



KC 60825-1

(개정 : 2015-09-23)

IEC Ed 2.0 2007-03

전기용품안전기준

Technical Regulations for Electrical and Telecommunication Products and Components

레이저 제품의 안전성

제1부 : 장비의 등급분류 및 요구사항

Safety of laser products

Part 1: Equipment classification and requirements

KATS 국가기술표준원

<http://www.kats.go.kr>

목 차

전기용품안전기준 제정, 개정, 폐지 이력 및 고시현황	1
서 문	2
1 적용 범위 및 목적 (Scope and object)	3
2 인용 표준 (Normative references)	4
3 용어 및 정의 (Terms and definitions)	4
4 기술 시방 (Engineering specifications)	18
5 표지 (Labelling)	22
6 기타 정보 요구사항 (Other informational requirements)	28
7 특정 레이저 제품에 대한 추가 요구사항 (Additional requirements for specific laser products)	30
8 등급 분류 (Classification)	31
9 접근 가능 방출 레벨의 결정 (Determination of the accessible emission level)	36
부속서 A (Annex A)	54
부속서 B (Annex B)	61
부속서 C (Annex C)	72
부속서 D (Annex D)	77
부속서 E (Annex E)	87
부속서 F (Annex F)	90
부속서 G (Annex G)	93
참고 문헌 (Reference)	95
해 설 1	97
해 설 2	98

전기용품안전기준 제정, 개정, 폐지 이력 및 고시현황

제정 기술표준원 고시 제2000-463호(2001.01.05)
개정 기술표준원 고시 제2003-523호(2003.05.24)
개정 국가기술표준원 고시 제2014-0422호(2014. 9. 3)
개정 국가기술표준원 고시 제2015-383호(2015. 9. 23)

부 칙 (고시 제2015-383호, 2015.9.23)

이 고시는 고시한 날부터 시행한다.

전기용품안전기준

레이저 제품의 안전성

제1부 : 장비의 등급분류 및 요구사항

Safety of laser products

Part 1: Equipment classification and requirements

이 안전기준은 2007년 03월 제2.0판으로 발행된 IEC 60825-1 Safety of laser products - Part 1: Equipment classification and requirements 를 기초로, 기술적 내용 및 대응 국제표준의 구성을 변경하지 않고 작성한 KS C IEC 60825-1(2013.11)을 인용 채택한다.

제품의 안전성-제1부 : 장비 등급 분류 및 요구사항

Safety of laser products – Part 1: Equipment classification and requirements

1. 적용범위 및 목적

IEC 60825-1은 파장 범위 180 nm ~ 1 mm에서 레이저 방사선을 방출하는 레이저 제품의 안전성에 사용된다. 그러한 시스템은 산업, 사무 처리, 오락, 연구, 교육, 의료 및 가전 제품에서 사용되어왔다.

레이저 제품은 분리된 전원을 갖거나 갖지 않는 하나의 레이저로 구성될 수도 있거나, 복잡한 광, 전기 또는 기계 시스템에 하나 이상의 레이저를 포함할 수도 있다. 일반적으로, 레이저 제품은 물리적 및 광학적 현상의 입증, 재질 처리, 데이터 읽기 및 저장, 정보 전송 및 디스플레이 등에 사용된다. 그러한 시스템은 산업, 사무 처리, 오락, 연구, 교육, 의료 및 가전 제품에서 사용되고 있다.

어떤 시스템의 부품으로서 사용되어 나중에 판매하기 위해 다른 제조자에게 판매된 레이저 제품은 IEC 60825-1에 적용되지 않으며, 이는 최종 제품 자체가 이 표준에 적용될 것이기 때문이다. 그러나, 레이저 제품 내부의 레이저 시스템은 장비로부터 제거되어 동작하는 하는 경우, 이 제1부의 요구사항은 제거 가능한 유닛에도 적용된다.

비고 1 동작 가능한 제품은 동작 준비를 위한 도구를 필요치 않는다.

어떤 레이저 제품은 3절, 8절, 및 9절에 따른 그 제품의 제조사의 등급 분류를 통해 방출 레벨이 동작, 관리, 서비스 및 고장의 모든 조건 하에서 1절의 AEL (접근 가능한 방출 제한치: Accessible Emission Limit)을 초과하지 않음을 보인 경우에, 이 제1부의 모든 추가 요구사항에서 면제된다.

비고 2 그러한 면제는 본래부터 안전한 레이저 제품이 불필요하게 이 표준에 적용되는 것은 아니라는 점을 보장한다.

레이저 방사로 인한 위험 외에도, 레이저 장비는 또한 화재와 전기 쇼크 등의 다른 위험도 일으킬 수 있다.

비고 3 그러나 이 표준의 등급 분류 및 다른 요구사항은 눈과 피부에 대한 레이저 방사 위험만을 해결하고자 한다. 다른 위험은 이 표준의 범위에 포함되지 않는다.

이 제1부는 최소 요구사항을 기재한다. 이 제1부에 부합하는 것이 제품 안전성의 필요 레벨을 달성하는데 충분하지 않을 수 있다. 레이저 제품은, 적용 가능한 제품 안전성 표준의 적용 가능한 성능 및 시험 요구사항에 부합해야 한다.

비고 4 다른 표준은 추가 요구사항을 포함할 수 있다. 의도한 적용 및 사용자 그룹도 고려해야 한다. 예컨대, 3B 등급이나 4 등급 레이저 제품은 가전 제품으로 사용하기 적절하지 않을 수도 있다.

레이저 시스템이, 다른 IEC 제품 안전 표준 (예컨대, 의료 장비 (IEC 60601-2-22), IT 장비 (IEC

60950), 오디오 및 비디오 장비 (IEC 60065), 위험한 환경에서 사용하기 위한 장비 (IEC 60079), 또는 전기 장난감 (IEC 62115))에 적용되는 장비의 한 부분을 포함하는 경우, 제 1부는 레이저 방사로부터 초래되는 위험을 위한 IEC 가이드 104¹⁾의 규정에 따라 적용된다. 어떤 안전 표준도 적용되지 않는다면, IEC 61010-1이 적용된다.

이전 판에서, LEDs는 IEC 60825-1의 범위 내에 포함되었고, 이들은 여전히 IEC 60825 계열의 다른 부분에도 포함될 수 있다. 그러나, 램프 안전 표준이 발전함에 따라, 일반적으로, LEDs의 광 방사 안전성은 램프 안전 표준에 의해 더 적절히 해결할 수 있다. 이 제1부의 범위에서 LED를 제외하는 것은 이들이 레이저를 참조할 때마다 다른 표준이 LED를 포함하는 것을 배제하지 않는다. CIE S009가 적용되어, LED나 하나 이상의 LED를 포함하는 제품의 위험 그룹 등급을 결정할 수 있다.

이 제1부의 MPE (최대 허용 노광량: Maximum Permissible Exposure)는 레이저 방사를 위해 개발되었지만, 부방사에 적용되지 않는다. 그러나, 접근 가능한 부방사가 위험할 수 있다고 염려가 되는 경우, 레이저 MPE 값이 적용되어 이 잠재적인 위험을 조심스럽게 평가할 수 있다.

MPE값은 의료 또는 미용/에스테틱(aesthetic) 치료를 목적으로 레이저 방사선에 의도적으로 인체를 노출시키는 데는 적용될 수 없다.

비고 5 부속서 A ~ H는 일반 안내 및 많은 전형적인 경우를 예시하고자 포함되었다. 그러나 이들 부속서는 결정되거나 배타적으로 간주되지 않으며, 이 문서의 규범부의 적절한 절(들)을 항상 참조해야 한다.

IEC 60825의 이 부의 목적은 다음과 같다.

- 레이저 및 레이저 제품의 등급 분류 시스템을 이들의 광 방사 위험도에 따라 도입하여, 위험 평가를 돕고 사용자 조정 측정치의 결정을 돕는다.
- 적절한 사전 주의가 채택될 수 있도록 제조사가 정보를 제공하기 위한 요구사항을 확립한다.
- 표지 및 명령을 통해, 레이저 제품으로부터의 접근 가능한 방사와 관련되는 위험에 대해 개인에게 충분한 경고를 보장해 준다.
- 불필요한 접근 가능 방사를 최소화함으로써 부상 가능성을 줄이고 보호 특성을 통해 레이저 방사 위험의 조정을 개선한다.

2. 인용표준

다음 인용표준은 이 문서의 적용에 꼭 필요하다. 날짜가 있는 문헌의 경우, 언급된 판만이 적용된다. 날짜가 없는 문헌의 경우, 인용 문헌의 최종판 (수정판 포함)이 적용된다.

KS C IEC 60050-845 :2009, 국제전기기술용어 - 제845장 : 조명

KS C IEC 60601-2-22:2011, 의료용 전기기기 - 제2-22부 : 외과, 미용, 치료 및 진단용 레이저 기기의 기본 안전 및 필수 성능에 관한 개별 요구사항

KS C IEC 61010-1:2009, 측정, 제어 및 실험실용 전기기기의 안전요구사항 - 제1부 : 일반 요구사항

3. 용어 및 정의

1) IEC 가이드 104:1997, The preparation of safety publications and the use of basic safety publications and group safety publications.

본 문헌을 위해 KS C IEC 60050-845 및 그 다음 표준의 정의를 적용한다.

비고 여기에서 편의상 정의는 영어 알파벳 순으로 배열하였다. KS C IEC 60050-845 에서 벗어나는 것을 의도적으로 포함시켰다. 이러한 경우, 괄호 내에서 “수정”이라고 기재된 KS C IEC 60050의 845부의 정의를 참조한다.

3.1

접근판

제거되거나 위치가 변경될 때 레이저 방사에 대한 접근을 제공하는 보호용 하우징 또는 밀폐함의 한 부분

3.2

접근 가능 방출

9절에 기재된 개구 조리개 (AEL이 와트나 줄 단위로 제공될 경우)나 제한 개구 (AEL이 $W \cdot m^{-2}$ 나 $J \cdot m^{-2}$ 단위로 제공될 경우)를 통해 한 위치에서 결정되는 방사도

접근 가능 방출은 정의 3.37에 명시된 대로 사람의 접근을 고려한 경우에 결정된다. 접근 가능 방출은, 레이저 제품의 등급을 결정하기 위해 접근 가능 방출 제한(정의 3.3)과 비교된다. 표준의 본문에서, 용어 “방출도”가 사용될 때마다, 접근 가능 방출로 이해해야 한다.

비고 빔 직경이 개구 조리개보다 더 큰 경우, 와트나 줄 단위로 제공된 접근 가능 방출은 레이저 제품의 총 방출 전력, 즉 에너지 미만이다. 빔 직경이 제한 개구의 직경보다 작은 경우, $W \cdot m^{-2}$ 또는 $J \cdot m^{-2}$ 단위, 즉 제한 개구에 걸쳐 평균을 낸 방사 또는 방사 노광으로 제공된 접근 가능 방출은 빔의 실제 방사 또는 방사 노광보다 작다. 개구 조리개 (3.9) 및 제한 개구 (3.52)도 참조한다.

3.3

접근 방출 제한 (Accessible Emission Limit: AEL)

특별한 등급 내에서 허용되는 최대 접근 가능 방출

비고 본문이 “AEL을 초과하지 않는 방출도”나 이와 유사한 문장을 언급할 때마다, 접근 가능 방출이 9절에 명시한 측정 기준에 따라 결정됨을 암시한다.

3.4

관리 제어

키 감시, 사람의 안전 훈련, 경고 통보, 카운트다운 절차, 영역 안전제어와 같은 비기술적 형태의 안전 조치

3.5

$\alpha_{\min}$ (alpha min)

맞변각 및 최소 맞변각 참조 (3.7 및 3.8 참조)

3.6

수용각

검출기가 라디안 단위로 보통 측정되는 광 방사에 반응하게 되는 평면각.

이 수용각은 검출기 전방의 개구나 광 요소에 의해 조정될 수도 있다 (그림 3 및 그림 4 참조).

수용각은 또한 종종 시야계로 언급된다.

부호: γ

3.7

겉보기원의 맞변각 (α)

그림 3에 도시한 바와 같이, 공간의 한 점에서 관측되는 겉보기원에 의해 대응되는 각

비고 1 겉보기원의 위치 및 맞변각은 빔의 시야 위치에 의존한다 (3.11 참조)

비고 2 겉보기원의 맞변각은 400 ~ 1400 nm의 파장 범위, 즉 망막 위험 영역에서만 이 제1부에 적용된다.

비고 3 원의 맞변각은 빔의 발산과 혼동되어서는 안 된다. 원의 맞변각은 빔의 발산보다 크기보다는 보통은 빔의 발산보다 더 작다.

3.8

개구

사람에게 레이저 방사의 접근을 허용하도록 레이저 방사를 방출하는 레이저 제품의 보호 하우징 또는 다른 밀폐함에서의 어떤 구멍

제한 개구 (3.52)를 또한 참조한다.

3.9

개구 조리개

방사 측정 영역을 정의하는 역할을 수행하는 구멍

3.10

겉보기원

망막 위험에 대한 소정의 평가 위치에 대해, 가장 작은 가능한 망막의 상을 형성하는 실제 또는 가상 물체

비고 1 눈의 조절 영역이 100mm 내지 무한대에서 가변적이라고 가정한다. 빔의 소정의 시야 위치에 대한 겉보기원의 위치는 가장 위험한 망막 방사 조건을 생성하도록 눈이 조절할 수 있는 위치이다.

비고 2 이 정의는 소정의 평가 위치에 대해 400 nm ~ 1400nm의 파장 범위에서 레이저 방사의 겉보기원의 위치를 결정하는데 사용된다. 사라지는 발산의 제한치에서 즉, 양호하게 평행이 된 빔의 경우, 겉보기원의 위치는 무한대까지 간다.

3.11

빔

방향, 발산, 직경 또는 주사 시방으로 특징을 나타낼 수 있는 레이저 방사.

비규칙 반사로부터 산란된 방사는 빔으로 고려되지 않는다.

3.12

빔 감쇄기

레이저 방사를 규정 레벨 또는 그 이하로 감소시키는 장치

3.13

빔 직경

빔 폭

공간 상의 한 점에서 빔 직경(d_u)은 총 레이저 출력 (또는 에너지)의 u %를 포함하는 가장 작은 원의 직경이다.

이 표준에서는 d_{63} 이 사용된다.

비고 1 가우스 빔인 경우, d_{63} 은 방사 (방사 노광)가 그 중앙 최대값의 $1/e$ 로 떨어지는 점에 해당한다.

비고 2 제 2 모멘트 직경 정의 (ISO 11146-1에서 정의됨)는 먼 계에서의 불안정한 공진기에 의해 생성되는 것과 같이 높은 중앙의 방사 최대값과 낮은 레벨 백그라운드의 빔 프로파일에 사용되지 않는다. 개구를 통과한 전력은 2차 모멘트를 사용하고, 가우스 빔 프로파일의 가정으로 전력을 계산할 때 상당히 과소 추정될 수 있다.

3.14

빔 확산

빔 직경에 의해 정해지는 원추의 원거리 평면각.

거리 r 로 떨어진 두 점에서의 빔 직경 (3.13 참조)이 d^{63} 및 d'^{63} 일 때, 빔 확산은 다음과 같이 주어진다.

$$\phi = 2 \arctan \left(\frac{d'^{63} - d^{63}}{2r} \right)$$

SI 단위: 라디안

비고 제 2 모멘트 확산 정의 (ISO 11146-1)는 원거리에 불안정한 공진기에 의해 생성되는 것과 같은 낮은 레벨 백그라운드와 중앙에 큰 방사 최대값을 갖는 빔 프로파일이나, 개구에 의해 생긴 회절 패턴을 보이는 빔 프로파일에 는 사용되지 않는다.

3.15

빔 확장기

레이저 빔의 직경을 증가시키는 광 요소의 조합

3.16

빔 경로 구성요소

정의된 빔 경로에 있는 광 구성요소 (예: 빔 조정 거울 또는 초점 렌즈)

3.17

빔 조리개

레이저 빔 경로를 종결시키는 장치

3.18

1 등급 레이저 제품

적용 파장 및 방출 지속 기간에 대해 1 등급의 접근 가능 방출 제한 (AEL)을 초과하는 레이저 방사에 사람의 접근을 허용하지 않는 레이저 제품 (8.2 및 8.3(e) 참조)

비고 1 부속서 C에서 등급 분류 방식의 제한도 참조한다.

비고 2 제품의 등급 분류의 결정을 위한 시험이 동작 중인 시험으로 제한되기 때문에, 제품에 따라서는 접근판의 인터록이 무효화될 때의 관리 동안에, 1 등급의 AEL을 초과하는 방사가

접근 가능하게 될 수 있는 내장된 레이저 제품에 대한 경우일 수 있다.

3.19

1M 등급 레이저 제품

동작 동안 적용 파장 및 방출 지속 기간에 대하여 1 등급의 접근 가능 방출 제한 (AEL)을 초과하는 접근 가능 레이저 방사에 사람의 접근을 허용하지 않는 302.5 ~ 400 nm의 파장 범위를 갖는 레이저 제품으로서, 방사 레벨은 9.2 g)에 따라 측정된다

비고 1 부속서 C의 등급 분류 방식의 제한을 또한 참조한다.

비고 2 1 등급 레이저 제품을 이해 사용되는 것보다 더 작은 측정 개구로 또는 겔보기원으로부터 더 먼 거리에서 평가되므로, 1M 등급 레이저 제품의 출력은 광학 장비를 사용해 보았을 때 잠재적으로 위험하다 (8.2 참조).

비고 3 제품의 등급 분류의 결정을 위한 시험이 동작 중인 시험으로 제한되기 때문에, 제품에 따라서는 접근판의 인터록이 무효화될 때의 관리 동안에 1M 등급의 AEL을 초과하는 방사가 접근 가능하게 될 수 있는 내장된 레이저 제품에 대한 경우일 수 있다.

3.20

2 등급 레이저 제품

동작 중에 적용 파장 및 방출 지속 기간에 대하여 2 등급의 접근 가능 레이저 방출 (AEL)을 초과하는 레이저 방사에 사람의 접근을 허용하지 않는 400 ~ 700 nm 파장 범위를 갖는 레이저 제품 (8.2 및 8.3e) 참조)

비고 1 부속서 C의 등급 분류 방식의 제한을 또한 참조한다.

비고 2 제품의 등급 분류의 결정을 위한 시험이 동작 중인 시험으로 제한되기 때문에, 제품에 따라서는, 접근판의 인터록이 무효화될 때의 관리 동안에, 2 등급의 AEL을 초과하는 방사가 접근 가능하게 될 수 있는 내장된 레이저 제품에 대한 경우일 수 있다.

3.21

2M 등급 레이저 제품

동작 동안, 적용 파장 및 방출 지속 기간에 대하여 2 등급의 접근 가능 방출 제한 (AEL)을 초과하는 접근 가능 레이저 방사에 사람의 접근을 허용하지 않는 400 ~ 700 nm의 파장 범위를 갖는 레이저 제품으로서, 방사 레벨은 9.2 h)에 따라 측정된다

비고 1 부속서 C의 등급 분류 방식의 제한을 또한 참조한다.

비고 2 2 등급 레이저 제품을 이해 사용되는 것보다 더 작은 측정 개구로 또는 겔보기원으로부터 더 먼 거리에서 평가되므로, 2M 등급 레이저 제품의 출력은 광학 장비를 사용해 보았을 때 잠재적으로 위험하다 (8.2 참조).

비고 3 제품의 등급 분류의 결정을 위한 시험이 동작 중인 시험으로 제한되기 때문에, 제품에 따라서는 접근판의 인터록이 무효화될 때의 관리 동안에, 2M 등급의 AEL을 초과하는 방사가 접근 가능하게 될 수 있는 내장된 레이저 제품에 대한 경우일 수 있다.

3.22

3R 등급 및 3B 등급 레이저 제품

1 등급 및 2 등급의 접근 가능 방출 제한 (AEL)을 초과하는 레이저 방사에 사람의 접근을 허용하지만, 적용 파장 및 방출 지속 기간에 대해 3R 등급 및 3B 등급 (각각)의 접근 가능 방출 제한을 초과하는 레이저 방사에 사람의 접근을 허용하지 않는 레이저 제품 (8.2 참조)

비고 4 부속서 C의 등급 분류 방식의 제한을 또한 참조한다.

비고 5 1M 등급 및 2M 등급 제품은 그 광학 특성에 따라 3R 등급의 AEL을 초과하거나 미만인

출력을 가질 수도 있다.

3.23

4 등급 레이저 제품

3B 등급의 접근 가능 방출 제한을 초과하는 레이저 방사에 사람의 접근을 허용하는 레이저 제품 (8.2 참조)

3.24

부방사

레이저 동작으로 인해, 또는 이를 위해 물리적으로 필요한 레이저 제품에서 방출되는 레이저 방사를 제외한 180 nm ~ 1 mm의 파장 범위 내의 전자파 방사

3.25

평행 빔

매우 작은 각발산이나 각수렴을 갖는 평행 광선

3.26

연속파

CW

제1부에서, 0.25 초 이상의 기간 동안 연속 출력으로 동작하는 레이저를 CW 레이저라고 간주한다.

3.27

지정 빔 경로

레이저 제품 내에서 레이저 빔의 계획된 경로

3.28

전시용 레이저 제품

전시, 오락, 광고, 디스플레이나 예술적 창작을 목적으로 설계, 제작, 계획 또는 조장된 레이저 제품.

용어, “전시용 레이저 제품”은 다른 응용을 위해 설계 및 계획된 레이저 제품에 전시할 목적으로 사용될 수는 있다 하더라도 적용되지는 않는다.

3.29

확산 반사

방사 빔이 표면이나 매질에 따라 여러 방향으로 산란함으로서 생기는 공간 분포 변화.

완벽한 확산기는 우발적이고 긴급한 방사의 방향 사이의 모든 상관 관계를 파괴한다.

[IEV 845-04-47, 수정]

3.30

내장 레이저 제품

제1부에서, 접근 가능 방출을 제한하는 기술적 특징으로 인해 포함된 레이저의 고유 능력보다 낮은 등급으로 지정된 레이저 제품

비고 내장 레이저 제품에 포함된 레이저를 내장 레이저라 부른다.

3.31

방출 지속 기간

레이저 제품의 동작, 유지 및 서비스의 결과로 레이저 방사에 사람의 접근이 일어나지 않는 펄스, 펄스 열 또는 연속 동작의 일시적 지속 기간.

단일 펄스의 경우, 이것은 상승 에지의 침투 전력의 절반에 해당하는 점과 하강 에지의 해당하는 점 사이의 지속 기간이다. 펄스 열(또는 펄스 열의 일부분)의 경우, 이것은 상승 펄스의 첫 번째 침투 전력의 절반에 해당하는 점과 하강 펄스의 마지막 침투 전력의 절반에 해당하는 점 사이의 지속 기간이다.

3.32

오차 레이저 방사

지정 빔 경로로부터 이탈하는 레이저 방사.

이 방사는 빔 경로 구성 요소로부터의 불필요한 2차 반사, 잘못된 정렬 또는 손상된 구성 요소로부터의 이탈 방사를 포함한다.

3.33

노출 시간

인체에 입사하는 레이저 방사의 펄스, 펄스 열, 또는 연속 방출의 지속 기간.

펄스 열의 경우, 이것은, 상승 펄스의 첫 번째 침투 전력의 절반에 해당하는 점과 하강 펄스의 침투 전력의 절반에 해당하는 점 사이의 지속 기간이다.

3.34

확장원 가시 (extended source viewing)

100 nm 또는 그 이상의 거리에서 겹보기원이 최소 맞변각(α_{min})보다 큰 누의 각에 대응하는 가시 상태.

망막 열 손상 위험을 고려할 때 이 표준에서는 중간원과 큰원이라는 2개의 확장원 상태가 고려된다. 이들은, 겹보기원의 맞변각, α_{min} 과 α_{max} 사이의 맞변각 (중간원), α_{max} 보다 큰 맞변각 (큰 원)을 갖는 원을 구별하기 위해 사용된다. (3.80 참조)

예는 일부 확산 레이저원, 확산 반사 및 일부 레이저 다이오드 어레이를 본 것이다.

3.35

고장 안전 (fail safe)

구성 요소의 고장시 위험이 증대되지 않게 하는 설계상 고려.

고장 모드에서는 시스템이 비동작 또는 비위험 상태가 된다.

3.36

고장 안전 조치 인터록 (fail safe safety interlock)

고장 모드에서 인터록의 목적을 좌절시키지 않는 인터록; 예를 들면, 힌지형 덮개가 열리자마자 또는 분리식 덮개가 제거되기 전 오프 위치로 적극적으로 구동되고, 힌지형 덮개가 닫힐 때까지 또는 분리식 덮개가 닫힌 위치에서 잠길 때까지 오프 위치를 적극적으로 유지하는 인터록.

3.37

사람 접근 (human access)

- a) 레이저 제품에 의해 방출된 레이저 방사, 즉 보호형 하우징 외부에서 차단될 수 있는 방사선에 인체가 견딜 수 있는 능력, 또는
- b) 100 mm의 직경과 최대 100 mm의 길이를 갖는 원통형 프로브가 3B 등급의 방사 레벨 미만을 차단할 수 있는 능력, 또는
- c) 인간의 손이나 팔이 3B 등급을 초과하는 방사 레벨을 차단할 수 있는 능력, 또는
- d) 또한, 3B 등급이나 4 등급에 상당하는 하우징 내의 방사 레벨의 경우, 제품의 내부로부터 그 보호용 하우징의 어떤 구멍을 통해 임의의 하나의 삽입된 평면에 의해 직접 반사될 수 있는 위험한 레이저 방사를 인체의 어느 일부분이 견딜 수 있는 능력

비고 들어가기 접근을 제공하는 레이저 제품의 경우, 사람의 접근을 결정하기 위해서 보호용 하우징의 내외부 모두의 방사를 고려해야 한다. 하우징 내부의 사람 접근은 자동 검출 시스템과 같은 엔지니어링 제어에 의해 방지될 수 있다.

3.38

적분 방사

방출의 단위 입체각 당 그리고 방사 표면의 단위 면적당 방사 에너지로 표현되는 지정 노출 시간 동안의 방사의 적분.

(보통은 $\text{J}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$ 단위로 표현됨)

3.39

빔 내 가시 (intrabeam viewing)

예컨대, 확산 반사의 가시와 대조적으로 눈이 직접 또는 거울같이 반사된 레이저 빔에 노출되는 모든 가시 상태

3.40

조사

한 표면의 미소 부분에 입사하는 방사속 $d\Phi$ 를 그 미소 부분의 면적 dA 로 나눈 값

$$E = \frac{d\Phi}{dA}$$

부호: E

SI 단위: $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$

3.41

레이저

제어된 유도 방출 공정에 의해 180 nm ~ 1 mm의 파장 범위에서 전자파 방사선을 발생시키거나 증폭시키는 장치

[IEV 845-04-39, 수정]

3.42

레이저 제어 영역

방사 위험으로부터의 보호를 목적으로 방사의 점유 및 활동이 제어 및 감시를 받게 되는 영역

3.43

레이저 에너지원

전자, 이온 또는 분자의 여기를 위한 에너지를 공급하기 위해 레이저와 결합하여 사용되는 장치

전원 또는 배터리와 같은 일반 에너지원은 레이저 에너지를 구성하는 것으로 간주하지 않는다.

3.44

레이저 위험 영역

공칭 눈 위험 영역 (3.61) 참조

3.45

레이저 제품

레이저나 레이저 시스템을 구성하여 결합하거나, 이들을 결합하고자 하는 제품이나 부품의 조립

3.46

레이저 방사

유도 방출에 의해 발생되고, 레이저 제품에 의해 180 nm ~ 1 mm 사이에서 방출되는 모든 전자파 방사선

3.47

레이저 안전 관리자

레이저 위험의 평가 및 제어에 대한 지식을 갖고 레이저 위험 제어를 감독할 책임이 있는 사람

3.48

레이저 시스템

추가 구성 요소에 상관 없이 적절한 레이저 에너지원과 결합된 레이저

3.49

발광 다이오드

LED

180 nm ~ 1 mm의 파장 범위 내에서 반도체의 방사 재결합에 의해 전자파 방사선을 발생시키는 반도체

p-n 접합 장치

(일부 유도 방출이 존재할지라도 광 방사는 주로 자연 방출 공정에 의해 발생된다.)

3.50

망막 광화학 위험을 평가하는 허용 제한각

망막 광화학 위험을 평가하는 경우, 허용 제한 측정각 γ_{ph} 를 명시한다. 이 각 γ_{ph} 은 눈의 운동과 관련되며 원의 맞변각에 의존하지 않는다. 원의 맞변각이 명시한 허용 제한각 γ_{ph} 보다 큰 경우, 수용각 γ 은 γ_{ph} 로 제한되고, 원은 뜨거운 지점이 주사된다. 허용 측정각 γ 이 명시한 레벨로 제한되지 않는 경우, 위험은 과도하게 추정될 수 있다.

비고 겹보기원의 맞변각이 명시한 허용 제한각보다 작은 경우, 실제 허용 측정각은 측정에 영향을 미치지 않아 제한되지 않아야 한다, 즉 허용 방사계 설정의 정상적인 “개방” 각을 사용할 수 있다.

부호: h

3.51

열 위험을 평가하는 허용 제한각

망막 열 위험을 평가하는데 사용하는 최대 맞변각

수용각 의 값은 $\alpha_{\min}$ 과 $\alpha_{\max}$ 사이에서 변할 수 있다 (8.3d 참조), 9.3.2 b) 2)).

부호: γ_h

3.52

제한 개구

조사와 방사 노광량이 평균되는 원형 영역

3.53

유지

레이저 제품에 대하여 제조자에 의해 제공되는 사용자 정보에 명시된 조정 또는 절차의 성능으로서, 제품의 의도된 성능을 확신할 목적으로 사용자가 수행한다.

동작이나 서비스는 포함하지 않는다.

3.54

최대 맞변각

$\alpha_{\max}$

MPE와 AEL이 광원의 크기와 무관한 겉보기원의 맞변각의 값

비고 $\alpha_{\max} = 100 \text{ mrad}$

3.55

최대 출력

제조 이후 어느 때에, 동작이 가능한 전 범위에 대하여 레이저 제품에 의해 어느 방향으로도 방출되는 전체 접근 가능 레이저 방사의 최대 방사 전력 또는 펄스당 최대 방사 에너지

비고 최대 출력은 레이저 제품의 등급을 결정하는데 사용되는 최대 접근 가능 방출이다. 접근 가능 방출의 결정은 다른 조건 외에 단일 고정 조건 (9.2 참조)을 고려하므로, 최대 출력은 정상 동작 동안에 최고 출력을 초과할 수도 있다.

3.56

최대 허용 노광량

MPE

정상 상태에서 사람이 역효과를 입지 않고 노출되는 레이저 방사 레벨.

MPE 레벨은 눈이나 피부가 노출 즉시 또는 긴 시간 후에 나타나는 상해 없이 노출될 수 있는 최대 레벨을 나타내며, 레이저 방사 파장, 펄스 지속 기간, 위험한 조직, 400 ~ 1400 nm 범위에서의 가시 및 근접 적외선 방사에 의한 망막 상의 크기에 관계가 있다. 최대 허용 노광 레벨은 (기존에 알고 있는 상태로서) 부속서 A에 명시하고 있다.

3.57

의료 레이저 제품

인체 모든 부분의 생체 내 진단, 수술 또는 치료 레이저 방사선 조사의 목적으로 설계, 제조 및 계획된 레이저 제품

3.58

최소 맞변각

$\alpha_{\min}$

확장원으로 간주되는 겉보기원의 맞변각 값.

MPE와 AEL은 $\alpha_{\min}$ 보다 작은 맞변각에 대하여 원의 크기에 무관하다.

비고 $\alpha_{\min} = 1.5 \text{ mrad}$

3.59

모드 동기 (mode-locking)

레이저 공진기 내에서, 초단 (예: ns 미만) 펄스 열을 생성하는 정상적인 메커니즘이나 현상

이것은 고의적인 특성일 수 있지만, 또한 “자체-모드-동기”와 같이 자연적으로 발생할 수 있다. 결과적으로 최대 전력은 평균 전력보다 상당히 클 수도 있다.

3.60

가장 제한된 위치

AEL에 대한 접근 가능 방출의 비가 최대인 빔 위치

비고 접근 가능 방출 및 AEL은 모두 빔에 대한 평가 위치에 의존할 수도 있다.

3.61

공칭 눈 위험 영역 (nominal ocular hazard area)

NOHA

레이저 빔의 우발적 잘못 지시의 가능성을 포함하여, 빔 조사나 방사 노광량이 적절한 각막의 최대 허용 가능 노광(MPE)을 초과하는 영역

NOHA가 광 보조 기구를 통해 가시 가능성을 포함하면 그 NOHA를 “확장 NOHA”라 한다.

3.62

공칭 눈 위험 거리 (nominal ocular hazard distance)

NOHD

빔 조사나 방사 노광량이 적절한 각막의 MPE와 같게 되는 거리

NOHD가 광 보조를 통한 가시 가능성을 포함하면 “확장 NOHD (ENOHd)”라 한다.

3.63

동작

의도된 기능의 전 범위에 대한 레이저 제품의 실행.

동작은 유지나 서비스를 포함하지 않는다.

3.64

광화학적 위험 제한

역광화학적 효과에 대하여 사람을 보호하기 위해 유도된 MPE 또는 AEL

자외선 파장 범위에서, 광화학적 위험 제한은 각막 렌즈 의 역효과로부터 보호하는 반면, 망막 광화학적 위험 제한은, 400 ~ 600 nm의 파장 범위 에서 정의된 대로, 방사 노출로부터 생기는 광화학적 망막의 손상으로부터 보호한다.

3.65

보호 밀폐함

의도된 설치 기능에 접근이 필요하지 않는 경우라면, 레이저 방사에 사람의 노출을 방지하기 위한 물리적 수단

3.66

보호 하우징

규정 AEL을 초과하는 레이저 방사에 대한 사람의 접근을 방지하기 위해 설계된 (내장 레이저를 결합한 제품을 포함한) 레이저 제품의 부분 (일반적으로 제조자가 설치한다)

3.67

펄스 지속 시간

펄스의 상승 구간 및 하강 구간에 있는 첨두 전력의 절반에 해당하는 점 사이에서 측정된 시간 증분

3.68

펄스 레이저

에너지를 단일 펄스 또는 펄스열 형태로 방출하는 레이저.

제1부에서, 펄스의 지속 시간은 0.25 초보다 적다.

3.69

방사

식에 의해 정의되는 양

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

여기에서,

$d\Phi$	정해진 점을 통과하고 정해진 방향을 포함하는 입체각 $d\Omega$ 로 전파하는 기본 빔에 의해 전송되는 방사속
dA	정해진 점을 포함하는 빔의 단면적
θ	단면의 법선과 빔 방향 사이의 각
부호:	L
SI 단위:	$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$

[IEV 845-01-34, 수정]

비고 이 정의는 IEV 845-01-34의 간소한 버전이고, 제1부의 목적에 충분하다. 의심이 드는 경우, IEV 정의를 따라야 한다.

3.70

방사 에너지 시간

Δt 동안의 방사속의 시간 적분.

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

[IEV 845-01-27]

부호:

SI 단위: 줄 (J)

3.71

방사 노광량

표면 상의 한 점에서, 표면의 미소 영역 상에 입사된 방사 에너지를 이 영역으로 나눈 것

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

부호: H

SI 단위: $J \cdot m^{-2}$

3.72

방사력 (radiant power)

방사속 (radiant flux)

방사 형태로 방출, 전달 및 수신되는 전력.

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

[IEV 845-01-24]

부호: Φ, P

SI 단위: W

3.73

반사율

주어진 조건에서 반사 방사력과 입사 방사력의 비

[IEV 845-04-58, 수정]

부호: ρ

SI 단위: 1

3.74

인터록 접속기 (remote interlock connector)

레이저 제품의 다른 구성 요소와는 별도로 위치한 외부 제어의 연결을 허용하는 접속기 (4.4 참조)

3.75

안전 인터록

하우징 부분이 제거될 때 3R 등급, 3B 등급 또는 4 등급 레이저 방사에 대한 사람의 접근을 방지하기 위한 레이저 제품의 보호 하우징의 각 부분에 관련되는 자동 장치 (4.3 참조)

3.76

주사 레이저 방사

고정 기준 프레임에 대하여 전파의 시변 방향, 원점 및 형태를 갖는 레이저 방사

3.77

서비스

제품 성능의 관점에 영향을 줄 수 있는 제조자의 서비스 지침에 명시된 절차 및 조정의 실행.

서비스는 유지나 동작을 포함하지 않는다.

3.78

서비스판 (service panel)

서비스를 위해 제거되거나 옮기도록 설계된 접근판

3.79

단일 사고 상태 (single fault condition)

제품에서 생기는 단일 사고 및 그 사고의 직접 결과

3.80

작은 원 (small source)

최소 맞변각 $\alpha_{\min}$ 과 같거나 적은 맞변각 α 을 갖는 원

3.81

정반사 (specular reflection)

거울 면으로부터의 반사를 포함한, 빔으로 간주될 수 있는 표면 반사 (3.1 참조)

비고 이 정의는 포물 반사기와 같은 일부 반사면이 입사 빔으로부터의 위험을 증가시키거나 적어도 그러한 위험을 변화시키지 않은 채 유지한다는 점을 인식하고자 한다.

3.82

열 위험 제한 (thermal hazard limit)

광화학적 손상에 반대되는 것으로서 역열 효과 (adverse thermal effects)에 대해 사람을 보호하기 위해 유도된 MPE 또는 AEL

3.83

시간축 (time base)

레이저 제품 등급 분류를 위해 고려되는 방출 지속 시간 (8.3 e) 참조)

3.84

공구 (tool)

나사나 유사한 고정 매체를 동작시키기 위해 사용되는 나사 드라이버, 육각형 키 또는 다른 물건

3.85

투과율

정해진 상태에서의 전송 방사속과 입사 방사속의 비

[IEV 845-04-59, 수정]

부호: τ

SI 단위: 1

3.86

투과율 (광) 밀도

투과율 τ 역의 기저 10의 대수값

[IEV 845-04-66]

$$D = -\log_{10} \tau$$

부호: D

3.87

가시 방사 (광)

직접 시각을 초래할 수 있는 광방사

[IEC 845-01-03]

비고 제1부에서, 단색 성분의 파장이 400 nm와 700 nm 사이에 있는 전자계 방사를 평균한 값을 취한다.

3.88

공작물 (workpiece)

레이저 방사의 공정을 통해 제조되는 가공품

4 기술 시방

4.1 일반 사항

레이저 제품은 제조자가 할당한 등급에 따라 일체형 안전 특징이 요구된다. 이들 요구사항은 4.2 ~ 4.12에 기재되어 있다. 제조자는 레이저 제품 및 시스템의 분류에 대해 책임 있는 사람이 분류 체계의 의미를 충분히 이해할 수 있도록 적절한 수준으로 훈련을 받아 왔다는 것을 확신하여야 한다.

· 변경

만약 이전에 분류된 레이저 제품을 변경하는 것이 이 표준의 범위 내에서 제품의 성능이나 의도한 기능의 어떤 측면에 영향을 미친다면, 그러한 변경을 실행하는 사람이나 기구가 레이저 제품의 재 등급 분류 및 재 표시를 확신해야 하는 책임이 있다.

4.2 보호 하우징

4.2.1 일반 사항

각 레이저 제품은 제품의 기능의 실행을 위해 사람의 접근이 필요할 때를 제외하고는 1 등급을 초과하는 레이저 방사 (오류 레이저 방사)에 사람의 접근을 방지하는 보호 하우징을 갖춘다.

레이저 제품의 등급 분류가, 4 등급과 같은 (예컨대, 레이저 처리기의 경우) 에너지 레벨로의 사람의 접근 방지를 기반으로 할 때, 보호 하우징은 사람의 개입 없이도 합리적으로 예상 가능한 단일 고장 상태 (9.1 참조) 하에서 노광을 견뎌야 한다. 단, 보호 하우징이 사람의 진입을 허용하는 크기일 경우 4.12를 참조한다.

1 등급, 2 등급, 2M 등급 또는 3R 등급 레이저 제품의 유지는 3B 등급이나 4 등급의 레이저 방사

레벨에 대한 사람의 접근을 허용하지 않아야 한다. 3B 레이저 제품의 유지는 4 등급의 레이저 방사 레벨에 대한 사람의 접근을 허용치 않아야 한다.

4.2.2 서비스

서비스를 위해 제거되거나 옮겨질 수 있으며, 할당된 AEL을 초과하는 레이저 방사에의 접근을 허용하면서 인터록이 안된 레이저 제품 (내장 레이저 제품 포함)의 하우징 또는 밀폐함의 모든 부분은 제거나 변위를 위해서는 공구(들)를 사용하여야 한다.

4.2.3 제거 가능 레이저 시스템

레이저 시스템이 보호 하우징 또는 밀폐함으로부터 제거될 수 있으며, 변경 없이 동작될 수 있는 경우, 레이저 제품은 지정 등급에 적합한 4 등급 및 5 등급의 제조자 요구사항에 따라야 한다.

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 표 1에서 “X”로 지정된 레이저 방사 레벨로의 접근을 준다.

표 1에서 (X) 표시는 안전 인터록의 적용 가능성을 나타낸다.

표 1 – 안전 인터록의 요구사항

제품 등급	접근판의 제거 중인 또는 이후의 접근 가능 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 파장에 따라 적용됨에 따라, 1M 등급 또는 2M 등급을 초과하는 구멍을 통한 방출을 초래하지 않는다.

안전 인터록이 필요할 때, 안전 인터록은, 판을 제거할 경우에 표 1의 적용 가능한 AEL을 초과하는 접근 가능 방출 레벨로의 접근을 방지해야 한다. 이들 인터록은 적용 가능한 IEC 제품 안전 규범의 요구사항에 부합해야 한다 (1절 참조)

비고 9.1의 요구사항은 또한 인터록에 적용된다. 즉, 인터록은 고장 안전 즉 예비이어야 한다.

4.3.2 보조 수동 장치가 제공되면, 제조자는 안전 작업 방법에 관한 적절한 지침서를 또한 제공해야 한다. 접근판이 정상 위치로 되돌아왔을 때 동작 중인 보조 수동 장치를 멈추는 것은 불가능하다. 인터록은 5.9.2에 부합하는 레벨과 명확히 관련되어야 한다. 레이저가 활성화되거나 커패시터 뱅크가 충분히 방전이 안 될 때마다 보조 수동 장치의 사용은 접근판이 제거되거나 변위되는 것과 상관 없이 명확한 가시 또는 가청 경고를 준다. 가시 경고는 접근 가능 레이저 방사의 파장에 대하여 설계 및 규정된 눈 보호 기구를 통해 명확히 볼 수 있어야 한다.

4.4 원격 인터록 접속기

3B 등급 및 4 등급 레이저 시스템은 각각 원격 인터록 접속기를 갖는다. 접속기 단말이 개방-회로 상태 일 때 접근 가능 방사는 적용 가능한 바와 같이 1M 등급 및 2M 등급에 대한 AEL을 초과하지 않는다.

4.5 수동 리셋

4 등급 레이저 시스템 각각은 수동 리셋을 포함하여, 원격 인터록 접속기를 사용함에 따른 방출 중단이나 전기 메인 전력이 5초 이상이 중단한 이후 접근 가능 4 등급 레이저 방사 방출을 재개할 수 있게 한다.

4.6 키 조정

3B 등급 및 4 등급 레이저 시스템 각각은 키로 동작되는 주 제어 장치를 갖는다. 키는 제거할 수 있으며, 레이저 방사는 키가 제거될 때 접근되지 않는다.

비고 제1부에서, 용어 “키”는 자기장 카드나 암호 조립기, 컴퓨터 패스워드 등과 같은 모든 다른 제어 장치를 포함한다.

4.7 레이저 방사 방출 경고

4.7.1 400 nm 이하 및 700 nm 이상의 파장 범위에서의 3R 등급 레이저 시스템 각각과 3B 등급 및 4 등급 레이저 시스템 각각은 다음을 만족해야 한다.

4.7.2 경고 장치는 레이저 시스템의 스위치가 온이거나, 펄스 레이저의 커패시터 뱅크가 충전 또는 확실하게 방전되지 않을 때, 가청 또는 가시 경고를 준다. 경고 장치는 고장 안전 장치 또는 예비 장치이다. 가시 경고 장치는 방출 레이저 방사의 파장(들)을 위해 눈 보호 기구를 통해 명확히 보여야 한다. 가시 경고 장치는 1M 및 2M 등급의 AEL을 초과하는 레이저 방사에의 노출을 볼 필요가 없는 곳에 놓아야 한다.

4.7.3 방사 경고 장치로부터 2 m 또는 그 이상 떨어질 수 있는 동작 제어기와 레이저 개구 각각에는 방사 경고 장치가 제공된다. 그 경고 장치는 동작 제어기나 레이저 개구 근처에 있는 사람이 명확히 보거나 들을 수 있어야 한다.

4.7.4 레이저 방출이 하나 이상의 출력 개구를 통해 분포되는 경우, 가시 경고 장치는 4.7.2에 따라, 레이저 방출이 발생하는 출력 개구 또는 개구를 명확히 지시한다.

4.8 빔 멈추개 또는 빔 감쇠기

3B 등급 및 4 등급 레이저 시스템 각각은 하나 또는 그 이상의 영구 부착된 감쇠 수단 (예컨대, 빔 멈추개 또는 빔 감쇠기, 스위치)을 갖는다. 빔 멈추개 또는 빔 감쇠기는 적용 가능함에 따라, 1M 등급 및 2M 등급에 대한 AEL을 초과하는 레이저 방사에의 사람의 접근을 막을 수 있다.

4.9 제어

각 레이저 제품은 조정이나 동작을 위해 사람이 3R, 3B 및 4 등급에 등가인 레이저 방출에

노출되지 않도록 적절한 위치에 제어를 갖는다.

4.10 가시 광

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 셔터에 결합된 셔터나 가변 감쇠기에는 다음 역할을 위한 수단이 제공된다.

- a) 셔터가 열리거나 감쇠기가 가변될 때 1M 등급을 위한 AEL을 초과하는 레이저 방사에의 사람의 접근을 방지
- b) 1M 등급의 AEL을 초과하는 레이저 방사에 노출될 수 있을 때 셔터의 열림이나 감쇠기의 변화를 방지

4.11 주사 보호대

주사된 방사를 방출하고 이를 기초로 등급 분류되기 위한 레이저 제품은, 고장과, 제품의 등급의 AEL 미만의 레벨로 주사 보호대가 방출을 감소한 때 사이의 간격 동안에 합리적으로 예측 가능하지 않은 것이 아니라면, 사람의 노출이 스캔 고장이나 스캔 속도 또는 진폭의 변화 결과로서 지정 등급의 AEL을 초과하는 레이저 방사에 대한 사람의 접근을 허용하지는 않는다.

4.12 들어가기 (walk-in) 접근

보호 하우징이 “들어가기”접근을 제공하는 접근판을 갖춘 경우,

- a) 하우징 내부의 어떤 사람이 3B 등급이나 4 등급과 같은 레이저 위험의 활성화를 방지할 수 있게 하는 수단이 제공되어야 한다.
- b) 400 nm 미만 그리고 700 nm를 초과하는 파장 범위의 3R 등급과 같은 레이저방사나 3B 등급 또는 4 등급과 같은 레이저 방사의 방출에 대한 충분한 경고를 하우징 내에 있을 수 있는 어떤 사람에게 제공하게 하는 경고 장치를 구비해야 한다.
- c) 동작 동안에 “들어가기” 접근이 계획되거나 합리적으로 예측 가능한 경우, 누군가가 1 등급, 2 등급 또는 3R 등급 제품의 밀폐함 내부에 존재하는 동안 3B 등급이나 4 등급과 같은 레이저 방사의 방출은 기술 수단에 의해 방지해야 한다.

비고 보호 하우징 내부에 사람이 있을 때 방사로의 사람의 접근을 방지하는 방법은 압력 민감성 마루 매트, 적외선 검출기 등을 포함할 수도 있다.

4.13 주위 조건

레이저 제품은 제품 사용에 적절하다고 예상되는 모든 동작 상태에서 이 표준에서 정해진 안전 요구사항을 충족하여야 한다. 고려할 사항은 다음을 포함한다.

- 기후 조건 (예: 온도 및 상대 습도)
- 진동 및 충격

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

비고 전자기 자화율에 관련되는 요구사항은 검토 중이다.

4.14 기타 위험에 대한 보호

4.14.1 비광학적 위험

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

- 전기적 위험
- 과잉 온도
- 장비에서의 화재 확산
- 소리 및 초음파
- 유해 물질
- 폭발

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

비고 많은 나라들은 유해한 물질의 통제를 위한 규정을 갖고 있다. 이들 요구사항에 대해서는 적절한 국가 기구에 연락하기 바란다.

4.14.2 부방사

레이저 제품의 보호 하우징은 일반적으로 부방사 (예: 자외선, 가시선, 적외선)의 위험을 막는다. 접근하는 부방사가 해로울 경우 이 위험을 보존적으로 판단하기 위한 레이저 MPE 값이 적용될 수도 있다.

5 표 지

5.1 일반 사항

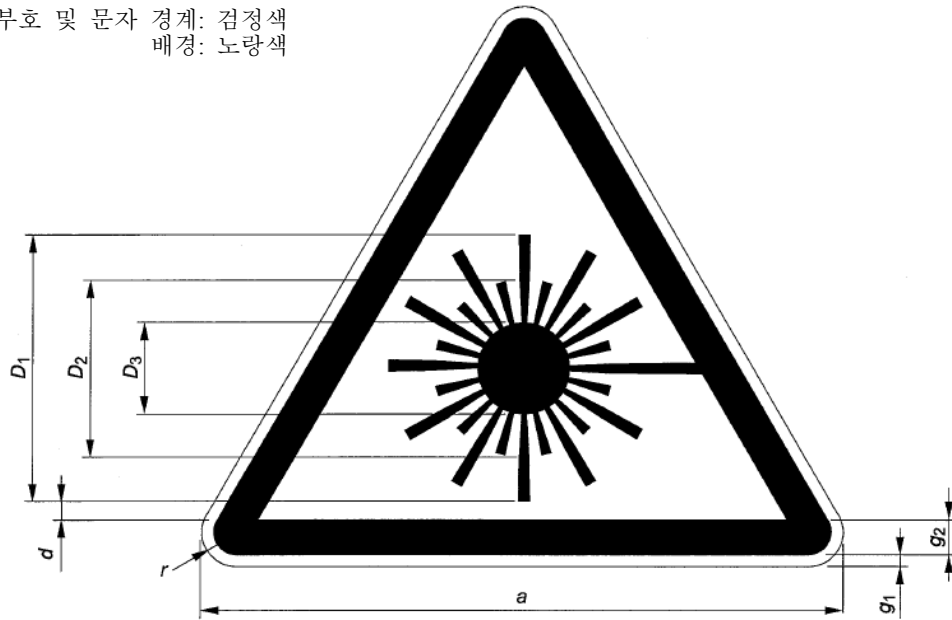
각 레이저 제품은 다음 절의 요구사항에 따라 표지를 부착한다. 표지는 운전, 유지 및 서비스 동안 내구적이고, 영구히 부착되어, 읽을 수 있고, 명확히 볼 수 있어야 한다. 표지는 1 등급을 위한 AEL을 초과하는 레이저 방사에 사람이 노출되지 않고 읽을 수 있는 위치에 있어야 한다. 문자 경계 및 부호는 이러한 색깔 조합이 사용될 필요가 없는 1 등급을 제외하고는 황색 배경에 흑색으로 한다.

5절에 나타난 표지의 문구는 추천 사항이지만 강제 사항은 아니다. 동일한 의미를 전달하는 다른 문구로 대체할 수도 있다.

제품의 크기나 디자인이 표지를 붙이는 것이 실용적이지 않게 한다면, 표지는 사용자 정보와 함께 또는 패키지 상에 포함되어야 한다.

비고 동일한 표지를 레이저 제품이나 판에 직접 인쇄하거나 새기는 것도 허용될 수 있다.

부호 및 문자 경계: 검정색
배경: 노랑색



IEC 411/07

mm 단위

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

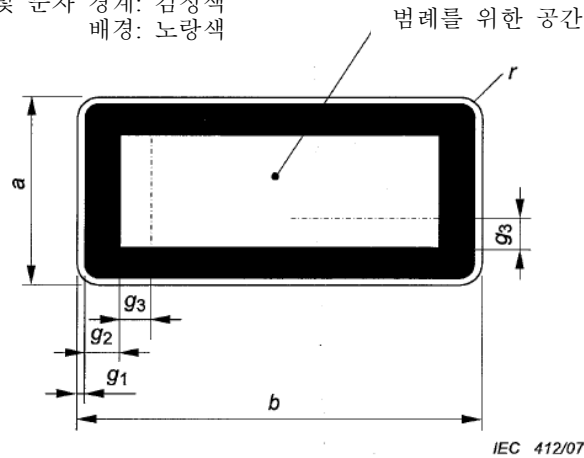
치수 (D_1 , D_2 , D_3 , g_1 및 d)는 추천 값이다.

비고 1 표지를 이해할 수 있는 최대 거리(L)와 표지의 최소 면적(A) 사이의 관계를 $A = L^2/2,000$ 으로 하며, 여기서 A와 L은 각각 제곱 미터와 미터로 표현한다. 이 공식은 대략 50 m 미만의 거리(L)에 적용한다.

비고 2 이들 치수는 추천 값이다. 이들 치수가 값에 비례하는 한, 부호 및 문자 경계는 레이저 제품의 크기에 맞는 읽을 수 있는 크기를 가질 수 도 있다.

그림 1 – 경고 표지-위험 부호

범례 및 문자 경계: 검정색
배경: 노랑색



mm 단위

$a \times b$	g_1	g_2	g_3	r	문자의 최소 높이
26 x 52	1	4	4	2	문자는 읽을 수 있는 크기이어야 한다.
52 x 105	1.6	5	5	3.2	
84 x 148	2	6	7.5	4	
100 x 250	2.5	8	12.5	5	
140 x 200	2.5	10	10	5	
140 x 250	2.5	10	12.5	5	
140 x 400	3	10	20	6	
200 x 250	3	12	12.5	6	
200 x 400	3	12	20	6	
250 x 400	4	15	25	8	
치수 (g_1)는 추천 값이다.					

비고 1 표지를 이해할 수 있는 최대 거리(L)와 표지의 최소 면적(A) 사이의 관계를 $A = L^2/2000$ 으로 하며, 여기서 A와 L은 각각 제곱 미터와 미터로 표현한다. 이 공식은 대략 50 m미만의 거리(L)에 적용한다.

비고 2 이들 치수는 추천값이다. 표지는 필요한 문자와 문자 경계를 포함해야 하는 크기를 가질 수도 있다. 각 문자 경계 치수 (g_2 및 g_3)의 최소 폭은 표지 최단 축의 길이 x 0.06이어야 한다.

그림 2 - 설명 표지

5.2 1 등급 및 1M 등급

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

1 등급 레이저 제품

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

레이저 방사
광계측기로 직접 보지 마시오
1M 등급 레이저 제품

상기 표지 대신, 제조사의 판단에 따라, 동일한 문구를 사용자를 위한 정보에 포함시킬 수도 있다.

위험을 증가시키는 광계측기 유형은 1M등급 표지 상의 “계측기” 단어 뒤 괄호 안에 추가된다. 이 추가되는 문구는 특히, 조건 1 에 해당되지 않으므로 (9절 참조) 1M 등급으로 구분되는 큰 직경의 평행 빔을 갖는 레이저 제품에는 “(쌍안경 또는 망원경)” 또는 조건 2에 해당되지 않으므로 (9절 참조) (큰 발산빔), 1M 등급으로 구분되는 레이저 제품에는 “(확대기)”가 될 수 있다.

대안적으로, 1M 등급 표지의 두 번째 줄에 “사용자를 쌍안경이나 망원경에 노출시키지 마시오”라고 기재될 수 있다.

단, 접근 가능 방출이 사람의 최근 접근 점에 놓인 3.5 mm 직경으로 결정할 때 3B 등급의 AEL을 초과한다면 추가 경고를 제품 표지 상에 그리고 사용자를 위한 정보에 기재해야 한다:

개구 근처에서의 피부 노출은 화상을 일으킬 수도 있다

비고 조건 2가 AEL을 결정하는데 사용되는 경우에만 적용한다.

5.3 2 등급 및 2M 등급

2 등급 레이저 제품 각각에는 경고 표지 (그림 1)와 다음 문구의 설명 표지 (그림 1)가 부착된다.

레이저 방사
빔을 주시하지 마시오
2 등급 레이저 제품

2M 등급 레이저 제품에는 경고 표지(그림 2)와 다음 문구의 설명 표지 (그림 1)가 부착된다:

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

위험을 증가시키는 광계측기 유형은 “계측기” 단어 뒤 괄호 안에 추가된다. 이 추가되는 문구는 조건 1에 해당되지 않으므로 (9절 참조), 2M 등급으로 구분되는 큰 직경의 평행 빔을 갖는 레이저 제품에는 “(쌍안경 또는 망원경)” 또는 조건 2에 해당되지 않으므로 (9절 참조)(큰 발산 빔), 2M

등급으로 구분되는 레이저 제품에는 “(확대기)”가 될 수 있다.

대안적으로, 1M 등급 표지의 두 번째 줄에 “사용자를 쌍안경이나 망원경에 노출시키지 마시오”라고 기재될 수 있다.

단, 접근 가능 방출이 사람의 최근 접근 점에 놓인 3.5 mm 직경으로 결정할 때 3B 등급의 AEL을 초과한다면 추가 경고를 제품 표지 상에, 그리고 사용자를 위한 정보에 기재해야 한다:

개구 근처에서의 피부 노출은 화상을 일으킬 수도 있다

비고 조건 2가 AEL을 결정하는데 사용되는 경우에만 적용한다.

5.4 3R 등급

3R 등급 레이저 제품 각각에는 경고 표지 (그림 1)와 다음 문구의 설명 표지 (그림 2)가 부착된다:

레이저 방사
직접 눈 노출을 피하십시오
3R 등급 레이저 제품

비고 두 번째 줄에는 “빔에 노출을 삼가하십시오”를 사용한 표지도 허용될 수 있다.

5.5 3B 등급

3B 등급 레이저 제품 각각에는 경고 표지 (그림 1)와 다음 문구의 설명 표지 (그림 2)가 부착된다:

레이저 방사
빔에 대한 노출을 피하십시오
3B 등급 레이저 제품

5.6 4 등급

4 등급 레이저 제품 각각에는 경고 표지 (그림 1)와 다음 문구의 설명 표지 (그림 2)가 부착된다:

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

5.7 개구 표지

3R, 3B 및 4 등급 레이저 제품 각각은 1 등급 및 2 등급의 AEL을 초과하는 레이저 방사가 방출되는

각 개구에 근접한 위치에 다음 문구의 설명 표지를 부착한다.

레이저 개구

또는

레이저 방사를 위한 개구

또는

노출을 피하십시오 - 개구에서 방출되는 레이저 방사

5.8 방사 출력 및 표준 정보

제품이 등급되는 표준에 대한 이름과 공표 날짜가 설명 표지에 표시된다. 1 등급 제품을 제외하고는 각 레이저 제품의 설명 표지 (그림 2)에는 레이저 방사의 최대 출력 (정의 3.55 참조), 펄스 지속 시간 (적절한 경우) 및 방출 파장(들)이 표시되어 있다. 1 등급 및 1M 등급의 경우 이 정보가 제품의 설명 표지 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 접근판에는 다음 문구의 표지가 부착된다 (내장 1M 등급 레이저의 경우, 이 문구는 사용자 정보에 포함된다.).

- a) 만약 접근 가능 방사가 방사 레벨이 9.2 g) 및 9.3에 따라 측정되는 1M 등급의 AEL을 초과하지 않을 경우:

주의 - 개방 시 1M 등급 레이저 방사
광계측기로 직접 보지 마시오

- b) 접근 가능 방사가 방사 레벨이 9.2 h)와 9.3에 따라 측정되는 2 등급의 AEL을 초과하지 않을 경우:

주의 - 개방 시 2 등급 레이저 방사
빔을 주시하지 마시오

- c) 접근 가능 방사가 방사 레벨이 9.2 h)와 9.3에 따라 측정되는 2M 등급의 AEL을 초과하지 않을 경우:

주의 - 개방 시 2M 등급 레이저 방사
빔을 주시하거나 광계측기로 직접 보지 마시오

- d) 접근 가능 방사가 3R등급의 AEL을 초과하지 않을 경우:

비고 두 번째 줄에 “빔에 노출을 피하십시오”를 사용한 표지도 허용될 수 있다.

주의 - 개방 시 3R 등급 레이저 방사
직접 눈의 노출을 피하십시오

- e) 접근 가능 방사가 3B등급의 AEL을 초과하지 않을 경우:

주의 - 개방 시 3B 등급 레이저 방사
빔에 대한 노출을 피하십시오

f) 접근 가능 방사가 3B등급의 제한치를 초과한다면;

주의 - 개방 시 4 등급 레이저 방사
직접 또는 분산 빔에 대한 눈이나 피부 노출을 피하십시오

이 정보는 제품 상에서 하나보다 많은 인접 표지로 제공될 수도 있다.

5.9.2 안전 인터록판 표지

적절한 표지는 쉽게 무시할 수 있고 1 등급의 AEL을 초과하는 레이저 방사에 대한 사람의 접근을 허용하는 각각의 안전 인터록과 명확히 부합된다. 이 표지는 인터록 전 및 인터록을 무시하는 동안에 볼 수 있어야 하며 보호 하우징의 제거에 의해 생기는 구멍에 가까운 위치에 있어야 한다. 이 표지에는 다음 문구를 포함하여 첫 줄 후의 추가 줄에 적절한 경우 5.9.1의 a) ~ f) 항목에 명시한 문구를 표시해야 한다.

그리고 인터록은 무시하십시오

5.10 비가시 레이저 방사에 대한 경고

많은 경우, 5절의 표지에 명시된 문구는 “레이저 방사”라는 문구를 포함한다. 단, 레이저 출력이 400 nm ~ 700 nm의 파장 범위를 벗어날 경우, 이 문구는 “비가시 레이저 방사”로, 그리고 이 파장 범위 내 및 밖의 두 파장 범위에 있으면 “가시 및 비가시 레이저 방사”로 수정된다.

제품이 가시 레이저 방사 레벨을 기초로 분류되고, 비가시 파장에서 1 등급의 AEL을 초과하여 방출하면, 표지에는 “레이저 방사” 대신 “가시 및 비가시 레이저 방사”라는 문구가 표시된다.

5.11 가시 레이저 방사에 대한 경고

5절의 표지를 위한 “레이저 방사” 문구는 레이저 제품의 출력이 400 nm ~ 700 nm의 (가시) 파장 범위 내에 있으면 “레이저 광”으로 수정된다.

6 기타 정보 요구사항

6.1 사용자 정보

레이저 제품 제조자는 모든 관련 안전 정보를 포함하는 사용자 지침서 및 동작 매뉴얼을 제공해야 한다 (또는 이들의 규정을 참조해야 한다). 아래에 기재한 안전 정보를 제공하고, 어떤 추가 정보가 관련되어 있으며, 따라서 제공되어야 하는지를 결정하는 것은 제조자의 책임이다.

비고 관련되거나 관련되지 않은 정보는 그 의도한 애플리케이션을 포함하는 특정 제품에 따라 다르며, 국내 법규에 따를 수도 있다.

다음의 정보를 제공해야 한다.

- a) 위험한 레이저 방사에 대한 노출을 피하기 위해 사전 주의에 관련되는 명백한 경고 그리고 적절한 경우 등급 분류 제한에 대한 설명을 포함한 적절한 조립, 유지 및 안전 사용을 위한 적절한 지침서 (등급 및 가능한 제한에 대한 설명은 부속서 C 참조).
- b) 1M 등급 및 2M 등급 레이저 제품에 대한 추가 경고. 확산 빔에 대해서 이 경고는 100 mm의 거리 내에서 특정한 광계측기 (예: 돋보기, 확대기 및 현미경)로 레이저 출력을 보는 것은 눈에 위험 할 수 있다는 것을 언급해야 한다. 평행 빔에 대해서 이 경고는 일정한 거리에서의 사용을 위해 설계된 특정한 광계측기 (예: 망원경 및 쌍안경)로 레이저 출력을 보는 것은 눈에 해로울 수 있다는 것을 언급해야 한다.
- c) 1 등급 AEL을 초과하는 레이저 방사 레벨에 대해 동작 및 유지 절차 실행 중 보호 하우징으로부터 방출되는 방사 형태(들)에 대한 설명. 적절한 경우, 이것은 다음과 같은 적절한 단위로 된 언급을 포함해야 한다.
- 파장
 - 빔 발산
 - 펄스 지속시간 및 반복률 (또는 비주기적인 펄스 형태에 대한 설명)
 - 최대 전력 또는 에너지 출력
- 그 값은 적절한 경우, 누적되는 측정값의 불확실성과 제조사의 측정값에 추가되는 제조 후의 측정량의 증가를 포함해야 한다. 의도치 않은 모드-로킹으로 인한 펄스 지속시간은 명시할 필요가 없다. 반면, 의도하지 않은 모드-로킹을 일으키는 것으로 알려진 제품과 관련된 조건들은 명시해야 한다. 차단파 펄스에 대해 방사 대역폭 (즉, 방출의 파장 범위)을 명시해야 한다.
- d) 내장된 레이저 제품과 다른 결합된 레이저 제품에 대해, 결합된 레이저를 설명하는 정보 (항목 c) 참조). 이 정보는 또한, 위험한 레이저 방사로의 부주의한 노출을 피하기 위해 사용자에게 대한 적절한 안전 지침을 포함해야 한다. 이것은 특히 1 등급, 1M 등급, 2 등급 또는 2M 등급으로 분류된 내장 레이저 제품에 적절하지만 여기서 이들 등급의 AEL을 초과하는 접근 가능 방출 레벨까지의 인트라빔 시청은 유지 동안 가능하다. 이 경우, 제조자는 레이저의 인트라빔 시청이 방지되어야 한다는 경고를 포함시켜야 한다.
- e) 적절히 관련된 경우, 3B 등급 및 4 등급 레이저 제품에 대한 적용 가능한 MPE 및 NOHD. NOHD는, 관련된 것으로 고려되는 경우, 빔에 있는 광 요소 및 빔 전달 시스템에 크게 의존하므로, 상이한 NOHD 값을 상이한 부속물이나 빔 전달 시스템에 대해 제공할 것을 추천한다. 만약 가변 빔 발산인 경우, NOHD는 일부 선택된 발산 값에 대해 제공될 수 있다. MPE 및 NOHD 값을 언급할 경우, 이들 값을 결정하기 위해 가정된 노출 지속시간을 또한 언급해야 한다. 평행 빔 1M 등급 및 2M 등급 레이저에 대해, 확장된 NOHD (ENOH)를 적절하고 관련된 경우 언급해야 한다.
- 비고** NOHD에 대한 특정 정보는 실내에서 사용되는 평행 빔에는 통상 필요치 않다. 그 경우, MPE가 초과할 수 있는 범위의 정도만을 나타내는 것이면 보통 충분하다.
- f) 적절한 경우, 눈 보호 선택을 위한 정보. 이것은, 눈 보호 장비 표면에 입사될 수 있는 조사 또는 방사 노출 레벨뿐만 아니라 필요한 광 밀도를 포함하여, 저항 레벨을 결정할 수 있다.
- 비고** 많은 나라들은 개인 보호 장비를 위한 규정 및 표준을 갖고 있다. 이들 요구사항에 대해서는 적절한 국가 기관에 문의한다.

- g) 레이저 제품에 부착되거나 레이저 제품과 함께 제공되는 모든 필요한 표지 및 위험 경고의 읽을 수 있는 재현 (색 선택). 제품에 부착된 각 표지의 대응하는 위치를 나타내어야 하거나, 제품과 함께 제공되는 경우, 그러한 표지가 제품에 부착될 수 없지만, 제품과 함께 공급되었다는 언급과 이들이 공급된 형태와 방식의 언급을 제공해야 한다.
- h) 1 등급 AEL을 초과하는 레이저 방사가 방출되는 레이저 개구의 모든 위치의 매뉴얼에서의 명확한 표시.
- i) 제어, 조정 및 동작 및 유지 절차 목록으로서, 경고 “주의 – 여기 명시한 것들이 아닌 제어나 조정이나 절차의 실행은 위험한 방사 노출을 일으킬 수 있습니다” (또는 대안적으로, 동일한 적절한 경고)를 포함한 목록.
- j) 레이저 방출에 필요한 레이저 에너지 소스를 포함하지 않는 레이저 제품이 경우, 안전을 보장하기 위한 레이저 에너지원에 대한 호환 요구사항의 언급.

6.2 구매 및 서비스 정보

레이저 제품의 제조자는 다음을 제공하거나 제공되게 해야 한다.

- a) 모든 카탈로그에서, 명세서 및 설명 브로셔에서, 각 레이저 제품의 등급 분류와 어떤 경고는 적절한 경우, 6.1 b)에 명시한 것을 포함하여 언급되어야 한다.
- b) 딜러와 배포자, 및 요청하는 사람들에게 서비스 하기 위해 레이저 제품의 모델별 서비스 조정 및 절차에 대한 다음과 같은 충분한 지침을 제공해야 한다.
 - 1 등급을 초과하는 레이저 방사에 대한 노출 및 다른 위험을 피하기 위해 취해야 한다는 명백한 경고 및 사전주의
 - 제품을 부합하는 상태로 유지하는데 필요한 유지 스케줄
 - 제조자 또는 대리인이 아닌 사람이 이용할 수 있어 접근 가능한 방사 방출 레벨을 증가시킬 수 있는 제어 및 절차들의 목록
 - 표 4 ~ 표 9의 접근 가능 제한치를 초과한 레이저 방사에 접근하게 할 수 있는 보호 하우징의 범위부 위치에 대한 명백한 설명
 - 서비스 인력을 위한 보호 절차
 - 필요한 표지 및 위험 경고의 읽을 수 있는 재생 (색 선택)을 포함하는 지침

7 특정 레이저 제품에 대한 추가 요구사항

7.1 표준 계열 IEC 60825의 다른 부분

특정 응용에 대해, 다음의 IEC 60825 계열 중 하나 또는 다른 것을 적용할 수도 있다 (인용표준 참조).

- IEC 60825-2, *Safety of optical fibre communication systems* (적용 기록 및 예를 제공한다)
- IEC 60825-4, *Laser guards* (특히, 고출력 레이저가 사용되는 경우, 레이저 보호대 및 소재에 대한 설계 및 구성 정보를 제공한다)
- IEC 60825-12, *Safety of free space optical communication systems used for transmission of information*

추가 정보는 다음 표준들에서 볼 수 있다.

- IEC/TR 60825-3, *Guidance for laser displays and shows*
- IEC/TR 60825-5, *Manufacturer's checklist for IEC 60825-1* (안전 보고서에서 사용에 적절함)
- IEC/TR 60825-8, *Guidelines for the safe use of laser beams on humans*
- IEC/TR 60825-9, *Compilation of maximum permissible exposure to incoherent optical radiation (broadband sources)*
- IEC/TR 60825-10, *Application guidelines and explanatory notes to IEC 60825-1*
- IEC/TR 60825-13, *Measurements for classification of laser products*
- IEC/TR 60825-14, *A user's guide*
- IEC 62741 (CIE S009), *Photobiological safety of lamps and lamp systems*

7.2 의료 레이저 제품

의료 레이저 제품 각각은 그 등급의 레이저 제품에 대한 적용 요구사항 모두에 부합해야 한다. 게다가, 어떤 3B 등급이나 4 등급 의료 레이저 제품은 IEC 60601-2-22를 따라야 한다.

7.3 레이저 처리기

레이저 처리기는 그 등급의 레이저 제품에 대한 적용 요구사항 모두에 부합해야 한다. 게다가, 어떤 이들 제품은 ISO/IEC 11553-1을 따라야 한다.

7.4 전기 장난감

레이저 제품인 전기 장난감은, 그 등급의 레이저 제품에 대한 적용 요구사항 모두에 부합해야 한다. 게다가, 이들 제품은 IEC 62115를 따라야 한다.

7.5 가전 제품

레이저 제품인 가전 제품은, 그 등급의 레이저 제품에 대한 적용 요구사항 모두에 부합해야 한다. 게다가, 이들 제품은 다음의 표준 중 하나를 따라야 한다: IEC 60950 (IT 장치) 및 IEC 60065 (AV 장비)를 따라야 한다.

8 등급 분류

8.1 일반 사항

레이저 빔의 파장, 에너지 함유량 및 펄스 특성의 넓은 범위 때문에 빔의 사용시 발생하는 위험은 다양하다. 레이저를 공통 안전 제한이 적용되는 단일군으로 간주할 수 없다. 부속서 C는 (예컨대, 광 보조 시정으로부터 발생할 수도 있는 것과 같은) 등급 및 가능 제한과 관련된 위험을 더 상세하게 기재한다.

8.2 등급 분류 의무

레이저 제품의 정확한 등급을 제공하는 것은 제조자의 의무이다 (4.1 참조).

제품 등급은 최대한 적절한 등급으로 할당될 제조 후 동작 동안 능력의 전 범위에 대하여 접근 레이저 방사의 출력 전력과 파장의 조합에 근거하여 구분된다.

레이저 제품은 예컨대 기술 제어, 표지 및 사용자 정보와 같은 특정 등급에 대한 이 제 1부 내의 모든 요구사항을 충족할 경우, 이 등급에만 할당될 수 있다.

8.3 등급 분류 규칙

등급 분류 규칙을 위해 다음 등급 순위 (위험도가 높은 순서)가 사용된다 (등급이 높을수록 위험도 증가): 1 등급, 1M 등급, 2 등급, 2M 등급, 3R 등급, 3B 등급, 4등급.

비고 1M 또는 2M 등급 레이저 제품의 등급 분류에 대해서는 조건 3에 지정된 개구의 사용은 큰 직경 또는 강한 빔의 발산으로부터 집중되는 방사의 양을 제한한다. 예를 들면, 적용 가능한 조건 아래에서 측정될 때, 1M 등급과 2M 등급 제품은 2 등급이나 3R 등급의 AEL보다 더 높은 측정된 총 에너지와 전력을 갖는다. 그러한 레이저 제품에 대해서는 1M 또는 2M 등급 분류가 적절하다.

1 등급, 1M 등급, 2 등급, 2M 등급, 3R 등급 및 3B 등급에 대한 접근 가능 방출 제한치 (AEL)는 표 4 ~ 표9에 기재한다. 사용된 보정 계수의 값은 파장, 방출 지속시간, 펄스 수 및 맞변각의 함수로서 표 10에 기재한다.

a) 단일 파장의 방사

AEL이 변하지 않을 만큼 충분히 좁은 방사선의 분광 영역을 갖는 단일 파장의 레이저 제품이 지정 등급에 적당한 조건하에서 측정된 접근 가능 레이저 방사가 지정 등급보다 낮은 모든 등급의 AEL을 초과하지만, 지정된 등급을 초과하지는 않을 때 그 등급에 지정된다.

b) 다중 파장의 방사

1) 표 2에서 추가된 분광 영역에서 2개 이상의 파장을 방출하는 레이저 제품이 (지정 등급에 적당한 조건하에서 측정된) 접근 가능 레이저 방사와 이 파장의 AEL에 대한 비의 합이 지정 등급보다 낮은 모든 등급에 대해서는 1 보다 크지만, 지정 등급에 대해서는 1을 초과하지 않을 때 그 등급에 지정된다.

2) 표 2에 추가되지 않은 것으로 나타내어진 2개 이상의 파장을 방출하는 레이저 제품이 지정 등급에 적당한 조건하에서 측정된 접근 가능 레이저 방사가 최소한 한 파장에 대해서는 지정 등급보다 낮은 모든 등급의 AEL을 초과하지만 다른 파장에 대하여 지정 등급의 AEL을 초과하지 않을 때 그 등급에 지정된다.

표 2 – 다른 분광 영역의 방사에 의한 눈 및 피부에 대한 효과의 가산성

분광 영역 ^a	UV-C 및 UV-B 180 nm ~ 315 nm	UV-A 315 nm ~ 400 nm	가시선 및 IR-A 400 nm ~ 1400 nm	IR-B 및 IR-C 1400 nm ~ 10 ⁶ nm
UV-C 및 UV-B 180 nm ~ 315 nm	O S			
UV-A 315 nm ~ 400 nm		O S	S	O S

가시선 및 IR-A 400 nm ~ 1 400 nm		s	o ^b s	
IR-B 및 IR-C 1 400 nm ~ 10 ⁶ nm		o s	s	o s
o 눈 s 피부				
a 분광 영역의 정의는 표 D.1을 참조한다. b AEL 및 눈 MPE가 1sec 또는 그 이상의 시간 축 또는 노출 지속시간 동안 산정되는 경우, 가산 광화학적 효과 (400 nm ~ 600 nm)와 가산 열 효과 (400 nm ~ 1400 nm)는 독립적으로 결정되어 가장 제한적 값이 사용된다.				

c) 확장원의 방사

400 nm ~ 1 400 nm의 파장 범위를 갖는 레이저원으로부터의 눈에 대한 위험은 겉보기원의 맞변각 α 에 의존한다.

비고 1 원의 맞변각이 $\alpha_{\min} = 1.5$ mrad 보다 클 때 그 원은 확장원으로 고려한다. 대부분의 레이저원은 $\alpha_{\min}$ 미만의 맞변각 α 를 가지며, 빔 내에서 시청할 경우 (인트라-빔 시청), 겉보기 “점 원” (작은 원)으로 보인다. 사실, 원형 레이저 빔은 확장된 원이라면 1.5 mrad 미만의 발산으로 팽행화 될 수 없어서 1.5 mrad 미만의 평면에서의 빔 발산이 명시되는 임의의 레이저는 확장원으로서 취급할 수 없다.

비고 2 망막의 열 위험 평가 (400 nm ~ 1 400 nm)를 위해서는 확장원을 위한 AEL은 원의 맞변각에 따라 직접 변한다. 망막의 광화학적 위험 평가 (400 nm ~ 600 nm)를 위한 1초보다 긴 노출 동안에는 AEL은 원의 맞변각에 따라 직접 변하지 않는다. 하지만 노출 기간 (9.3.3b) 1))에 따라 11 mrad 이상의 제한 수용각 γ_{ph} 가 측정용을 위해 사용되며, 겉보기원의 맞변각 α 에 대한 수용각 γ_{ph} 의 관계는 측정값에 영향을 준다.

비고 3 $C_6 = 1$ 인 디폴트 조건에 대해 간단한 표 4에 1 등급 및 1M 등급의 AEL이 제공된다.

$\alpha_{\min}$ 이하 각에 대응하는 원의 AEL과 MPE는 겉보기원의 맞변각 α 에 무관하다.

조건 1이 적용되는 (9.3.3 참조) 가장 제한적인 위치에서 레이저 제품의 등급을 지정하기 위해 겉보기원의 맞변각 α 배율의 7배는 C_6 를 결정하기 위해 적용된다. 즉, $C_6 = 7 \times \alpha / \alpha_{\min}$. ($7 \times \alpha$) 값은 C_6 를 계산하기 전 $\alpha_{\max}$ 로 제한된다. A의 7배 값은 표 10의 T₂의 결정에 이용되어야 한다.

비고 $\alpha < 1.5$ mrad 이면서 $7 \times \alpha > 1.5$ mrad인 경우, 표 5와 표 8의 $\alpha > 1.5$ mrad를 위한 제한값이 적용된다.

d) 비균일 망막 영상 조사 프로파일, 비원형 및 다중원 겉보기원

열 망막 제한치와 비교하기 위해 만약,
파장 범위가 400 nm ~ 1400 nm이고,
AEL이 C_6 에 의존하고,

만약,
망막 영상이 균일한 조사 프로파일[☒]을 갖지 않거나,

망막 영상 프로파일이 다중 점으로 구성된다면,

측정 또는 산정은 다음의 시나리오 각각에 대해 이뤄져야 한다.

모든 단일점,
여러 점 집합, 및
부분 영역.

각 시나리오에서 대응한 각각의 가능한 각 α 에 대해 AEL을 초과하지 않는다는 것을 확신할 필요가 있다. 점 집합이나 부분 영역의 산정에 대해 수용각은 $\alpha_{\min}$ 과 $\alpha_{\max}$ 사이에서 변하여 즉, $\alpha_{\min} < \gamma < \alpha_{\max}$ 에서 각 시나리오와 관련된 부분 접근 가능 방출을 결정한다. 이들 부분 접근 가능 방출 레벨을 각 AEL과 비교하기 위해 α 의 값은 γ 와 같게 설정된다.

등급 분류는

미소 영역의 맞변각 α 에 걸친 이 영역 내의 미소 접근 가능 방출과,
대응하는 AEL 사이의 비가 최대가 되는 경우를 기초로 한 것이다.

직사각형이나 선형원의 맞변각은 원의 두 각도 치수의 산술 평균 평균에 의해 결정된다. $\alpha_{\max}$ 보다 크거나, $\alpha_{\min}$ 보다 작은 각도 치수는 평균을 계산하기 전에 각각 $\alpha_{\max}$ 또는 $\alpha_{\min}$ 로 제한된다.

광화학적 제한 (400 nm ~ 600 nm)은 원의 맞변각에 의존하지 않으며, 그 원은 9.3.3 b)에서 명시한 제한된 수용각으로 측정된다. 제한된 수용각보다 큰 원에 대해 접근 가능한 방출은 최대 방출값을 생성하는 미소 겹보기원에 대해 결정해야 한다.

e) 시간축

이 표준에서 등급 분류를 위해 사용되는 시간축은 다음과 같다.

- 1) 400 nm ~ 700 nm의 파장 범위에서 2 등급, 2M 등급 및 3R 등급 레이저 방사를 위한 0.25 sec,
- 2) 1)과 3)에 열거한 경우를 제외한 400 nm 보다 큰 파장의 레이저 방사를 위한 100 sec,
- 3) 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.

제품 등급을 결정할 때 시간축 내의 모든 가능한 방출 지속 기간이 고려되어야 한다. 이것은 단일 펄스의 방출 레벨은 펄스의 방출 지속 기간에 적용되는 AEL 등과 비교되어야 함을 의미한다. 등급 시간축의 지속시간 동안 방출 레벨을 단지 평균하는 것 또는 더 짧은 방출 지속시간을 고려하지 않고 시간축의 값을 단지 평가하는 것만으로 충분하지 않다.

비고 분광의 가시 및 비가시 부에서 방출하는 멀티 파장 방출 레이저 제품에 대해서 그러한 방출은 추가로 해결되며 (표 2 참조), 가시부는 그 자체로 2 등급 또는 2M 등급 또는 3R 등급으로 분류 되고, 비가시부는 그 자체로 1 등급이나 1M 등급으로 분류되며, 추가된 방출의 평가를 위한 시간 축은 비가시부에 대해서만 0.25 s일 수도 있다.

f) 반복 펄스 또는 변조 펄스

다음 방법은 반복 펄스나 변조 방출에 적용될 레이저 제품의 등급을 결정하기 위해 사용된다.

모든 파장 요구사항에 대해서, 1) 및 2)는 평가되어야 한다. 게다가, 400 nm ~ 10⁶ nm의 파장

범위에 대해서 요구사항 3) 또한 열 제한과 비교되어 평가되어야 한다. 요구사항 3)은 광화학적 제한과 비교하기 위해 평가될 필요는 없다.

등급 (표 4 ~ 표 9 참조)은 1), 2), 및 적용 가능한 경우 3) 중 가장 엄격한 것을 적용하여 결정한다.

- 1) 펄스 열 내의 한 펄스로부터의 노광량은 단일 펄스를 위한 AEL을 초과하지 않는다.
- 2) 방출 지속 기간 T AEL_T를 갖는 펄스 열의 평균 출력은 방출 지속 기간 T 를 갖는 단일 펄스에 대하여 AEL에 해당하는 출력을 초과하지 않는다.

비고 AEL_{single} 또는 AEL_{s.p. train}과 비교하기 위해 AEL_T는 N 으로 나누어 AEL_{s.p.T}라 한다.

- 3) a) 일정 펄스 에너지 및 펄스 지속시간의 경우:
펄스 당 에너지는 보정률 C_5 로 곱해진 단일 펄스를 위한 AEL을 초과하지 않는다.

$$AEL_{s.p.train} = AEL_{single} \times C_5$$

여기서,

AEL_{s.p. train}

AEL_{single}

N

펄스 열의 단일 펄스를 위한 AEL,

단일 펄스를 위한 AEL (표 4 ~ 표 9),

평가한 방출 지속시간 내의 펄스 열의 유효 펄스 수 (펄스가 T_i 내에서 발생할 때 (표 3 참조), N 은 실제 펄스 수 미만이며, 이하를 참조하십시오). 400 nm와 1400 nm 사이의 파장에 대해, 평가에 고려해야 할 최대 방출 지속시간은 T_2 (표 10 참조)나 적용 가능한 시간 축 중 더 짧은 것이든 어느 것이든 된다. 1 400 nm를 초과하는 파장에 대해, 고려해야 할 최대 지속시간은 10 s이다.

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

C_5 0.25 s보다 더 짧은 개별 펄스 지속 시간에만 적용 가능하다.

복수의 펄스가 T_i 기간 내에 나타난다면 (표 3 참조), 이들 펄스는 N 을 결정하기 위해 단일 펄스로서 계수되며, 개별 펄스의 에너지가 T_i 의 AEL에 비교하기 위해 더해진다.

어느 소정의 시간에 전달되는 어느 펄스 그룹 (또는 열 내의 펄스의 부그룹)으로부터의 에너지는 이 시간에 대한 AEL을 초과하지 않아야 한다.

표 3 – 펄스 그룹이 그 이하에서 더해지는 시간

파장 nm	T_i s
$400 \leq \lambda < 1050$	18×10^{-6}
$1050 \leq \lambda < 1400$	50×10^{-6}
$1400 \leq \lambda < 1500$	10^{-3}
$1500 \leq \lambda < 1800$	10
$1800 \leq \lambda < 2600$	10^{-3}
$2600 \leq \lambda \leq 10^6$	10^{-7}

- b) 펄스 폭과 펄스 간격이 변하는 경우:

전체 시간 펄스 (total-on-time pulse: TOTP) 방법이 사용된다. AEL은 방출 지속기간

또는 T_2 중 어느 것이든 더 작은 것 내에 있는 모든 펄스 지속 기간의 합이 되는 TOTP의 지속 기간에 의해 결정된다. T_1 보다 작은 지속 기간을 갖는 펄스는 T_1 의 지속 기간으로 할당된다. 2개 이상의 펄스가 T_1 의 지속기간 내에 생기면, 이 펄스 군에는 T_1 펄스 지속 기간이 할당된다. 해당 지속 기간을 위한 AEL과 비교하기 위해 모든 펄스의 에너지가 합산된다.

9 접근 가능 방출 레벨의 결정

9.1 시험

시험은 측정 절차 (IEC 61040 참조)에서의 모든 오차와 통계적 불확실성, 방출의 증가, 및 나이에 따른 방사 안전의 저하 등을 고려하여 수행된다.

동작 중 시험은 제품의 등급을 결정하기 위해 사용된다. 동작, 유지 및 서비스 중 시험은 안전 인터록, 표지 및 사용자를 위한 정보에 대한 요구사항을 결정하기 위해 사용된다. 이러한 시험은 합리적으로 예견할 수 있는 단일 사고 상태하에서 수행된다. 하지만, 방출이, 사람의 접근이 있을 것이라고 합리적으로 예측되지 않는 지속시간에 자동 감소에 의해 AEL 미만의 레벨로 감소한다면, 그러한 고려할 필요가 없다.

비고 1 자동 감소는 소자나 시스템 고장과 같은 방출을 안전 상태로 물리적으로 제한시키는 것을 포함한다. 방출의 수동 감소나 종결을 포함하지 않는다.

비고 2 예컨대, 주사 보호대는 사고 상태 동안에 AEL을 초과하는 방출을 방지하기에 충분히 빠르게 반응할 수 없지만, 이것은 사람의 노출이 일어나지 않을 제품에서는 허용될 수 도 있다.

비고 3 고장에 관한 가능성 및 위험의 허용 가능한 분석 모드는 FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) 등 (예컨대, IEC 61508 참조)이다. 가능성 분석은 “합리적으로 예측 가능한 단일 고장 상태”를 결정하는데 도움이 되도록 사용할 수도 있다.

비고 4 등급 분류는 동작 도중에 결정되며, 유지에 관한 제약이 제품의 등급 분류에 의존한다.

4 등급과 같은 에너지 레벨로의 사람의 접근을 막기 위한 보호 하우징의 적합성을 평가할 때 모든 합리적으로 예측 가능한 빔 방향 변화에 대해 단일 사고 사건을 고려해야 한다. 이 분석은 단일 사고 사건이 보호 하우징을 열화시키거나 파괴하기에 충분한 에너지를 생기게 할 것인지를 포함해야 한다. 예컨대, 동작이나 단일 사고 상태 동안에 로봇이나 다른 빔 조작 메커니즘을 도입하거나 광학 장치 또는 공작물을 사용하여 보호 하우징의 표면 상에 에너지를 향하게 할 경우 다음 중 하나가 일어난다.

- 단일 고장이 기술 수단에 의해 제거되어야 한다.
- 하우징 소재가 레이저 에너지에 위협하게 노출되기에 충분한 보호 특성의 열화 없이 에너지를 견뎌야 한다.
- 고장은 검출되어 보호 하우징을 통한 레이저 방사의 방출이 열화가 발생하기 전 방지되어야 한다.

IEC 60825-4에 명시한 바와 같이, 30 000 s 미만의 보호 하우징의 평가 시간은 제품의 등급 분류에 적용되지 않는다.

비고 1 그 이유는 등급 분류가 사람의 개입 없이 고려되어야 하고 (4.2.1 참조), 그에 따라 사용자에게 의한 보호 하우징의 검사가 고려되지 않기 때문이다.

비고 2 사람의 검사나 개입을 고려한 보호 하우징 평가는 안전 레벨을 구축하거나, 제품 등급 분류에 상관없이 합리적으로 예측 가능한 고장 사건이나 복수의 고장 사건으로 인한 하우

장의 잠재적 열화의 검출에 사용될 수도 있다.

등가의 시험이나 절차를 허용 가능하다.

광 증폭기의 경우, 최대 정격 입력 전력 또는 에너지를 포함하는 최대 접근 총 출력 및 에너지를 사용하여 등급이 구분된다.

비고 명백한 출력 전력이나 에너지 제한이 없는 경우, 증폭기에 의해 더해지는 최대 전력이나 에너지와 그러한 상태를 달성하는데 필요한 입력 신호 전력이나 에너지를 사용해야 한다.

9.2 레이저 방사 측정

레이저 방사 레벨의 측정은 9.1에 따라 레이저 제품의 등급을 지정하기 위해 필요하다. 레이저원의 물리적 특성과 제한성에 의해 레이저 제품이 특별한 등급에 지정되면 이 측정은 불필요하다. 측정은 다음과 같은 조건 하에서 수행된다.

- a) 레이저 제품의 시동, 안정된 방출 및 정지를 포함한 AEL을 최대화 하는 조건 및 절차.
- b) 방사의 최대 접근 레벨을 얻기 위해 결합하여 조절된 운전, 유지 및 서비스 지침에 열거된 모든 제어와 설정. 측정에는 방사 위험 (예: 평행 광)을 증가시키는 제품과 함께 제조자에 의해 제공되는 부속물도 사용된다.

비고 이것은 동작 및 유지 지침이 경고를 포함하는데 대한 구성 및 설정을 포함하여, 장비를 사용하거나 인터록을 무효화 시키지 않고도 얻을 수 있는 제품의 임의의 구성을 포함한다. 예컨대, 레이저 빔의 광 경로에서 필터, 확산기 또는 렌즈와 같은 광학 소자가 장비 없이 제거될 수 있을 경우, 제품은 최고 위험 레벨을 초래하는 구성에서 시험되어야 한다. 제조자에 의해 광학 소자를 제거하지 말라는 지침은 등급 분류를 더 낮은 등급으로서 정당화할 수 없다. 등급 분류는 제품의 기술 설계를 기초로 하지만, 사용자의 적절한 거동을 기초로 할 수 없다.

- c) 레이저 제품 제조자에 의해 호환되는 것으로 명시되며, 제품으로부터 최대 접근 가능 방사의 최대 방출을 발생시키는 레이저 에너지원의 형태와 결합된 레이저를 갖는 레이저 시스템과는 다른 레이저 제품에 대한 측정
- d) AEL 측정을 위한 동작 중 사람 접근이 가능한 공간상의 점 (예를 들면, 동작을 위해 보호 하우징의 일부분의 제거와 안전 인터록의 무효화가 요구되면 측정은 그 제품 구성 내의 접근 가능한 점에서 수행된다.)에서의 측정
- e) 계측기에 의해 방사의 최대 검출을 초래하도록 레이저 제품에 대한 위치와 방향이 정해진 측정용 검출기로 측정
- f) 측정에 대한 부방사의 영향을 피하거나 제거시키기 위하여 만들어진 적절한 규정
- g) 1 등급 및 1M 등급

1 등급은 180 nm ~ 1 mm의 파장 범위에 적용된다. 1M 등급은 302.5 nm ~ 4000 nm의 파장 범위에 적용된다. 조건 1, 조건 2 및 조건 3 하에서 허용 가능한 방출을 결정하기 위해 표 11을 참조한다.

302.5 nm 미만이고 4000 nm를 초과하는 파장에 있어, 접근 가능한 방출이 조건 3에 대해 1 등급의 AEL 미만일 경우, 레이저 제품은 1 등급으로 지정된다.

302.5 nm ~ 4000 nm의 파장 범위에서,

방사 레벨이

- 조건 1, 조건 2 및 조건 3에 대해 1 등급의 AEL 미만일 경우,

레이저 제품은 1 등급으로 지정된다.

접근 가능한 방출이

- 조건 1 또는 조건 2에 대해 1 등급의 AEL을 초과하고,
- 조건 1 및 조건 2에 대해 3B 등급의 AEL 미만이며,
- 조건 3에 대해 1 등급의 AEL 미만일 경우,

레이저 제품은 1M 등급으로 지정된다.

비고 1 통상, 1M 등급 제품의 접근 가능한 방출은 조건 1 또는 조건 2에 대한 1 등급 AEL을 초과한다. 그러나, 이것이 조건 1 및 조건 2 모두에 대해 AEL을 초과하는 경우, 1M 등급으로도 분류될 수도 있다.

비고 2 3B 등급의 AEL을 검증하는 것은 광 계측기를 통과하는 최대 전력을 제한시키기 위함이다.

접근 가능한 방출이 사람이 접근하는 최근 지점에 위치한 3.5 mm 직경의 개구로 결정되는 3B 등급의 AEL에 대해 표 9에 기재한 값을 초과한다면, 잠재적인 피부 위험에 관한 추가 경고를 기재해야 한다 (5.2 참조).

비고 3 높은 발산 빔을 가진 1M 등급 레이저 제품은 원 (예: 섬유 팁) 인근에, 또는 이에 접촉하여 충분히 큰 조사 레벨을 발생시킬 수 있어서, 피부를 손상시킬 수 도 있다.

h) 2 등급 및 2M 등급

2 등급 및 2M 등급은 400 nm ~ 700 nm의 파장 범위에 적용된다. 조건 1, 조건 2 및 조건 3 하에서의 접근 가능한 방출의 결정에 대해서는 표 11을 참조한다.

접근 가능한 방출이 1 등급 및 1M 등급에 필요한 제한을 초과하고 (항목 g) 참조),

- 조건 1, 조건 2 및 조건 3에 대한 2 등급의 AEL 미만일 경우,

레이저 제품은 2 등급으로 지정된다.

접근 가능한 방출이 1 등급 및 1M 등급에 필요한 제한을 초과하고 (항목 g) 참조),

- 조건 1 또는 조건 2에 대해 2 등급의 AEL을 초과하고,

- 조건 1 및 조건 2에 대해 3B 등급의 AEL 미만이며,
- 조건 3에 대해 2 등급의 AEL 미만일 경우,

레이저 제품은 2M 등급으로 지정된다.

비고 1 3B 등급의 AEL을 검증하는 것은 광 계측기를 통과하는 최대 전력을 제한하고, 피부를 손상시킬 수 있는 발산 원 인근 또는 그에 접촉 시 큰 조사 레벨을 배제하기 위함이다.

비고 2 통상, 2M 등급 제품의 접근 가능한 방출은 조건 1 또는 조건 2에 대한 2 등급 AEL을 초과한다. 그러나, 이것이 조건 1 및 조건 2 모두에 대해 AEL을 초과하는 경우, 2M 등급으로도 분류될 수 있다.

접근 가능한 방출이 사람이 접근하는 최근 지점에 위치한 3.5 mm 직경의 개구로 결정되는 3B 등급의 AEL을 초과할 경우, 잠재적인 피부 위험에 관한 추가 경고를 기재해야 한다 (5.3 참조).

비고 3 높은 발산 빔을 가진 2M 등급 레이저 제품은 원 (예: 섬유 팁) 인근에 또는 이에 접촉하여 충분히 큰 조사 레벨을 발생시킬 수 있어서, 피부를 손상시킬 수 도 있다.

i) 3R 등급, 3B 등급

조건 1, 조건 2 및 조건 3에 대해 9.3에 따라 결정된 방사 레벨이 3R 등급이나 3B 등급의 AEL이하라면, 레이저 제품은 각각 3R 등급 또는 3B 등급으로 지정된다. 또한 8.3의 처음 문단 아래의 비고를 참고한다.

j) 4 등급

조건 1, 또는 조건 2, 조건 3 중 어느 하나에 대해 9.3에 따라 결정된 방사 레벨이 3B 등급에 대한 AEL을 초과할 경우, 제품은 4 등급으로 지정되어야 한다.

표 4 - 1 등급 및 1M 등급 레이저 제품, 그리고 $C_6 = 1^{a,b}$ 에 대한 접근 가능한 방출 제한치

파장 λ nm	방출 지속시간 t s												
	10 ⁻¹³ ~ 10 ⁻¹¹	10 ⁻¹¹ ~ 10 ⁻⁹	10 ⁻⁹ ~ 10 ⁻⁷	10 ⁻⁷ ~ 1.8 x 10 ⁻⁵	1.8 x 10 ⁻⁵ ~ 5 x 10 ⁻⁵	5 x 10 ⁻⁵ ~ 1 x 10 ⁻³	1 x 10 ⁻³ ~ 0.35	0.35 ~ 10	10 ~ 10 ²	10 ² ~ 10 ³	10 ³ ~ 3 x 10 ⁴		
180 ~ 302.5	3 x 10 ¹⁰ W·m ⁻²		30 J·m ⁻²										
302.5 ~ 315	2.4 x 10 ⁴ W		열적 위험 (t ≤ T ₁) 7.9 x 10 ⁻⁷ C ₁ J						광화학적 위험 7.9 x 10 ⁻⁷ C ₂ J (t > T ₁)			7.9 x 10 ⁻⁷ C ₂ J	
315 ~ 400			7.9 x 10 ⁻⁷ C ₁ J						7.9 x 10 ⁻³ J		7.9 x 10 ⁻⁶ W		
400 ~ 450	5.8 x 10 ⁻⁹ J	1.0 t ^{0.75} J	2 x 10 ⁻⁷ J	7 x 10 ⁻⁴ t ^{0.75} J				3.9 x 10 ⁻³ J		3.9 x 10 ⁻⁵ C W			
450 ~ 500								3.9 x 10 ⁻³ C ₃ J 및 3.9 x 10 ⁻⁴ W					
500 ~ 700								3.9 x 10 ⁻⁴ W					
700 ~ 1050	5.8 x 10 ⁻⁹ C ₄ J	1.0 t ^{0.75} C ₄ J	2 x 10 ⁻⁷ C ₄ J		7 x 10 ⁻⁴ t ^{0.75} C ₄ J				3.9 x 10 ⁻⁴ C ₄ C ₇ W				
1050 ~ 1400	5.8 x 10 ⁻⁸ C ₇ J	10.4 t ^{0.75} C ₇ J	2 x 10 ⁻⁶ C ₇ J			3.5 x 10 ⁻³ t ^{0.75} C ₇ J							
1400 ~ 1500	8 x 10 ⁵ W		8 x 10 ⁻⁴ J				4.4 x 10 ⁻³ t ^{0.25} J		10 ⁻² t J		1.0 x 10 ⁻² W		
1500 ~ 1800	8 x 10 ⁶ W		8 x 10 ⁻³ J						1.8 x 10 ⁻² t ^{0.75} J				
1800 ~ 2600	8 x 10 ⁵ W		8 x 10 ⁻⁴ J				4.4 x 10 ⁻³ t ^{0.25} J		10 ⁻² t J				
2600 ~ 4000	8 x 10 ⁴ W		8 x 10 ⁻⁵ J	4.4 x 10 ⁻³ t ^{0.25} J									
4000 ~ 10 ⁶	10 ¹¹ W·m ⁻²		100 J·m ⁻²		5 600 t ^{0.25} J·m ⁻²				1 000 W·m ⁻²				
비고 측정 조건 1 및 2를 만족함으로써 1 등급으로 등급 분류하기 위한 요구사항을 충족하는 레이저 제품은 표 11에 명시한 것보다 더 큰 대물 렌즈 직경이나 x 7 보다 큰 배율을 갖는 시정 광학기기와 사용될 때 위험할 수도 있다.													
^a 수정 인자와 단위는 표 10을 참조한다. ^b 10 ⁻¹³ 미만의 방출 지속시간의 AEL은 10 ⁻¹³ s에서 AEL의 등가 전력이나 조사 값과 같도록 설정된다. ^c 450 nm와 500 nm 사이의 파장 범위에서, 이중 제한치가 적용되며, 제품의 방출은 지정된 등급에 적용 가능한 제한치를 초과하지 않아야 한다.													

표 5 - 400 ~ 1 400 nm (망막 위험 영역): 확장된 원^{a,b,c,d,e}의 파장 범위에서 1 등급 레이저 제품에 대한 접근 가능한 방출 제한치

파장 λ nm	방출 지속시간 t s							
	10^{-13} ~ 10^{-11}	10^{-11} ~ 10^{-9}	10^{-9} ~ 1.8×10^{-5}	1.8×10^{-5} ~ 5×10^{-5}	5×10^{-5} ~ 10	10 ~ 10^2	10^2 ~ 10^4	10^4 ~ 3×10^4
400 ~ 700	$5.8 \times 10^{-9} C_6 J$	$1.0 t^{0.75} C_6 J$	$2 \times 10^{-7} C_6 J$	$7 \times 10^{-4} t^{0.75} C_6 J$	400 ~ 600 nm - 망막 광화학적 위험 ^d			
					$\gamma_{ph} = 11 \text{ mrad}$ 를 이용한 $3.9 \times 10^{-3} C_3 J$	$\gamma_{ph} = 1.1 t^{0.5}$ mrad를 이용한 $3.9 \times 10^{-5} C_3 W$	$\gamma_{ph} = 110$ mrad를 이용한 $3.9 \times 10^{-5} C_3 W$	
					AND ^c			
					400 ~ 700 nm - 망막 열적 위험			
					$(t \leq T_2)$ $7 \times 10^{-4} t^{0.75} C_6 J$			
700 ~ 1 050	$5.8 \times 10^{-9} C_4 C_6 J$	$1.0 t^{0.75} C_4 C_6 J$	$2 \times 10^{-7} C_4 C_6 J$	$7 \times 10^{-4} t^{0.75} C_4 C_6 J$		$7 \times 10^{-4} C_6 T_2^{-0.25} W$ $(t > T_2)$		
1 050 ~ 1 400	$5.8 \times 10^{-8} C_6 C_7 J$	$10.4 t^{0.75} C_6 C_7 J$	$2 \times 10^{-6} C_6 C_7 J$		$3.5 \times 10^{-3} t^{0.75} C_6 C_7 J$	$(t \leq T_2)$ $7 \times 10^{-4} t^{0.75} C_4 C_6 C_7 J$		

비고 측정 조건 1 및 2를 만족함으로써 1 등급으로 등급 분류하기 위한 요구사항을 충족하는 레이저 제품은 표 11에 명시한 것보다 더 큰 대물렌즈 직경이나 x 7 보다 큰 배율을 갖는 시정 광학기와 사용될 때 위험할 수도 있다.

^a 수정 인자와 단위는 표 10을 참조한다.

^b 10^{-13} 미만의 방출 지속시간의 AEL은 10^{-13} s에서 AEL의 등가 전력이나 조사 값과 같도록 설정된다.

^c 400 ~ 600 nm 사이의 파장 범위에서, 이중 제한치가 적용되며, 제품의 방출은 지정된 등급에 적용 가능한 제한치를 초과하지 않아야 한다.

^d 각도 γ_{ph} 는 제한된 측정 수용각이다.

^e 1s와 10s 사이의 노출 시간인, 400 nm와 484 nm 사이의 파장, 그리고 1.5 mrad와 82 mrad 사이의 겉보기원 크기에 대해, $3.9 \times 10^{-3} C_3 J$ 의 이중 광화학적 위험 제한치는 1s까지 확장된다.

표 6 - 2 등급 및 2M 등급 레이저 제품에 대한 접근 가능한 방출 제한치

파장 λ nm	방출 지속기간 t s	2 등급 AEL
400 ~ 700	$t < 0.25$ $t \geq 0.25$	1 등급 AEL과 동일함 $C_6 \times 10^{-3} \text{ W}^a$
비고 측정 조건 1 및 2를 만족함으로써 2 등급으로 등급 분류하기 위한 요구사항을 충족하는 레이저 제품은 표 11에 명시한 것보다 더 큰 대물렌즈 직경이나 x 7 보다 큰 배율을 갖는 시청 광학기와 사용될 때 위험할 수도 있다.		
^a 수정 인자와 단위는 표 10을 참조한다.		

표 7 - 3R 등급 레이저 제품 그리고 $C_6 = 1$ ^{a, b, c}에 대한 접근 가능한 방출 제한치

파장 λ nm	방출 지속시간 t s										
	10 ⁻¹³ ~ 10 ⁻¹¹	10 ⁻¹¹ ~ 10 ⁻⁹	10 ⁻⁹ ~ 10 ⁻⁷	10 ⁻⁷ ~ 1.8 x 10 ⁻⁵ 10 ⁻⁵	1.8 x 10 ⁻⁵ ~ 5 x 10 ⁻⁵	5 x 10 ⁻⁵ ~ 1 x 10 ⁻³ 10 ⁻³	1 x 10 ⁻³ ~ 0.35	0.35 ~ 10	10 ~ 10 ³	10 ³ ~ 3 x 10 ⁴	
180 ~ 302.5	1.5 x 10 ¹¹ W·m ⁻²		150 J·m ⁻²								
302.5 ~ 315	1.2 x 10 ⁵ W		열적 위험 4 x 10⁶ C₁ J (t ≤ T₁)^c 광화학적 위험 4.0 x 10⁻⁶ C₂ J (t > T₁)^c							4.0 x 10 ⁻⁶ C ₂ J	
315 ~ 400											
400 ~ 700	2.9 x 10 ⁻⁸ J	5.0 t ^{0.75} J	1 x 10 ⁻⁶ J	5.0 x 10⁻³ W (t ≥ 0.25s) (t < 0.25s) 3.5 x 10⁻³ t^{0.75} J			5.0 x 10 ⁻³ W				
700 ~ 1 050	2.9 x 10 ⁻⁸ C ₄ J	5.0 t ^{0.75} C ₄ J	1 x 10 ⁻⁶ C ₄ J	3.5 x 10 ⁻³ t ^{0.75} C ₄ J					2.0 x 10 ⁻³ C ₄ C ₇ W		
1 050 ~ 1 400	2.9 x 10 ⁻⁷ C ₇ J	52 t ^{0.75} C ₇ J	1 x 10 ⁻⁵ C ₇ J			1.8 x 10 ⁻² t ^{0.75} C ₇ J					
1 400 ~ 1 500	4 x 10 ⁶ W		4 x 10 ⁻³ J				2.2 x 10 ⁻² t ^{0.25} J	5 x 10 ⁻² t J	5.0 x 10 ⁻² W		
1 500 ~ 1 800	4 x 10 ⁷ W		4 x 10 ⁻² J					9 x 10 ⁻² t ^{0.75} J			
1 800 ~ 2 600	4 x 10 ⁶ W		4 x 10 ⁻³ J				2.2 x 10 ⁻² t ^{0.25} J	5 x 10 ⁻² t J			
2 600 ~ 4 000	4 x 10 ⁵ W		4 x 10 ⁻⁴ J	2.2 x 10 ⁻² t ^{0.25} J							
4 000 ~ 10 ⁶	5 x 10 ¹¹ W·m ⁻²		500 J·m ⁻²	2.8 x 10 ⁻⁴ t ^{0.25} J·m ⁻²					5 000 W·m ⁻²		
^a 수정 인자와 단위는 표 10을 참조한다. ^b 10⁻¹³ 미만의 방출 지속시간의 AEL은 10⁻¹³ s에서 AEL의 등가 전력이나 조사 값과 같도록 설정된다. ^c 반복적으로 펄스화된 UV 레이저는 어떠한 제한치도 초과하지 않는다.											

표 8 — 400 nm ~ 1 400 nm (망막 위험 영역): 확장된 원^{a, b}의 파장 범위에서 3R 등급 레이저 제품에 대한 접근 가능한 방출 제한치

파장 λ nm	방출 지속시간 t s									
	10^{-13} $\sim 10^{-11}$	10^{-11} $\sim 10^{-9}$	10^{-9} $\sim 10^{-7}$	10^{-7} $\sim 1.8 \times 10^{-5}$	1.8×10^{-5} $\sim 5 \times 10^{-5}$	5×10^{-5} $\sim 1 \times 10^{-3}$	1×10^{-3} ~ 0.35	0.35 ~ 10	10 $\sim 10^3$	10^3 $\sim 3 \times 10^4$
400 ~ 700	$2.9 \times 10^{-8} C_6 J$	$5.0 t^{0.75} C_6 J$	$1 \times 10^{-6} C_6 J$	$5.0 \times 10^{-3} C_6 W$ ($t < 0.25s$) $3.5 \times 10^{-3} t^{0.75} C_6 J$				$5 \times 10^{-3} C_6 W$		
700 ~ 1 050	$2.9 \times 10^{-8} C_4 C_6 J$	$5.0 t^{0.75} C_4 C_6 J$	$1 \times 10^{-6} C_4 C_6 J$	$3.5 \times 10^{-3} t^{0.75} C_4 C_6 J$					$3.5 \times 10^{-3} C_4 C_6 C_7 T_2^{-0.25} W$ ($t \leq T_2$) $3.5 \times 10^{-3} t^{0.75} C_4 C_6 C_7 J$	
1 050 ~ 1 400	$2.9 \times 10^{-7} C_6 C_7 J$	$52 t^{0.75} C_6 C_7 J$	$1 \times 10^{-5} C_6 C_7 J$			$1.8 \times 10^{-2} t^{0.75} C_6 C_7 J$			$5.0 \times 10^{-2} W$	

^a 수정 인자와 단위는 표 10을 참조한다.

^b 10^{-13} 미만의 방출 지속시간의 AEL은 10^{-13} s에서 AEL의 등가 전력이나 조사 값과 같도록 설정된다.

표 9 – 3B 등급 레이저 제품에 대한 접근 가능한 방출 제한치

파장 λ nm	방출 지속기간 t s		
	$< 10^{-9}$	$10^{-9} \sim 0.25$	$0.25 \sim 3 \times 10^4$
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	$3 \times 10^7 \text{ W}$	$t < 0.06 \text{ s: } 0.03 \text{ J}$ $t \geq 0.06 \text{ s: } 0.5 \text{ W}$	0.5 W
700 ~ 1 050	$3 \times 10^7 \text{ C}_4 \text{ W}$	$t < 0.06 \text{ C}_4 \text{ s: } 0.03$ $t \geq 0.06 \text{ C}_4 \text{ s: } 0.5 \text{ W}$	0.5 W
1 050 ~ 1 400	$1.5 \times 10^8 \text{ W}$	0.15 J	0.5 W
1 400 ~ 10^6	$1.25 \times 10^8 \text{ W}$	0.125 J	0.5 W
수정 인자와 단위는 표 10을 참조한다.			

표 4 ~ 표 9에 사용된 수정 계수 ($C_1 \sim C_7$)와 파괴점 (T_1 및 T_2)은 다음의 식으로 정의한다 (표 10 참조).

표 10 — AEL 및 MPE 평가에 사용하기 위한 수정 계수 및 파괴점

파라미터	분광 영역 nm
$C_1 = 5.6 \times 10^3 t^{0.25}$	180 ~ 400
$T_1 = 10^{0.8(\lambda-295)} \times 10^{-15} \text{ s}$	302.5 ~ 315
$C_2 = 30$	180 ~ 302.5
$C_2 = 10^{0.2(\lambda-295)}$	302.5 ~ 315
$T_2 = 10 \times 10^{[(\alpha - \alpha_{\min})/98.5]} \text{ s}$	400 ~ 1 400
$\alpha < 1.5 \text{ mrad}: T_2 = 10 \text{ s}$	400 ~ 1 400
$\alpha > 100 \text{ mrad}: T_2 = 100 \text{ s}$	400 ~ 1 400
$C_3 = 1.0$	400 ~ 450
$C_3 = 10^{0.02(\lambda-450)}$	450 ~ 600
$C_4 = 10^{0.002(\lambda-700)}$	700 ~ 1 050
$C_4 = 5$	1 050 ~ 1 400
$C_5 = N^{-1/4} \text{ a}$	400 ~ 10^6
$C_6 = 1$	180 ~ 400 및 1 400 ~ 10^6
$\alpha \leq \alpha_{\min}^b: C_6 = 1$	400 ~ 1 400
$\alpha_{\min} < \alpha \leq \alpha_{\max}^b: C_6 = \alpha/\alpha_{\min}$	400 ~ 1 400
$\alpha > \alpha_{\max}^b, c: C_6 = \alpha_{\max}/\alpha_{\min} = 66.7$	400 ~ 1 400
$C_7 = 1$	700 ~ 1 150
$C_7 = 10^{0.018(\lambda-1,150)}$	1 150 ~ 1 200
$C_7 = 8$	1 200 ~ 1 400
$\alpha_{\min} = 1.5 \text{ mrad}$ $\alpha_{\max} = 100 \text{ mrad}$ N 은 적용 가능한 지속기간 내에 포함된 펄스 수이다 (8.3f 및 A.3절).	
비고 1 400 nm 미만이고 1 400 nm을 초과하는 파장에 대해 10^{-9}s 미만의 노출의 효과에 대해서는 제한된 증가만이 있다. 이들 방출 지속시간 및 파장의 AEL은 400 nm 미만이고, 1 400 nm을 초과하는 파장에 대해 10^{-9}s에서 인가된 방사 전력 또는 방사 노출로부터의 등가의 방사 전력이나 조사를 계산하여 유도하였다. 비고 2 개구 조리개에 대해서는 표 11, 그리고 제한 개구에 대해서는 표 A.4를 참조한다. 비고 3 표 4 ~ 표 9의 식과 이들의 주석에서, 파장은 nm 단위로 표시되어야 하고, 방출 지속시간 t는 초 단위로 표시되어야 하고, α는 mrad 단위로 표시되어야 한다. 비고 4 표 4 ~ 표 9의 셀 경계 값 (예: 10s)에 있는 방출 지속시간에 대해, 하한을 적용한다. 부호 “<”가 사용되면 이것은 이하를 의미한다.	
^a C_5 는 0.25s보다 짧은 펄스 지속시간에만 적용 가능하다. ^b C_6 은 열 망막 제한치 동안 펄스 레이저 및 CW 레이저에만 적용 가능하다. ^c 최대 제한 수용각 γ_{ph} 은 $\alpha_{\max}$ 와 같아야 한다 (8.4 d) 참조).	

9.3 측정 기하학적 구조

9.3.1 일반 사항

3가지 측정 조건은 접근 가능한 방출의 결정을 위해 명시된다. 조건 1 및 조건 2는 광학적으로 도움을 받는 시청이 위험을 증가시킬 수도 있는 파장에 적용된다. 조건 1은 망원경과 쌍안경이 위험을 증가시킬 수도 있는 평행 빔에 적용되고자 하며, 조건 2는 현미경과 손 확대기 및 돋보기의 사용으로 위험이 증가하는 높은 발산 출력을 갖는 원에 각각 적용된다. 주사 레이저 방사의 전력 및 에너지 측정을 위해, 조건 3을 사용해야 한다.

적용 가능한 측정 조건의 대부분의 제한을 적용해야 한다. 대부분의 제한 조건이 자명하지 않다면, 각 적용 가능한 조건을 평가해야 한다.

평가 방식의 2가지 유형은 다음과 같이 설명할 수 있다.

- a) 간략한 (디폴트) 방법. 여기서, 등급 분류용 시험이 보통은 쉽게 식별할 수 있는 기준 점에 대한 고정 거리에서 실행된다. 이 간략한 평가에 대해, C_6 (표 10 참조)을 1로 설정하였기 때문에, 겉보기원의 맞변각을 결정할 필요는 없다.
- b) 400 nm ~ 1 400 nm의 망막 위험 영역에서 파장의 방사에 대해, AEL이 확장된 원에 대해 1 보다 큰 값의 파라미터 (C_6)로 증가할 때, 빔의 가장 제약을 받는 위치에서 제품의 등급을 평가해야 한다 (즉, 접근 가능한 방출 값을 대응하는 AEL과 비교해야 한다). 이제 2 방법은 상기 a)의 디폴트 평가보다 더 복잡하지만, 확장된 원에 대해 이 방법은 더 큰 접근 가능한 방출 값을 허용할 수 있다.

비고 가장 제약적인 위치는 많은 경우에 기본 평가에 사용된 기준 점으로의 100 mm 거리 보다는 더 멀리에 있다. 기준 점으로부터 100 mm 거리에서 겉보기원의 맞변각을 결정하면, 이들 경우에, 이 가장 제약적인 위치에서 결정된 AEL을 초과하는 AEL을 얻게 할 것이다.

간략화된 (디폴트) 평가가 원하는 등급 분류를 얻게 한다면, 비록 실제 원이 확장될 수 있고, 실제 계수 (C_6)가 1보다 더 클 수 있으며, 가장 제약적인 위치가 표 11에서 기재된 위치와 상이할 지라도 확장된 원에 대해 완전한 평가를 실행할 필요는 없다 (9.3.2 참조).

비고 소스가 순전히 레이저 다이오드라거나, 우수한 평행 레이저 빔을 방출한다면, 간략화된 (디폴트) 평가는 보통 적절한 방법이다, 즉 9.3.3에 기재된 것과 같은 확장된 원 방법과 등가인 결과를 낳는다.

9.3.2 디폴트 (간략화된) 평가

표 11에서 디폴트, 간략화된 측정 거리는 다음에 적용 가능하다.

- 400 nm 미만이고 1 400 nm을 초과하는 파장의 원,
- 계수(C6)가 1과 같게 설정된 경우,
- 허용의 측정각이 제약되지 않은 때 (즉, 최소 겉보기원의 맞변각 크기이어야 하는 경우) 100 s 보다 더 긴 시간축 값에 대한 광화학적 망막 제한치, 또는
- 광화학적이거나 열적인 망막 제한치가 아닌 (즉, C₆에 의존하지 않는) 다른 제한치 (3B 등급의 AEL 등).

표 11에서 명시한 거리는 표 12에 열거한 기준 점으로부터의 거리로 정의된다.

표 11 - 디폴트 (간략화된) 평가에 대한 측정 개구 직경 및 측정 거리

	조건 1 <i>예컨대 망원경이나 쌍안경이 위험을 증가시킬 수도 있는 평행 빔에 적용됨</i>		조건 2 <i>예컨대 확대경 및 현미경이 위험을 증가시킬 수도 있는 발산 빔에 적용됨</i>		조건 3 <i>도움을 받지 않은 눈 및 주사 빔에 관련된 조사를 결정하는데 적용됨</i>	
파장 nm	개구 조리개 mm	거리 mm	개구 조리개 mm	거리 mm	개구 조리개/ 제한 개구 mm	거리 mm
< 302.5	-	-	-	-	1	0
≥ 302.5 ~ 400	25	2 000	7	70	1	100
≥ 400 ~ 1 400	50	2 000	7	70	7	100
≥ 1 400 ~ 4 000	7 x 조건 3	2 000	7	70	$t \leq 0.35s$: 1 $0.35s < t < 10s$: $1.5 t^{3/8}$ $t \geq 10s$ (s에 t가 속할 경우): 3.5	100
≥ 4 000 ~ 10 ⁵	-	-	-	-	$t \leq 0.35s$: 1 $0.35s < t < 10s$: $1.5 t^{3/8}$ $t \geq 10s$ (s에 t가 속할 경우): 3.5	0
≥ 10 ⁵ ~ 10 ⁶	-	-	-	-	11	0
비고 “조건” 표제 아래의 설명은 정보만을 얻기 위한 통상의 경우이며 배타적이지는 않다.						

표 12 - 기준 점

제품 타입	기준 점
반도체 방출기 (LED, 레이저 다이오드, 초발광 다이오드)	방출 칩의 물리적 위치
주사 방출 (주사선 레이저 포함)	주사 정점 (주사 빔의 선회 점)
선 레이저	선의 초점 (팬 각의 정점)
광섬유 출력	광섬유 팁
완전히 확산된 원	확산기 면
기타	빔 웨이스트
비고 기준 점이, 표 11에 명시한 측정 거리보다 사람이 접근하는 최근 점으로부터 더 먼 거리에 보호 하우징 내부에 위치한다면 (즉, 접근 가능하지 않다면), 측정은 사람이 접근하는 최근 점에서 실행되어야 한다.	

9.3.3 확장된 원의 평가 조건

망막 위험 범위 (400 nm ~ 1 400 nm)의 파장에 대해, 등급 분류에 대한 접근 가능한 방출 및 AEL은 가장 제약적인 위치에서 다음의 경우에 결정되어야 한다:

- 1보다 큰 C_6 의 값이 AEL을 결정하기 위해 고려되는 경우, 또는
- 광화학적 망막 제한치와 비교하기 위해 접근 가능한 방출을 결정하기 위해 제한된 수용각이 고려되는 경우.

접근 가능한 방출 및 AEL(C_6)은 빔 내의 다른 위치에서 서로 결정되고 (즉, 이들은 쌍을 이룬 값이다), 가장 제한적인 위치에 대해 얻은 값이 제품의 등급을 결정하는데 사용된다. 이것이 의미하는 바는, 접근 가능한 방출(AEL과 비교한)과 AEL은 빔 내의 동일한 위치에 대해 결정된다. 즉, 겉보기원 α 의 맞변각(및 그러므로 C_6)은 접근 가능한 방출을 결정하는데 사용되는 개구 조리개의 위치에서 결정된다.

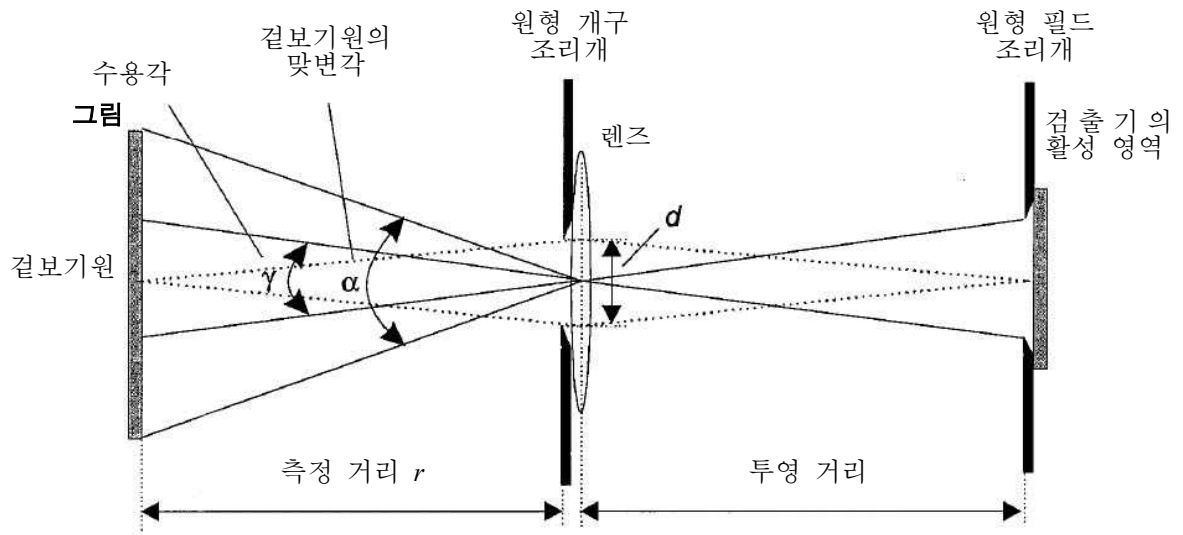
비고 5 레이저 빔의 발산이 1.5 mrad 미만인 경우, 겉보기원 α 의 맞변각은 $\alpha_{\min}$ 이고, 접근 가능한 방출은 9.3.1에서 명시한 조건 하에서 결정될 수도 있다.

비고 6 원이, 투과 확산판과 상에 입사한 레이저 빔과 같이 확산한다면, 확산기를 겉보기원의 위치에서 고려할 수 있고, 확산기의 방출 형태는 비균일 형태의 평가 방법에 대해 겉보기원의 맞변각을 결정하는데 사용될 수 있다 (8.3 d) 참조).

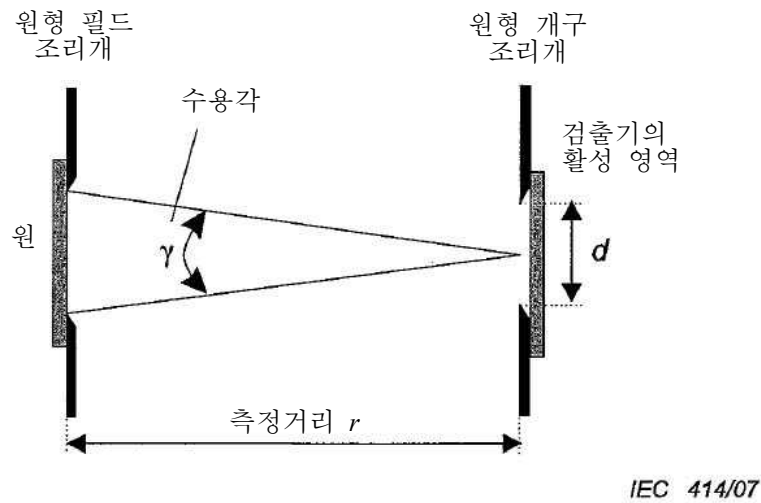
비고 7 복수의 원이나 복수의 초점을 가진 일부 더 복잡한 배열에서 방사선 추적과 같은 더 정교한 기술을 사용하는 것이 더 적절할 수도 있다.

a) 개구 직경

조건 1 및 조건 3에 대해 겉보기원의 맞변각뿐만 아니라 접근 가능한 방출을 결정하는 경우 (이들 둘 다 빔의 가장 제한적인 위치에서 결정될 것이다), 표 11에 명시한 개구 직경을 사용해야 한다 (그림 3 및 그림 4 참조).



IEC 413/07



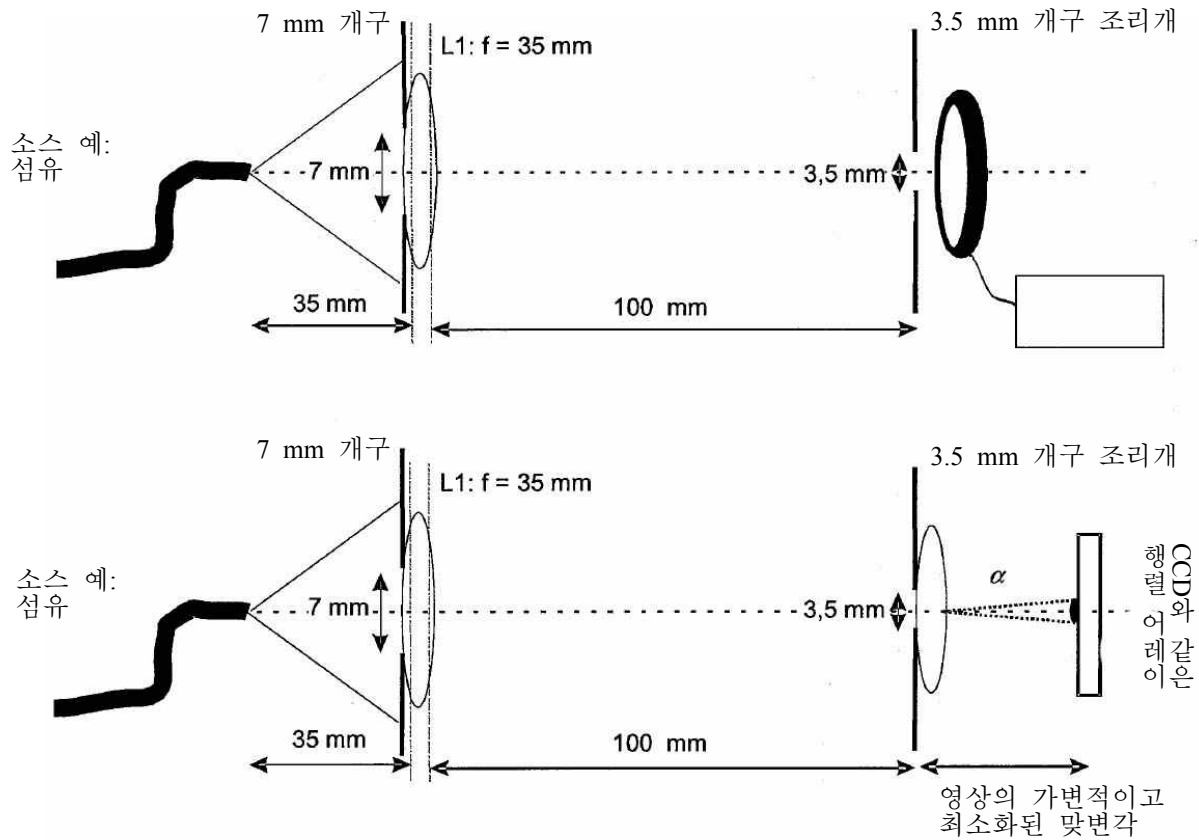
비고 결보기원에 접근할 수 없는 경우, 이 셋-업은 부적절하다.

**그림 4 – 원형 개구나 마스크 (필드 조리개 역할)를 결보기원 가까이 놓아
수용각을 제한하는 측정 셋-업**

조건 2에 대해, 결보기원의 맞변각뿐만 아니라 접근 가능한 방출을 결정할 때, 35 mm의 초점 길이를 가진 양의 렌즈(L1)와 7 mm의 직경을 갖는 개구를 표 12에 기재된 대로 기준 점에서 35 mm의 거리에 놓는다

(그림 5 참조). 결보기원의 맞변각을 결정할 뿐만 아니라 접근 가능한 방출을 결정하는 개구 조리개는 렌즈 (L1)로부터 100 mm의 거리에 놓이며, 이 개구 조리개의 직경은 3.5 mm이어야 한다.

비고 렌즈(L1)는 x7의 배율을 가진 확대경이다. 발산원이 렌즈의 초점 거리에 놓일 경우, 방사는 평행하여 결보기원의 맞변각뿐만 아니라 개구 조리개로 결정되는 접근 가능한 방사 모두에 영향을 미친다. 모든 거리는 정해져 있으므로, 조건 2에 있어, 가장 제한적인 위치를 식별할 필요는 없다.



IEC 415/07

그림 5 — 확장된 원을 고려할 때 (즉, 디폴트, 간략화된 평가를 사용하지 않을 때) 접근 가능한 방출 (위)과 겹보기원의 맞변각 (아래)를 결정하기 위한 실험 셋-업

b) 수용각

수용각은 필드 조리개와 렌즈의 직경 대 필드 멈춤 거리(영상 거리)의 비(그림 3)에 의해서나, 필드 조리개와 원-검출기 거리의 비(그림 4)에 의해 결정된다. 렌즈로 인한 손실을 고려해야 한다.

조건 2 및 조건 3에 대해, 접근 가능한 방출 레벨을 결정하기 위한 수용각은 아래의 1) 및 2)에서 언급한다. 조건 1에 대해, 수용각은 1) 및 2)의 값을 계수 7로 나누어서 결정한다.

1) 광화학적 망막 제한치

광화학적 제한치(400 nm ~ 600 nm)에 대해 평가한 원의 측정에 대해, 제한된 수용각 γ_{ph} 을 표 13에 기재한다.

표 13 — 제한된 수용각 γ_{ph}

방출 지속시간 s	조건 1에 대한 γ_{ph} mrad	조건 2 및 3에 대한 γ_{ph} mrad
$10 < t \leq 100$	1.57	11
$100 < t \leq 10^4$	$0.16 \times t^{0.5}$	$1.1 t^{0.5}$
$10^4 < t \leq 3 \times 10^4$	16	110

원의 맞변각 α 이 명시한 제한된 수용각 γ_{ph} 보다 더 크다면, 수용각은 γ_{ph} 에 대해 명시한 값보다 더 크지 않아야 한다. 원의 맞변각 α 이 명시한 제한된 수용각 γ_{ph} 보다 작다면, 수용각은 전적으로 고려 중인 원을 포함해야 하지만, 그렇지 않은 경우에는 충분히 정의할 필요는 없다 (즉, 수용각은 γ_{ph} 로 제한될 필요가 없다).

비고 $\alpha < \gamma_{ph}$ 인 경우에 하나의 원을 측정할 때, 특정하고, 충분히 정의된 수용각으로 측정할 필요는 없을 것이다. 충분히 정의한 수용각을 얻기 위해, 수용각은, 원을 필드 조리개 상에 투영하거나, 원을 마스크 오프함으로써 정의할 수 있다. 각각 그림 3 및 그림 4를 참조한다.

2) 기타 다른 망막 제한치

광화학적 제한치 이외의 망막 제한치와 비교되는 방사 측정에 대해, 수용각은 고려 중인 원을 전적으로 포함해야 한다(즉, 수용각은 적어도 원의 맞변각 α 과 같아야 한다). 그러나, $\alpha > \alpha_{max}$ 라면, 제한된 수용각은 α_{max} (100 mrad)이다. 400 nm ~ 1 400 nm 파장 범위 내에서, 복수의 점을 구성하는 겉보기원을 평가할 때, 수용각은 $\alpha_{min} \leq \gamma \leq \alpha_{max}$ 범위 내에서 변해야 한다 (8.3 d) 참조).

부속서 A

(참고)

최대 허용 노광량

A.1 일반 사항

접근 가능 방출 제한치(AEL)는 일반적으로 최대 허용 노광량(MPEs)으로부터 유도한다. MPEs는 이 부속서에 포함되어 제조자에게, 그들의 제품을 의도한 대로 사용하는데 관련된 안전 사항(NOHD의 결정과 같은)을 평가하는데 도움을 줄 수 있는 추가 정보를 제공한다.

비고 간략화한 계산은 NOHD를 상당히 과소평가할 수 있다. 예컨대, 레이저 개구가 큰 레일리 범위(Raleigh range) 내에 있을 때, 외부 빔 웨이스트가 있을 때, 또는 빔 프로파일이 가우스 빔 프로파일이라 가정될 때, 개구를 통과하는 출력은 과소평가된다. 그런 경우, 보통 측정에 의해 NOHD를 결정하는 것이 유리하다.

본 표준에 포함된 최대 허용 노광량은 비-이온화된 방사선 보호에 관해 국제 위원회가 공개한 노광 제한치로부터 채택한 것이다. MPE 값은 알려진 위험 레벨 미만으로 설정되며, 실험 연구 결과로부터 얻은 최적의 유용한 정보를 바탕으로 한다. MPE 값은 노광 제어의 지침으로 사용해야 하고, 안전한 레벨과 위험한 레벨 사이를 나누는 정밀한 경계선으로서 간주되지 않아야 한다. 어느 경우에도, 레이저 방사선에는 가능한 적게 노출되어야 한다.

여러 파장으로부터의 노출은 표 A.1, A.2 및 A.3의 MPE에 따른 분광 효율의 비례적 기준에 따른 가산 효과를 갖는다고 가정된다. 단, 분광 영역이 표 2의 행렬에서 눈 노출에 대해서는 부호(o)로 그리고 피부 노출에 대해서는 부호(s)로 가산된 것으로 표시된다. 방사된 파장이 가산된 것으로 표시되지 않는 경우, 위험은 분리해서 평가해야 한다.

표 A.1 — 레이저 방사에 노출된 홍채에서 $C_6 = 1$ 인 경우에 대한 최대 허용 노광량 (MPE)^{a,b}

파장 λ nm	노출 시간 t s										
	10^{-13} $\sim 10^{-11}$	10^{-11} $\sim 10^{-9}$	10^{-9} $\sim 10^{-7}$	10^{-7} $\sim 1.8 \times 10^{-5}$	1.8×10^{-5} $\sim 5 \times 10^{-5}$	5×10^{-5} $\sim 1 \times 10^{-3}$	1×10^{-3} ~ 10	10 $\sim 10^2$	10^2 $\sim 10^3$	10^3 $\sim 3 \times 10^4$	
180 ~ 302.5	$3 \times 10^{10} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$		$150 \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$								
302.5 ~ 315			광화학적 위험^d $(t > T_1)$ $C_2 \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$ 열적 위 $(t \leq T_1)$ $C_1 \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$					$C_2 \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$			
315 ~ 400											$C_1 \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$
400 ~ 450	$1.5 \times 10^{-4} \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$	$2.7 \times 10^4 t^{0.75} \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$	$5 \times 10^{-3} \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$	$18 t^{0.75} \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$				$100 \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$	$C_3 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$		
450 ~ 500								$100 C_3 \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$ 및 $10 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$			
500 ~ 700								$10 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$			
700 ~ 1 050	$1.5 \times 10^{-4} C_4 \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$	$2.7 \times 10^4 t^{0.75} C_4 \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$	$5 \times 10^{-3} C_4 \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$	$1.8 t^{0.75} C_4 \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$				$10 C_4 C_7 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$			
1 050 ~ 1 400	$1.5 \times 10^{-3} C_7 \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$	$2.7 \times 10^5 t^{0.75} C_7 \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$	$5 \times 10^{-2} C_7 \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$		$90 t^{0.75} C_7 \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$						
1 400 ~ 1 500	$10^{12} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$		$10^3 \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$				$5\,600 t^{0.25} \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$	$1\,000 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$			
1 500 ~ 1 800	$10^{13} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$		$10^4 \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$								
1 800 ~ 2 600	$10^{12} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$		$10^{-3} \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$				$5\,600 t^{0.25} \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$				
2 600 ~ 10^6	$10^{11} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$		$100 \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$	$5\,600 t^{0.25} \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$							

^a 수정 계수 및 단위는 표 10을 참조한다.

^b 노광 지속시간과 400 nm 미만, 그리고 1 400 nm를 초과하는 파장의 MPE는 10^{-9} s에서의 방사 노광 제한치로부터의 등가의 조사량을 계산하여 유도하였다. 10^{-13} s 미만의 노광 지속시간의 MPE는 10^{-13} s에서의 MPE의 등가의 조사값과 같도록 설정된다.

^c 450 nm ~ 500 nm의 파장 범위에서, 이중 제한치를 적용하며, 노출은 적용 가능한 제한치를 초과하지 않아야 한다.

^d 반복 펄스 UV 레이저에서 어떤 제한치도 초과하지 않아야 한다.

표 A.2 — 400 nm ~ 1 400 nm 파장 범위에서 확장된 원으로부터의 레이저 방사에 노출된 홍채에서 최대 허용 노광량 (MPE)

파장 λ nm	노출 시간 t s									
	10^{-13} ~ 10^{-11}	10^{-11} ~ 10^{-9}	10^{-9} ~ 1.8×10^{-5}	1.8×10^{-5} ~ 5×10^{-5}	5×10^{-5} ~ 10	10 ~ 10^2	10^2 ~ 10^4	10^4 ~ 3×10^4		
400 ~ 700	$1.5 \times 10^{-4} C_6$ $J \cdot m^{-2}$	$2.7 \times 10^4 t^{0.75} C_6$ $J \cdot m^{-2}$	$5 \times 10^{-3} C_6$ $J \cdot m^{-2}$	$18 t^{0.75} C_6 J \cdot m^{-2}$ $C_1 J \cdot m^{-2}$	400 ~ 600 nm – 망막 화학적 위험 ^a					
					$\gamma_{ph} = 11$ mrad를 이용한 $100 C_3 J \cdot m^{-2}$	$\gamma_{ph} = 1.1 t^{0.5}$ mrad를 이용한 $1 C_3 W \cdot m^{-2}$	$\gamma_{ph} = 110$ mrad를 이용한 $1 C_3 W \cdot m^{-2}$			
					AND ^b					
					400 ~ 700 nm – 망막 열적 위험					
					$(t \leq T_2)$ $18 t^{0.75} C_6 J \cdot m^{-2}$			$18 C_6 T_2^{-0.25} W \cdot m^{-2}$ $(t > T_2)$		
700 ~ 1 050	$1.5 \times 10^{-4} C_4$ $C_6 J \cdot m^{-2}$	$2.7 \times 10^4 t^{0.75} C_4$ $C_6 J \cdot m^{-2}$	$5 \times 10^{-3} C_4 C_6$ $J \cdot m^{-2}$	$18 t^{0.75} C_4 C_6 J \cdot m^{-2}$		$(t \leq T_2)$ $18 t^{0.75} C_4 C_6 C_7 J \cdot m^{-2}$			$18 C_4 C_6 C_7 T_2^{-0.25} W \cdot m^{-2}$ $(t > T_2)$	
1 050 ~ 1 400	$1.5 \times 10^{-3} C_6$ $C_7 J \cdot m^{-2}$	$2.7 \times 10^5 t^{0.75} C_6$ $C_7 J \cdot m^{-2}$	$5 \times 10^{-2} C_6 C_7 J \cdot m^{-2}$		$90 t^{0.75} C_6 C_7$ $J \cdot m^{-2}$					
^a 각 γ_{ph} 은 제한된 수용각 측정치이다. ^b 400 nm ~ 600 nm 파장 범위에서 이중 제한을 적용하고, 노출은 적용 가능한 제한치를 초과하지 않아야 한다. 보통, 광화학적 위험 제한는 단지 10s를 초과하는 노출 지속시간에 적용되지만, 400 nm ~ 484 nm 사이의 파장에서 그리고 1.5 ~ 82 mrad 사이의 겉보기원 크기에서, 100 C ₃ Jm ² 의 이중 광화학적 위험 제한치가 1s 이상의 노출에 적용되어야 한다.										

표 A.3 — 피부의 레이저 방사에 대한 최대 허용 노광량 (MPE) ^{a, b}

파장 λ nm	노출 시간 t s					
	< 10 ⁻⁹	10 ⁻⁹ ~ 10 ⁻⁷	10 ⁻⁷ ~ 10 ⁻³	10 ⁻³ ~ 10	10 ~ 10 ³	10 ³ ~ 3 x 10 ⁴
180 ~ 302.5	3 x 10 ¹⁰ W·m ⁻²	30 J·m ⁻²				
302.5 ~ 315		$J\ m^{-2}$ (t < T₁)			$C_2 J\cdot m^{-2}$ (t > T₁) C₂J·m⁻²	
315 ~ 400		C ₁ J·m ⁻²			10 ⁴ J·m ⁻²	10 W·m ⁻²
400 ~ 700	2 x 10 ¹¹ W·m ⁻²	200 J·m ⁻²		1.1 x 10 ⁴ t ^{0.25} J·m ⁻²	2 000 W·m ⁻²	
700 ~ 1 400	2 x 10 ¹¹ C ₄ W·m ⁻²	200 C ₄ J·m ⁻²		1.1 x 10 ⁴ C ₄ t ^{0.25} J·m ⁻²	2 000 C ₄ W·m ⁻²	
1 400 ~ 1 500	10 ¹² W·m ⁻²	10 ³ J·m ⁻²		5 600 t ^{0.25} J·m ⁻²	1 000 W·m ⁻²	
1 500 ~ 1 800	10 ¹³ W·m ⁻²	10 ⁴ J·m ⁻²				
1 800 ~ 2 600	10 ¹² W·m ⁻²	10 ³ J·m ⁻²		5 600 t ^{0.25} J·m ⁻²		
2 600 ~ 10 ⁶	10 ¹¹ W·m ⁻²	100 J·m ⁻²	5 600 t ^{0.25} J·m ⁻²			

^a 수정 계수 및 단위는 표 10을 참조한다.

^b 10⁻⁹ s 미만의 노출에 대한 효과는 제한된 증거만 있다. 이들 노출 지속시간에 대한 MPE는 10⁻⁹ s에 인가된 조사를 유지함으로써 유도하였다.

^c 0.1 m²를 초과하는 노출된 피부 면적에 대해, MPE는 100 W·m⁻²로 감소한다. 0.01 m²과 0.1 m² 사이에서, MPE는 조사된 피부 면적에 역비례하여 변한다.

A.2 제한 개구

노광량 측정 및 계산을 위해 적절한 개구가 사용되어야 한다. 이것이 제한 개구이고, 조사나 방사 노광량이 평균되는 원영역의 직경으로 정해진다. 제한 개구의 값은 표 A.4에 나와 있다.

$1\,400 \text{ nm} \sim 10^5 \text{ nm}$ 사이의 분광 영역 내의 반복 펄스 레이저 노광량에 대해서는 1 mm 개구가 각 펄스로부터의 위험을 평가하기 위해 사용되며, 3.5 mm 개구는 3 sec 보다 긴 노출에 적용될 MPE를 산정하는데 적용된다.

비고 $400 \text{ nm} \sim 1\,400 \text{ nm}$ 의 파장 범위에서 눈 노광량 값은 7 mm 직경의 개구 (동공)에 대해 측정된다. MPE는 더 작은 동공 직경을 고려하도록 조절되지는 않는다.

표 A.4 – 레이저 조사 및 조사 노출을 측정하기 위한 개구 직경

분광 영역 nm	개구 직경 mm	
	눈	피부
180 ~ 400	1	3.5
≥ 400 ~ 1 400	7	3.5
≥ 1 400 ~ 10 ⁵	$t \leq 0.35 \text{ s: } 1$ $0.35 \text{ s} < t < 10 \text{ s: } 1.5 t^{3/8}$ $t \geq 10 \text{ s: } 3.5$	3.5
≥ 10 ⁵ ~ 10 ⁶	11	11
비고 복수의 펄스 노출은 A.3을 참조한다.		

A.3 반복 펄스 또는 변조 레이저

다음 방법은 반복 펄스 방사에 대한 반복 노출에 적용될 MPE를 결정하는 데 사용된다. 400 nm ~ 10⁶ nm의 파장에 대한 눈 노출을 위한 MPE는 다음과 같은 가장 제한적 요구사항 a), b), c)를 사용하여 결정된다. 요구사항 c)는 망막 열 제한에만 적용되고, 망막 광화학적 제한에는 적용되지 않는다.

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

- a) 펄스 열 내의 단일 펄스로부터의 노광량은 단일 펄스를 위한 MPE를 초과하지 않는다.
- b) 노출 지속 시간 T를 갖는 펄스 열을 위한 평균 노광량은 표 A.1, A.2 및 A.3에서 노출 지속 시간 T의 단일 펄스를 위한 MPE를 초과하지 않는다.
- c) 1) 일정한 펄스 에너지와 펄스 지속시간 값의 경우 펄스 당 노광량은 보정률 C₅로 곱해진 단일 펄스를 위한 MPE를 초과하지 않는다. C₅는 0.25 s보다 짧은 개별 펄스 지속시간에만 적용된다.

$$MPE_{s,p,train} = MPE_{single} \times C_5$$

비고 C₅는 0.25 s보다 짧은 펄스 지속시간에만 적용된다.

여기서,

MPE_{s,p,train} 펄스열에 있는 단일 펄스를 위한 MPE

MPE_{single} 단일 펄스를 위한 MPE

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

N 평가한 노출 지속시간 내의 펄스 열에서의 유효 펄스 수 (펄스가 T_i (표 3 참조) 내에서 발생할 때, N은 실제 펄스 수 미만이고, 이후를 참조한다). 이 평가에서 고려해야 할 최대 노광 지속시간은 400 nm ~ 1 400 nm 사이의 파장에서, T₂ (표 10 참조)나 적용 가능한 시간축 중 어느 것이든 더 짧은 것이 된다. 1 400 nm를 초과하는 파장에서, 고려해야 할 최대 지속시간은 10 s이다.

다중 펄스가 T_i의 기간 (표 3 참조) 내에 나타나면, 다중 펄스는 N을 결정하기 위해 단일 펄스로 간주되고, 개별 펄스의 방사 노광량은 T_i의 MPE에 비교되도록 더해진다.

2) 가변 펄스 폭 또는 펄스 구간의 경우

가변 펄스 폭이나 펄스 구간인 경우, TOTP 방법이 사용된다. MPE는 노출 지속시간이나 T₂ 중 작은 시간 내의 모든 펄스 지속 시간의 합이 되는 TOTP의 지속시간에 의해 결정된다. T_i미만의 지속시간을 갖는 펄스는 T_i의 지속 시간의 펄스로 지정된다. 2개 이상의 펄스가 T_i 지속시간 내에 일어나면, 이 펄스군은 T_i의 펄스 지속시간으로 지정된다. 해당 지속 간을 위한 MPE와 비교하기 위해 모든 개별 펄스의 방사 노광량이 합산된다.

A.4 측정 조건

A.4.1 일반 사항

실제 노광량을 평가하기 위해서 다음 측정 조건이 적용된다.

A.4.2 제한 개구

각 MPE에 비교될 방사 노광량 또는 조사의 값은 표 A.4의 제한 개구에 따라 원형 개구 조리개에 대하여 평균된다. 400 nm ~ 1 400 nm 의 파장 범위에서의 눈 노광량 측정을 위하여 100 mm 의 최소 측정 거리가 사용된다.

A.4.3 수용각

a) 광화학적 망막 제한

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

$10 \text{ s} < t \leq 100 \text{ s}:$	$\gamma_{ph} = 11 \text{ mrad}$
$100 \text{ s} < t \leq 10^4 \text{ s}:$	$\gamma_{ph} = 1.1 t^{0.5} \text{ mrad}$
$10^4 \text{ s} < t \leq 3 \times 10^4 \text{ s}:$	$\gamma_{ph} = 110 \text{ mrad}$

원의 맛변각 α 가 지정된 제한 수용각 γ_{ph} 보다 크면 수용각은 γ_{ph} 를 위해 지정된 값보다 크지 말아야 한다. 원의 맛변각 α 가 지정된 제한 수용각 γ_{ph} 보다 작으면 수용각은 고려 중인 원을 충분히 포함한다. 그렇지 않은 경우, 잘 정의될 필요가 없다 (즉, 수용각은 γ_{ph} 로 제한될 필요는 없다.).

비고 단일 작은 원의 측정을 위해 $\alpha < \gamma_{ph}$ 가 되는 경우, 특정의 잘 정의된 수용각으로 측정할 필요는 없다. 잘 정의된 수용각을 확보하기 위해 수용각은 원을 필드 조리개에 투영하거나, 원을 마스크 오 프함으로써 정의된다.

b) 기타

망막의 광화학적 위험 제한과는 다른 제한과 비교될 방사 측정을 위하여 수용각은 고려 중인 원을 충분히 포함한다 (즉, 수용각은 최소한 원의 맛변각 α 만큼 크다.). 하지만 302.5 nm ~ 4 000 nm의 파장 범위에서 $\alpha > \alpha_{max}$ 이면 제한 수용각은 열 위험 제한을 위해 α_{max} (0.1 rad) 보다 크지 않다. 열 위험 제한을 위한 400 nm ~ 1 400 nm의 파장 범위 내에서 다중 점을 구성하는 겔보기원의 평가를 위한 수용각은 $\alpha_{min} \leq \gamma \leq \alpha_{max}$ 의 범위에 있다 (8.3 d) 참조).

비원형 원을 위한 MPE를 결정하기 위한 직사각형 또는 선형원의 맛변각 값은 원의 두 각 치수의 산술 평균에 의해 결정된다. α_{max} 보다 크거나 α_{min} 보다 작은 각 치수는 평균을 계산하기 전에 각각 α_{max} 또는 α_{min} 으로 제한된다. 망막의 광화학적 위험 제한은 원의 맛변각에 무관하며 그 원은 위에 지정된 수용각으로 측정된다.

A.5 확장원 레이저

작은 원 MPE에 대한 다음 수정은 대부분의 경우 가시 확산 반사에 제한되며, 어떤 경우는 레이저 배열, 선 레이저, 0.2 mm를 초과하는 빔 웨이스트 직경과 2 mrad를 초과하는 발산각을 가진 레이저 또는 확장원 확산 레이저 제품에 적용된다.

400 nm ~ 1 400 nm의 파장에서의 확장원 레이저 방사 (예를 들면, 확장 반사 가시)에 대하여 열 눈 위험 MPE는 원의 맞변각 (관측자의 눈에서 측정된)이 $\alpha_{\min}$ 보다 크면 계수 C_6 로 증가한다. 여기에서 $\alpha_{\min}$ 은 1.5 mrad이다.

보정률 C_6 는 다음과 같이 주어진다.

$$\alpha \leq \alpha_{\min}: \quad C_6 = 1$$

$$\alpha_{\min} < \alpha \leq \alpha_{\max}: \quad C_6 = \alpha / \alpha_{\min}$$

$$\alpha > \alpha_{\max}: \quad C_6 = \alpha_{\max} / \alpha_{\min}$$

부속서 B

(참고)

계산 예

B.1 이 부속서의 예에서 사용한 부호

부호	단위	정의
a	Mm	입사된 레이저 빔의 직경
AEL	W, J, W.m ⁻² 또는 J.m ⁻²	접근 가능한 방출 제한치
α	rad	공간의 한 점에서 본 겹보기원(확산 반사)에 의한 맞변각
α_{min}	rad	확장된 원 기준이 적용되는 원에 의한 최소 맞변각
$C_1, C_2, \dots, C_7$	1	보정률 (표 10 참조)
PRF	Hz	펄스 반복 주파수
H	J.m ⁻²	방사 노광량
E	W.m ⁻²	겹보기원으로부터의 명시한 거리 r 에서의 조사
H_0	J.m ⁻²	입사된 빔 방사 노광량
E_0	W.m ⁻²	겹보기원으로부터의 0인 거리에서의 조사
λ	Nm	레이저 방사의 파장
N	1	노광 지속기간 내에 포함된 펄스 수
P_0	W	CW 레이저의 총 방사 전력 (방사 플럭스) 또는 반복 펄스 레이저의 평균 방사 전력
P_p	W	펄스 레이저의 펄스 내의 방사 전력
ϕ	rad	입사된 레이저 빔의 발산각
π	1	수치 상수 3.142
Q	J	펄스 레이저의 총 방사 에너지
t	s	단일 레이저 펄스의 지속시간
T	s	펄스 열의 총 노광 지속시간
T_1, T_2	s	시간 파괴점 (표 10 참조)

B.2 레이저 제품의 등급 분류 - 소개

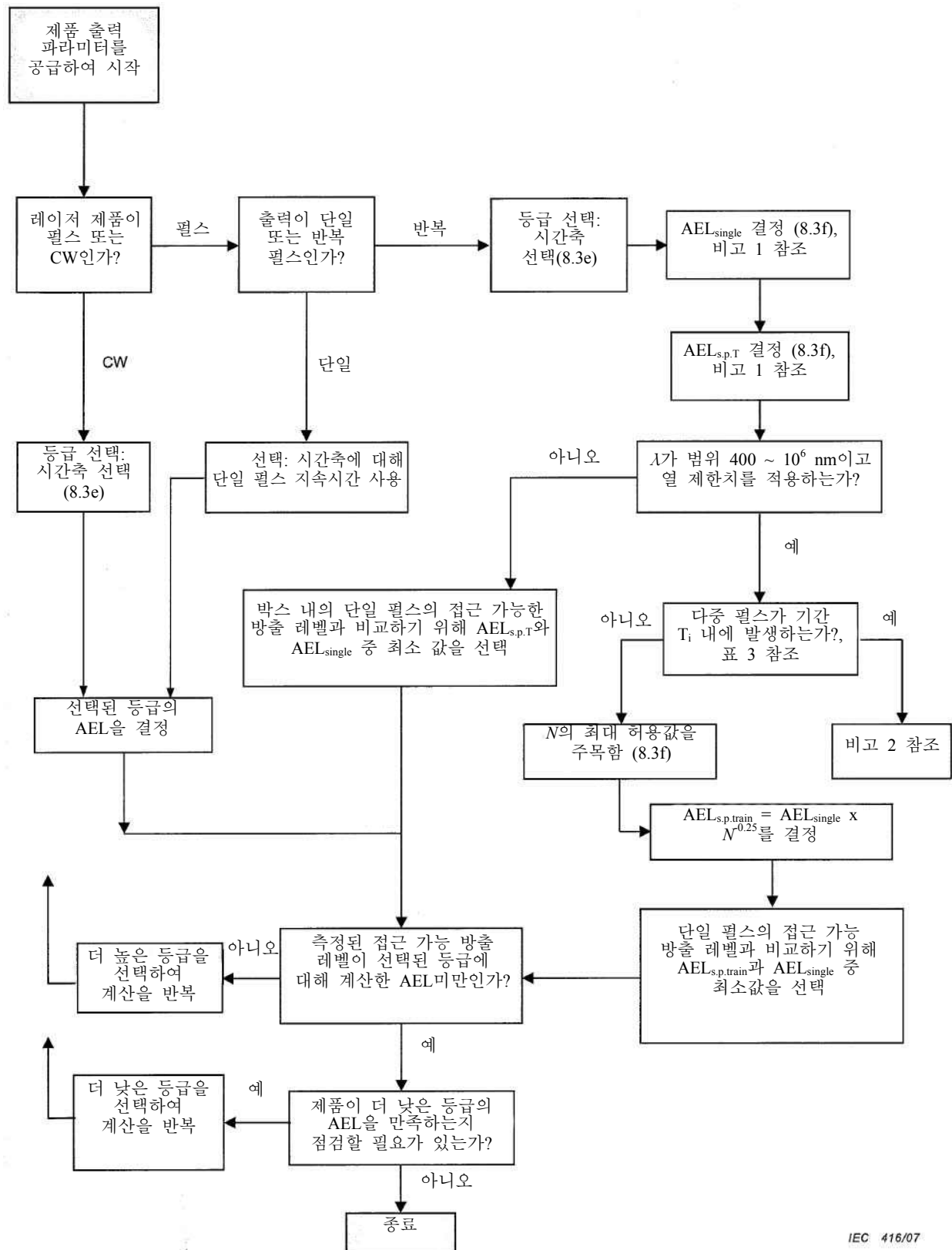
이 부속서에서 제공한 예는 계산 절차를 예시하여, 이 표준에 명시한 측정 조건에 따라 얻은 측정 파라미터에 의해 레이저 제품을 분류하게 한다. 이 부속서에서, 흐름도를 제공하여, 레이저 제품의 등급 계산을 완료하는데 필요할 수 있는 기본 단계를 예시하지만, 모든 레이저 제품이 이들 흐름도에 의해 다뤄지지는 않는다.

8.2 및 8.3에서 명시한 바와 같이,

레이저 제품의 정확한 등급을 제공하는 것은 제조사 및 그 대리인의 책임이다. 제품은 제조 후 어느 시점에서의 동작 동안의 전체 성능 범위에 걸친 접근 가능한 레이저 방사의 출력 전력(들)과 파장(들)의 조합을 기초로 등급 분류되어, 최적의 등급에 지정되게 된다. 1 등급 및 1M 등급, 2 등급 및 2M 등급, 3R 등급 및 3B 등급 (위험도가 증가하는 순으로 열거)에 대한 접근 가능한 방출 제한 (AEL)을 표 4 ~ 표 9에 기재한다.

사용된 보정율의 값은 표 10에서 파장, 방출 지속시간, 펄스 수 및 빔변각의 함수로서 기재되어 있다.

레이저 제품의 정확한 등급은, 그림 B.1 및 그림 B.2에 예시한 바와 같이, 정확한 등급을 결정하기 위해 8.3에서 열거한 등급 중 하나 보다 많은 것에 대해 AEL을 계산하는 단계를 수반할 수도 있다. 1 등급의 AEL 예를 그림 B.3 ~ B.5에 제공한다.



IEC 416/07

그림 B.1 - 공급된 출력 파라미터로부터 레이저 제품을 등급 분류하기 위한 흐름도 지침

비고 1

AEL_{single} 은 단일 펄스의 지속시간에 대해 결정한다.

$AEL_{s,p,T}$ 은 선택한 시간축 상에 결정된 AEL_T 로부터 계산하며, 여기서

만약 이 J 또는 $J.m^{-2}$ 이면, $AEL_{s,p,T}$ 는 $/NT$ (J 또는 $J.m^{-2}$ 단위)이다.

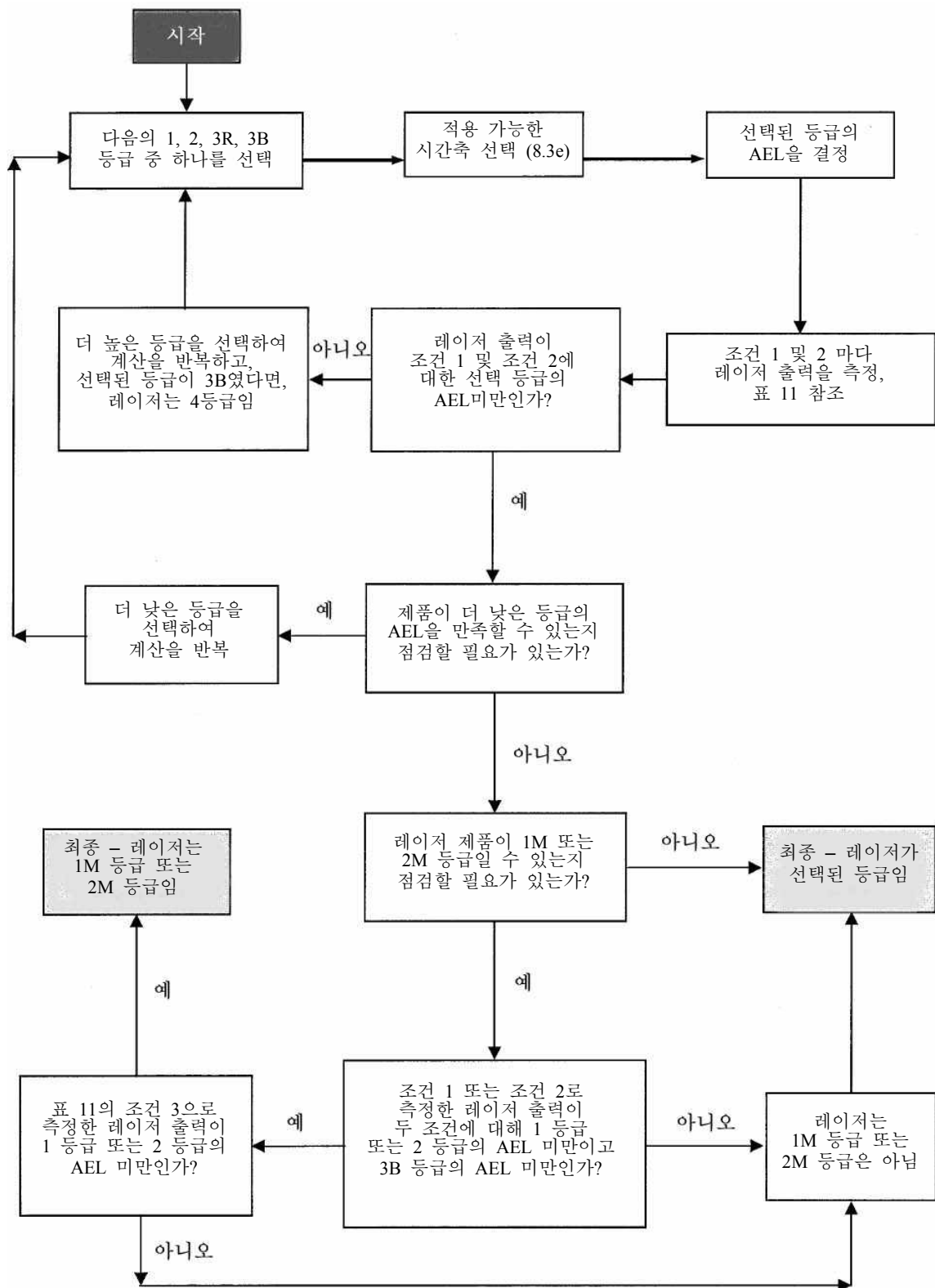
만약 이 W 또는 $W.m^{-2}$ 이면, $AEL_{s,p,T}$ 는 $/PRF$ (J 또는 $J.m^{-2}$ 단위)이다.

T = 초 단위의 선택된 시간축.

N_T = 시간 T 단위의 펄스 수

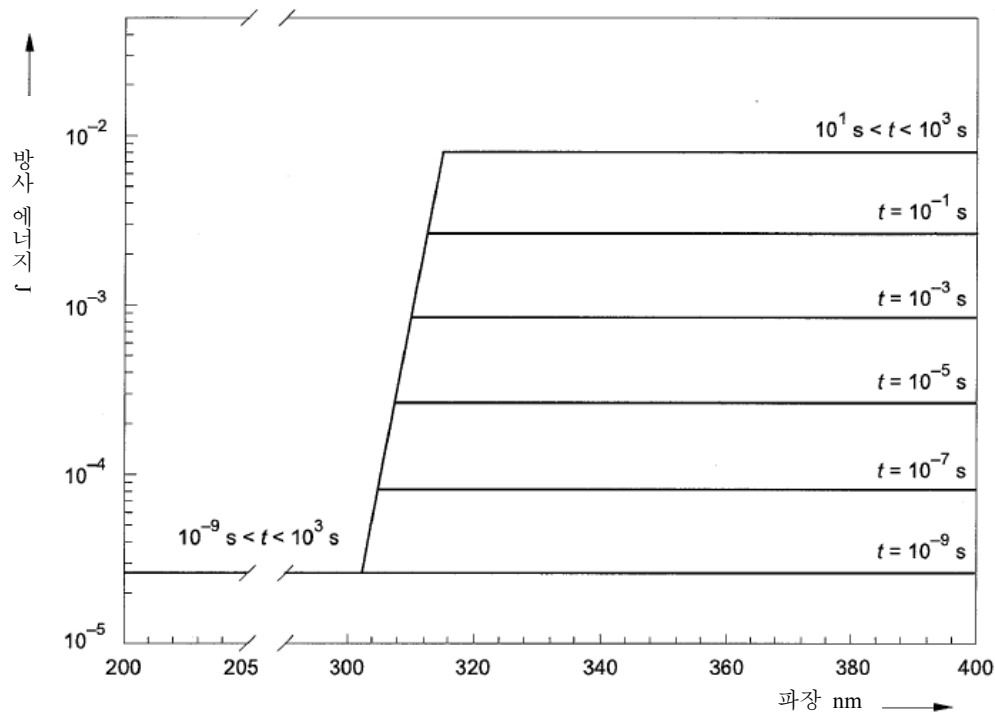
비고 2

다중 펄스가 시간 T_i 내에서 발생한다면, 단일 펄스 지속시간을 T_i 로 변경하고, AEL_{single} 의 새로운 값을 계산한다. 그에 따라 PRF 를 변경하여 N 의 최대 허용값을 결정한다. AEL_{single} 의 새로운 값을, $AEL_{s,p,T}$ 을 식에서 AEL_{single} 의 최종값으로 대체하기 전에 기간 T_i 에 포함된 원래 펄스의 수로 나눈다.



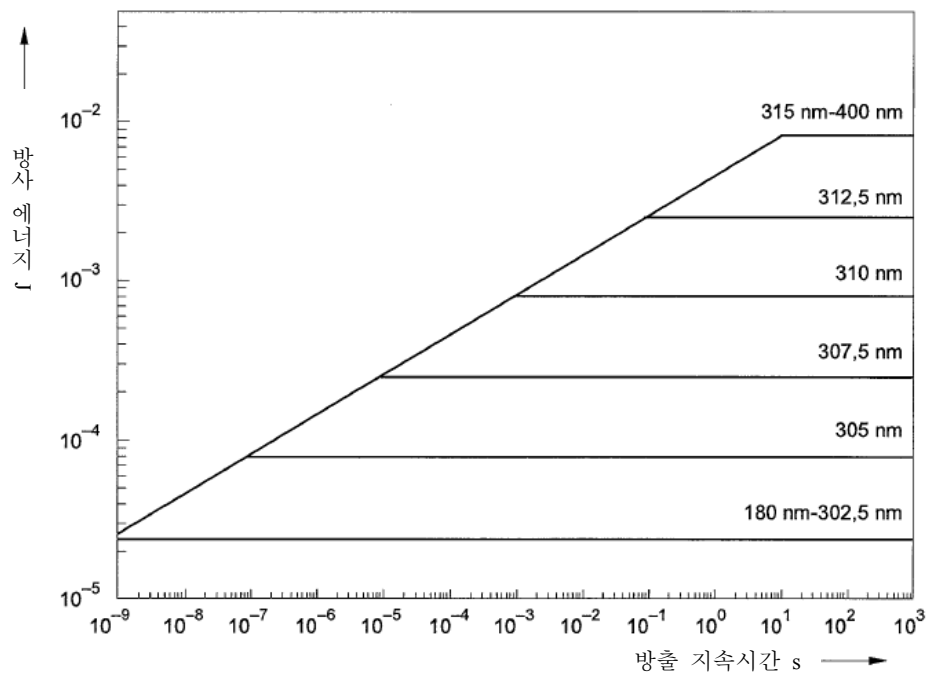
IEC 417/07

그림 B.2 - 1M 등급 및 2M 등급 레이저 제품의 등급 분류에 대한 흐름도 지침



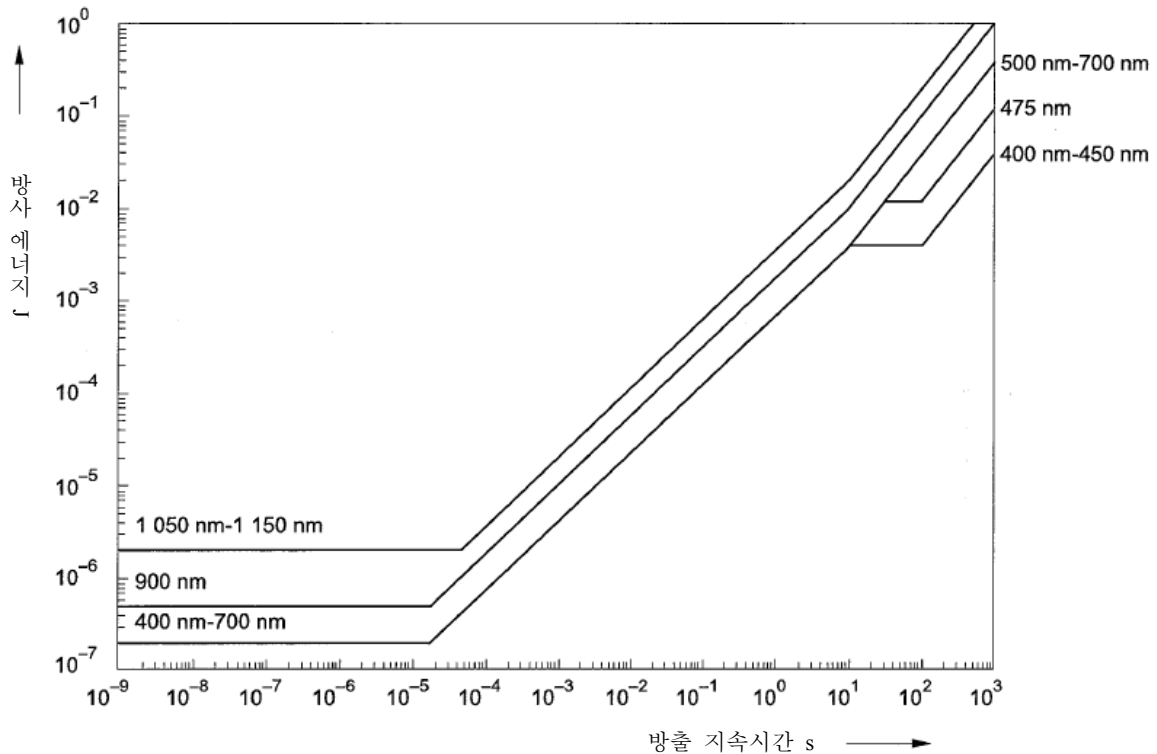
IEC 418/07

그림 B.3 - 10^{-9} s ~ 10^3 s의 선택된 방출 지속시간 동안 1 등급 자외선 레이저 제품의 AELL



IEC 419/07

그림 B.4 - 선택된 파장에서 10^{-9} s ~ 10^3 s의 방출 지속시간 동안 1 등급 자외선 레이저 제품의 AEL



IEC 420/07

그림 B.5 - 1 등급 가시 및 선택된 적외선 레이저 제품의 AEL ($C_6 = 1$)

B.3 예

예 B.3.1

50 mW의 출력 전력, 3 mm의 빔 직경 및 1 mrad의 빔 발산을 갖는 CW HeNe 레이저 ($\lambda = 633$ nm)를 분류한다.

해:

빔 특성으로부터, 이것은 충분히 평행이 된 점원 ($\alpha \leq \alpha_{\min} = 1.5$ mrad)임을 유추할 수 있다. 작은 빔 직경과 발산각으로 인해, 전체 빔 전력은 7 mm 개구를 통과할 것이며, 측정 조건 1, 2 및 3은 동일한 접근 가능한 방출 레벨을 제공할 것이다. 분류 등급을 선택하여 적절한 시간축을 선택한다 (8.3e 참조).

3B 등급과 100 s의 시간축을 선택한다. 레이저 출력이 400 nm ~ 700 nm의 가시 파장 범위에 있을 지라도,

0.25 s의 시간축은 3B 등급에 대해 허용되지 않고, 의도적인 가시는 발생하지 않을 것이다. 3B 등급에 대해, 표 8은 다음을 제공한다.

$$AEL = 0.5 \text{ W}$$

레이저가 50 mW만을 방출하므로, 3B 등급의 AEL을 초과하지 않으며 3B 등급으로서 분류될 수 있다. 그러나 더 낮은 등급의 요구사항을 점검하는 것이 의문시된다면, 제품이 더 낮은 등급의 요구사항을 만족하지는 않을 것임이 항상 자명한 것은 아닐 수 있다.

3R 등급에 대해, 0.25 s 시간축이 400 nm ~ 700 nm 파장 범위, 따라서 표 7로부터 방출에 사용될 수도 있다.

$$AEL = 5 \times 10^{-3} C_6 W$$

표 10으로부터, 충분히 평행인 빔의 직시를 위해 $C_6 = 1$ 이다, 즉 $\alpha \leq 1.5$ mrad이다. 그러므로

$$AEL = 5 \text{ mW}$$

레이저 출력 제품이 50 mW이므로, 이것은 3R 등급의 AEL을 초과하지만, 3B 등급의 AEL 미만이며, 그러므로 레이저는 3B 등급으로 분류될 것이다.

예 B.3.2

평행 렌즈가 없는 12 mW CW 다이오드 레이저 ($\lambda = 900$ nm)는 0.5 rad의 빔 발산을 가지며, 표 11에서 명시한 측정 조건에 대해 다음의 파라미터를 제공하였다. 그 등급은 무엇인가? 100 mm의 측정 거리에서 원의 맞변각 α 를 $\alpha_{\min}$ 이라 가정한다.

- 조건 1: < 레이저 다이오드 칩으로부터의 2 m의 20 mW ~ 50 mm 개구 조리개
- 조건 2: 레이저 다이오드 칩으로부터의 70 mm의 1.4 mW ~ 50 mm 개구 조리개
- 조건 3: 레이저 다이오드 칩으로부터의 100 mm의 0.7 mW ~ 7 mm 개구 조리개

해:

1 등급 및 100 s 시간축을 선택하고 (8.3e 참조), 그에 따라, $\alpha \leq 1.5$ mrad 이고, $t > T_2$ ($\alpha \leq 1.5$ mrad에 대해 $T_2 = 10$ s) (표 10 참조)인 레이저에 대해, AEL은 다음과 같이 표 4로부터 얻는다.

$$AEL = 3.9 \times 10^{-4} C_4 C_7 W$$

여기서, 표 10으로부터, $C_4 = 10^{0.002(\lambda-700)} = 2.51$ 및 $C_7 = 1$ 이다. 그러므로,

$$AEL = 0.98 \text{ mW}$$

이것은, 레이저 다이오드가 레이저로부터 70 mm인 7 mm 개구로 방출하는 것 미만이므로, 이것이 암시하는 바는 제품이 조건 2에 대한 1 등급 분류를 초과하지 않는다는 점이다. 그러나 조건 3 데이터를 1 등급 레이저 제품의 AEL과 비교할 때, 제품은 1등급의 요구사항을 충족한다.

제품이 조건 1 및 3의 1 등급 분류의 요구사항을 만족하지만, 3B 등급의 AEL을 초과하지 않고, 1 등급의 조건 2는 실패하므로, 1M 등급으로 분류된다.

사용자가 평행 렌즈를 이 레이저 다이오드에 고정한다면, 제품은 재분류되어야 한다.

예 B.3.3

두 파장이 동시에 방출된다고 가정하면, 다음의 출력 특성으로, 단일 펄스, 주파수 체배된 네오디뮴 레이저를 분류한다.

출력 펄스 에너지는 $\lambda = 1\,060$ nm에서 100 mJ이다.

출력 펄스 에너지는 $\lambda = 530 \text{ nm}$ 에서 25 mJ이다.
 펄스 지속시간 = 25 ns
 출구 개구 직경 = 5 mm
 각 파장에서의 빔 발산 $< 1 \text{ mrad}$

해:

레이저가 100 s의 시간축에서 하나의 레이저만을 방출할 수 있다고 가정하면, 펄스의 지속시간은 노출 지속시간에 사용될 수 있다. 3B 등급 레이저 제품을 선택하면, 표 9는 AEL을 다음과 같이 제공한다:

$$\lambda = 1060 \text{ nm} \quad AEL_{1060} = 0.15 \text{ J} = 150 \text{ mJ}$$

$$\lambda = 530 \text{ nm} \quad AEL_{530} = 0.03 \text{ J} = 30 \text{ mJ}$$

이들 두 파장의 효과는 더해지며, 다중 파장의 방사를 가진 레이저 제품의 분류에 대해서는 8.3b) 및 표 2를 참조한다.

그러므로,

$$Q_{1060}/AEL_{1060} + Q_{530}/AEL_{530} \leq 1$$

인지를 결정해야 한다

mJ의 적절한 값을 대체하면 다음과 같다

$$100/50 + 25/30 = 1.5$$

이것은 1을 초과하므로, 레이저 제품은 더 높은 등급이어야 한다.

그러므로, 레이저 제품은 4등급이다.

예 B.3.4

개방 빔 보안 시스템에 사용되는 탄소 이산화 레이저 ($\lambda = 10.6 \text{ }\mu\text{m}$)를 분류한다. 0.4 W의 평균 출력 전력,
 2 mm의 빔 직경 및 1 mrad의 빔 발산이라 가정한다.

해:

3R 등급 및 100 s 시간축을 선택하고; 의도한 시청은 기대하지 못한다.

표 7은 3R 등급의 AEL을 $5000 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ 로 제공한다. 주의할 점은, 표 11은 100 s 노출 동안 제한 개구를 3.5 mm로 제공하지만, 레이저 빔 직경은 단지 2 mm라는 점이다. 빔 조사 ($E_0 = P_0/\text{면적}$)를 계산하기 위해, 실제 빔 직경이나 제한 개구 중 더 큰 것을 사용해야 하며, 따라서

$$E_0 = P_0/\text{면적} = 4 \times 0.4/\pi (3.5 \times 10^{-3})^2 = 4.16 \times 10^4 \text{ Wm}^{-2}$$

이것은 3R 등급의 AEL을 초과한다. 표 9는 3B 등급의 AEL을 0.5 W로 제공하며, 그러므로 이 레이저는 3B 등급으로 분류된다.

예 B.3.5

500 Hz의 펄스 반복 주파수, $\lambda = 694 \text{ nm}$ 에서 10 kW의 최대 출력 전력, 5 mm의 빔 직경 및 0.5 mrad의 빔 발산의 1 μs 펄스를 방출하는 레이저를 분류한다.

8.3의 항목 f)은 다음과 같이 요약되는 반복 펄스 레이저의 요구사항의 세목을 포함한다.

400 nm ~ 106 nm 파장의 AEL은 가장 제한적인 요구사항 a), b) 및 c)를 적절히 사용하여 결정한다. 다른 파장에 대해, AEL은 가장 제한적인 요구사항 a) 및 b)를 사용하여 결정한다. 요구사항 c)는 광화학적 제한치가 아니라 열적 제한치에만 적용된다.

3B 등급을 선택하고, 100 s 시간축을 가정한다. 다중 펄스가 기간 T_i 내에 발생할 수 있는지 점검한다. 이 레이저 파장에 대해, $T_i = 18 \times 10^{-6}\text{s}$ 이고, 펄스 사이의 실제 시간은 $1/\text{PRF} = 2 \times 10^{-3}\text{s}$ 이며, 다중 펄스는 기간 T_i 내에 발생하지 않는다. 8.3 f)의 절차를 따른다:

a) 단일 펄스 노출. 표 9는 $t = 10^{-6}\text{s}$ 에 대해 다음을 제공한다.

$$\text{AEL}_{\text{single}} = 0.03 \text{ J}$$

b) 표 9는 $T = 100 \text{ s}$ 의 AEL을 다음과 같이 제공한다.

$$\text{AEL}_T = 0.5 \text{ W}$$

PRF로 나누면, 펄스당 등가의 AEL 에너지를 제공하며; 그러므로

$$\text{AEL}_{\text{s.p.T}} = \text{AEL}_T / \text{PRF} = 0.5/500 = 1 \times 10^{-3} \text{ J}$$

c) $\text{AEL}_{\text{s.p.train}} = \text{AEL}_{\text{single}} \times C_5 = \text{AEL}_{\text{single}} \times N^{-0.25}$, 하지만 N은 $\alpha \leq \alpha_{\text{min}}$ 에 대해 기간 $T_2 = 10 \text{ s}$ 내에 발생하는 펄스 수로 제한된다 (표 10 참조)

그러므로,

$$\text{AEL}_{\text{s.p.train}} = 0.33 \times (10 \times 500)^{-0.25} \text{ J}$$

$$\text{AEL}_{\text{s.p.train}} = 3.57 \times 10^{-3} \text{ J}$$

세 값 중 가장 제한적인 것은 $\text{AEL}_{\text{s.p.T}} = 1 \times 10^{-3} \text{ J}$

펄스 당 레이저 에너지 Q는 다음의 관계로부터 계산한다

$$Q = (\text{최대 전력}) \times (\text{펄스 지속시간})$$

$$Q = 10^4 \times 10^{-6} = 0.01 \text{ J}$$

펄스 당 접근 가능한 방출 에너지가 $AEL_{s,p,T}$ 를 초과하므로, 레이저 제품은 3B 등급의 AEL을 초과하므로, 4 등급일 것이다.

부속서 C

(참고)

등급 및 잠재적으로 관계된 위험에 대한 설명

C.0 일반 사항

이 부속서는 잠재적으로 관계된 위험뿐만 아니라 등급에 대한 설명을 포함한다.

이 부속서는 제품과 관련된 위험을 설명하는 면에서 제조자에게 지침이 되고자 한다. 이 부속서는 또한 등급 분류 방식의 제한, 즉 등급의 일반적으로 관련된 의미가 적절치 않은 상황을 또한 지적한다.

C.1 소개

등급은 레이저의 위험 평가 시 사용자를 돕고 필요한 사용자 제어 조치를 결정하기 위해 개발되었다. 레이저 등급은 피부나 눈 손상에 있어서 접근 가능한 레이저 방사의 잠재적 위험에 관한 것이며, 2차 광 방사로부터의 전기적, 기계적, 또는 화학적 위험과 같은 다른 잠재적 위험에 관한 것은 아니다. 등급을 분류한 이유는 기준선을 초과하는 접근 가능한 전력이 증가함에 따라 부 증가하는 부상 위험을 식별하기 위한 것이며, 1 등급 조건 및 대부분의 조건은 레이저로부터 짧은 거리에서 잠재적인 노출의 위험을 정확히 기술한다. 위험 구역은 한 등급 내의 다른 레이저에 따라 상당히 다를 수 있다. 잠재적 위험은 밀폐함과 같은 추가 기술 제어를 포함하는 추가 사용자 보호용 조치에 의해 크게 감소할 수 있었다.

C.2 등급의 설명

1 등급

심지어 광 시청 계측기 (눈 확대경이나 쌍안경)를 사용하면서 노출이 일어날 때, 장기간 직접 인트라 빔 시청을 포함하여 사용중 안전한 레이저 제품. 1 등급은 또한, 충분히 밀폐되어 있어서, (내장된 레이저 제품을) 사용하는 도중에 잠재적으로 위험한 방사가 접근 가능치 않게 되는 고 전력 레이저를 포함한다. 가시 방사 에너지를 방출하는 1 등급 레이저 제품의 인트라빔 시청은 여전히 특히 낮은 주변 조명에서 눈부심 시각 효과를 일으킬 수 도 있다.

1M 등급

맨 눈 (보조 기구의 도움을 받지 않은 눈)의 장기간 직접 인트라 빔 시청을 포함하여 안전한 레이저 제품. MPE를 초과할 수 있고, 다음의 조건 하에서 광 시청 계측기(눈 확대경이나 쌍안경)의 두 카테고리 중 하나를 사용한 노광에 따라 눈은 손상될 수 도 있다.

a) 발산 빔에 대해 사용자가 광학 소자를 소스로부터 100 mm 내에 놓아서 빔을 집중(평행)시키는 경우,

또는

b) 조건 3에 명시된 측정 직경보다 큰 직경의 평행 빔에 대한 경우 (표 11 참조).

1M 등급 레이저의 파장 영역은 광 계측기에서 사용된 대부분의 유리 광 소재가 상당히 투과시킬 수 있는 즉, 302.5 nm과 4 000 nm 사이의 분광 영역으로 제한된다. 가시 방사 에너지를 방출하는 1M 등급 레이저 제품의 인트라 빔 시청은 여전히 특히 낮은 주변 조명에서 눈부심 시각 효과를 일으킬 수 있다.

2 등급

순간 노출에는 안전하지만 빔을 고의로 응시하는 것은 위험할 수 있는 400 ~ 700 nm의 파장 범위에서 가시 방사선을 방출하는 레이저 제품. 0.25 s의 시간축은 등급의 정의에서 고유한 것이며, 어느 정도는 장시간인 순간 노출로 인해 부상을 입을 위험은 매우 낮다고 가정한다.

다음의 인자가 합리적으로 예측 가능한 조건 하에서 부상을 방지하는데 기여한다.

- 고의가 아닌 노출은 안정적인 머리, 최악의 경우의 수용을 위해 예컨대 동공과의 빔의 정렬의 최악의 경우의 조건을 거의 반영하지 않을 것이다.
- AEL의 기초가 되는 MPE의 고유한 안전 여유도.
- 밝은 광에 대한 노출을 자연적으로 싫어하는 행위.

2 등급에서, 2M 등급과 대조적으로 광 계측기를 사용하는 것이 눈 손상의 위험을 증가시키지 않는다.

그러나, 눈부심, 섬광에 눈 멀(flash-blindness) 및 잔상이 2 등급 레이저 제품으로부터의 빔에 의해, 특히 낮은 주변 조명 조건 하에서 일어날 수 있다. 이것은 잠시 시각 장애나 놀람 반응(startle reaction)으로 인한 간접적인 일반 안전 결과를 가질 수 있다. 그러한 시각 장애는 기계나 높은 곳에서 고전압이나 구동으로 작업하는 것과 같은 안전이 중요한 임무를 실행하는 것과 관련하여 특히 염려가 될 수 있다.

사용자는 빔을 응시하지 말라고, 즉 머리를 움직이거나 눈을 감아서 능동 보호 반응을 실행하여 계속되는 의도적 인트라 빔의 시청을 회피하라는 표지를 붙임으로써 통지를 받는다.

2M 등급

가시 레이저 빔을 방출하고, 맨 눈 (보조 기구의 도움을 받지 않은 눈)으로만 짧은 시간의 노출에 안전한 레이저 제품. 다음의 조건 하에서 광 시청 계측기(눈 확대경이나 쌍안경)의 2가지 카테고리 중 하나로 노출된다면 눈은 손상될 수 있다.

- a) 사용자가 원으로부터 100 mm 내에 광학 소자를 놓아서 빔을 집중(평행)하게 하는 경우의 발산 빔에 대해, 또는
- b) 조건 3에 명시한 측정 직경보다 더 큰 직경의 평행 빔에 대한 경우 (표 11 참조).

그러나 눈부심, 섬광에 눈 멀 및 잔상이 2M 등급 레이저 제품으로부터의 빔에 의해 특히, 낮은 주변 조명 조건 하에서 일어날 수 있다. 이것은 잠시 시각 장애나 놀람 반응으로 인한 간접적인 일반 안전 결과를 가질 수 있다. 그러한 시각 장애는 기계나 높은 곳에서 고전압이나 구동으로 작업하는 것과 같은 안전이 중요한 임무를 실행하는 동안 경험하는 경우 특히 염려가 될 수 있다.

사용자는 빔을 응시하지 말라고 표지, 즉 머리를 움직이거나 눈을 감아 능동 보호 반응을 실행하여 계속되는 의도적 인트라 빔의 시청을 회피하라는 표지를 붙임으로써 통지를 받는다.

3R 등급

직접 인트라 빔 시청 하에서 MPE를 초과할 수 있는 방사를 방출하지만, 그 AEL이 2 등급의 AEL (가시 레이저 빔)이나 1 등급의 AEL (비가시 레이저 빔)의 단지 5배이기 때문에 대부분의 경우 손상의 위험은 상당히 낮은 레이저 제품. 손상의 위험은 노출 지속시간에 따라 증가하며, 고의로 눈을 노출하는 것은 위험하다. 위험이 낮기 때문에, 3B 등급보다는 사용자에게 대해 더 소수의 제조 요구사항과 제어 조치가 적용된다.

위험은 다음과 같은 이유로 제한된다.

- 고의가 아닌 노출은 동공의 최악 경우를 수용하여 (예컨대) 빔 정렬의 최악의 경우의 조건을 거의 반영하지 못한다.
- MPE의 고유한 안전 여유도.
- 가시 방사인 경우와 초 적외선 방사에 홍채가 가열함에 따른 밝은 광에 대한 노출을 자연적으로 싫어하는 행위.

눈부심, 섬광에 눈 멍 및 잔상이 3R 등급 레이저 제품으로부터의 빔에 의해, 가시 파장 범위에서 특히 낮은 주변 조명 조건 하에서 일어날 수 있다. 이것은 잠시 시각 장애나 놀람 반응으로 인한 간접적인 일반 안전 결과를 가질 수 있다. 그러한 시각 장애는 기계나 높은 곳에서 고전압이나 구동으로 작업하는 것과 같은 안전이 중요한 임무를 실행하는 동안 경험하는 경우 특히 염려가 될 수 있다.

3R 등급 레이저는 직접 인트라 빔 시청이 불가능한 경우에만 사용되어야 한다.

3B 등급

우발적인 짧은 시간 노출을 포함하여, 인트라 빔 눈 노출이 (NOHD 내에서) 일어날 때 보통 위험한 레이저 제품. 확산 반사 시청은 보통 안전하다. 3B 등급의 AEL에 접근하는 3B 등급 레이저는 사소한 피부 손상을 일으킬 수 있거나 심지어는 가연성 소재를 점화할 위험을 야기할 수 있다. 그러나 그러한 경우, 빔 직경이 작거나 집중되는 경우에만 일어날 수 있다.

비고 확산 반사 시청이 MPE를 초과할 수 있는 시청 조건이 이론적으로 일부 존재한다(그러나 거의 없다).예컨대 AEL에 접근하는 전력을 갖는 3B 등급 레이저에 대해 가시방사의 실제 확산 반사보다 큰 긴 시청 및 확산 면과 홍채 사이에 13 cm 미만의 거리시청이 MPE를 초과할 수 있다.

4 등급

인트라 빔 시청 및 피부 노출이 위험하고, 확산 반사 시청이 위험할 수 있는 레이저 제품. 이들 레이저는 종종 화재 위험을 보인다.

명명법에 관한 알림

1M 등급 및 2M 등급에서 “M”은 광 시청 계측기를 확대하는 것으로부터 유래한 것이다. 3R 등급의 “R”은 감소한 (reduced), 또는 완화된 (relaxed) 요구사항: 제조사 (예컨대, 키 스위치, 빔 조리개 또는 감쇄기 및 인터록 연결기 필요치 않음) 및 사용자 둘 다에 대한 감소한 요구사항으로부터 유래한 것이다. 3B

등급의 “B”는 규범의 이전-수정 A2:2001 판에서, 기존의 3A등급에서처럼 역사적 기원을 갖고 있고, 이 기존의 등급은 이제 1M 등급 및 2M 등급에서와 유사한 의미를 가졌다.

상기 설명에서, “위험한”이 사용될 때마다 또는 큰 부상 위험에 대한 참조가 있을 때마다 이 위험은 대응하는 MPE 레벨을 초과하는 레이저 주위의 영역 내에서만 존재한다. 맨 눈 노출에 대해 이 영역은 NOHD에 의해 경계가 정해지거나, 쌍안경이나 망원경으로 시정한 충분히 평행한 1M 및 2M 등급에 대해, 확장된 NOHD (ENOHD)에 의해 경계가 정해진다. 특정한 (3B 등급 또는 4 등급) 레이저 제품은 관련된 매우 짧은 NOHD를 가져서, 특정한 설치나 응용에 대해, 외부의 사람에 대해, NOHD 눈 보호는 필요하지 않다. 그러한 설치의 예는 제조 공간의 천장에 부착된 주사 레이저나 선 레이저이며, 이러한 레이저는 아래의 작업장의 공작물 상에 형태나 선을 투사한다. 전력 레벨과 주사 형태는 작업장의 노출이 MPE 이하이고, 그에 따라 안전하게 되도록 정해진 반면, 관리 및 서비스 루틴은 특수한 고려사항을 필요할 것이다. 예컨대, 근거리의 노출은, 사용자가 사다리에 올라가 출구 창을 세척할 때, 위험할 수도 있다. 주사 형태가 안전할 수 있는 반면, 빔이 비-주사 모드로 회귀한다면 위험이 있을 수 있다는 다른 예가 있다. 게다가, 4 등급 레이저 제품에 대해, 확산 반사와 관련된 NOHD가 있다 (비록 이 NOHD가 상당히 제한된 정도일지라도). 특정한 레이저와 응용과 관련된 위험의 고려사항이 위험 평가의 일부이다.

등급 분류 시험은 “저등급” (예컨대, 1 등급) 제품이 심지어 합리적으로 예측 가능한 최악인 경우 상황에서 위험을 눈이나 피부에 제공하지 않음을 보장하기 위해 다소 “최악인 경우”와 제한적인 것으로 설계된다. 결국, 3B 등급이나 4 등급 제품은 그 의도한 사용 및 정상 동작에서는, 위험이 최악인 경우의 상황에서만 접근 가능하기 때문에, 안전한 것으로 고려될 수 있도록 여전히 설계될 수 있다. 예컨대, 제품은 보호

하우징 (IEC 60825-4에 부합) 특성을 가질 수 있지만, 다음의 이유로 인해 내장된 1 등급 레이저 제품이 될 수는 없다.

하우징은 연장된 기간 동안 이 제1부에 따라 시험을 실패한다 (반면 IEC 60825-4에 따른 기계의 경우 더 짧은 평가 시간을 사용할 수 있다).

하우징은 상부 커버를 갖지 않지만, 사람이 가드(guard) 위에 있지 않은 환경에서 안전한 것으로 고려될 것이다.

하우징은 들어가기 접근의 자동 검출 특성을 갖지 않는다. (그러나 제어된 환경에서, 이것은, 누군가 하우징 내부에 있을 때, 문의 잠금을 막는 개인화된 잠금이라는 조직적인 안전 수단-이것은 등급 분류에 영향을 미치기 보다는 사용자의 원하는 안전 레벨을 달성하는 절차를 대표함-으로 대체할 수 있다.

3B 등급과 4 등급 레이저 제품과 관련된 위험이 하우징 내부로 제한되는 경우, 조직적인 안전 수단이면 충분할 수 있다. 유사하게, 지붕이 없는 레이저 시스템이나 어느 정도 길게 지속적으로 고장 난 후 가드 내로 타버릴 수 있는 상황에서 조직적인 안전 수단이면 충분할 수 있다.

3B 등급 및 4 등급 레이저와 관련된 위험이 특정 상황에서만 일어나는 다른 예가 존재한다. 예컨대, 등급 분류가 낮은 레벨 레이저기술에 대해 큰 발산 원에 인가된 평행 렌즈와 같은 부속 장치를 기초로 하는 상황을 고려해 보자. 이 제품은 조여진 부속 렌즈를 기초로 3B등급으로 분류할 수 있으며, 이는 이 렌즈가 잠재적으로 위험한 평행 빔을 생성하기 때문이다. 그러나, 부속 장치를 조이지 않고 사용해도 되며,

이것은 발산 빔을 일으킬 수 있고, 안전할 것이다 (즉, 눈의 노출은 MPE 미만일 것이다). 따라서 위험 영역은 부속 장치를 조이기만 하면, 레이저 주위에만 존재할 것이다.

C.3 등급 분류 방식의 제한사항

비록 등급 분류 시험이 대부분 다소 제한적이고 최악의 경우일지라도, 드물게는 각각이 등급과 관련하여 위험을 초과하는 위험을 일으킬 수 있는 제한사항은 여전히 있다. 등급은 다음 3가지 “구성요소”를 기초로 분류된다.

- a) 다른 등급의 AEL.
- b) 잠재적 노출 조건을 반영하는 측정 거리, 개구 직경 및 수용각 면에서의 측정 요구사항. 이들 측정 요구사항은 소정의 레이저 제품의 경우, 등급을 결정하기 위해 AEL과 비교되는 접근 가능 방출을 결정한다.
- c) AEL 및 접근 가능 방출을 결정하는 시험 조건. 이것은 합리적으로 예측 가능한 단일 고장 조건을 고려하는 것을 포함할 것이다. 또한, 동작, 유지 및 서비스는 구별해야 한다. 기구 없이 달성할 수 있는 제품의 부속 장치 및 다른 구성을 사용하는 것도 고려해야 한다.

이들 3가지 구성요소 각각은 다소 암묵적인 가정이므로, 드물게는 이들 가정이 충족되지 않는 경우, 등급의 보통의 이해를 넘는 위험이 일어날 수 있다. 예컨대, 장기간 노출에 대해 1 등급 및 1M 등급의 AEL은 마비되지 않은 눈의 눈 운동을 가정한다. 그러나, 마비된 눈을 의료 시술하는 동안 장기간 눈 노출이 일어난 경우, 1 등급 레이저 방출은 잠재적으로 위험한 노출을 일으킬 수 도 있다. 또한, 측정 요구사항은 특정한 타입의 광 계측기를 통한 노출 가능성의 가정 및 평가를 기초로 한다. 예컨대, 대형 망원경에 의해 차단된 큰 직경의 평행 빔은 심지어 1 등급 레이저 제품에서도 위험할 수 있었다. 그러나, 그러한 우발적인 눈 노출의 가능성은 망원경의 시계가 작기 때문에 보통 극히 작다. 고려해야 할 수 도 있는 다른 상황으로는, 제품이 등급에 고려될 필요가 있기 보다는 위험한 방사선이 그럼에도 접근할 수 있는 조건에 놓이는 경우이다. 예컨대, 제품의 제조사에 의해 부속 장치로서 제공되지 않을 지라도, 1M 등급 및 2M 등급 제품으로부터의 발산 빔은 평행 렌즈를 제품에 부착하여, 잠재적으로 큰 위험 거리를 가진 평행 빔으로 변환될 수 있다. 그러나, 이것은 제품을 변경하는 것으로 간주될 것이어서, 그러한 변화를 진행한 사람은 제품의 등급을 재분류해야 한다.

그럼에도, 사용자는 이러한 제한사항을 인식하여서, 제품의 사용자 매뉴얼에 경고를 포함시킬 수 있다. 그러한 잠재적 제한사항 중 특정한 예를 아래에 기재한다 (이들 제한사항은 제한사항이 적용되는지의 여부가 제품의 타입에 따라 다르기 때문에, 단지 잠재적인 것이다).

- 대형 망원경으로 시정한 큰 직경의 평행 빔 1 등급, 2 등급 또는 3R 등급 레이저 제품.
- 큰 배율의 확대경으로 시정한 큰 발산 빔 1 등급, 2 등급 또는 3R 등급 레이저 제품.
- x7 미만의 배율의 쌍안경 또는 망원경. 이 경우, 조건 1에 대해 적용될 맞변각 α 의 배율 (8.3.c) 참조) 이나, 대안적으로는 수용각의 감소 (9.3.2 b) 참조)는 실제 배율과 같아야 한다. 즉, x7 미만이어야 한다.
- 망원경으로 시정할 때의 주사빔
- 일어날 수 도 있는 이중 고장 조건. 즉, 각각의 고장은 자체적으로 AEL을 초과하는 접근 가능 방출을 초래하기 보다는 동시에 일어날 수 있는 두 고장이 그렇게 할 수 있는 고장. 이들 고장이 상대적으로 큰 가능성으로 일어날 것이 예상될 때, 이중 고장 가능성은 충분히 높아서, 제품 설계시 고려해야 한다.

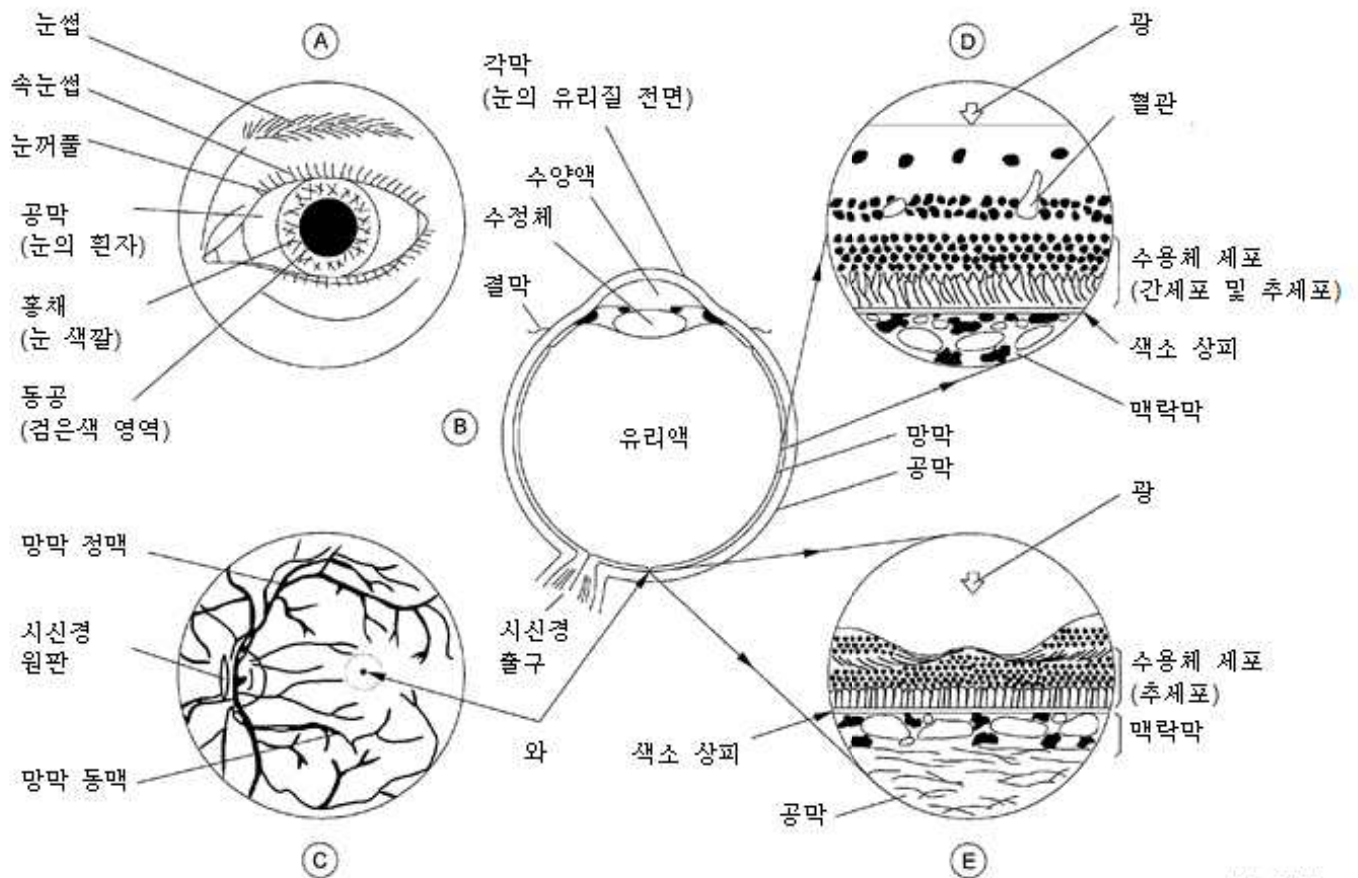
부속서 D

(참고)

생물리학적 고려사항

D.1 눈의 해부

그림 D.1은 사람 눈의 해부 상세도이다.



IEC 421/07

그림 D.1 - 눈의 해부도

그림 D.1에서, 구역(A)은 왼쪽 눈의 외부 형상도이다. 덮고 있는 눈꺼풀 사이의 간격이 눈의 시계(FOV)를 아몬드 형상으로 제한한다. 눈 전방의 주요 형상을 표시하고 있다.

구역(B)은 왼쪽 눈의 개략적인 수평 단면도이다. 눈은 두 개의 부분, 즉 각막, 홍채 및 수정체로 경계를 이룬 전방 또는 선실과, 망막에 의해 경계를 이루고 젤-형태의 유리액을 포함한 후방 또는 후 눈 컵(posterior eye cup)으로 나뉜다.

구역(C)은 검안경을 통해 본 온전한 눈의 내부이다. 이 계측기는 동공 내로 광 빔을 보내서 눈의 내부를 비춰서, 볼 수 있게 한다. 그렇게 해서 시청한 화면을 기저부(fundus)라고 한다. 이것은 붉게 보이지만, 주요 망막 혈관을 뚜렷하게 볼 수 있다. 다른 주요 부위는 백색 시신경 원판과 와(fovea)이다. 와는 망막 표면 내의 작은 공동이며, 주변 망막보다 더 짙은 색이고 가장 민감한 시각 부분이다. 와는 망막 황반(macula)의 중심이며, 망막 황반은 상세한 시력을 담당한다.

구역(D)은 그림 D.1(B)의 절개면에서 본 망막의 구조로서, 실제보다 수 백배 더 확대한 것이다. 망막은 여러 층의 신경 세포로 구성되며, 이들 세포는 감광성 간상 세포와 추상 세포가 겹쳐져 있다, 즉 망막 표면에 도달한 광은 감광 세포에 도달하기 전에 신경 세포의 층들을 통과해야 한다. 간상 및 추상 세포 층 아래에는 갈색이 나는 검은색 착색 멜라닌을 함유한 착색 상피 층이 있고, 이 아래에는 미세한 혈관 층, 즉, 맥락막모세혈관층(choriocapillaris)이 있다. 미세한 흡수층은, 착색 세포와 혈관 둘 다를 포함하는 맥락막이다.

구역(E)은 수 백배 확대한 와 부위의 구조이다. 여기서 추상 세포만 있다. 신경 세포는 가장 민감한 시력인 이 영역에서 방사상으로 떨어져 있다. 400 nm ~ 500 nm를 많이 흡수하는 반점 착색이 헨르 섬유층(fibre layer of Henle)에 위치한다.

D.2 생체 조직에서의 레이저 방사 효과

D.2.1 일반사항

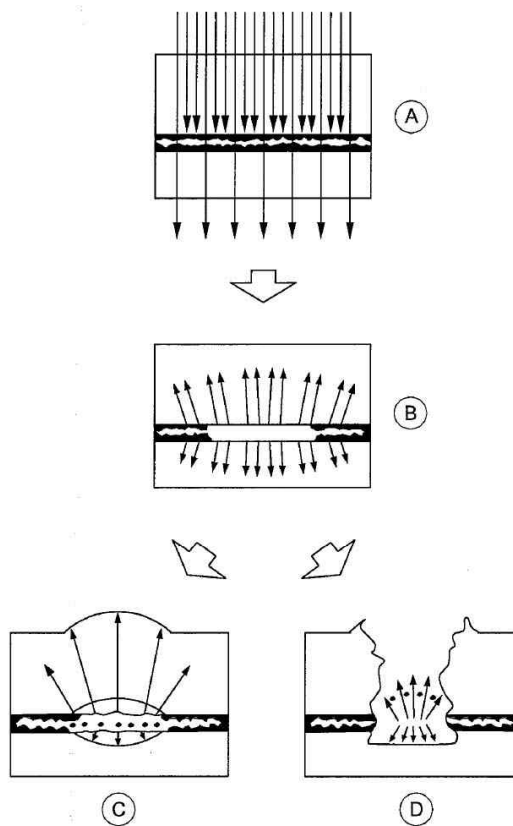
레이저 방사가 손상을 주는 구조는 모든 생물학적 시스템에 대해 유사하며 열, 과도 열 음향, 광화학적 과정 및 비선형 효과의 상호 작용을 포함한다. 이 구조 중 어느 하나가 손상에 책임이 있는 정도는 방사선 조사원의 물리적 매개 변수와 연관이 있으며, 그 중 가장 중요한 변수는 파장, 펄스 지속시간, 상 크기, 조사 및 방사 노광량이다.

일반적으로 역치상(supra-threshold) 노출에 있어 지배적인 구조는 광범위하게 노출의 펄스 지속 시간에 연관된다. 펄스 지속시간을 증가시키기 위하여 다음의 시 간 영 역 에 서 지배적 효과는 다음과 같다.

- 나노초 (nonosecond) 및 부나노초 (sub-nanosecond) 노출, 과도 음향 및 비선형 효과,
- 1 ms ~ 수 s에 이르는 열 효과, 및
- 10 s를 초과하는 광화학적 효과.

레이저 방사는 잘 알려진 평행 빔에 의한 방사 형태와는 구분된다. 이 레이저 방사는 초기에 높은 에너지를 가지며 생체 조직에 과잉 에너지를 전달하는 결과를 초래한다. 생물학적 시스템에 대한 레이저

방사 손상의 주요한 형태는 그 시스템에 의한 광반사 흡수이다. 흡수는 원자 또는 분자 레벨에서 일어나며, 그것은 파장을 지정하는 절차가 된다. 특정 레이저 빔이 어떤 조직에 손상을 주는지를 결정하는 것은 파장이다.



설명

- 레이저 에너지는 시스템에 흡수된다.
- 흡수된 에너지는 주위 조직에 전도되는 열을 발생한다.
- 장펄스 레이저 또는 CW 레이저에서 전면 열에 대한 저항은 점진적으로 병소를 확대시킨다.
- 단펄스 레이저에서 고출력 밀도는 물리적 변위에 의한 세포의 폭발적인 파열과 손상을 초래한다.

IEC 422/07

그림 D.2 - 생물학적 시스템에서 레이저에 의해 유도된 손상의 도형

열 효과 충분한 방사 에너지가 시스템에 흡수되었을 때, 그 구성요소의 분자에 심한 진동이 일어나 열 함유량이 증가한다. 대부분의 레이저 손상은 흡수 조직의 열 때문에 발생한다. 열 손상은 보통 레이저 에너지 흡수 장소의 한편으로 확장되어 조사 빔에 중심을 두고 있는 제한된 영역에 국한된다. 이 영역 내의 세포는 화상 특성을 보여 주며, 조직 손상은 주로 단백질의 변질로부터 발생된다. 앞서 나타낸 바와 같이, 레이저 충격에 대한 2차 손상 구조의 발생은 펄스 지속 시간(그림 D.2)과 냉각 기간에 직접 연관이 있는 조직의 가열 반응의 시간 경로와 관련될 수 있다. 열화학적 반응은 가열 및 냉각 기간 동안 일어나며 열 상해에 대한 점 크기 의존성을 준다. CW 또는 장펄스 레이저 임펄스가 조직 방향으로 직접 진행하면 전도에 의해 온도 상승을 경험하는 생체 조직의 영역은 점진적으로 증가하게 된다. 빔 상의 크기는 전도에 의한 주변 확산의 정도가 그 크기 및 조직 가열의 초기 영역 온도의 함수가 되므로 매우 중요하다. 열 병소 같은 형태는 보통 CW 또는 장펄스에 노출시 나타나며, 때로는 단펄스에도 생긴다. 1 mm ~ 2mm 또는 그 이하 정도의 조사된 점 크기에 대하여 방사 열 흐름은 상해에 대한 점 크기 의존성을 이르게 한다.

광화학적 효과 다른 한편, 손상 효과는 광화학 공정의 직접 결과일 수 있다. 이 과정은 주어진 광 에너지의 흡수에 의하여 만들어진다. 종은, 에너지를 해제하기보다는 여기 상태에 유일한 화학적 반응을 수행한다. 이 광화학적 반응은 저레벨 노광량에서의 손상의 원인이 될 수 있다. 이 구조에 의해, 피부, 눈 수정체 특히 망막 같은 일부 생체 조직은 UV 방사 및 짧은 파장을 갖는 광의 적당한 레벨에의 장기 노출에 의해 유도된 비가역 변화를 보일 수도 있다. 이와 같은 광화학적으로 유도된 변화는 방사선 조사의 기간이 과도하거나 또는 보다 단기 노출이 장기간 반복되면 시스템의 손상을 유발한다. 레이저 노출에 의해 시작된 광화학적 반응의 일부는 비정상적 또는 정상 과정의 과장이 되기도 한다. 광화학적 반응은 분젠로스코(Bunsen and Roscoe) 법칙을 따르며 1 ~ 3 시간 또는 그 이하 정도의 기간 동안(복구 구조는 손상율에 부합할 수 없다) 방사 노광량으로 표현된 역치값은 넓은 범위의 노출 지속 시간에 대하여 일정하다. 열 확산에 의한 열 효과와 함께 일어나는 점 크기에 대한 의존성은 존재하지 않는다.

비선형 효과 단펄스 고출력(즉, Q 스위치 또는 모드 동기) 레이저는 다른 유도 구조의 결합을 갖는 조직 상해를 초래한다. 에너지는 매우 짧은 시간에 생물학적 표적에 전달되어 고방사선 조사가 발생한다. 목표 조직은 그 세포의 액체 성분이 가스로 변환될 정도로 온도에서의 빠른 상승을 경험한다. 대부분의 경우, 이 상 변화는 너무 빠르게 진행되어 조직과 세포는 파열된다. 압력 과도 현상은 열팽창으로부터 초래되며 두 경우는 대량 물리적 변위에 의해 흡수 계층으로부터 떨어져 있는 조직에 대한 손상을 전단시킨다. 부나노초 노출에서, 눈 증막의 자기 집속은 평행 빔으로부터 레이저 에너지를 더욱 집중시키고 역치값을 더 낮게 하여 대략 10 ps ~ 1 ns 사이에 둔다. 나아가, 다른 비선형 구조는 부나노초 영역에서 망막 손상을 초래한다.

위에 언급한 구조 손상의 모든 것은 망막에 적용되며 이 표준에서 제시된 안전 노출 레벨에서의 차단점 또는 변화 구매에 반영된다.

D.2.2 눈 위험

눈 해부도에 대해 D.1절에서 간단하게 기재하였다. 눈은 광 방사를 받고 그것을 변환하도록 특수하게 조정된다. 과도 노출에 의한 병리학은 표 D.1 에 요약된다. 열 반응 구조는 그림 D.2에 나타낸다.

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 고방사 노광량을 초래하기 때문에 눈에 특별히 위험하다. 각막에서 망막으로의 방사선 조사의 증가는 대략 동공 면적과 망막상 면적의 비가 된다. 이 증가는 동공으로 들어오는 광이 망막의 “한 점”에 집중되기 때문에 일어난다. 동공은 가변 개구이지만 직경은 젊은 나이 때 최대 팽창되면 7 mm까지 커진다. 이 동공에 해당하는 망막의 상은 직경이 10 ~ 20 μm 때 범위에 있다. 고려한 눈 내의 산란과 각막 이상으로 각막과 망막 사이에서의 방사선 조사의 증가는 2×10^5 정도가 된다.

표 D.1 - 광에 대한 과도 노출과 관련된 병리학적 효과에 대한 요약

CIE 분광 영역 ^a	눈	피부
자외선 C (180 nm ~ 280 nm)	사진 각막염	홍반 (태양열 화상) 피부 노화 과정 촉진 색소 침착 증가
자외선 B (280 nm ~ 315 nm)		
자외선 A (315 nm ~ 400 nm)	광화학적 백내장	색소흑화 감광성 반응 피부화상
가시선 (400 nm ~ 780 nm)	광화학적 및 열적 망막손상	
적외선 A (780 nm ~ 1 400 nm)	백내장, 망막 화상	피부화상
적외선 B (1.4 μm ~ 3.0 μm)	방수 플레어, 백내장, 각막화상	
적외선 C (3.0 μm ~ 1 mm)	각막화상만	

^a CIE에 의해 정의된 분광 영역은 생물학적 효과를 설명하는데 유용한 속기 표기이며, MPE 표 A.1 ~ A.3에 있는 분광 차단점과는 완벽하게 일치하지는 않는다.

2×10^5 의 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 표준에서는, 7 mm 동공이 제한 개구로 고려되는데, 이것은 최악의 경우의 조건이고, 동공 직경이 측정된 젊은 눈으로부터 얻어진 그림에서 유도된다. 7 mm 동공이라 가정의 예외는, 10s를 초과하는 기간 동안 밝은 가시 (400 ~ 700 nm) 레이저 제품을 시청하면서, 광선망막염으로부터 보호하기 위해 노출 제한치 도출에서 적용되었다. 이 후자의 상황에서, 3 mm 동공은 최악인 경우의 조건으로서 가정하였지만, 측정용 7 mm 조사 평균 개구는, 동공이 공간 내에서 물리적으로 움직임으로 인해 여전히 적절한 것으로 고려되었다. 그러므로, 10 s를 초과하는 지속기간의 AEL은 여전히 7 mm 개구로부터 도출한다.

레이저 광의 집중 빔이 망막의 초점에 전달되면, 광의 작은 부분 (5% 까지)만 간상세포와 추세포에 있는 가시색소에 흡수된다. 광의 대부분은 색소 상피에 포함된 멜라닌이라 부르는 색소에 흡수된다(황반 영역에서, 400 ~ 500 nm의 범위에 있는 일부 에너지는 황반 색소에 흡수된다.). 흡수된 에너지는 국부 발열을 일으켜, 색소 상피와 인접 광에 민감한 간상세포와 추세포에 화상을 입힌다. 이 화상 또는 병소는 시력의 손실을 초래한다. 광화학적 손상은 열적이진 않을 지라도, 또한 색소 상피에 위치한다.

노광량의 크기에 따라, 이 시력 손상은 영구적이거나 그렇지 않을 수 있다. 시력 감소는 보통 황반의 중앙 또는 중심와 (foveal) 영역이 관련될 때만 노출된 사람만이 개인적으로 알게 된다. 황반 중심의 구멍인 와는 예리한 시력의 원인이 되는 망막의 가장 중요한 부분이다. “사물을 정확히 보는데” 사용되는 것은 망막의 부분이다. 와의 이 맞변각은 대략 달의 맞변각과 같다. 이 영역이 손상되면, 시력 감소는 초기에는 시각의 중심 부분이 불투명하게 되는 희미한 하얀 점으로 나타난다. 하지만 2주 이상 이내에 까만 점으로 변한다. 궁극적으로, 병자는, 정상 시력인 동안, 이 맹점(암점)을 인식하는 것을 중지할 수 도 있다. 그러나, 비어 있는 흰 종이와 같이 빈 장면을 볼 때 즉시 드러날 수 있다. 중심 시력의 손실은 매우

심각하다. 주변 병소는 전체 망막 손상이 일어날 때 개인적으로 기록된다. 작은 주위 손상은 통보되지 않고 통과되며 체계적인 눈 검사 동안에도 검출되지 않을 수 있다.

400 nm ~ 1 400 nm의 파장 범위에서, 가장 큰 위험은 망막의 손상이다. 각막, 방수, 수정체 및 초자체액은 이 파장에 방사에 대하여 투명하다. 잘 평행된 빔의 경우, 망막 상은 대략 10 μm ~ 20 μm 직경을 갖는 회절이 제한된 반점이라고 가정되므로, 위험은 방사원과 눈 사이의 거리에 사실상 무관하다. 이 경우 열 평형 상태로 가정할 때, 망막의 위험 구역은 제한된 맞변각 $\alpha_{\min}$ 에 의해 결정되고, 이것은 일반적으로 대략 25 μm 직경의 망막 점에 대응한다.

확장원의 경우, 순간 망막 조사는 원방사와 눈의 수정체 특성에만 의존하는 반면, 더 큰 망막 상으로부터의 에너지의 열 확산은 덜 효율적이어서, 광화학 손상 (400 nm ~ 600 nm 분광 영역에만 지배적임)에 존재하지 않는 열 손상의 망막 스폿-크기 의존성을 초래하기 때문에, 위험은 방사원과 눈 사이의 시정 거리에 따라 변한다. 게다가, 눈 움직임은 CW 레이저 노출에 대한 흡수 에너지를 더 확산시켜, 다른 망막 상 크기에 따라 다른 위험 의존성을 초래한다.

망막 위험 영역에서 광 노출의 제한 도출 시에, 눈 움직임의 보정율은 10 s를 초과하는 시정 지속시간에만 적용되었다. 단속적 운동(saccade)으로 알려진 생리학적 눈 움직임이 0.1 s ~ 10 s 시간 구역 내에서 최소 망막 상 (대략 25 μm 이하)의 흡수 에너지를 확산시킬지라도, 제한치는 이 시정 조건에 원하는 추가 안전 계수를 제공한다. 0.25 s에서, 비추어진 평균 망막 스폿은 대략 50 μm 이다. 10 s까지, 비춰진 망막 구역은 대략 75 μm 가 되고, 최소 상 조건에 대한 추가 안전 계수는 스폿-크기 의존성을 고려하여, 안정된 눈에 대해 1.7이 된다. 100 s까지, 35 μm 와 비춰진 구역 (50 %점에서 측정)을 달성하여, 최소 상 조건에 대해 2.3 이상의 추가 안전 계수를 얻는 것은 드물다.

눈-움직임 연구 및 망막 열 손상 연구로부터의 데이터는 결합되어, 눈 움직임이, 눈이 이동하지 않는 경우 증가한 망막 노출 지속시간에 대한 증가한 이론적인 열 손상 위험을 보상한 시정 시간 (T_2)에서의 파괴점을 도출하였다. 눈에 들어간 조사 전력으로 표현된 열 손상 역치는, 노출 시간(t)이 -0.25 전력으로 상승함에 따라 감소하기 때문에(즉, 지속시간이 10배 증가함에 따라 44 %만 감소), 노출 망막 면적의 적절한 증가만이 더 오랜 시정 시간의 증가한 위험을 보상할 것이다. 시정 시간이 증가함에 따른 더 큰 눈 움직임으로 인한 증가한 조사 망막 면적은 더 큰 확장원에서의 열 확산의 감소한 영향을 보상하는데 더 오래걸린다. 따라서, 증가한 맞변각 α 에 대해, 파괴점(T_2)은 작은 원의 경우 10 s에서 큰 원의 경우 100 s로 증가한다. 100 s를 초과하면, 작은 그리고 중간 크기 상에 대한 열 손상의 위험은 더 증가하지 않는다. 제한치 및 측정 조건을 열거하여, 어느 정도 간단하게 이들 변수를 따르려고 시도하여, 위험을 보수적으로 결정하고자 한다. 망막 열 손상 역치는 대략 25 μm 와 1 mm (1.5 ~ 59 mrad의 각도 크기에 대응함) 사이의 안정된 망막 상 크기에 역비례하는 반면, 1.7 mm (100 mrad를 초과하는 각도 크기에 대응함)를 초과하는 경우, 스폿-크기 의존성은 없다고 보수적으로 가정한다.

광화학적으로 일어난 망막 손상에 대해, 안정화된 상에 대한 스폿 크기 의존성은 없다. 열 손상 구조와 달리, 광화학적 손상의 역치는 파장에 매우 의존하며, 노광량에 의존한다, 즉 역치는 노광 지속시간의 길이에 반비례한다. 1 ~ 1.5 mrad 정도의 맞변각을 갖는 용접 불꽃에 의한 광화학적 망막 손상에 대한 연구에 의하면, 통상의 병소 크기는 185 μm ~ 200 μm 정도(11 ~ 12 mrad의 시정각에 대응)이며, 고착하는 동안 눈의 움직임에 영향을 미침을 분명히 보여주고 있으며; 고착하는 동안 눈의 움직임에 대한 이들 및 다른 연구에 의해 MPE 조사를 10 s와 100 s 사이의 노광 지속시간 동안 11 mrad에 걸쳐 평균을 구하여 명시한다. 그러므로, 11 mrad 미만의 맞변각 α 의 원은 “점-형태” 원과 같이 다루었고, $\alpha_{\min}$ 의 개념은 CW 레이저 시정으로 연장하였다. 원이 직사각형 (“탑-햇 (top-hat)”) 방사 분포를 갖지 않는 한, 11 mrad 원의 조사 측정은 11 mrad의 시야각(γ)에 걸쳐 평균을 낸 조사와 같지 않기 때문에, 이러한 접근법은 엄밀하게 정확하지는 않았다. 그러므로 이 규범의 판에서, 광화학 MPE 값에 대해 조사 평균과 원의 맞변각 사이를 구별한다. 대략 30 ~ 60 s를 초과하는 시정 시간 동안, 고착되는 동안의 단속적 눈 움직임은 시각 작업에 의해 결정한 거동 움직임 (behavioural movements)에 의해 일반적으로

추월되며, 광원이, 100 s보다 긴 지속시간 동안 와에만 결상되었다고 가정하는 것은 상당히 불합리하다. 이런 이유로, 수용각 γ_{ph} 은 t의 제곱근에 선형적으로 증가한다. 최소 맞변각 α_{min} 은, 열적 망막 위험 평가에 사용한 모든 노광 지속시간 동안 1.5 mrad의 기준 각을 정확히 유지한다. 그러나, 광화학적 망막 위험 평가에서, 이 개념은 실제로 다르며, 이는 각도 γ_{ph} 가 조사 측정에 대해 선형적인 수용각이기 때문이며, 이점은 대략 11 mrad보다 큰 확장된 원에 대해서만 적용해야 한다.

시/청 거리. 점 형태의 발산 빔 광원의 경우 빔 웨이스트와 눈 사이의 거리 감소에 따라 위험은 증가한다. 그 이유는 거리가 감소함에 따라 망막 상의 크기가 100 mm만큼 가까운 거리로 실제 레이저 원에 대해 회절 제한을 유지한다는 가정 하에 (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 보조기구의 도움을 받지 않은 눈의 위험 또한 감소한다. 쌍안경이나 망원경으로 평행 빔의 광 보조 시청할 때의 위험을 시뮬레이션하기 위해, 50-mm 개구로 2m의 최소 접근 거리는 뚜렷한 시청을 위한 최근 거리를 기초로 가정하였다.

이 규범을 위해 사람 눈의 가장 짧은 조절 거리는 400 nm ~ 1 400 nm에 이르는 모든 파장에서 100 mm로 설정된다. 젊은 사람과 극소수의 근시가 100 mm보다 적은 거리에 그들의 눈을 조절할 수 없기 때문에 이 거리는 타협안으로 선정되었다. 이 거리는 인트라 빔 시청의 경우의 조사 측정을 위해 사용된다 (표 11 참조).

400 nm보다 작거나 1 400 nm보다 큰 파장에 대해서, 가장 큰 위험은 수정체나 각막에 대한 장애이다. 파장에 따라, 광방사가 각막이나 수정체에 의해 선택적으로 또는 전용으로 흡수된다 (표 D.1 참조). 이러한 파장의 발산 빔원 (확장 또는 점 형태)에 대해서는 원과 눈 사이의 짧은 거리는 피해야 한다.

1 500 nm ~ 2 600 nm 파장 범위에서, 방사선은 수용체 내를 투과한다. 그러므로 가열 효과는 눈의 더 큰 부위에 걸쳐 발산하며, MPE는 10 s 미만의 노광에 대해 증가한다. MPE의 최대 증가는 초단파 펄스 지속시간 동안 그리고 1 500 nm ~ 1 800 nm 파장 범위 내에서 일어나며, 이 파장 범위에서 흡수용량은 최대가 된다. 10 s보다 큰 시간에, 열 전도는 열 에너지를 재분배하여, 투과 깊이 충격은 더 이상 중요하지 않게 된다.

D.2.3 피부 위험

일반적으로, 피부는 눈보다 레이저 빔 에너지에 훨씬 많이 노출된다. 가시 (400 nm ~ 700 nm) 및 적외선 (700 nm 이상) 분광 영역에서 동작하는 레이저에 의한 피부에 대한 방사선 조사의 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. 이후에는 홍반은 일어나지 않을 수 있다.

색소화, 궤양 형성, 피부 경색 및 장기의 손상은 과도하게 높은 조사로부터 발생한다. 레이저 방사의 잠재 및 누적 효과는 잘 알려지지 않고 있다. 하지만, 일부 제한적인 연구에서 특별한 조건에서 사람 조직의 작은 부분이 최소 반응을 위한 노출 레벨이 변하고 조직에서의 반응이 낮은 레벨의 노출에 대하여 더 심각하다는 결과와 함께 반복되는 국부 노출에 의해 민감하게 될 수 있다는 것이 제시되었다.

1 500 nm ~ 2 600 nm의 파장 범위에서 생물학적 역치값 연구에 의하면 피부 손상의 위험은 눈 손상과 비슷한 형태를 따른다. 10 s까지의 노출에 대하여 MPE는 이 분광 범위 내에서 증가한다.

D.3 MPE 및 조사 평균값

이 표준안에서는 ICNIRP(International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection)에서 권고된 MPE 값이 채택된다. ICNIRP에서 권고된 조사 평균 개구 (측정 개구), 또는 IEC TC76에 의해 적용된 부가적 안전 계수가 채택된다. 일반적으로 MPE에 근거할지라도, AEL의 결정과 유도는 합리적으로 예측 가능한 노출 상태에 대한 위험 분석과 결정을 필요로 한다. 측정 개구의 선택은 AEL의 유도에 중요한 역할을 하고, 생물리학적 및 생리학적 계수를 반영하게 된다. 표 D.2는 측정 개구의 선택에 있어 가정되는 계수의 요약이다. 일반적으로, ICNIRP의 권고는 적용된 안전 계수를 따랐거나, 이에 추가되었다.

표 D.2 - MPE에 적용된 측정 개구의 설명

분광대역 λ nm	노출 시간 t	개구 직경 mm	개구 직경에 대한 해설 및 근거
180 ~ 400	$t < 3 \times 10^4 \text{ s}$	1 mm	각막 상피 및 각질층에서의 산란은 1 mm, 연속 노출 상태를 위한 노출된 조직의 움직임이 없다는 가정이 IEC에 의해 적용하지만, ICNIRP는 눈 움직임에 의한 장기 노출의 경우를 위해 3.5 mm 권고
400 ~ 600 광화학적	$t > 10 \text{ s}$	3mm (MPE 유도시), 7mm (측정시)	광화학적 손상 구조에 적용되는 CW 노출을 평균하는 7 mm 개구를 발생할 공간상의 3 mm 직경을 갖는 동공의 횡운동

400 ~ 1 400 열적	모든 시간 t	7 mm	연속 노출에서 확장 동공의 직경 및 회운동
$\lambda > 1\,400$	$t < 0.35\text{ s}$	1 mm	각질층에서의 열확산 및 상피 조직
$\lambda > 1\,400$	$0.35\text{ s} < t < 10\text{ s}$ $t > 10\text{ s}$	$1.5 \times t^{3/8}\text{ mm}$ 3.5 mm	훨씬 큰 열확산 및 0.35초 후 빔에 연관된 표적 조직의 움직임
$10^5 \leq \lambda \leq 10^6$	모든 t	11 mm	정확한 측정을 위한 회절 제한값보다 큰 개구

D.4 참고 문헌

1. HENDERSON, R. and SCHULMEISTER, K.: *Laser Safety*, Institute of Physics Publishing, Bristol, 2003
2. International Commission on Non – Ionizing Radiation Protection(ICNIRP): *Guidelines on limits of exposure to laser radiation of wavelengths between 180nm and 1000μm*. Health Phys. 71(5): 804–819, 1996.
3. International Commission on Non–Ionizing Radiation Protection(ICNIRP): *Revision of guidelines on limits of exposure to laser radiation of wavelengths between 400 nm and 1.4μm*. Health Phys. 79(4): 431–440. 2000.
4. NESS, J., ZWICK, H.A., STUCK, B.A., LUNG, 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.
5. 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.
6. SLINEY, D.H. and WOLBARSH, M.L. : *Safety with Lasers and Other Optical Sources*, New York, Plenum Publishing Corp., 1980.
7. SLINEY, D., ARON-ROSA, D., DELORI, F., et al: *Adjustment of guidance for exposure of the eye to optical radiation from ocular instruments: statement of a task group of the international Commission on Non–Ionizing Radiation Protection*, Applied Optics, 44(11), 2162–2176, 2005
8. 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.

부속서 E

(참고)

방사로 표현한 MPE 및 AEL

E.1 배경

큰 확장된 원에 대해, 원의 방사를 사용해 잠재적인 망막 위험을 분석하는 것이 더 쉬울 수 있다. 이 부속서는 겉보기 원의 맞변각이 $\alpha_{\max}$ 보다 크다고 가정하는 시청 조건에 대해 400 ~ 1,400 nm의 망막 위험 파장 구역에서 1 등급 및 1M 등급의 AEL 및 대응하는 MPE 값을 기초로 한, 최대 허용 방사의 간단한 표와 그래프를 사용자에게 제공할 것이다. 방사 보존 법칙에 의해, 표 E.1이나 그림 E.1에서 명시한 방사 레벨 미만으로 확산하여 방출하는 모든 확장된 원은 확산된 원 전방에 위치한 광학 기기에 상관없이 1 등급 접근 가능 방출 제한치(AEL)를 초과할 수 없다.

E.2 방사값

표 E.1의 방사값은 IEC/ICNIRP MPE 레벨을 기초로 한다. MPE가 일반적으로 방사 노광량($J \cdot m^{-2}$)이나 조사량($W \cdot m^{-2}$) 면에서 표현됨에 따라, MPE 값을 방사량($W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$)으로 변환할 필요가 있었다. 방사값은 이때 파장의 함수로 도시한다 (E.3 절 참조).

표 E.1은 방사의 허용 노광량을 100 s 노광 지속시간 동안 파장의 함수로서 제공하며, 여기서 α 는 100 mrad 이상의 각에 대응한다. 가장 제한적인 광화학적 또는 열적 제한치를 열거한다. 망막 광화학적 위험 제한치는 이텔릭체로 되어 있다.

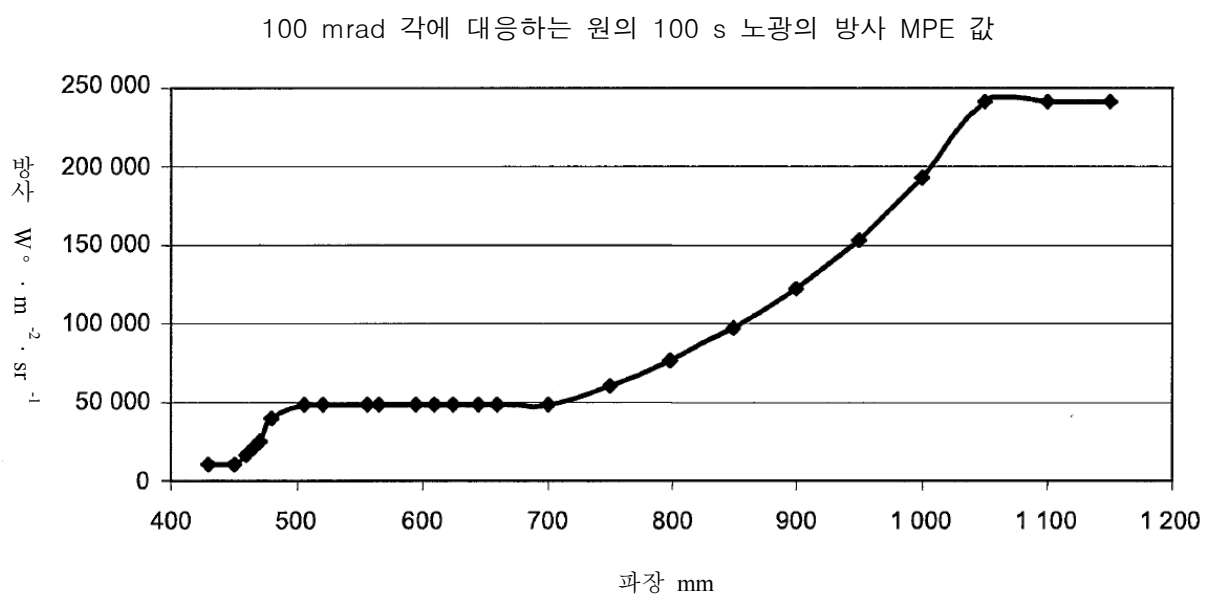


그림 E.1 - 파장 함수인 방사

표 E.1 - 1 등급의 확산 원의 최대 방사

파장 nm	방사 $W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$	방사 $W \cdot cm^{-2} \cdot sr^{-1}$
430	10 000	100
450	10 000	100
460	15 848	158
465	19 952	200
470	25 119	251
480	39 811	398
505	48 316	483
520	48 316	483
555	48 316	483
565	48 316	480
595	48 316	483
610	48 316	483
625	48 316	483
645	48 316	483
660	48 316	483
660	48 316	483
700	48 316	483
750	60 826	608
800	76 576	766
850	96 403	964
900	121 365	1 213
950	152 789	1 528
1 000	192 350	1 924
1 050	241 580	2 416
1 100	241 580	2 416
1 150	241 580	2 416

이 테이블의 수치는 망막 광화학적 위험 제한치를 나타낸다.

E.3 이론적 근거

방사값은 IEC/ICNIRP MEP 레벨을 사용하여 계산한다. MPE가 일반적으로 방사 노광량($J \cdot m^{-2}$)이나 조사량 ($W \cdot m^{-2}$) 면에서 표현됨에 따라, MPE값을 방사량($W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$)으로 변환할 필요가 있었다. 방사값은 이때 파장의 함수로 도시한다.

조사로 표현된 MPE에 대해, 방사를 계산하는 다음의 방법을 사용하였다. 방사는 다음과 같이 정의한다.

$$L = d\phi / d\Omega \cdot dA \cdot \cos\theta \quad (E.1)$$

여기서, ϕ 는 방사 전력이고, Ω 는 입체각의 단위이며, A는 원 크기이다. MPE는 종종, 다음과 같이 정의되는 조사로 표현된다.

$$E = d\phi / dA \quad (E.2)$$

식 E.2를 식 E.1로 대체하면, 조사의 함수로서 방사를 얻는다.

$$L = dE / d\Omega \cdot \cos\theta \quad (E.3)$$

입체각 Ω 와 시정각 θ 를 구해야 한다. Ω 에 대해 다음의 식을 대체하고,

$$\Omega = \pi\alpha^2 / 4 \quad (\text{E.4})$$

$\Theta = 0^\circ$ (시청자가 빔을 직접 바라봄)인 최악의 경우의 시청각을 가정하면, 식 E.3은 다음의 식이 된다.

$$L = 4E / \pi\alpha^2 \quad (\text{E.5})$$

방사 노광량으로 표현된 MPE에 대해, 약간 다른 방법을 사용하였다. 방사 노과량은 다음과 같이 정의한다.

$$H = dQ / dA \quad (\text{E.6})$$

여기서, Q는 줄 단위로 표현되는 방사 에너지이다. 시간으로 나누면 다음을 얻는다.

$$H / dt = dQ / dA \cdot dt \quad (\text{E.7})$$

방사 전력은 다음과 같이 표현된다.

$$\phi = dQ / dt \quad (\text{E.8})$$

그러므로, 식 E.8을 식 E.7로 대체하면,

$$H / dt = d\phi / dA \quad (\text{E.9})$$

이며, 식 E.1로 돌아가, 식 E.9를 대체하면,

$$L = dH / d\Omega \cdot dt \cdot \cos\Theta \quad (\text{E.10})$$

를 얻는다. 다시, 식 E.4를 대체하고, $\Theta = 0^\circ$ 의 최악의 경우의 시나리오를 가정하면, 다음을 얻을 수 있다.

$$L = 4H / \pi\alpha^2 t \quad (\text{E.11})$$

계산에서, 100 s의 노광 지속시간에 대해 100 mrad 맞변각의 최악의 경우의 시나리오를 가정하였다. 그 결과를 표 E.1에 열거하였고, 그림 E.1에 나타내었다.

부속서 F

(참고)

요약표

표 F.1은 이 제 1부에서 인용한 물리량을 요약하며, 각각에 사용한 단위 (및 단위에 대한 부호)를 설명한다. SI기본 단위 정의를 ISO 1000으로부터 사용한다. 단위 및 부호는 IEC 60027-1의 것을 사용한다.

표 F.2는 제조자의 요구사항을 요약한다.

표 F.1 - 이 제1부에서 사용한 물리량의 요약

물리량	단위명	단위 부호	정의
길이	미터	m	미터는, 1초의 1/299 792 458 시간 간격 동안 광이 진공 중에서 일주하는 경로의 길이이다.
	밀리미터	mm	10^{-3} m
	마이크로미터	μm	10^{-6} m
	나노미터	nm	10^{-9} m
면적	제곱미터	m ²	1 m ²
질량	킬로그램	Kg	킬로그램의 국제 표준 질량과 같은 질량
시간	초	S	기저상태 세슘-133원자의 두 초미세 레벨 사이의 전이에 대응하는 방사의 9 192 631 770 기간의 지속시간
주파수	헤르쯔	Hz	주기 현상의 주파수는 1 사이클/초이다
평면각	라디안	Rad	원주 상에서 반경과 같은 호를 절단한 원의 두 반경 간의 평면각
	밀리라디안	mrاد	10^{-3} rad
입체각	스테라디안	Sr	원의 중심에 정점을 갖고, 원의 반경과 같은 길이의 측면을 갖는 원의 표면 면적과 같은 원의 표면 면적을 절단한 입체각
힘	뉴턴	N	$1 \text{ m} \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$
에너지	줄	J	$1 \text{ N} \cdot \text{m}$
방사 노광량	줄/제곱미터	J·m ⁻²	$1 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$
적분 방사량	줄/제곱미터/스테라디안	J·m ⁻² ·sr ⁻¹	$1 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$
전력	와트	W	$1 \text{ J} \cdot \text{s}^{-1}$
	밀리와트	MmW	10^{-3} W
조사량	와트/제곱미터	W·m ⁻²	$1 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$
방사량	와트/제곱미터/스테라디안	W·m ⁻² ·sr ⁻¹	$1 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$
비고 편의상, 단위의 배수나 약수는 적절한 경우 포함하였다.			

표 F.2 - 제조자의 요구사용 요약

요구사항 하위절	등급 분류						
	1 등급	1M 등급	2 등급	2M 등급	3R 등급	3B 등급	4 등급
위험 등급 설명 부속서 C	합리적으로 예측가능한 조건에서 안전함	사용자가 광학기기를 사용하는 경우, 1 등급을 제외하고는 위험할 수 있음	저전력: 통상 협오 반응에 의해 주어지는 눈 보호	사용자가 광학기기를 사용하는 경우, 2 등급을 제외하고는 더 위험할 수 있음	직접 시청은 위험할 수 있음	직접 시청은 통상 위험함	고전력: 확산 반사가 위험할 수 있음
보호 하우징 4.2		각 레이저 제품에 필요함; 제품 기능 실행에 필요한 제한치 접근					
보호 하우징의 안전 인터록 4.3	접근 가능 방출값까지 판의 제거를 방지하도록 설계되었고, 3R 등급에 대해 후술함				접근 가능 방출값까지 판의 제거를 방지하도록 설계되었고, 3B 등급 또는 3R 등급에 대해 후술함		
원거리 인터록 4.4	필요하지 않음					레이저 설치 시 외부 인터록을 쉽게 부가하게 함	
수동 리셋 4.5	필요하지 않음					전력이 중단되거나 원거리 인터록이 활성화된 경우 수동 리셋을 필요로 함	
키 제어 4.6	필요하지 않음					키를 제거할 때 레이저는 무효가 됨	
방출 경고 장치 4.7	필요하지 않음				레이저가 켜지거나, 펄스 레이저의 커패시터 뱅크를 충전중일 경우 가청 또는 가시 경고를 제공함. 3R 등급에서, 비가시 방사가 방출되는 경우만 적용됨		
감쇄기 4.8	필요하지 않음					빔을 잠시 차단하기 위한 수단을 제공함	
위치 제어 4.9	필요하지 않음				조정을 행한 경우 1 등급 또는 2등급을 초과하는 AEL로의 노출 위험이 없도록 제어는 위치함		
시청 광학기기 4.10	필요하지 않음		모든 시청 시스템으로부터의 방사는 1M 등급 AEL 미만이어야 함				

표 F.2 (계속)

요구사항 하위절	등급 분류						
	1 등급	1M 등급	2 등급	2M 등급	3R 등급	3B 등급	4 등급
주사 4.11	주사 실패로 인해 제품은 그 등급 분류를 초과하지 않아야 한다						
등급 표지 5.1 ~ 5.6	필요한 문구		그림 1과 그림 2, 및 필요한 문구				
개구 표지 5.7	필요하지 않음				필요한 특정 문구		
서비스 접근 표지 5.9.1	필요하지 않음	적절한 경우, 접근 가능 방사 등급에 필요함					
안전 인터록 표지 5.9.2	사용한 레이저 등급에 적절한 경우, 특정 조건 하에서 필요함						
파장 범위 표지 5.10 및 5.11	특정 파장 범위에 필요함						
사용자 정보 6.1	동작 매뉴얼은 안전 사용을 위한 지침을 담고 있어야 한다. 추가 요구사항은 1M 등급 및 2M 등급에 적용한다.						
구매 및 서비스 정보 6.2	판촉 브로셔는 제품 등급을 명시해야 하고, 서비스 매뉴얼은 안전 정보를 담고 있어야 한다.						
의료 제품 7.2	필요하지 않음					의료용 레이저 제품의 안전에 대해 IEC 60601-2-22를 적용함	
비고 이 표는 요구사항의 편의상 요약을 보여주기 위한 것이다. 전체 요구사항은 이 표준의 본문을 참조한다.							

부속서 G

(참고)

IEC 60825의 관련 절의 개요

IEC 60825의 관련 절은 기본 규범 IEC 60825-1와 연계하여 사용해야 한다. 각 절은 정의한 범위를 포괄하며, 추가로 규범적 및 정보성 지침을 제공하여, 제조자 및 사용자는, 운영자/사용자의 사용 및 숙련/훈련의 특정 조건을 고려하여 제품을 정확히 분류하고 안전하게 사용할 수 있다. 포괄하는 정보는 이론적 근거, 예, 명시, 방법, 표지 및 임의의 추가 제한 및 요구사항을 포함할 수 있다. 표 G.1을 참조한다.

표 G.1 - IEC 60825의 관련 절에서 추가되는 데이터의 개요

절 번호	타입	설명	제품 설계자	제품 공급자	제품 사용자	안전 중요 소자 공급자	시험 방법	위험 평가	관련 규범
1	규범	장비 등급 및 요구사항	예	예	예	예	예	예	
2	규범	광섬유 통신 시스템 안전 (적용 시 주의사항 및 예 제공)	예	예	예	예	예	예	
3	기술 보고	레이저 디스플레이 및 표시 지침	아니오	아니오	예	아니오	아니오	예	
4	규범	레이저 제품 (가드 소재를 제거할 수 있는 고전력 레이저의 성능 또한 설명)	예	예	예	예	예	예	
5	기술 보고	(안전 보고에 사용하기 적절한) IEC 60825-1를 위한 제조자의 체크리스트	예	예	아니오	예	아니오	아니오	
6	기술 시방 (취소)								
7	기술 시방 (취소)								
8	기술 보고	의료용 레이저 장비를 안전하게 사용하기 위한 지침	아니오	아니오	예	아니오	아니오	아니오	IEC 60601-2-22
9	기술 보고	인코히어런트 광 방사(광역 원)로의 최대 허용 가능 노광의 편집	아니오	아니오	예	아니오	예	예	
10	기술 보고	레이저 안전 적용 지침 및 해설	예	예	아니오	아니오	예	아니오	ISO 13694
12	규범	정보 전송에 사용되는 자유 공간 광 통신 시스템의 안전성	예	예	예	예	예	예	
14	기술 보고	사용자의 지침	아니오	예	예	아니오	아니오	예	
비고 이 표는 내용을 표시하기 위한 것이다 - 전체 요구사항은 특정한 규범의 본문을 참조한다. 상기 열거한 일부 절은 운영 그룹이 논의 중에 있어서 공식적으로 공개되지는 않을 수 있다.									

참고문헌

KS C IEC 60027-1, 전기기술분야에 사용되는 기호-제1부 : 일반

KS C IEC 60065, 오디오, 비디오 및 이와 유사한 전자기기의 안전

KS C IEC 60079 (all parts), 방폭 전기기계기구

KS C IEC 60079-0:2007, 방폭 전기기계기구 - 일반 요구사항

KS C IEC 60204-1, 기계류의 안전성-기계류의 전기 장비- 제1부 : 일반 요구 사항

KS C IEC 60825-2, 레이저 제품의 안전성-제2부 : 광섬유 통신 시스템의 안전성

KS C IEC TR 60825-3, 레이저 제품의 안전성-제3부 : 레이저 디스플레이 및 공연 지침

KS C IEC 60825-4, 레이저 제품의 안전성-제4부 : 레이저 보호대

KS C IEC/TR 60825-5, 레이저 제품의 안전성-제5부 : KS C IEC 60825-1를 위한 제조자 점검 목록

KS C IEC/TR 60825-8, 레이저 제품의 안전성-제8부 : 의료 레이저 장비의 안전 사용을 위한 지침

KS C IEC/TR 60825-9, 레이저 제품의 안전성-제9부 : 비간섭성 광방사 노출에 대한 최대 허용 레이저 조사량값

KS C IEC/TR 60825-12, 레이저 제품의 안전성-제12부 : 정보 송신용 자유 공간 광통신 시스템의 안전성

IEC/TR 60825-10, Safety of laser products - Part 10: Application guidelines and explanatory notes to IEC 60825-1

IEC/TR 60825-13, Safety of laser products - Part 13: Measurements for classification of laser products

IEC/TR 60825-14, Safety of laser products - Part 14: A user's guide

IEC 60950 (all parts), Information technology equipment- Safety

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

KS C IEC 61508 (all parts), 전기/전자/프로그램 가능한 전자장치 안전관련 시스템의 기능안전성

KS C IEC 62115, 전기 장난감-안전성

KS C IEC 62471:2006 (CIE S009:2002), 램프와 램프장치의 광생물학적 안전성

KS A ISO 80000-1, 국제단위계(SI) 및 그 사용법

KS B ISO 11146-1, 레이저 및 레이저 관련 기기-레이저 빔 폭, 발산각, 빔 전달률 시험

방법-제1부 : 스티그마틱 및 단순 비점수차 빔

KS B ISO 11553-1, 기계안전-레이저 가공기-제1부 : 일반 안전 요구사항

KS B ISO 12100-1, 기계 안전-설계를 위한 기본 개념 및 일반 원칙-제1부 : 기본 용어 및 방법

KS B ISO 12100-2, 기계 안전-설계를 위한 기본 개념 및 일반 원칙-제2부 : 기술적 원칙

KS B ISO 13694, 광학 및 광학 기기-레이저 및 레이저 관련 기기-레이저 에너지 밀도 시험 방법

해설 1 전기용품안전기준의 한국산업표준과 단일화의 취지

1. 개요

이 기준은 전기용품안전관리법에 따른 안전관리대상 전기제품의 안전관리를 수행함에 있어 국가표준인 한국산업표준(KS)을 최대한 인용하여 단일화한 전기용품안전기준이다.

2. 배경 및 목적

전기용품안전관리법에 따른 안전관리대상 전기제품의 인증을 위한 시험의 기준은 2000년부터 국제표준을 기반으로 안전성 규격을 도입·인용하여 운영해 왔으며 또한 한국산업표준도 2000년부터 국제표준에 바탕을 두고 있으므로 규격의 내용은 양자가 거의 동일하다.

따라서 전기용품안전관리법에 따른 안전기준과 한국산업표준의 중복인증이 발생하였으며, 기준의 단일화가 필요하게 되었다.

전기용품 안전인증기준의 단일화는 기업의 인증대상제품의 인증시 시간과 비용을 줄이기 위한 목적이며, 국가표준인 한국산업표준과 IEC 국제표준을 기반으로 단일화를 추진이 필요하다.

또한 전기용품 안전인증기준을 한국산업표준을 기반으로 단일화 함으로써 한국산업표준의 위상을 강화하고, 우리나라 각 부처별로 시행하는 법률에 근거한 각 인증의 기준을 국제표준에 근거한 한국산업표준으로 일원화할 수 있도록 범부처 모범사례가 되도록 하였다.

3. 단일화 방향

전기용품안전관리법에서 적용하기 위한 안전기준을 동일한 한국산업표준으로 간단히 전기용품안전기준으로 채택하면 되겠지만, 전기용품안전기준은 그간의 전기용품 안전관리제도를 운용해 오면서 국내기업의 여건에 맞추어 시험항목, 시험방법 및 기준을 여러번의 개정을 통해 변경함으로써 한국산업표준과의 차이를 보이게 되었다.

한국산업표준과 전기용품안전기준의 단일화 방향을 두 기준 모두 국제표준에 바탕을 두고 있으므로 전기용품안전기준에서 한국산업표준과 중복되는 부분은 그 내용을 그대로 인용하는 방식으로 구성하고자 한다.

안전기준에서 그간의 전기용품 안전관리제도를 운용해 오면서 개정된 시험항목과 시험방법, 변경된 기준은 별도의 항을 추가하도록 하였다.

한국산업표준과 전기용품안전기준을 비교하여 한국산업표준의 최신판일 경우는 한국산업표준의 내용을 기준으로 전기용품안전기준의 내용을 개정기로 하며, 이 경우 전기용품안전기준의 구판은 병행적용함으로써 그간의 인증받은 제품들이 개정기준에 맞추어 개선할 시간적 여유를 줌으로서 기업의 혼란을 방지하고자 한다.

그리고 국제표준이 개정되어 판번이 변경되었을 경우는 그 최신판을 한국산업표준으로 개정 요청을 하고 그리고 전기용품안전기준으로 그 내용을 채택함으로써 전기용품안전기준을 국제표준에 신속하게 대응하고자 한다.

그리고 전기용품안전기준에서만 규정되어 있는 고유기준은 한국산업표준에도 제정요청하고, 아울러 필요시 국제표준에도 제안하여 우리기술을 국제표준에 반영하고자 한다.

4. 향후

한국산업표준과 전기용품안전기준의 중복시험 항목을 없애고 단일화 함으로써 표준과 기준의 이원화에 따른 중복인증의 기업부담을 경감시키고, KS표준의 위상을 강화하고자 한다.

아울러 우리나라 각 부처별로 시행하는 법률에 근거한 각 인증의 기준을 국제표준에 근거한 한국산업표준으로 일원화할 수 있도록 범부처 모범사례가 되도록 한다.

또한 국제인증기구인 국제표준 인증체계를 확대하는 추세에 있으며, 표준을 활용하여 자국 기업의 경쟁력을 강화하는 추세에 있다. 이에 대응하여 국가표준과 안전기준이 국제표준에 신속히 대응함으로써 우리나라의 수출기업이 인증에 애로사항을 감소하도록 한다.

해설 2 전기용품안전기준의 추가대체항목 해설

이 해설은 전기용품안전기준으로 한국산업표준을 채택함에 있어 추가대체하는 항목을 적용하는 데 이해를 돕고자 주요사항을 기술한 것으로 규격의 일부가 아니며, 참고자료 또는 보충자료로만 사용된다.

심 의 :

구	분	성 명	근 무 처	직 위
(위	원	장)		
(위		원)		

(간 사)

원안작성협력 :

구	분	성 명	근 무 처	직 위
(연구	책임자)			
(참여	연구원)			

전기용품안전기준의 열람은 국가기술표준원 홈페이지(<http://www.kats.go.kr>), 및 제품안전정보센터(<http://www.safety.korea.kr>)를 이용하여 주시고, 이 전기용품안전기준에 대한 의견 또는 질문은 산업통상자원부 국가기술표준원 제품안전정책국 전기통신제품안전과(☎ 043-870-5441~9)으로 연락하여 주십시오.

이 안전기준은 전기용품안전관리법 제3조의 규정에 따라 매 5년마다 안전기준전문위원회에서 심의되어 제정, 개정 또는 폐지됩니다.

KC 60825-1 : 2015-09-23

Safety of laser products

**- Part 1: Equipment classification and
requirements**

ICS 13.280

Korean Agency for Technology and Standards

<http://www.kats.go.kr>



산업통상자원부 국가기술표준원

Korean Agency for Technology and Standards

Ministry of Trade, Industry & Energy

주소 : (우) 369-811 충북 음성군 맹동면 이수로 93

TEL : 043-870-5441~9 <http://www.kats.go.kr>

