, ICNIRP는 눈 움직임에 의한 장기 노출의 경우를 위해 3.5 mm 권고
400 nm~600 nm (광화학적)	$t > 10$ sec	3 mm(MPE 유도시), 7 mm(측정시)	광화학적 손상구조에 적용되는 연속 노출을 평균하는 7 mm 개구를 발생할 공간상의 3 mm 직경을 갖는 동공의 횡운동
400 nm~1,400 nm (열적)	모든 시간 t	7 mm	연속노출에서 확장동공의 직경 및 횡운동
$\lambda > 1400$ nm	$t > 0.35$ sec	1 mm	각질층에서의 열확산 및 상피조직
$\lambda > 1400$ nm	$0.35 \text{ sec} < t < 10 \text{ sec}$ $t > 10 \text{ sec}$	$1.5 t^{3/8}$ mm 3.5 mm	훨씬 큰 열확산 및 0.35 초 후 빔에 연관된 표적조직의 움직임
$10^5 \leq \lambda \leq 10^6$ nm	모든 t	11 mm	정확한 측정을 위한 회절제한 값보다 큰 개구

A.3 참고문헌

1. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection(ICNIRP): Guidelines on limits of exposure to laser radiation of wavelengths between 180 nm and 1,000 μm . *Health Phys.* 71(5):804-819, 1996.
2. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection(ICNIRP): Revision of guidelines on limits of exposure to laser radiation of wavelengths between 400 nm and 1.4 μm . *Health Phys.* 79(4):431-440.
3. Ness, J., Zwick, H.A., Stuck, B.A., Lund, D.J., Molchany, J.A. and Sliney, D.H.: Retinal image motion during deliberate fixation: implications to laser safety for long duration viewing. *Health Phys.* 78(2):131-142.
4. Roach, W.P., Johnson, P.E. and Rockwell, B.A.: Proposed maximum permissible exposure limits for ultrashort laser pulses, *Health Phys.* 76(4):349-354.

5. Sliney, D.H. and Wolbarsht, M.L.: Safety with Lasers and Other Optical Sources, New York, Plenum Publishing Corp., 1980.
6. United Nations Environment Programme(UNEP); World Health Organization(WHO); International Radiation Protection Association(IRPA): *Environmental Health Criteria No. 23: Lasers and Optical Radiation*, Geneva, WHO, 1982.

부록 B

물질처리용 레이저 제품에 적절한 고출력 레이저 고려사항

B.1 일반 고려사항

고출력 레이저 방사는 통과 또는 반사를 통해 열에 의해 광 성분의 형태, 반사율, 투과율 또는 굴절율을 변화시키는 잠재적 능력을 갖고 있다. 이는 레이저 방사를 왜곡, 반사 및 편향시킬 수 있고 광성분에 영구적 손상을 줄 수도 있다. 더구나, 충분히 높은 출력의 방사는 그 구조물질을 녹이거나 기체화함으로써 보호하우징의 벽을 관통할 능력을 갖고 있다. 이러한 효과에 대한 문턱값은 레이저 파장, 침투출력, 노출시간 및 조사물질의 열역학적 및 광학적 성질에 의존한다. 환경적 요소, 특히 부유분진은 레이저 방사의 흡수를 증진시킨다. 원칙적으로 모든 4 등급 레이저는 이와같은 효과를 발생시킬 수 있다.

안전 상황에서 직면하는 일부 효과들은 다음과 같다.

i) 보호 하우징을 녹이거나, 기체화, 용삭 및 투과하는 또는 유독가스를 발생하는 고출력 레이저 방사.

ii) 다음에 의해 반사 및 투과빔의 특성에 변화를 주는(순차적으로 오차빔의 발생) 반사적 또는 투과적 빔 형성 구성요소로 고출력 레이저빔에서 발생하는 현저한 에너지의 흡수.

a) 구성요소의 변형

b) 구성요소의 체적투과율 및 흡수계수의 유도 변화.

c) 구성요소의 표면 흡수 및 반사율의 유도 변화. 다층 유전체 피복은 레이저 손상을 받기 쉽다.

d) 치명적 파손, 즉 불투명 구성요소(예를 들면, 거울)의 관통 혹은 투과적 구성요소(예를 들면, 렌즈)의 균열.

iii) 주파수배증 및 유도 브리유앵(Brillouin)산란 같은 비선형 효과.

B.2 오차빔 방사

B.2.1 레이저제품의 정상동작에서 발생하는 오차빔은 빔광선 성분의 이차방사를 포함한다. 하지만, 정상적인 동작, 서비스 및 유지 동작의 제한조건내에서는, 상대적으로 강한 오차빔이 발생할 수 있는, 다음과 같은 사고상태도 일어 날 수 있다.

- 레이저 방사, 환경 또는 기계적 충격에 의한 빔경로 구성요소의 손상
- 빔경로 구성요소의 편향 혹은 변위(예를들면, 진동, 자동 위치 지시장치의 고장, 제어 소프트웨어 고장으로 인한)
- 공정중 레이저 방사에 의한 공작물의 관통 혹은 비정상 공작물 반사
- 빔경로 구성요소의 편향, 빔경로 구성요소 교체의 실패 또는 방사 장벽.

B.2.2 E.2.1에서 언급된 모든 상태에서 오차빔 레이저 방사에의 사람의 접근을 방지 할 수 있는 보호 하우징을 설치하는 것이 항상 바람직하지는 않다. B.2.1의 상태중 일부를 제한하거나 방지하기 위한 다음과 같은 공학적 설계에 의한 조치가 있다.

- 빔경로 구성요소가 위치하는 환경을 제어(특히, 빔경로 구성요소의 레이저 조사 표면에 입자성물질 및 농축을 방지)

- 광표면에 최소 기계적 왜곡을 주기 위한 빔경로 구성요소의 실장과 열적 및 기계적 유도응력으로부터 적절한 격리.
- 부품받침대의 불필요한 움직임을 제한.
- 보호하우징내의 상대 운동에서 발생하는 구성요소 사이의 충돌을 방지하기 위한 기계적 정지 또는 예비 제한 스위치 설치.
- 도구에 의해서만 제거될 수 있도록 빔경로 구성요소, 받침대 및 차폐막을 보호하우징내에 고정.
- 동작전 빔경로 구성요소의 존재를 보증하는 연동장치(예를들면, 빔스위칭을 위해 기계적으로 조정된 특별한 구성요소) 설치.
- 레이저 출력의 전체투과 또는 지정 레이저 빔경로로 부터의 이탈을 감시.
- 레이저 처리과정의 양상, 예를들면, 광방출을 감시.
- 레이저 처리과정의 영역에의 접근을 기계적으로 제한(예를들면, 보호판으로 외부물질을 배제).

B.2.3 위에 언급된 공학적 조치에 추가하여, 제품의 의도적 사용을 제한, 예를들면 정반사의 강도가 증가되거나 이 방사의 집중이 발생하는 물질이나 표면굴곡의 공작물 처리과정을 방지하기 위한 지침이 필요하다. 예를들면, 사용은 비광택 보통표면을 갖는 물질에는 사용이 제한된다.

B.3 보호하우징의 설계

B.3.1 보호하우징은 오차빔 레이저 방사를 포함하기 위해 수동 혹은 능동 보호기구로 만들어 진다. 수동 보호기구는 레이저 방사에 의한 투과에 저항하기 위한 물질의 고유능력에 의존한다. 능동보호기구는 위험한 오차방사의 레벨이 보호하우징내에서 저항할 수 있는 시간을 제한하기 위한 센서 또는 다른 장치를 사용한다. 능동보호는 실시간 사람 감시나 레이저의 수동식 정지를 포함하지는 않는다.

B.3.2 수동보호기구

용접, 절단 및 드릴링 레이저 제품에서 상대적으로 얇은 비냉각 하우징 벽은 정상동작 및 이 방사가 강하게 발산하기 때문에 광 집중 레이저에 대해 발생하는 사고상황하에서 오차방사를 방지하기 위한 적절한 수동 보호를 제공할 수 있다.

보호하우징에 의해 제공되는 수동보호는 국부보호함(예를들면, 레이저빔 주위관 혹은 공정용 공작물의 영역 주위 보호판) 및 빔멈추개의 전략적 위치선정(예를들면, 공작물 아래 혹은 거울 전환 빔 후편)에 의해 강화될 수 있다. 지정 빔경로에 없는 고체공작물의 어떤 부분도 동작중 보증될 수 있으면(예를들면, 근접센서의 사용으로) 보호하우징내에 있는 빔 밀폐함에 도움이 될 수 있다.

B.3.3 능동보호기구

능동보호기구는 오차 레이저 방사와 레이저원 정지의 검출을 위한 전자적(혹은 다른) 수단을 위하여 취해지는 최대시간을 안전하게 초과하는 시간동안 그 표면에 입사하는 오차 레이저 방사를 포함할 수 있어야 한다. 예를들면, 이 보호기구는 다음을 포함한다.

- 보호기구의 내부를 형성하며 동작을 위해 하우징의 부분적 투과에 의존하는 검출기(예를

- 들면, 이중후피 벽내에 잡힌 액체의 과도압력의 감시).
- 보호기구에서의 오차 레이저 방사를 직접 또는 온도상승 같은 다른 이차효과에 의해 감지하는 검출기.

B.4 빔멈추개

빔멈추개는 이중안전장치 방식에서 동작하고 공학적 설계에 의해 최대 레이저 출력에서 완전투과를 방지하도록 설계되어야 한다. 후자는 낮은 휘발성의 높은 열 전도성을 갖는 건축재료, 큰 흡수 표면적, 및 안전시스템으로 연동된 열센서의 결합에 의해 달성될 수 있다.

B.5 기타 조건

B.5.1 보호하우징의 완전한 상태와 신호들의 연속성 또는 레이저제품의 안전에 관련된 지원물(예를들면, 보호하우징내의 자동작업장비를 위한 전기적 또는 공기식 공급 케이블)에 대한 레이저 제품에 의해 발생된 레이저방사의 효과 및 이 구성요소들의 레이저 노출로 야기되는 화재와 연기를 포함한 관련되는 위험에 대하여 적당한 조치가 취해져야 한다.

B.5.2 레이저-표적간 상호작용을 지원하기 위해 사용된 가스(예를들면, 산소)와 생성된 다른 연기와 관련되는 위험에 대하여 적당한 조치가 취해져야 한다. 이 위험은 폭발, 화재, 중독효과 및 산소결핍을 초래한다.

부록 C
관련 IEC 규격

IEC 60065: 1998, Audio, video and similar apparatus- Safety requirements.

IEC 60204-1: 1992, Electrical equipment of industrial machines- Part 1: General requirements

Amendment 1, 1999.

IEC 60601-2-22: 1995, Medical electrical equipment- Part 2: Particular requirements for the safety of diagnostic and therapeutic laser equipment.

IEC 60950: 1999, Safety of information technology equipment.

IEC 61010-1: 2001, Safety requirements for electrical equipment for measurement, control and laboratory use- Part 1: General requirements.

부록 D

LED 제조자에 의해 제공되는 정보

이 부록은 LED의 방사측정 사양의 목록을 제공한다. LED 제조자에 의한 이 사양의 규정은 IEC 60825-1의 요구사항에 따라 LED를 사용하는 장비제조자에게 사용된다. 이 부록에서 언급되는 LED는 적외선 발광 다이오드를 포함한다.

LED 제조자는 상위 한쪽 95% 신뢰 제한값을 사용하여(주 1 참조) 다음 데이터를 제공해야 한다. LED를 위한 전기적 및 광 특성은 IEC 60747-5-2, IEC 60747-12-1 및 IEC 60747-12-3에 따라 정해진다.

D.1 고유 1 등급 동작을 위한 구성요소에 대한 최소 요구사항 데이터

- 1 등급 동작이 수행되는 동작상태의 기술. 이것은 LED를 포함하는 제품을 별도로 시험하지 않고 LED를 구동하기 위해 사용되는 회로분석에 의해 장비제조자가 IEC 60825-1 규격을 따르는 것을 허용한다.

D.2 구성요소가 고유 1 등급이 아닌 경우의 필수 데이터(매개변수적)

- 침투 파장(nm)
- 발산, 즉 반각도 각(degree)
- 결보기원 크기(mm) 혹은 빔변각(mrad)(IEC 60825-1 8.2 절의 전력측정 방법을 사용)
- 기준 표면으로부터의 결보기원의 위치(mm)
- 복사휘도($W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$)
- 최소 및 최대 복사 강도($W \cdot sr^{-1}$)
- 기준온도(보통 25 °C)(주 2 참조)
- 물리적 식별(예를들면, 포장외형, 리이드아웃, 크기 등)

D.3 구성요소가 고유 1 등급이 아닌 경우의 필수 데이터(도식적 또는 도표적)

- 복사강도($W \cdot sr^{-1}$) 대 입력전류(mA)
- 분광분포, 즉 상대방출 대 파장
- 침투파장의 온도 의존성
- 복사강도의 온도 의존성
- 방출각의 함수로서의 강도분포의 정보
- 단선시간 대 전류(주 8 참조).

D.4 안전평가를 지원할 추가 데이터

- LED의 의도된 사용, 예를들면, LED를 방출하는 표면을 표시하는 것 또는 다른 사용(주 3 참조)의 기술.

(주 1) 신뢰 제한은 기술된 값이 실제 장치와 측정 불확실성 사이의 변화를 고려한 최대 위험을 초래하는 값이 된다는 통계적 근거를 제공한다.

(주 2) 25 °C는 정상 실내온도로서 제조자들의 장비를 비교하기 위하여 사용될 수 있는 공통 기준을 제공하기 위한 것이다. 온도에 의존하는 데이터는 다른 사용조건에서의 평가를 위한 것이다.

(주 3) 표면방출 LED는 구성요소의 표면방출이 직접 관측될 수 있는 무이득 구성요소이다. 이것은 내장렌즈 또는 반사기를 가질 수 있다.

(주 4) LED 파장이 극성에 의해 선택되면, 예를들면, 두색인 적색 /녹색 LED인 경우, 그 장치는 각 파장에 대하여 IEC 60825-1에 따라서 평가된다.

(주 5) LED가 다른파장에서 동시에 방출할 수 있으면, 그 장치는 다중파장 방출기로서 IEC 60825-1에 따라서 평가된다.

(주 6) 다중 LED 배열의 배열군은 IEC 60825-1에 따라서 산정된다.

(주 7) LED 장치가 특별한 시간내에 고장난다라는 것이 알려지지 않으면, 또는 그 장치의 방사 지속시간이 최종적용에 제한되지 않으면, LED 등급은 정상적으로 연속적인 동작에 근거한다.

(주 8) LED가 말단장치내의 사고상황에서 말단장치를 통과하는 훨씬 큰 전류 흐름을 가질 가능성이 있다. 과구동될 때, LED는 높은 방사출력을 방출하지만 과도전류는 일정한 시간내에 그 장치를 단선시킨다. 장치가 규정전류에서 단선되는 시간에 대한 정보를 제공함으로써 말단장비 제조자는 사고상태에서 장비들의 등급을 결정한다.

D.5 참고문헌

IEC 60747-5-2: 1997, Discrete semiconductor devices and integrated circuits- Part 5-2: Optoelectronic devices- Essential ratings and characteristics.

IEC 60747-12-1: 1995, Semiconductor devices- Part 12: Optoelectronic devices- Section 1: Blank details specification for light emitting/infrared emitting diodes with/without pigtail for fibre optic systems and sub-systems.

IEC 60747-12-3: 1998, Semiconductor devices- Part 12-3: Optoelectronic devices- Blank details specification for light emitting diodes- Display application.