

2020 年度  
レーザポインタの安全・安心推進に関する  
標準化調査研究報告書

2021 年 3 月

一般財団法人光産業技術振興協会

**KEIRIN**



この報告書は、競輪の補助により作成しました。

<http://hojo.keirin-autorace.or.jp>

# 目 次

はじめに	3
委員名簿 2020年度レーザーポインタの安全・安心推進に関する標準化調査研究委員会	4
第1章 調査研究の概要	5
1.1 背景及び目的	5
1.2 調査研究の内容	5
第2章 標準化国際シンポジウム	6
2.1 目的	6
2.2 実施内容	6
2.3 実施結果	7
2.4 講演予稿	9
2.4.1 可視光領域のレーザー応用とその安全性に関する最近のトピックス	9
2.4.2 レーザガイド星システム用の航空機回避システムとその運用	31
2.4.3 新中国規格『レーザーポインター製品の光放射に対する要求事項』の概要とねらい	50
2.4.4 高出力ブルー半導体レーザーの加工応用とそのレーザー安全性	67
第3章 国際会議の動向調査	90
3.1 目的	90
3.2 IEC/TC 76 報告	90
3.3 今後の見通し	91
第4章 海外の関連法規の調査	92
4.1 目的	93
4.2 新中国規格『レーザーポインター製品の光放射に対する安全要求事項』	93
第5章 国内の動向	119
5.1 可視光レーザーの加工機応用とレーザー安全性の動向（レーザー加工学会講演会）	119
おわりに	129
参考資料	130
委員会議事録	130
レーザー安全関係 IEC/ISO/JIS 一覧表	134
レーザーに関する事故事例等	136

## はじめに

近年のレーザー機器の普及は目覚ましいものがあり、例えば産業界においては、工場における部品加工、データセンターにおける光通信あるいは自動運転に必要な測距等にレーザーが利用されています。また社会生活においてもプレゼンテーション用のレーザーポインタやスマートフォンに搭載の顔認証のためのレーザースキャンといった身近なところにまでも普及してきています。

一方で、レーザー機器の安全性に関する利用者の認識は十分とは言えず、危険なレーザー機器の輸入や故意のレーザー照射等の事件・事故も発生しています。

一般財団法人光産業技術振興協会は、1980年の設立以来、その設立目的である「社会的ニーズに適応する光技術の調査、研究、開発、標準化及びその成果普及を通じて、光産業技術の総合的育成、振興を図るとともに、関連産業の高度化と国民生活の向上に資し、もってわが国経済社会の発展に寄与すること」に則り活動を行ってきました。

一例をあげると、傷害事故を未然に防止し、家庭から製造現場に亘る広範な国民生活の安全・安心を確保・維持するため「レーザー安全スクール」を毎年開催し、「レーザー取扱技術者試験」を実施しています。

しかし、その対象は主に製造に従事する技術者が多く一部の利用者に限られていたため、レーザーの安全性の啓発活動を推進するために、より多くの利用者を対象としたシンポジウムの開催が望まれていました。

このような背景のもと、2018年度から競輪の補助金を受けて「レーザーポインタの安全・安心推進に関する標準化調査委員会」を設置し、産業界のみならず高度に情報化された社会生活の安全・安心のため、次のような活動を行ってきました。

1. レーザー機器の安全性についての普及啓発
2. レーザーポインタの安全・安心推進に関する標準化国際シンポジウムの開催
3. 国際標準化会議への専門家派遣ならびに標準化の動向調査
4. レーザーポインタに関する海外法規の調査（翻訳等）

本調査研究の最終年度にあたる2020年度は、コロナ禍で、国際シンポジウムもWeb配信による開催となりましたが多くの参加者がありました。これは、レーザーの安全性に関する今後の更なる啓発活動を実施する上で、大きな勇気を与えるものです。

最後になりましたが、本事業に惜しみない協力をしてくださいました委員および関係各位に心から感謝申し上げます。

2021年3月

レーザーポインタの安全・安心推進に関する標準化調査研究委員会  
委員長 橋新 裕一

## 2020年度レーザーポインタの安全・安心推進に関する標準化調査研究委員会

### 委員名簿

(敬称略、五十音順)

委員長	橋新 裕一	近畿大学 理工学部 電気電子工学科 教授
委員	中西 孝子	昭和大学 准教授
委員	濱 敦智	日亜化学工業株式会社 第二部門 LD事業統括部 LD企画部 第一課 課長
委員	増田 岳夫	一般財団法人光産業技術振興協会 開発部
委員	松元 尚己	一般財団法人日本品質保証機構 安全電磁センター 試験部 安全試験2課
委員	鷺尾 邦彦	パラダイムレーザーリサーチ
事務局	澤野 弘	一般財団法人光産業技術振興協会 開発部
事務局	村田健治	一般財団法人光産業技術振興協会 開発部 (2020年12月31日まで)
事務局	齧島 章子	一般財団法人光産業技術振興協会 開発部

## 2020年度レーザーポインタの安全・安心推進に関する標準化調査研究委員会

### 委員以外の執筆者名簿

(敬称略)

#### (シンポジウム講師)

- ①橋新 裕一 近畿大学  
「可視光領域のレーザー応用とその安全性に関する最近のトピックス」
- ②Gustavo Rahmer 大双眼望遠鏡(LBT)天文台(米国)  
「レーザーガイド星システム用の航空機回避システムとその運用」
- ③Aiping Wu (呉愛平) 中国科学院航空宇宙情報革新研究院  
「新中国規格『レーザーポインタ製品の光放射に対する要求事項』の概要とねらい」
- ④皆川 邦彦 レーザーライン株式会社  
「高出力青色ダイレクトダイオードレーザーの加工応用とそのレーザー安全性」

# 第1章 調査研究の概要

## 1.1 背景及び目的

携帯型レーザーポインタは、消費生活用製品安全法で規制されているにもかかわらず、悪質な事件も発生しており、またレーザー機器に起因する事故件数も増加傾向となっている（参考資料D）。

加えて、個人輸入サイトから高出力レーザーポインタが容易に入手できる状況となっており、誤った利用あるいは悪意による事故の増大に拍車をかけている。

一方で、正確でまとまった事故情報がなくレーザーは危ないという漠然としたイメージが国民に定着することで、レーザー関連産業の健全な発展を阻害する懸念もある。

本調査研究では、レーザーポインタの適切な活用事例や諸外国の取組等を広報することで、レーザー機器を正しく理解し無用な事故を未然に防ぐとともに、日本のレーザー関連産業の健全な発展を促すことを目的としている。

## 1.2 調査研究の内容

上記の目的のため、学識経験者、レーザー産業関係者、レーザーポインタ認証機関で構成される「レーザーポインタの安全・安心推進に関する標準化調査研究委員会」を組織し、次の各項目について検討・実施した。

1. レーザー機器の安全性についての普及啓発
2. レーザーポインタの安全・安心推進に関する標準化国際シンポジウムの開催
3. 国際標準化会議への専門家派遣ならびに標準化の動向調査
4. レーザーポインタに関する海外法規の調査（翻訳等）

## 第2章 標準化国際シンポジウム

### 2.1 目的

レーザーポインタの適切な活用事例や諸外国の取組等の正確な情報を広報することで、レーザー機器を正しく理解し無用な事故を未然に防ぐとともに、日本のレーザー関連産業の健全な発展を促すことを目的とする。

### 2.2 実施内容

#### 2.2.1 これまでの実績

＜2018年度＞ テーマ：レーザーポインタの安全・安心

①日本のレーザーポインタの安全・安心ー現状と課題ー

近畿大学 橋新 裕一教授

②レーザーポインタの危険性とその軽減策

航空機/レーザー安全性委員会・共同議長（米国） Mr. Patrick Murphy

③携帯用レーザー機器に関する法規制ースウェーデンにおけるレーザーポインタ法規制の経験ー

スウェーデン放射安全局 Mr. Martin Lindgren

④高出力レーザーダイオードの履歴管理（流出防止対策）

日亜化学工業（株） 濱 敦智氏

＜2019年度＞ テーマ：レーザー安全の法規制と標準化

①レーザー安全性に関する最近のトピックーレーザーポインタの事件報道を中心に

近畿大学 橋新 裕一教授

②消費者用レーザー機器のための新しい欧州安全規格ーその背景と進展

欧州電気標準化委員会/レーザー機器の安全性委員会（CENELEC/TC 76）幹事・国際電気標準化委員会（IEC）/TC 76 副幹事，Robert Bosch 社 R&D（ドイツ） Ms. A. Frederiksen

③船舶における高出力レーザーポインタ使用の危険性

国土交通省 運輸安全委員会事務局 事故調査官 吉田 茂樹氏

④レーザープロジェクタにとっての安全性規格と各国認証

ソニーイメージング・プロダクツ&ソリューションズ株式会社 野村 恒治氏

#### 2.2.2 2020年度の実施内容

テーマ：可視光ビーム応用とレーザー安全性

講演の概要：可視光領域のレーザービーム応用機器の安全性に焦点を当て、米国・中国の専門家からのプレゼンテーションも含むバーチャルシンポジウムとして開催した。米国では、レーザービームを天空に向けて発射する天文台のレーザーガイド星システムに航空機回避システムが設けられており、天文台の当事者が実際の運用について紹介した。

また中国では、レーザーポインタの安全性に関する新しい規格が発効しており、その概要とねら

いについて、この規格の技術面の責任者が紹介した。日本からは、可視光領域のレーザ応用とその安全性に関する最近のトピックスならびに最近進展が著しい青色レーザの加工応用について紹介した。

実施方法は、パワーポイントのスライドにナレーションを録音し、ビデオプレゼンテーションとしてオンデマンドで視聴可能な形式で公開した。また、米国と中国の講演ビデオは日本語同時通訳バージョンを作成し同時に公開した。具体的な講演テーマは下記のとおり。

- ①可視光領域のレーザ応用とその安全性に関する最近のトピックス  
近畿大学 橋新 裕一教授
- ②レーザガイド星システム用の航空機回避システムとその運用  
大双眼望遠鏡 (LBT) 天文台 (米国) Mr. Gustavo Rahmer
- ③新中国規格『レーザポインタ製品の光放射に対する要求事項』の概要とねらい  
中国科学院航空宇宙情報革新研究院 吳愛平(Aiping Wu)氏
- ④高出力青色ダイレクトダイオードレーザの加工応用とそのレーザ安全性  
レーザーライン株式会社 皆川 邦彦氏

## 2.3 実施結果

3週間の事前登録期間を設け、当協会のホームページおよびこれまで当協会の行事に参加された方のメーリングリストを通じて広報し、約80名の参加があった。

シンポジウムの公開期間は2月15日～26日の2週間で、視聴者にはアンケート調査にも協力していただいた。5人から回答があり、主な意見は次の通り。

アンケート結果	
	記入欄
1	大変良かったです。
2	私にとっては興味がある内容揃いで、大変役にたちました。画像は大変鮮明で、音声も一部（途切れているように感じる無音声区間がありました）を除き、良く聞き取ることができました。
3	たいへん 興味深く拝聴致しました。特にガイド星の講演は勉強になりました。

4	<p>&lt;意見&gt;：①可視光領域のレーザ応用とその安全性に関する最近のトピックス 橋新教授：トピックスがわかりやすくまとめられており、レーザ応用とその安全性を担保するための規制の歴史が良く理解できてためになった。②新中国規格『レーザポインタ製品の光放射に対する要求事項』の概要とねらい Wu 氏：レーザポインタの安全性に関する新中国規格の概要がよく分かった。③レーザガイド星システム用の航空機回避システムとその運用 Rahmer 氏：レーザガイド星システムの天文学にとっての位置づけとそのレーザ安全のための運用方法がよく分かった。④高出力青色ダイレクトダイオードレーザの加工応用とそのレーザ安全性 皆川氏：ダイオードレーザの加工応用の概要がわかりやすくまとめられておりためになった。青色レーザ加工機に特に必要なレーザ安全性上の注意点が紹介されるともっとよかった。</p> <p>&lt;質問&gt;：②：この新規格を参照してレーザポインタの安全性を確保するための法規制はすでに準備が進められているのか？予定があれば教えてほしい。③人工衛星に対するレーザ安全性（光照射回避）についての紹介がなかったが、どのように行うのか概要を教えてほしい。</p>
5	<p>光産業技術振興協会 御中 この度は大変興味深い有益なシンポジウムをご開催いただきありがとうございました。今後も同様に開催していただけますと幸いです。また、長距離移動を回避できるビデオセミナーを希望いたします。後日シンポジウムで使われた PowerPoint 資料のご提供もいただけますと幸いです。以上よろしく願いいたします。</p>

## 2.4 講演予稿

以下に講演のスライドを掲載する。



主催：一般財団法人光産業技術振興協会

2020年度 光産業技術標準化国際シンポジウム

テーマ「可視光ビーム応用とレーザー安全性」

## 可視光領域のレーザー応用と その安全性に関する最近のトピックス

一般消費者に対する啓発活動の一環

橋新 裕一

近畿大学理工学部・大学院総合理工学研究科

2021年1月 バーチャルシンポジウム・オンデマンド



1



バーコードリーダー

レーザー応用製品（一般消費者が購入可能）

レーザーポインター（指示棒・天体観測用等）

CD、DVD、レーザーディスクプレイヤー

レーザー脱毛器・美顔器

レーザープリンター・マウス

レーザー距離計（ゴルフ用等）

レーザーコリメーター

レーザーセンサー

（望遠鏡の光軸調整用）

（変位、角度、ライン、水準器等）

レーザーガイドハサミ

レーザープロジェクター

レーザーガイドステッキ

レーザーヘッドランプ

おもちゃ：レーザー銃、レーザーブレード、猫用ポインター



2

## 可視光レーザーの医療応用

眼疾患治療(網膜・虹彩・毛様体・隅角光凝固)

532、561、570、577、635、638、647、659、670nm

皮膚良性血管病変治療(単純性血管腫、莓状血管腫、毛細血管拡張症)

595nm

良性前立腺肥大症治療

532nm

光線力学的療法(PDT)(早期肺癌、再発食道癌、悪性脳腫瘍)

664nm

光免疫療法(PIT)(悪性腫瘍)

690nm



3

## レーザーポインター(クラス2)による事件

西暦(和暦)	被害者	事故・事件内容
1999年(平成11年)	13歳女子	中学校教室内で生徒数人がレーザーポインターを振り回していて、光がほかの生徒の眼に当たり、視力が低下した。パッケージには英文で注意書きがあるらしいが、子供には理解できない。
1999年(平成11年)	23歳女性	授業中、生徒が約3mの距離から教師に向け、レーザーポインターを執拗に照射した。その結果、事故前の矯正視力1.2が2ヶ月後に0.05に低下し、中心暗点があり、黄斑に顕著な混濁と中心窩出血があった。半年後も視力は0.2と低く、中心暗点も残っていた。
2000年(平成12年)	12歳男児	友人のレーザーポインターが息子の眼に当たり、網膜が火傷状になり、1年後の現在も視野に後遺症が残った。
2000年(平成12年)	2歳女児	電車の中で同じ車両にいた小学生に、2歳と6歳の子供が眼を中心にレーザーポインターを当てられ、子供の眼が傷つけられた。障害が残るかどうかは2~3年経過しなければ分からない。
2008年(平成20年)	男性	平成20年9月6日に行われた、日本対バーレーンのW杯アジア最終予選において、日本の選手は試合中に何度も緑色のレーザー光線を当てられる妨害行為を受けた。



4

1999～2000年(平成11～12年)

赤色レーザーポインタ(クラス2)が主流

小中学生でも購入が可能で、安価 ⇒⇒⇒ いたずら  
取扱説明書が英語表記

2005年(平成17年)頃以降

緑色レーザーポインタ(クラス2)が登場

緑色は視感度ピークで、赤色光より明るい  
球技場・競技場で観客が選手にレーザー照射




5

2009年7月  
経済産業省


そのレーザーポインタは安全ですか？

～ PSCマークが付いた製品を使いましょう！～

レーザーポインタを含む「携帯用レーザー応用装置」は、過去に、レーザー光線が目に入ったことにより、網膜の損傷を生じ、視力の低下が生じた等の事故が起こったことから、消費生活用製品安全法で規制されています。

法令の基準に適合した製品には、表示として PSC マーク (  ) が付されています。

PSC マークの付いていない製品は、基準を超えるレーザー光線が出力される製品の可能性があります。

ご購入の際には  マークが付いていることをご確認ください。

※法令では、PSC マークの他に、製造事業者の名称、登録検査機関の名称、注意事項等の表示が要求されています。



問い合わせ先

【全般的な連絡先】  
経済産業省 製品安全課 03-3501-4707  
【事故に関する連絡先】  
(独)製品評価技術基盤機構 06-6942-1114

PSC マークのないレーザーポインタをお持ちの方は、必要な安全確認がなされていないおそれがあることから、ご使用を中止していただくとともに、経済産業省製品安全課にご連絡ください。

平成21年7月作成




6

## レーザーポインター(クラス3R、クラス4)による事件

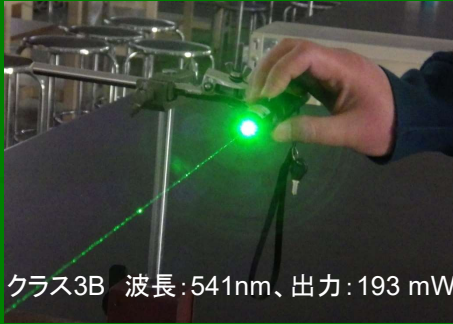
西暦(和暦)	報道機関	事故・事件内容
2014年(平成26年)5月7日	毎日新聞	取材用ヘリに緑のレーザー光線…地上から3回
2014年(平成26年)6月23日	共同通信社	韓国戦でアルジェリア選手にレーザーポインター
2015年(平成27年)11月19日	読売新聞	旅客機にレーザー光
2015年(平成27年)12月12日	毎日新聞	新幹線運転席にもレーザー光照射…徳山駅停車中
2016年(平成28年)2月26日	テレビ朝日	レーザーを走行中の路線バスに照射 自宅から57歳男 <b>暴力罪で逮捕</b>
2016年(平成28年)7月30日	産経新聞	7府県警が4人を消安法違反の疑いで逮捕 10業者の家宅捜索で1千個以上レーザーポインターを押収
2016年(平成28年)12月1日	毎日新聞	海上自衛隊機 レーザー照射した男 威力業務妨害の疑いで逮捕
2019年(平成31年)1月10日	時事通信社	宮崎上空で陸自ヘリにレーザー光: 一時視力低下
2019年(平成31年)1月30日	読売新聞	バス運転手にレーザー照射 暴力・威力業務妨害で逮捕
2019年(平成31年)5月22日	朝日新聞	米軍機にレーザー照射 威力業務妨害の疑いで逮捕



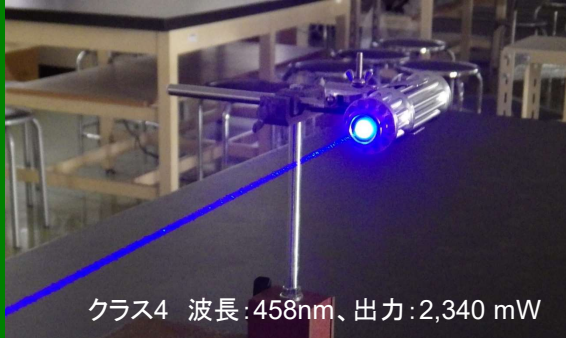
7



クラス2 波長: 533nm、出力: 1.3 mW



クラス3B 波長: 541nm、出力: 193 mW



クラス4 波長: 458nm、出力: 2,340 mW

2016年  
平成28年2月26日  
路線バスへのレーザー照射で押収された携帯用レーザー(レーザーポインター)

8



9

2010年(平成22年)頃以降

レーザポインタの高出力化が進む  
 1 mW⇒ 5mW⇒ 50mW⇒ 100mW⇒ 500mW⇒ 5W⇒ 60W

赤色のみならず、緑色、青色のレーザポインタも

レーザポインタが安価で、ネット購入できる

各種乗物の操縦席をねらうレーザ照射

暴力罪、威力業務妨害罪容疑による送検

消安法違反の販売

10

# 日本におけるレーザー規制

違反した場合、刑罰に処されることがある

## レーザー光線による障害防止対策要綱

労働安全衛生法 関連

消費生活用製品安全法(携帯用レーザー応用装置)

製造物責任法(PL法)

電気用品安全法

薬事法 (医用レーザー機器)



11

2010年12月27日改正  
消費生活用製品安全法

消費生活用製品安全法の規制について

### レーザーポインター等を販売される方へ

「レーザーポインター」や「バイク用ヘルメット」等を輸入し、国内で販売するためには手続きをする必要があります。

個人が海外で買ったもの及び中古品を販売する場合でも、規制の対象となることがありますので、ご注意ください。

(対象となる製品は裏面参照)



※PSCマークのない製品を販売する等の規定に違反した場合、罰則(1年以下の懲役又は百万円以下の罰金、又はこれを併科)等の対象となります。

### レーザーポインター等の規制の概要について

レーザーポインターを含む「携帯用レーザー応用装置」は、過去に、レーザー光線が目に入ったことにより、網膜の損傷を生じ、視力の低下が生じた等の事故が起こったことから、消費生活用製品安全法の特定製品として規制されています。

レーザーポインター等の特定製品を製造又は輸入する事業者は、「国への届出」「技術基準への適合義務」「検査の義務」等の規制があります。

これらの法令の基準に適合した特定製品には、表示として「PSCマーク」や「届出事業者の名称」、「注意事項」等の表示がされています。

PSCマークの付いていないレーザーポインターは、基準を超えるレーザー光線が出力される製品の可能性がありますのでご注意ください。

ライター等を販売される皆様へ

### ライター等の販売規制の開始について

平成22年12月27日に消費生活用製品安全法関係の改正法令が施行され、ライターや多目的ライターの販売規制が開始されます。

今回の規制により、平成23年9月27日以降、これまで流通していたPSCマークのないライターは販売禁止となります。



12

携帯用レーザー応用製品  
 特別特定製品  
 技術上の基準に適合した旨の  
 PSCマーク  
 技術基準適合の自己確認と  
 第三者機関の検査

### 消費生活用製品安全法の概要

**「特定製品」の指定による安全規制 (PSCマーク制度)**

消費者の生命・身体に対して特に危害を及ぼすおそれが多い製品については、国の定めた技術上の基準に適合した旨の**PSCマーク**がないと販売できず、マークのない製品が市の中に出回った時は、国は製造事業者等に回収等の措置を命ずることができます。  
 これらの規制対象品目は、**製造又は輸入事業者**に、技術基準適合の自己確認が義務づけられている**特定製品**とその他さらに第三者機関の検査が義務付けられている**特別特定製品**があります。

マーク	特定製品の名称	対象となる例
特定製品 (PSC)	家庭用の圧力なべ及び圧力がま	・圧力なべ ・高圧力になる炊飯器
	乗車用ヘルメット	・オートバイ乗車用ヘルメット ・電動駆付自転車乗車用ヘルメット
	登山用ロープ	・ザイル
	石油給湯機	・石油給湯機
	石油ふろがま	・石油ふろがま
	石油ストーブ	・石油ストーブ
特別特定製品 (PSC)	乳幼児用ベッド	・ベビーベッド
	携帯用レーザー応用装置	・レーザーポインター ・レーザー照準器 ・レーザー光を放出するおもちゃ
	浴槽用温水循環器	・ジェットバス ・24時間風呂
	ライター	・ライター ・多目的ライター (点火棒、ユーティリティライター)

このほか、消費生活用製品安全法には、製品事故が生じたときに事業者が国に事故の状況等を報告する**製品事故情報報告・公表制度**と経年劣化による事故を防ぐための**長期使用製品安全点検・表示制度**があります。

各制度の詳細は、消費生活用製品安全法のホームページをご覧ください。  
<http://www.meti.go.jp/policy/consumer/seian/shouan/index.htm>

PSCマーク

経済産業省 商務流通グループ 製品安全課  
 電話番号 03-3501-4707

13

## 旅客機にレーザー光

平成27年(2015年)

- 11月19日 読売新聞・大阪版・夕刊
- 11月26日 読売新聞・大阪版・夕刊
- 12月5日 日本経済新聞・朝刊
- 12月15日 読売新聞・東京版・朝刊
- 12月17日 東京新聞・朝刊
- 12月23日 中日新聞・朝刊

伊丹空港  
 普天間基地  
 小牧基地



14

# 旅客機にレーザー光

平成27年11月19日(木)の報道

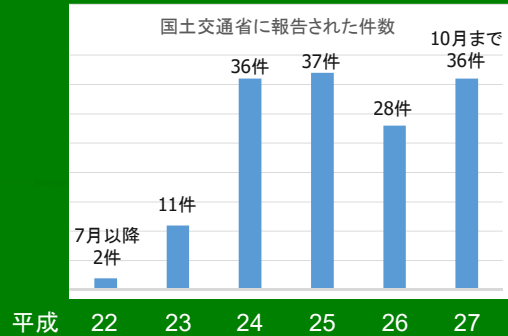
読売新聞・大阪・夕刊、NHKのWEB、各局テレビニュース

同年10月17日(土)午後6時50分頃

大阪府豊中市の伊丹空港、全日空1648便・ボーイング737型機

着陸5分前、上空約300m、操縦席の窓付近に緑色光線

大阪府警が威力業務妨害容疑で捜査開始



米国では  
一日に10~11回

注意散漫  
眩しさ  
一瞬の盲目

平成28年7月までに  
合計194件に達した



15

経済産業省

平成28年(2016年)1月28日

商務情報政策局 製品安全課長

## レーザーポインター等の販売における 消費生活製品安全法の遵守の周知徹底について

技術上の基準に適合しない可能性のある

高出力の製品が販売されたことを踏まえ 下記の周知徹底を図ってほしい

レーザーポインター等を販売する場合において

法令で定める技術上の基準に適合したことを示す  
PSCマーク等が付されている製品でなければ

販売し 販売の目的で陳列できないこと

なお、これに違反した場合には

### 罰則の適用 回収等 危害防止命令の対象となること

外面の見やすい箇所に表示しなければならない

- ① レーザー光をのぞきこまない旨
- ② レーザー光を人に向けない旨
- ③ 子供に使わせない旨



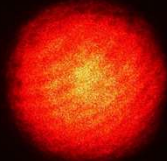
16



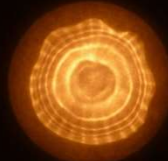
大阪府警察本部 2016年6月10日(金)

## レーザー光の危険性と レーザー光の簡易鑑定法等について

スペックル  
パターン



レーザー  
(He-Ne)  
633nm



ハロゲンランプ  
(懐中電灯)  
臭素やヨウ素



LEDランプ  
(懐中電灯)



17

釣り糸の太さ 0.235mm

釣り糸の太さ 0.435mm



18




AVOID EXPOSURE LASER  
 LIGHT IS EMITTED FROM THIS APERTURE  
**DANGER**  
 LASER RADIATION  
 AVOID DIRECT EYE EXPOSURE  
 MAX OUTPUT POWER < 100mW ← 112mW  
 WAVELENGTH 532nm±10 ← 660nm  
 CLASS III LASER PRODUCT  
 This product complies with 21 CFR  
**MADE IN CHINA**



19

経済産業省 平成28年(2016年)1月28日  
 商務情報政策局 製品安全課長

**レーザーポインター等の販売における  
 消費生活製品安全法の遵守の周知徹底について**

技術上の基準に適合しない可能性のある  
 高出力の製品が販売されたことを踏まえ 下記の周知徹底を図ってほしい

レーザーポインター等を販売する場合において

法令で定める技術上の基準に適合したことを示す  
 PSCマーク等が付されている製品でなければ

**販売し 販売の目的で陳列できないこと**



なお、これに違反した場合には

**罰則の適用 回収等 危害防止命令の対象となること**

外面の見やすい箇所に表示しなければならない

① レーザー光をのぞきこまない旨      ③ 子供に使わせない旨  
 ② レーザー光を人に向けない旨

平成28年7月30日 7府県警が4人を同法違反の疑いで逮捕、  
 10業者の自宅捜索で1千個以上の違法レーザーポインターを押収

20

平成28年(2016年)9月 国土交通省航空局

航空機に向かってレーザー光を照射する等の行為を規制するための航空法施行規則の一部を改正する省令案等について

航空法の第99条の2第1項に規定する「航空機の飛行に影響を及ぼすおそれのある行為で国土交通省令で定めるもの」に、**レーザー光を進入表面等の上空の空域等を飛行する航空機に向かって照射すること**を追加する。(第209条の3の改正)



21

### 2019年6月以降のレーザーポインタによる事件報道

2019年(令和元年) 6月13日	朝日新聞 デジタル	講師が居眠り学生に レーザー照射
2019年(令和元年) 7月22日	朝日新聞 デジタル	高出カレーザー 「1万本ぐらい売った」 販売容疑の男
2019年(令和元年) 10月7日	ロイター 香港	香港、数万人が覆面でデモ 中国軍はレーザー照射に警告
2020年(令和2年) 1月7日	読売新聞 東京・夕刊	航行中レーザー危険



22

2019年10月31日  
国土交通省  
運輸安全委員会

**WARNING !!**  
レーザポインタを照射することは  
他船に危険を及ぼします！

高出力のレーザポインタ(海外製)を他船に向けて照射した事案が発生しています。  
本事案の詳細報告書は当委員会ホームページで公表しております。(令和元年10月31日公表)  
[http://www.mlit.go.jp/itcb/ship/rep-acc/2019/MA2019-10-19\\_2019ts0106.pdf](http://www.mlit.go.jp/itcb/ship/rep-acc/2019/MA2019-10-19_2019ts0106.pdf)

注意喚起のために照射しても・・・  
気付いたら危険です

»» 照射の実態  
事故調査及び旅客フェリー等へのアンケート調査の結果、発光信号の代わりにレーザポインタを他船に向けて照射した事例が25件発生しています。  
実際に照射を受けて当直者の目が眩んだり、双眼鏡を使用中に照射され目鏡裏面に支障を来した例もあります！

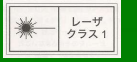

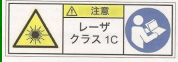
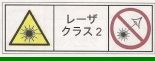
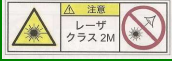
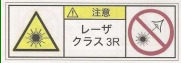
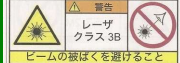
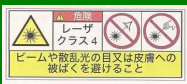
»» 目への影響  
解析の結果、レーザポインタ(1W~5W)では、双眼鏡を使用中に照射を受けた場合、距離約1~2マイルで目に有害な影響を与えることが明らかになり、高出力なものでは、更に短い距離でも目に影響があることが分かりました。  
目は船員の命です。他船に照射しないとは当然のことながら、自船の船員にも失明の危険性がありますので、このような迷信に適合していないレーザポインタは、使用してはなりません！

»» 照射を受けた場合は・・・  
可能な限り照射した船舶の船名等を海上保安庁に情報提供してください。

運輸安全委員会 神戸事務所  
Kobe Transportation Safety Board (KTSB) Office

23

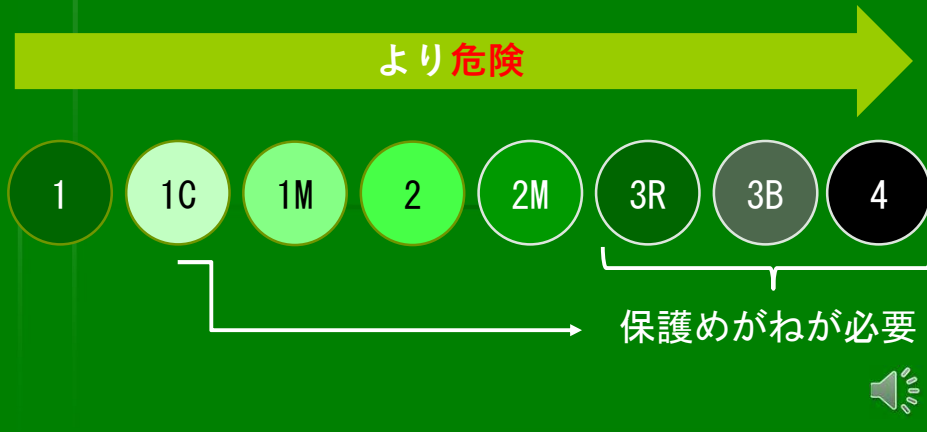
JIS C 6802:2014に掲載された  
クラス別の代替ラベルおよび開口ラベル

 クラス1ラベル	 クラス1Mラベル	 クラス1Cラベル
 クラス2ラベル	 クラス2Mラベル	
 クラス3Rラベル	 クラス3Bラベル	
 クラス4ラベル	 開口ラベル	

24

## レーザー製品のクラス分

レーザー製品は被ばく放出（レーザー放射）の  
出力パワーと波長との組合せに基づいて、  
クラス分けされている。  
数字が大きいほど、より危険である。



25

## ラベルの実際



特別特定製品マーク



携帯用レーザー応用製品

26

## レーザー製品のクラス分けによる危険評価

クラス 1	通常使用では安全。暗い環境下で可視のレーザー光が目に入ると、目がくらむなどの視覚的影響が出る場合がある。
クラス 1C	レーザー放射が当該目標に接触させて用いる場合、クラス1に同じ。
クラス 1M	光学器具を使用しなければクラス1と同様に安全。ルーペや双眼鏡などの光学器具の使用時にレーザー光が目に入ると危険な場合がある。暗い環境下で可視のレーザー光が目に入ると、目がくらむなどの視覚的影響が出る場合がある。
クラス 2	クラス1を上回る可視光で、まばたきなどの自然な生理的嫌悪反応により安全。ただし残像による一時的な視力障害や、驚きによる体の反応のリスクに注意が必要。
クラス 2M	光学器具を使用しなければクラス2と同等だが、ルーペや双眼鏡などの光学器具の使用時にレーザー光が目に入ると危険な場合がある。また残像による一時的な視力障害や、驚きによる体の反応のリスクに注意が必要。
クラス 3R	意図的にレーザー光を見続けることは危険であるが、その障害はクラス3Bに比べて比較的少ない。残像による一時的な視力障害や、驚きによる体の反応のリスクに注意が必要。
クラス 3B	偶然による短時間の照射であっても、レーザー光が目に入ると危険。目以外でも条件により、軽度の皮膚障害または可燃物の点火を起こす可能性がある。
クラス 4	短時間であっても、またたとえ散乱光でも非常に危険。目だけでなく皮膚障害や火災発生の危険性もある。

JIS C6802 : 2014

27

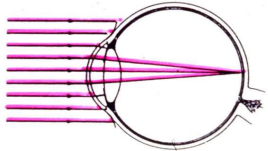
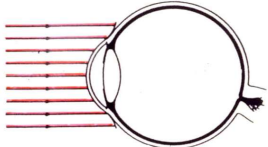
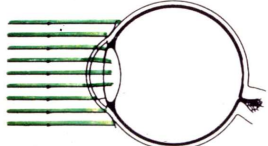
## 光に対する過度の露光に伴う病理学的影響の要約

波長	目	皮膚
180nm 紫外C	光化学的角膜炎	紅斑(日焼け) 皮膚老化プロセスの加速 色素の増加
280nm 紫外B		
315nm 紫外A	光化学的白内障	色素の増強 光線過敏症 皮膚のやけど
400nm 可視	光化学的及び熱的 網膜損傷	
780nm 赤外A	白内障、網膜熱傷	
1.4μm 赤外B	前房フレア、白内障 角膜熱傷	皮膚のやけど
3μm 赤外C	角膜熱傷だけ	
1mm		

参考: レーザ製品の安全基準 JIS C 6802:2014

28

## レーザーによる目の傷害

波長による光の透過特性	波 長	目の傷害
	400nm ∩ 1400nm	400～780(可視光) 網膜の出血、浮腫 780～1400(近赤外) 白内障、網膜熱傷
	180～315nm  3μm～1mm	180～315(紫外) 角膜および結膜の炎症  3μm～1mm(遠赤外) 角膜の熱傷
	315～400nm  1.4～3μm	315～400(紫外) 白内障  1.4～3μm(中赤外) 白内障、角膜の熱傷

29

## レーザー光用遮光保護具 (保護めがね)



30

## 一般消費者向けのレーザー・ユーザーズガイド

橋新作成

レーザー光を直接見ない

レーザー光を他人に向けない

レーザー光を燃えやすいものに向けない

レーザー光を鏡、ガラス、金属類に向けない

本来の目的以外の用途には使用しない

おもちゃ以外のレーザー製品は子供に使わせない

レーザー製品のラベルでクラスを確認する

クラスが1C・3R・3B・4の場合は保護めがねの着用

レーザー脱毛器・美顔器の場合は瞼に照射しない

クラス2B・3R・3B・4のレーザーポインターは購入しない



31

## 番外編

### 赤外レーザーポインター

高輝度ランプ光源(IPL)による脱毛など

高輝度LEDサーチライト

高輝度LED懐中電灯

紫外LED光源



32



Asitalaser 赤外線レーザーポインター

ホーム :: 赤外線レーザーポインター

780nm, 980nm, 980nm, 1064nm, 赤外線レーザー、不可視、コンパクト設計、メンテナンスフリー、長寿命、簡単な操作で赤外線レーザーが可能。 長さ1535mm/1064mm/980mm/830mm/808nm/785mmからご用途に合わせてお選び頂けます。また、下記、ラインアップ製品以外にも各種波長や35Wの高出力赤外線レーザーなども対応可能です。お客様の要望やご仕様に応じて対応もさせていただきますので、お気軽にご相談/お問い合わせ下さい。近赤外カメラの光源や物質、赤外線特殊インキの可視化、美容医療、計測/分析用途に最適です。各種機器組み込み用として、理化学・バイオテクノロジー・美容医療など幅広い分野でご利用頂いております。

商品画像	品名	価格
	980nm赤外線レーザー ペンIR 不可視光線 レーザー ハイパワー高出力980nm赤外線紅外線レーザーポインター、ペン型 赤外線光源 980nm、980nm赤外線レーザーペンIR...	8,990円 5,900円 割引: 34%OFF 追加: 0
	最新808nm100mw-300mw赤外線レーザーポインター 通常のレーザーポインターとは異なり、専門家も知る最新のハイパワー200mW 808nm...	6,890円 ...詳細
	808nm400mW赤外線レーザーポインター 赤外線レーザーポインターは人の目では認識できないので、一般のレーザーポインターとは異なり特殊な専門的用途...	6,950円 追加: 0
	780nm赤外線レーザーポインター 波長: 780nm (Infrared) 出力: 500mw, 1000mw選択可能 Transverse mode(横磁石モデル): TEM00 操作モデル: CW 光束直径: 調整可能...	39,980円 ...詳細

出力保証 安心一番 本物ができること

カテゴリ

- 赤外線レーザーポインター
- レーザーダイオード
- レーザーモジュール
- ブルーレーザー青色
- DPSSレーザー
- グリーンレーザーポインター
- 光変調器Acousto Optic
- レッドレーザーポインター
- イエローレーザーポインター
- 青紫405nmブルー473nm
- 不可視光線レーザー
- 半導体レーザー
- フォトダイオード
- レーザーサイトSight
- レーザーソード
- 保護メガネ
- その他レーザー製品

33

レーザーシューティング

伊勢ホビー

最大約60mまで  
レーザーで屋外でバトル!

多人数でバトル!

音や光を逃して  
屋内でバトル!

34

医師免許を有しない者による脱毛行為等の取扱いについて

平成13年11月8日 医政医発第105号 厚生労働省医政局医事課長通知  
2001年

レーザー光線 又は  
その他の強力なエネルギーを有する光線  
高輝度パルス光源 (IPL)

医師免許を有しない者が業として脱毛行為を行う  
医師法第17条に違反する

エステサロンで可能な施療は、減毛です。



35

2019年(令和元年)5月9日 朝日新聞 DIGITAL

レーザー脱毛でやけど、院長ら送検 患者男性「悔しい」

埼玉県戸田市のクリニック「〇〇皮膚科」  
院長および元職員4名

業務上過失傷害と  
保健師助産師看護師法違反  
(無資格者による診療補助行為)

2015~2017年 約900人にレーザー脱毛  
無資格の女性職員による施術  
2015年12月 40代男性の顔にやけど



36

## Intense Pulsed Light (IPL)による傷害事例



火傷



傷



色素沈着



紫斑



37

## IPLによる虹彩傷害

500～1200nm、550nm以下をカット



38

白熱電球100W相当=LED電球1,520ルーメン以上  
電球形LEDランプ性能表示等のガイドライン(日本電球工業会)



サーチライト  
15万ルーメン



懐中電灯  
30万ルーメン



Amazon

39

## 紫外LEDによる網膜障害例の紹介

症例： **15歳男子**(中学3年生)

- 主訴: 右眼視力低下
- 現病歴:
  - 2006年10月、右眼にブラックライトの照射を受けた。
  - 角膜前約1cmの距離から瞳孔に垂直に、数十秒間照射され、その間は光を凝視していた(瞬目せず)。
  - 同様の行為を2回受けた。
  - 1~2週間後に右眼視力低下自覚
- 既往歴
  - 2006年春の検診で視力両眼1.0以上

聖隷浜松病院・眼科部長・尾花 明



40

### ブラックライト:近紫外線 (300-400nm)

お札、パスポート、クレジットカードなどの蛍光物質励起による印字識別や、アミューズメントに使う。僅かに目で見える。

商品名:シークレットペン

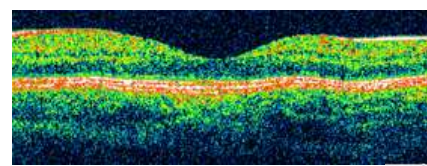
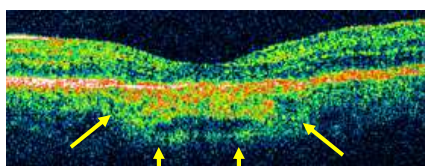
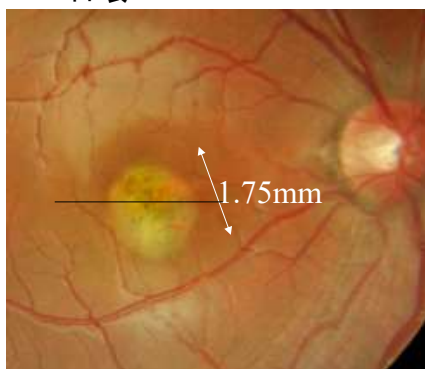


41

### 初診時眼底写真(06/12/27)

右眼

左眼



中心窩網膜厚235ミクロン

242ミクロン

42

## おわりに

1960年のレーザ登場から2020年で60年（成熟期）

各種レーザ応用製品の普及、拡大

一般消費者が使用するレーザ製品も登場

事件や事故はレーザ発展を阻害 風評被害

レーザ関連学会・協会と関係省庁が

国民の安全を確保し、安心して使って頂けるよう

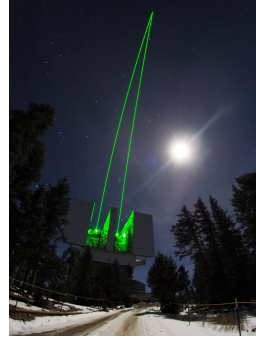
情報発信、安全教育など啓発活動を進めていく



# Laser Guide Star Systems and Aircraft Avoidance

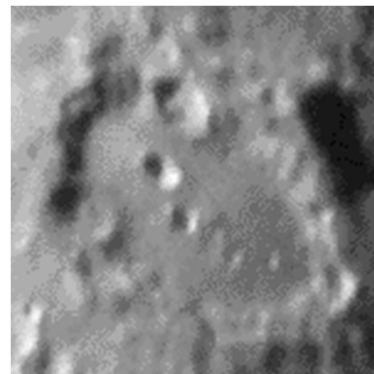
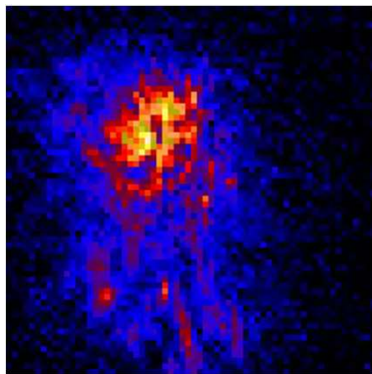
Gustavo Rahmer  
Laser Systems Engineer / LSO  
Large Binocular Telescope Observatory  
University of Arizona

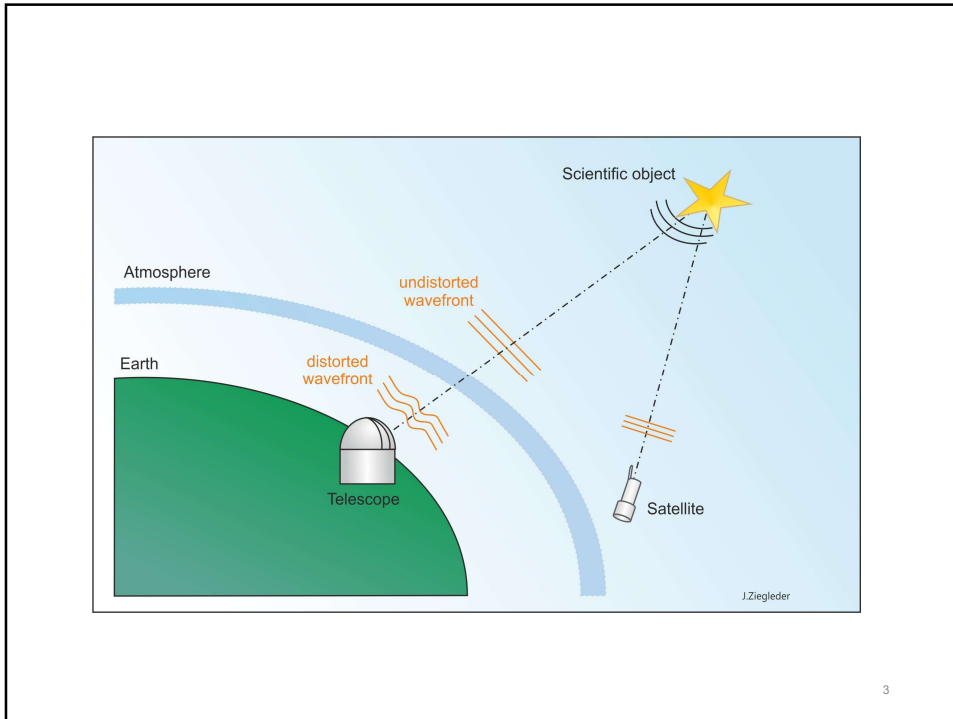
grahmer@lbto.org



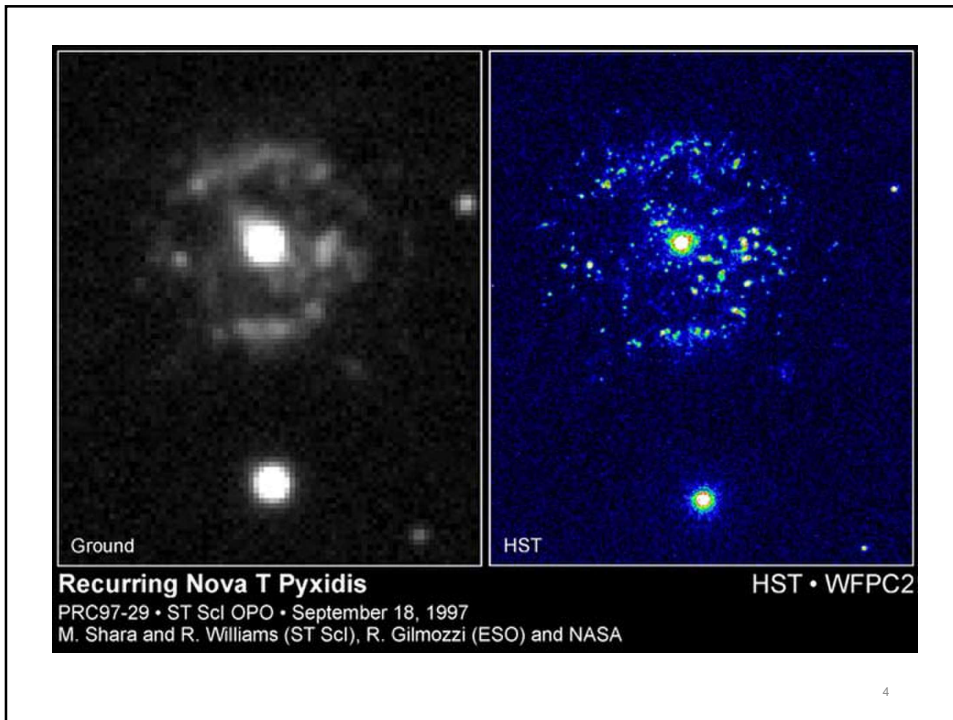
OITDA – December 2020

Public Enemy No. 1 of ground-based astronomy





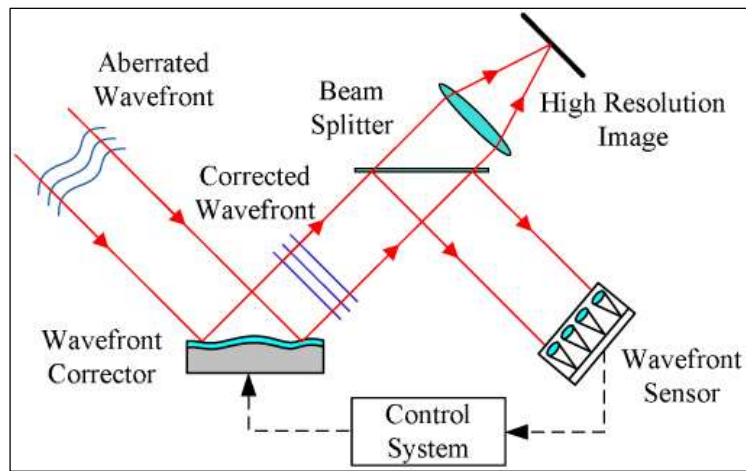
3



4

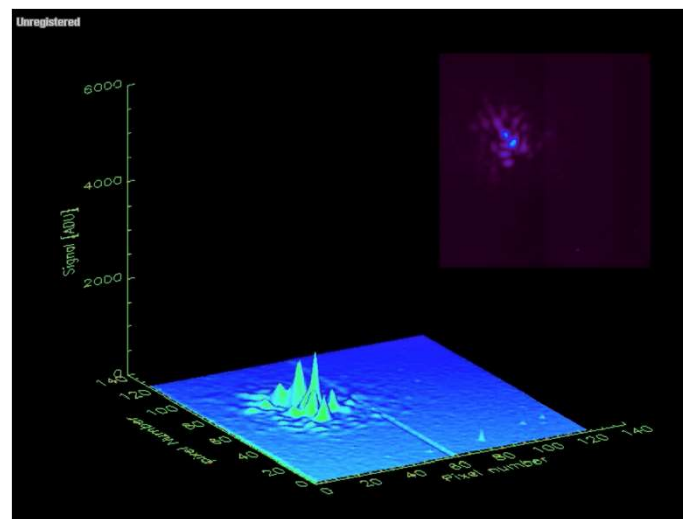


## Adaptive Optics to the Rescue!



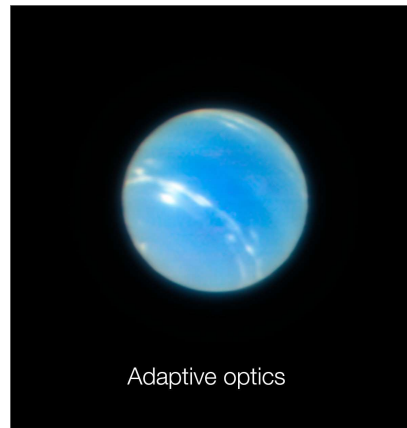
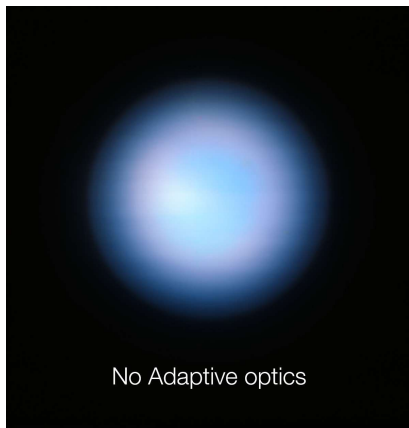
Azhar Iqbal, Zhizheng Wu, Foued Ben Amara, "Closed-loop control of magnetic fluid deformable mirrors," *Opt. Express* **17**, 18957-18970 (2009);

5



6

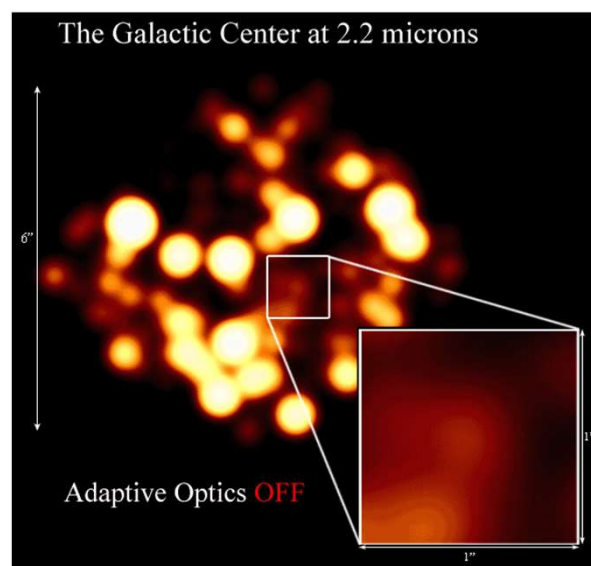
## Neptune (from the VLT)



MUSE/GALACSI ESO/P. Weilbacher (AIP)

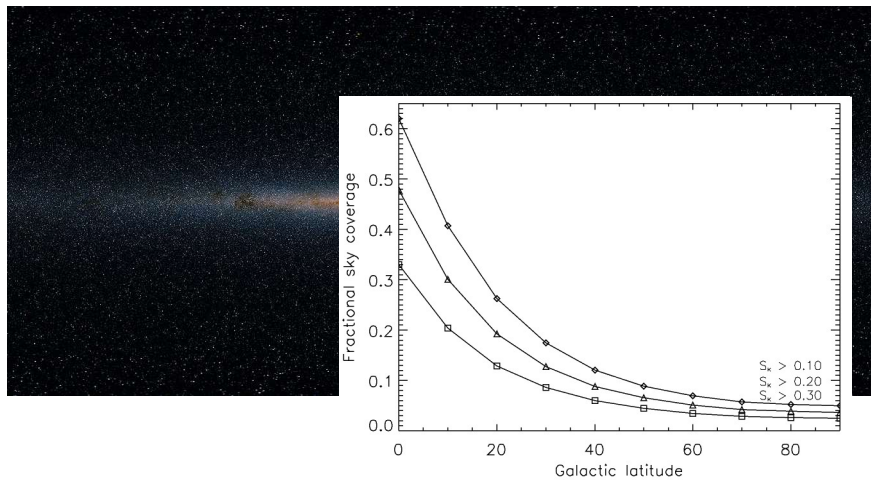
7

## Imaging the galactic center



8

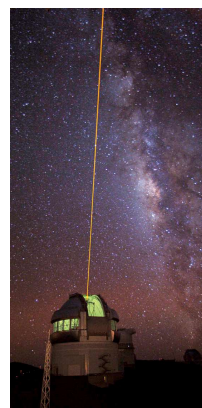
But things are always complicated...



9

## Two choices

- (1) Find science “under the lamp post”  
(i.e. live within natural constraints)



- (2) Make your own star!

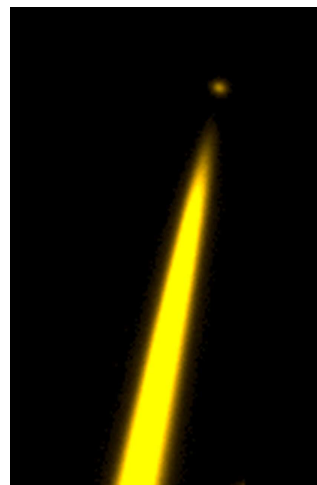
10

## Laser Guide Star Milestones

- **1982:** William Happer (Princeton) proposes using lasers as artificial stars to correct atmospheric distortions (“Star Wars” classified project).
- **1985:** Foy and Labeyrie (CERGA, France) publish the concept of creating a laser guide star to extend the use of Adaptive Optics.
- **1987:** The first sodium wavelength laser beam is propagated from Mauna Kea to validate the LGS concept.
- **1991:** LGS research declassified by the US Air Force.
- **1995:** First astronomical science paper using LGS (Starfire Optical Range).
- **1997:** First LGS operating in non-military observatories (Calar Alto Observatory, Spain and Lick Observatory, California).
- **2004:** LGS starts being used at Keck Observatory (Mauna Kea, Hawaii).

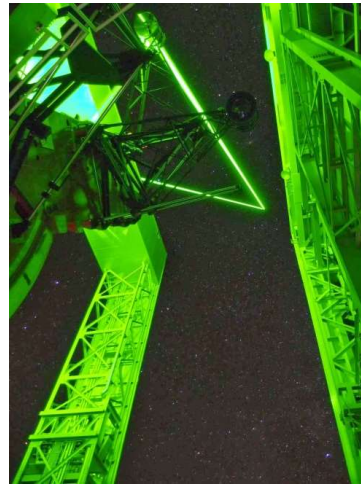
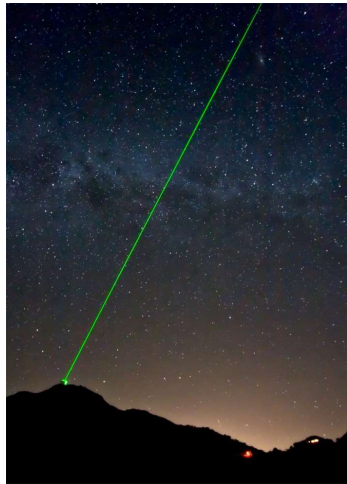
11

## Sodium Laser Guide Star (CW, 589.2 nm)



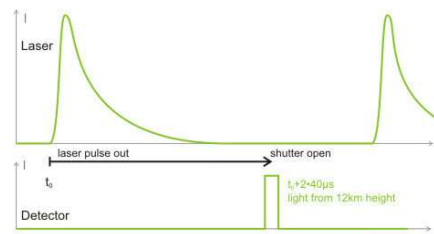
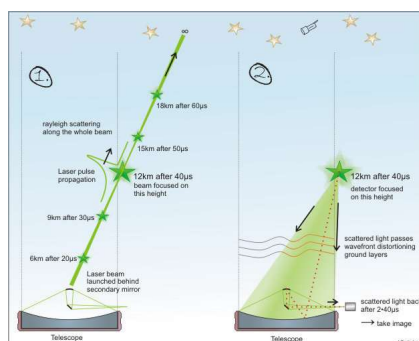
12

## Rayleigh Laser Guide Star (pulsed, 532/355 nm)



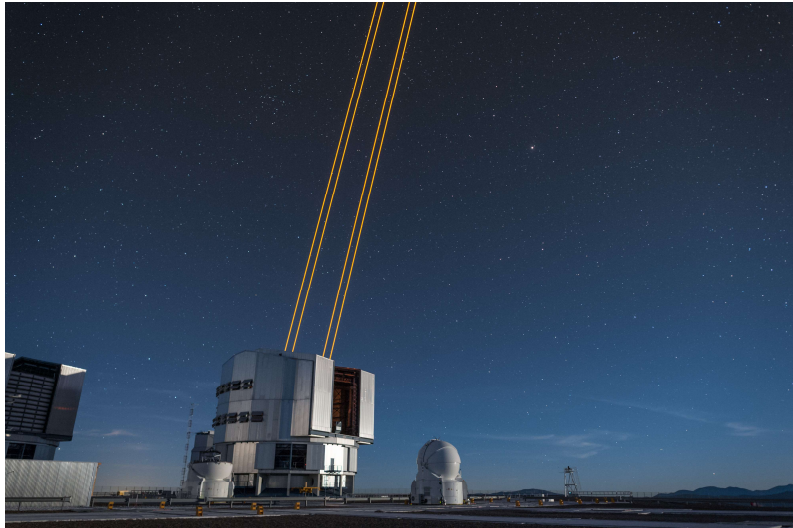
13

## Rayleigh Laser Guide Star (pulsed, 532/355 nm)



14

### Very Large Telescope (Chile) - 4LGSF



Credit: ESO/F. Kamphues 15

### Very Large Telescope (Chile) - 4LGSF

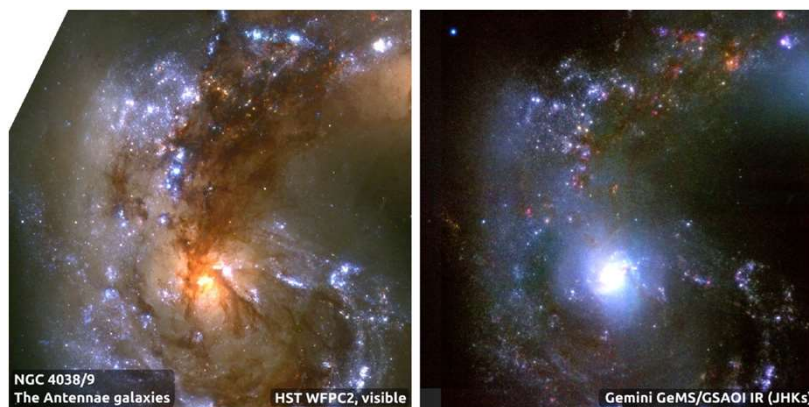


Credit: G. Hüdepohl (atacamaphoto.com)/ESO

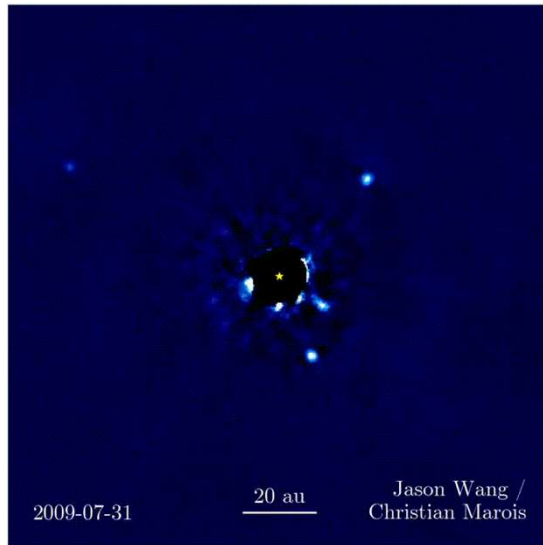
## Large Binocular Telescope (Arizona) - ARGOS



## Science with LGS



### Science with LGS



2009-07-31

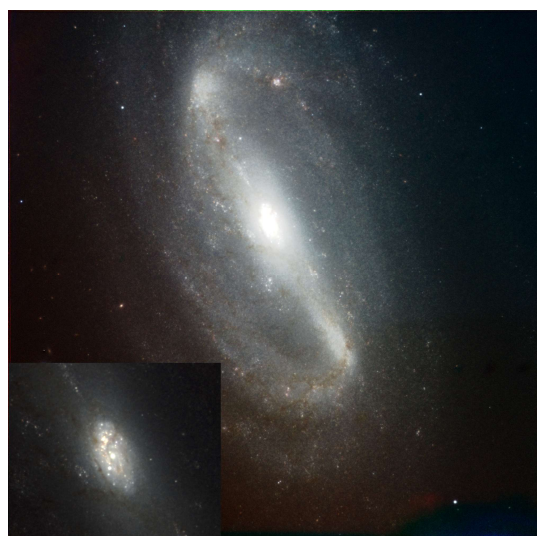
20 au

Jason Wang /  
Christian Marois

NExSS/Keck

19

### Science with LGS



NGC 2903 / ARGOS

20



## Safety in LGS Operations

- Personnel/Equipment



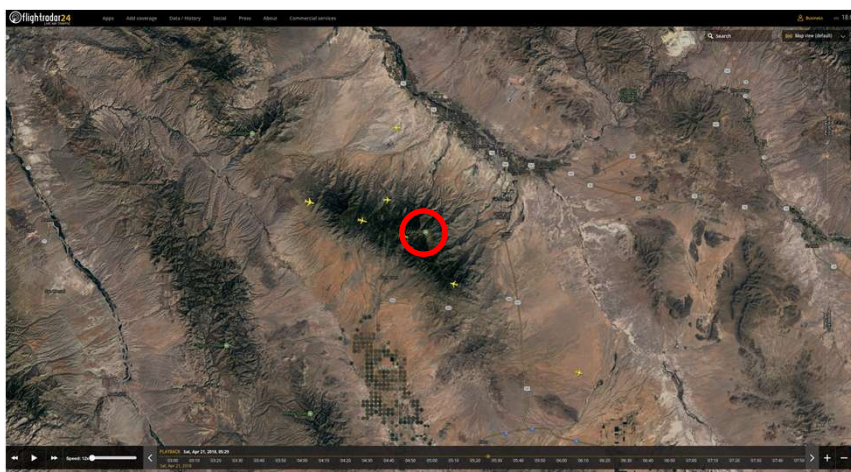
- Airplanes



- Satellites



## Aircraft Safety



## Aircraft Safety

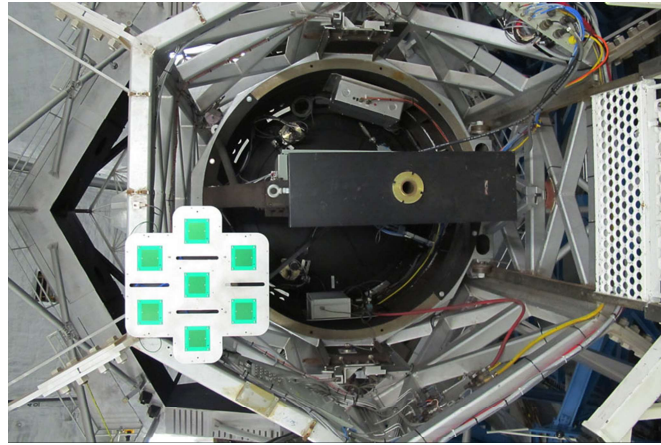
- Applicable to sodium and green lasers. UV are exempt.
- Regulated by the FAA
- FAA Advisory Circular 70-1 (2004)
- Registration process: Form 7140-1 Notice of Proposed Outdoor Laser Operations
- Letter of Determination:
  - Location
  - Minimum elevation angle
  - Aircraft spotters
  - Coordination requirements (ATC, Military)



## Aircraft Safety

- Automatic aircraft detection:
  - Local radar.
  - Cameras (Vis/IR).
  - TBAD (Transponder-Based Aircraft Detection).
  - Real-time radar data from official source (Chile).
- SAE AS6029A, "Performance Criteria for Laser Control Measures Used for Aviation Safety" (2013).

## Transponder-Based Aircraft Detector (TBAD)



<http://www.aircraft-avoid.com>

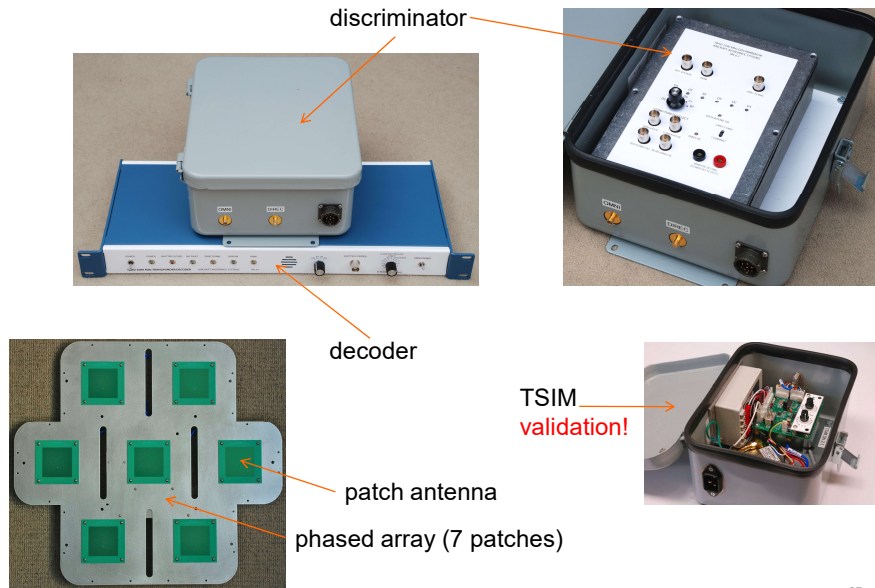
25

## Observatories using TBAD

- Apache Point Observatory 3.5 meter Telescope, Sunspot, New Mexico.
- W. M. Keck Observatory 10 meter Telescope (Keck II), Mauna Kea, Hawaii.
- W. M. Keck Observatory 10 meter Telescope (Keck I), Mauna Kea, Hawaii.
- Gemini North 8.1 meter Telescope, Mauna Kea, Hawaii.
- Gemini South 8.1 meter Telescope, Cerro Pachon, Chile.
- Subaru 8.2 meter Telescope, Mauna Kea, Hawaii.
- The Large Binocular Telescope (twin 8.4 meter), Mt. Graham, Arizona.
- NASA MOBLAS-7 Satellite Laser Ranging station, Greenbelt, Maryland.
- Undisclosed sites (2).

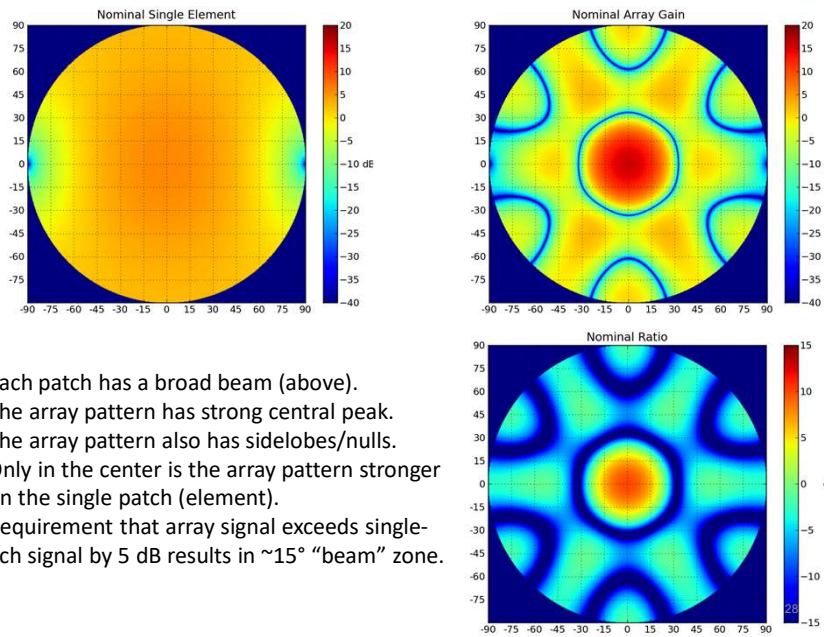
26

### TBAD Components

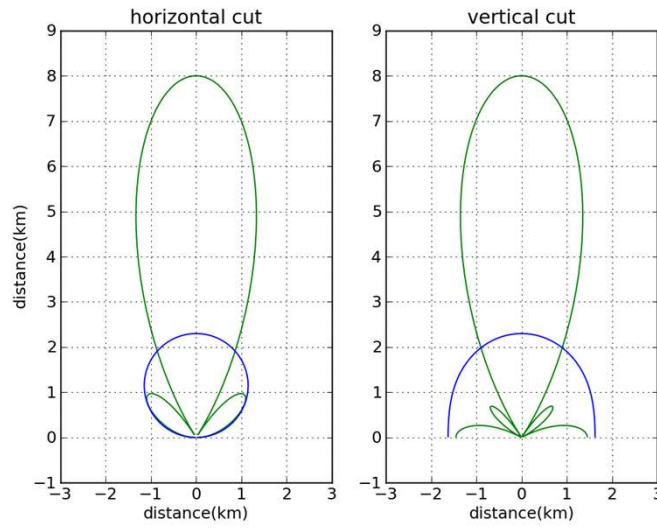


27

### TBAD Antenna "beam" patterns



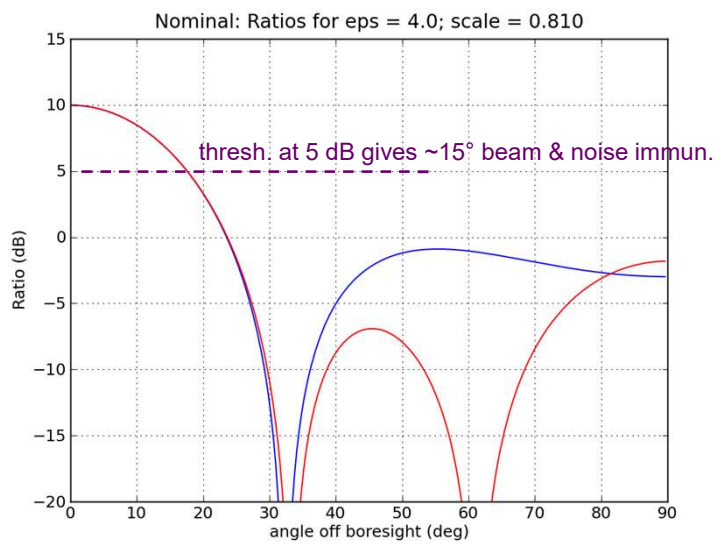
### Lobes and Sidelobes



- Beam patterns for **single patch** (blue) and **array** (green)
  - Note that sidelobes are always weaker than a single patch, except main lobe

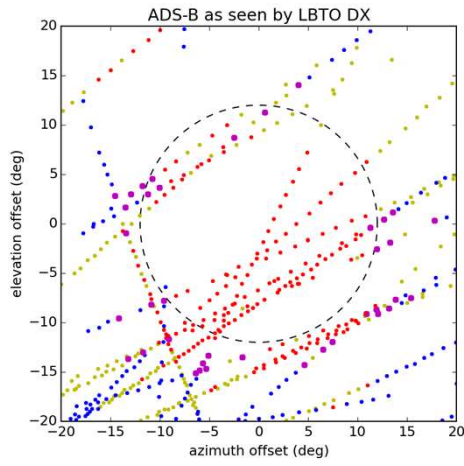
29

### Beam Cuts: Ratio is the Key



30

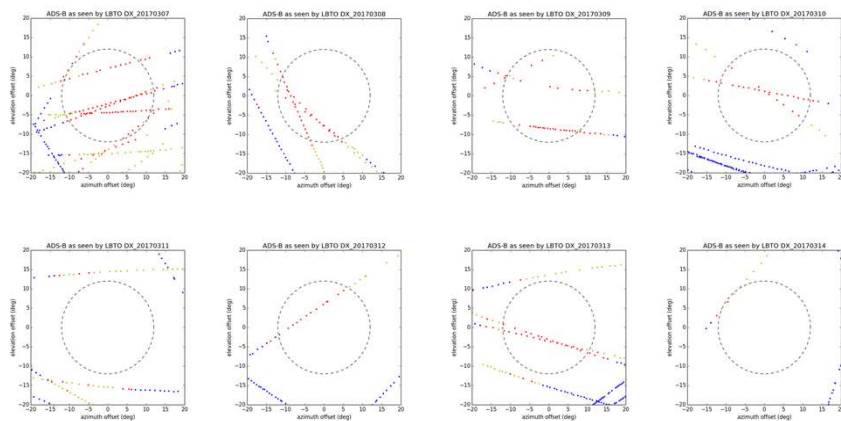
## TBAD operation analysis



Red: "in-beam," shuttered  
 Yellow: shuttered  
 Blue: not shuttered

Self-assessment based on transmitted lat/lon and TBAD disposition to that transmission

## TBAD operation analysis

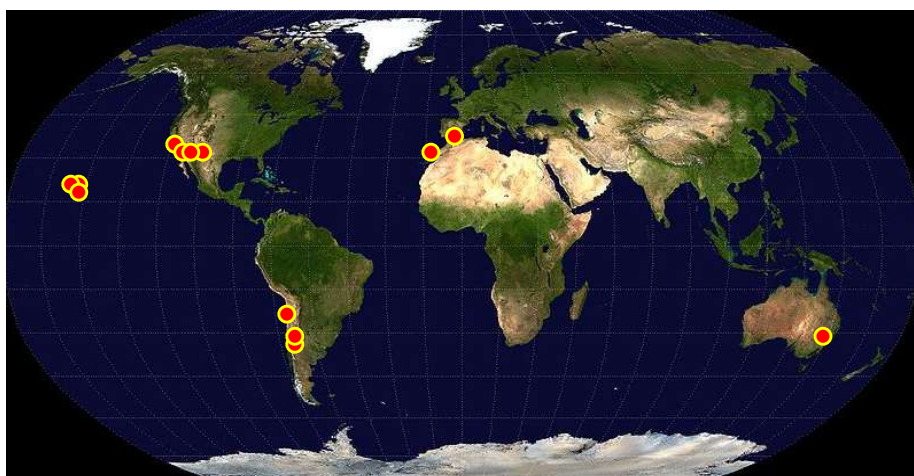


### Laser Operations



33

### LGS Facilities around the World

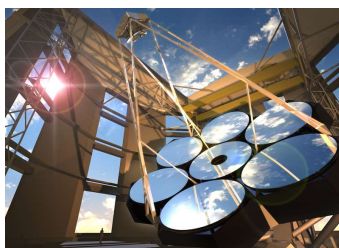


34

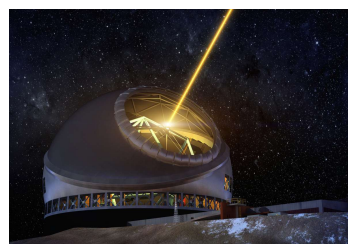
# The Future of LGS

35

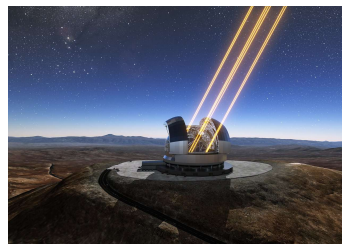
## LGS on Giant Telescopes



GMT (Chile 2024)



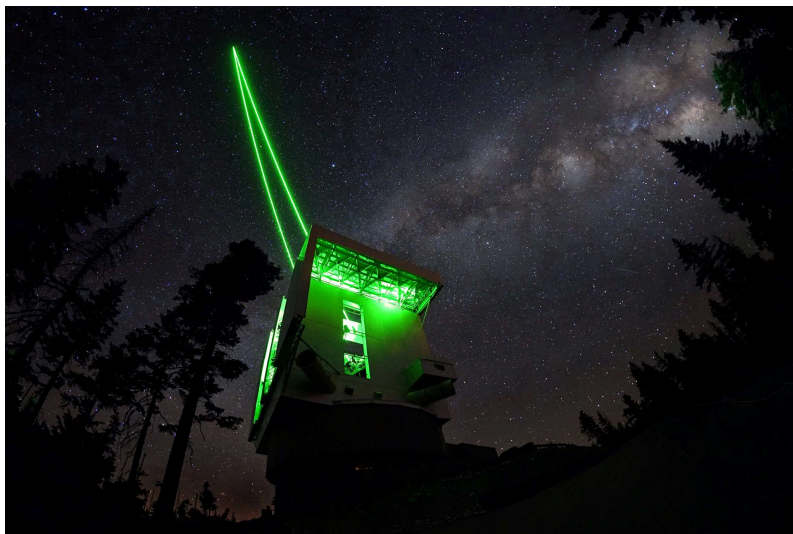
TMT (Hawaii? 2025?)



ELT (Chile 2024)

36





37

# Safety requirements of optical radiation for laser pointer products

Seminar of SAC/TC284 and Japan OITDA






Aiping Wu



SAC/TC284 National Technical Committee 284  
of Optical Radiation Safety and Laser  
Equipment of Standardization Administration  
of China

SAC / TC284

## Contents

-  **Objects**
-  **Research Content**
-  **Research Background**
-  **Main Content**
-  **Conclusion**




z | Safety Requirement of Optical Radiation for Laser Pointers Products








## Interview



Interview of safety concern of laser pointer products



WeChat\_20201205205209.mp4



s | Safety Requirement of Optical Radiation for Laser Pointers Products

## 1 Objects

**mission objectives**

Focusing on the problems of laser radiation safety related to the output power and wavelength range of laser pointers sold in the China market, our mission is to carry out the key technology research on large sample, output parameter detection and safety evaluation of laser pointers sold in the market to assess the risk of laser radiation damage faced by the public.

**Objectives:** Form the evaluation standard for the optical radiation safety of laser pointers products; Provide support for the state to formulate relevant consumer goods regulations; Improve the overall level of such products; Solve the optical radiation safety problems of the public in public places.

s | Safety Requirement of Optical Radiation for Laser Pointers Products

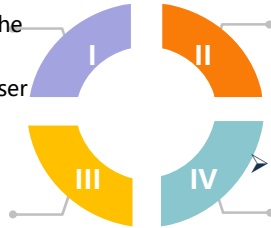
## 2 Research Content

### ➤ Study of the influences of the laser safety of laser pointers

By comparing and analyzing the regulations and standards of international and advanced countries, the evaluation framework of influencing factors of the laser radiation safety of laser pointer products is determined

### ➤ Study on safety evaluation of light radiation of laser pointers

Based on the visible light wavelength of 400nm ~ 700nm, the laser pointer products sold in the domestic market were taken as research object, and the laser radiation safety evaluation was carried out.



### ➤ Study on the evaluation of the optical radiation safety parameters of laser pointers

According to the characteristics of the light source of the consumer laser pointers, the safety parameter evaluation basis of the laser radiation characteristics caused by the laser pointers product is studied and analyzed

### Potential hazard assessment and control measures of consumer laser pointers

Considering the randomness of consumer laser products in use, large sample sampling statistical comparison is made, and the corresponding safety requirements and measures for hazard control are given, which lays the foundation for the formulation of the standard draft.



7 | Safety Requirement of Optical Radiation for Laser Pointers Products



## 3 Research Background

### I Comparison and analysis of international and domestic standards for laser pointers

According to the characteristics of laser pointer products, the framework of optical radiation safety system caused by laser pointer products is studied.

### II Characteristic analysis of laser pointers light source

Considering the characteristics of the output power of the light source, it is concluded that the spectrum characteristics of the laser pointers should be first analyzed to select the corresponding type of power detector. Besides, it is necessary to consider the problem that the output power of the laser pointers is unstable because the the laser pointers are powered by dry battery.

### III Classification, maximum permissible exposure and nominal ocular hazard distance of laser pointers

Laser pointers output wavelength that range from 400nm ~ 700nm. They are used in different places and have different output power. Taking visible wavelength laser pointers as the basis for selecting light source, taking different kinds of laser pointer products sold in the domestic market as the research object, the nominal ocular hazard distance of different types of laser pointers was determined by measuring method, measuring calculation method and so on.

### IV Potential hazards of laser pointers

In addition to the damage to the retina, the laser pointers will also cause dazzle damage (visual cognition and psychological behavior). It is especially serious with low ambient illuminance.



8 | Safety Requirement of Optical Radiation for Laser Pointers Products



### 3 Research Background

#### Comparison and analysis of international and domestic standards for laser pointers

According to the characteristics of laser pointers products, the framework of optical radiation safety system caused by pointers products is studied.

Table1 MPE of point source laser irradiation on human cornea

wavelength $\lambda$ (nm)	irradiation time t (s)	IEC60825-1: 2014 MPE	ANSI Z136.1:2014 MPE
400 - 450	$1 \times 10^{-3}$ to 10	$18^{0.75} \text{ J/m}^2$	$1.8^{0.75} \times 10^{-3} \text{ J/cm}^2$
	10 to $10^2$	100 $\text{J/m}^2$	$1 \times 10^{-2} \text{ J/cm}^2$
450 - 500	$1 \times 10^{-3}$ to 10	$18^{0.75} \text{ J/m}^2$	$1.8^{0.75} \times 10^{-3} \text{ J/cm}^2$
	10 to $10^2$	100 $\text{C}_3 \text{ J/m}^2$ and 10 $\text{W/m}^2$	$1 \times 10^{-3} \text{ W/cm}^2$ and $\text{C}_6 \times 10^{-2} \text{ J/cm}^2$
500 - 700	$1 \times 10^{-3}$ to 10	$18^{0.75} \text{ J/m}^2$	$1.8^{0.75} \times 10^{-3} \text{ J/cm}^2$
	10 to $10^2$	10 $\text{W/m}^2$	$1 \times 10^{-3} \text{ W/cm}^2$

Table2 MPE of extended light source laser irradiation on human cornea

wavelength $\lambda$ (nm)	irradiation time t (s)	IEC60825-1: 2014 MPE	ANSI Z136.1:2014 MPE
400 - 700	$1.3 \times 10^{-5}$ to 10	$18^{0.75} \text{ C}_6 \text{ J/m}^2$	$1.8 \text{ C}_6^{0.75} \times 10^{-3} \text{ J/cm}^2$
	10 to $10^2$	100 $\text{C}_3 \text{ J/m}^2$ $r_{ph} \leq 11 \text{ mrad}$ (Photochemical hazards of retina)	$\text{C}_6 \times 10^{-2} \text{ J/cm}^2$ $r_{ph} \leq 11 \text{ mrad}$ (Photochemical hazards of retina)
		$18^{0.75} \text{ C}_6 \text{ J/m}^2$ ( $t \leq T_2$ ) (Heat hazards of retina)	$1.8 \text{ C}_6^{0.75} \times 10^{-3} \text{ J/cm}^2$ ( $t \leq T_2$ ) (Heat hazards of retina)



7 | Safety Requirement of Optical Radiation for Laser Pointers Products



### 3 Research Background

#### Regulations for laser pointers

Nation	Scope of regulations	Regulations of Sales (Restrictions on the production, import and sales)	Regulation of Import, Purchase, Possession, Use	Consumer license scheme for high power indicator
澳大利亚 Australia	/		Several rule	Several rule
奥地利 Austria	Laser pointers regulations	$\leq$ Class 2	No	
加拿大 Canada	/			
中国 China	Laser pointers standard	$\leq$ Class 2	No	No
法国 France	laser facility	$\leq$ Class 2	$\leq$ Class 2	No
德国 Germany	laser facility	$\leq$ Class 2	Yes	No
日本 Japan	Laser pointers	$\leq$ Class 2	No	No
南韓 Korea	Laser	$\leq$ Class 2	No	No
挪威 Norway	Laser	$\leq$ Class 2	$\leq$ Class 2	Yes
瑞典 Sweden	Laser	$\leq$ Class 2	$\leq$ Class 2	Yes
瑞士 Switzerland				
英国 UK	Safety rules for ordinary products	$\leq$ Class 2	Yes	No
美国 USA	SLA	$\leq$ Class IIIa (IEC 3R)	Yes	Yes




From: Mitsuhashi, S., Hashishin, Y., & Murata, K. (2017). The transformation of laser risks. ILSC 2017: Proceedings of the International Laser Safety Conference.

7 | Safety Requirement of Optical Radiation for Laser Pointers Products



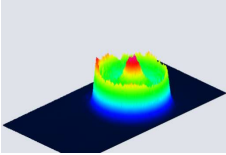
### 3 Research Background

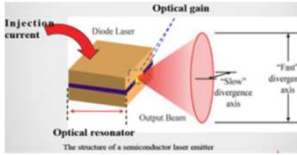


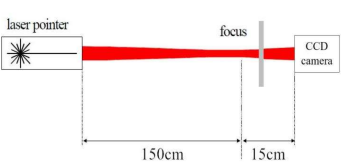
#### Characteristic analysis of laser pointers light source

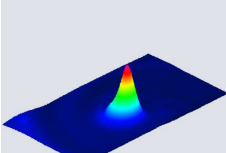
According to the characteristics of the output power of the light source, it is concluded that the spectrum characteristics of the laser pointers should be first analyzed to select matched power detector types. It is necessary to consider the problem that the output power of the laser pointers is unstable because the laser pointers are powered by dry battery.

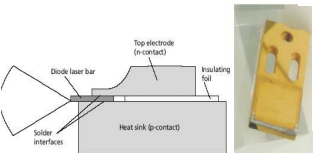
Typical end emitting semiconductor laser and its far field spot pattern

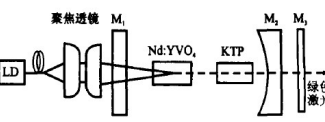

















# | Safety Requirement of Optical Radiation for Laser Pointers Products



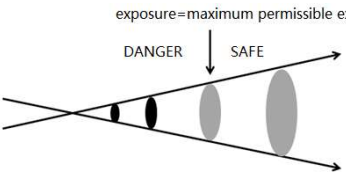
### 3 Research Background



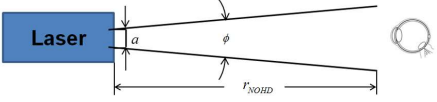
Laser pointers output wavelength that ranges from 400nm ~ 700nm. They are used in different places and have different output power. Taking visible wavelength laser pointers as the basis for selecting light source, and different kinds of laser pointer products sold in the domestic market as the research object, the nominal ocular hazard distance of different types of laser pointers was determined by measuring method, measuring calculation method and so on.

exposure=maximum permissible exposure


DANGER → SAFE




Relationship between radiant exposure and MPE



$$r_{NOHD} = \frac{1}{\phi} \left[ \left( \frac{4\Phi}{\pi MPE} \right) - a^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$



# | Safety Requirement of Optical Radiation for Laser Pointers Products



### 3 Research Background

#### IV Potential hazards of laser pointers

For the eye injury caused by laser pointers, on the one hand, it can cause slight retinal damage. On the other hand, it can cause disturbance to the visual cognition and psychological behavior of personnel. This kind of interference can occur as long as the eyes are exposed to the laser pointers instantaneously, especially when the ambient illuminance is not sufficient. This kind of accident will cause serious psychological impact on all kinds of workers in the workplace.

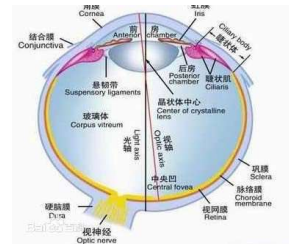
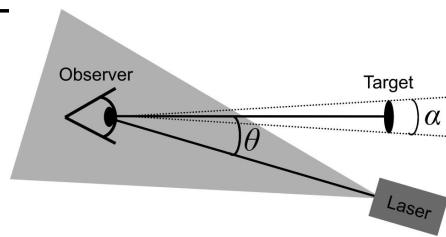


17 | Safety Requirement of Optical Radiation for Laser Pointers Products



### 3 Research Background

#### IV Potential hazards of laser pointers



In Figure A.1,  $\alpha$  is the opening angle of the solid elliptical object to the eye, and  $\theta$  is the angle of the laser source deviating from the optical axis.

**Vision interfere cases:** Without laser source, the target object image in the field of view is focused on the retina, and the observer can see the target object clearly. With laser source, the instantaneous visual effect prevent the light from focusing on the retina, resulting in scattering. The scattering in the direction of retina will act like a light curtain superimposed on a clear image. In this case, this effect will reduce the contrast of the object image on the retina, resulting in poor visual effect, that is, cause interference to the visual cognition and psychological behavior of the personnel.



From: Dr. Craig A. Williamson Dstl Cyber and information Systems Division, UK; Dr. Leon N. McClain USAF 711 HPW/RHDO.USA

17 | Safety Requirement of Optical Radiation for Laser Pointers Products





## 4 Main Content

### I Scope and object

This standard specifies the optical radiation safety requirements for consumer laser pointer products, including safety classification, accessible emission, hazard assessment and control measures.

This standard applies to the production, testing, sales and use of the consumer laser pointer products (referred as "laser pointer" ) that have nominal wavelength of visible light ranges from 400nm ~ 700nm.



GB 7104 | Safety Requirement of Optical Radiation for Laser Pointers Products



## 4 Main Content

### II Terms and definitions

#### laser pointer

A laser product designed or used to specify a discrete point or location.

#### laser pointer for consumer

A laser pointer that is intended to be used by consumers under reasonably foreseeable circumstances.

Note: Emits low-power, low-divergence visible light radiation and typically hand-held, e.g., laser pointer.

Note: A laser pointer can be used properly by users who follows the product 's instruction manual and professional laser training is not a must.

#### intrabeam viewing

All viewing conditions whereby the eye is exposed to the direct or specularly reflected laser beam in contrast to viewing of, for example, diffuse reflections.

#### accessible emission limit; AEL

The maximum accessible emission permitted within a particular class.



GB 7104 | Safety Requirement of Optical Radiation for Laser Pointers Products



## 4 Main Content

### II Terms and definitions

#### maximum permissible exposure; MPE

Level of laser radiation to which, under normal circumstances, persons may be exposed without suffering adverse effects.

#### nominal ocular hazard distance; NOHD

Distance from the output aperture beyond which the beam irradiance or radiant exposure remains below the appropriate corneal maximum permissible exposure (MPE).

#### accidental visual interference

A physiological phenomenon that the visual function of human eyes is temporarily reduced and deprived when one is accidentally irradiated directly by bright light or strongly scattered light.

Note: Examples include disabling dazzle, flash blindness, and after-images, which may be relieved after the bright light disappears, but can cause serious accidents if one distract or lose control.



17 | Safety Requirement of Optical Radiation for Laser Pointers Products



## 4 Main Content

### III Safety Classification

The classification of laser indicates its potential hazards since it is specified based on the maximum level of laser radiation to which the product may be exposed under normal operating conditions. The safety class of laser products defined in 3.18 to 3.21 of GB 7247.1—2012 only address the hazards of laser radiation to human eyes and skin.

Due to the using characteristics of consumer laser pointer products, in addition to the potential hazards arising from exposure to laser radiation, laser radiation may also cause temporary visual impairments such as dazzling, flash blindness and after-images, depending on the use condition and ambient illuminance level.

Child-accessible laser pointers shall be classified in the Class 1 laser product.  
The electrical part of the laser pointer shall comply with relevant electrical safety standards.



18 | Safety Requirement of Optical Radiation for Laser Pointers Products



## 4 Main Content

### Classification rules

To uniformly evaluate all wavelengths within the operating wavelength in addition to the nominal wavelength, the following requirements should be met:

- a) In principle, the accessible laser radiation for wavelength of visible light should be much greater than that of invisible light to prevent consumers from being exposed to invisible laser radiation.
- b) The accessible laser radiation of invisible light should be less than 0.1mW.
- c) The following time benchmark for corresponding classification:
  - 1). A time benchmark of 0.25s for Class 2 and Class 2M laser radiation.
  - 2). Except the cases listed in 1), the time base is 100s.

When classifying products, the duration of each possible emission within the time base should be considered.



19 | Safety Requirement of Optical Radiation for Laser Pointers Products



## 4 Main Content

### Classification

#### Class 1

Laser pointer that is generally safe under reasonably foreseeable use conditions. The exposure limit of laser radiation is not permitted to exceed the Accessible Emission Limit (AEL) of Class 1.

Intrabeam viewing of Class 1 laser pointers which emit visible radiant energy may still produce dazzling visual effects, particularly in low ambient illuminance.

Note: The Class 1 AELs are listed in Table 1.

#### Class 1M

Laser pointer that in the wavelength range from 400 nm to 700 nm which during operation does not exceed the AEL of Class 1. May be hazardous when used with viewing optics instruments (low power magnifying glass or telescope).

Intrabeam viewing of Class 1 laser pointers which emit visible radiant energy may still produce dazzling visual effects, particularly in low ambient illuminance.

Temporary visual disturbances or startle reactions can cause indirect general safety concerns.



20 | Safety Requirement of Optical Radiation for Laser Pointers Products



## 4 Main Content

### Classification

#### **Class 2**

In the wavelength range of 400 nm to 700 nm, human-accessible laser radiation is not permitted to exceed the AEL of Class 2 of laser pointer. Human-accessible laser radiation is safe for the skin, but not inherently safe for the eyes. In general, human eye is protected by a natural avoidance response (0.25 s) to intense light.

Note: This natural avoidance response can fail if the eye is intentionally looking directly at the beam, and can also be affected by alcohol or drug use.

The laser beam of a Class 2 laser pointer can cause dazzle, flash-blindness, and afterimages in low ambient illumination conditions. Temporary visual disturbances or startle reactions can cause general indirect safety concerns.



z7 | Safety Requirement of Optical Radiation for Laser Pointers Products



## 4 Main Content

### Classification

#### **Class 2M**

Laser pointers not exceed the AEL of Class 2 of laser pointer under certain measurement conditions. If the collimated beam is used with viewing optics instruments (low power magnifying glass or telescope), the natural avoidance response does not provide sufficient protection and damage may still occur.

The laser beam of the laser pointer from Class 2M can cause dazzle, flash-blindness, and afterimages under low ambient illumination conditions. Temporary visual disturbances or startle reactions can cause general indirect safety concerns.



z8 | Safety Requirement of Optical Radiation for Laser Pointers Products



## 4 Main Content

### IV Accessible emission and hazard assessment

#### Determination of accessible emission level

- The product shall be classified on the basis of that combination of output power(s) and wavelength(s) of the accessible laser radiation over the full range of capability during operation at any time after manufacture which results in its allocation to the highest appropriate class.
- The evaluation shall take any reasonably foreseeable single-fault conditions that may occur during the use of the laser pointer into account.

#### Measurement conditions

- Class 1 and 1M according to IEC 60825-1:2014, 5.3 a).
- Class 2 and 2M according to IEC 60825-1:2014 in 5.3 c).
- The shortest distance measured was 100 mm.
- Laser pointer with a solid focal point (beam waist) external to the emitted beam should be measured and evaluated at the focal point.



23 | Safety Requirement of Optical Radiation for Laser Pointers Products



## 4 Main Content

### IV Accessible emission and hazard assessment

#### Accessible emission:

Regardless of the total energy of the beam, only the energy within the limiting aperture through a given measurement distance is considered for classification. For this purpose, the ratio of the radiated energy determined by using an aperture diaphragm or limiting aperture at a distance from point L, divided by the total radiated energy is expressed as a fraction  $\eta$ .

fraction  $\eta$

$$\eta = 1 - e^{-\frac{D_f^2}{D_L^2}}$$

the diameter of the beam from point L

$$D_L = \sqrt{D_0^2 + L^2 \phi^2}$$

#### Accessible emission:

$$AE = \eta \times Q$$

To obtain the corresponding class of a laser pointer, compare the value of accessible emission and accessible emission limit.



24 | Safety Requirement of Optical Radiation for Laser Pointers Products



4 Main Content

IV Accessible emission and hazard assessment

**Hazard assessment**

It is usually necessary to evaluate the level of laser exposure that may occur under all foreseeable conditions in order to ensure that the radiation level of personnel under reasonable and predictable conditions does not exceed MPE.

**Maximum Permissible Exposure (MPE)**

- Wavelength;
- Duration of exposure;
- Irradiation conditions

The MPE expressed by irradiance (H) and radiation dose (E) is  $E_{MPE}$  and  $H_{MPE}$ , and the transformation between them is

$$E_{MPE} = \frac{H_{MPE}}{t}$$

- The time reference of MPE calculation is different according to diffuse reflection observation and in beam observation. In the visible spectrum range, the time reference of diffuse reflection observation is 600s and that of in beam observation is 0.25 s.



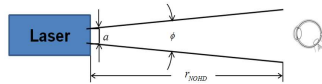
4 Main Content

IV Accessible emission and hazard assessment

**Nominal Ocular Hazard Distance (NOHD)**

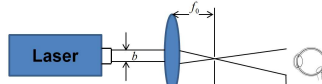
NOHD refers to the distance from the output aperture beyond which the beam irradiance or radiant exposure remains below the appropriate corneal maximum permissible exposure (MPE).

- NOHD of intravascular viewing



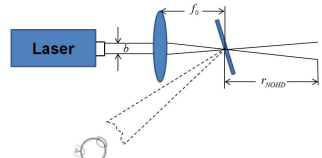
$$r_{NOHD} = \frac{1}{\phi} \left[ \left( \frac{4\Phi}{\pi MPE} \right) - a^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

- NOHD of observation by focusing beam through lens



$$r_{NOHD} = \frac{f_0}{b_0} \left( \frac{4\Phi}{\pi MPE} \right)^{\frac{1}{2}}$$

- NOHD of specular reflection beam focused by lens



$$r_{NOHD} = \frac{f_0}{b_0} \left( \frac{4\Phi \rho}{\pi MPE} \right)^{\frac{1}{2}}$$

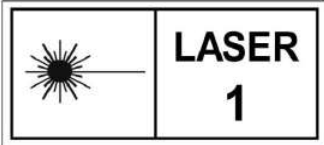


**4 Main Content**


**V Control Measures**

**Labelling**


Each laser pointer shall be marked in accordance with the marking provisions of IEC 60825-1:2014 (see 7.1 and 7.2, 7.4 and 7.9). While using, the mark should be durable, permanent, clear and visible.




IEC 1067/14



IEC 1068/14



IEC 1070/14



IEC 1071/14

z7 | Safety Requirement of Optical Radiation for Laser Pointers Products

**4 Main Content**

**V Control Measures**

In addition to warning label and class label, explanatory label for each class shall also be provided.

*Class 2M laser pointer*

*Class 2 laser pointer*

*Class 1M laser pointer*

*Class 1 laser pointer*

LASER RADIATION  
DO NOT STARE INTO BEAM OR POINT AT OTHERS  
DO NOT VIEW BEAM DIRECTLY WITH OPTICS  
CLASS 2M LASER POINTER

LASER RADIATION  
DO NOT STARE INTO BEAM OR POINT AT OTHERS  
CLASS 2 LASER POINTER

LASER RADIATION  
DO NOT STARE INTO BEAM OR POINT AT OTHERS  
DO NOT VIEW BEAM DIRECTLY WITH OPTICS  
CLASS 1M LASER POINTER

LASER RADIATION  
DO NOT STARE INTO BEAM OR POINT AT OTHERS  
CLASS 1 LASER POINTER

z8 | Safety Requirement of Optical Radiation for Laser Pointers Products

## 4 Main Content

### V Control Measures

#### Requirements for manufacturer

##### A. Manufacture of products

Control measures should be taken during the development and manufacture of the laser pointer, including but not limited to:

**The** accessible emission limit of the laser pointer for consumer accessible to children should not exceed that of a Class 1 laser pointer.

**Laser** pointer that has more than two wavelengths (such as invisible light converted to visible light), should take necessary measures (e.g. use of optical filters, etc.) to reduce the accessible radiation of the invisible light to less than 0.1 mW, or to eliminate the presence of invisible light.

**The** switch must not have a continuous-on mode function.

**With** a safety interlock switch function.

**The** laser pointer can only be removed with special tools.

**The** laser pointer must be labeled with the appropriate label indicating its corresponding laser class properly.

**Properly** maintain relevant technical standards and inspection records for reference.

**Other** special instructions.



29 | Safety Requirement of Optical Radiation for Laser Pointers Products



## 4 Main Content

### V Control Measures

##### B. Brochure Information

The manufacturer should provide the following safety communication information in the laser pointer instruction manual.

**Clearly** specify the product' s wavelength and class, and label it with warning and description marks according to 6.1.3.

**Indicate** the nominal eye hazard distance and safety distance of the product.

**The class** of the product should be greater than class 1 ,and the label should notify that children under 14 are not allowed to use it .

**1st and 2nd** need to be secured by technical measures.

**Give** a description or diagram of the product safety interlock switch.

**Provide** optical radiation safety notification information, including but not limited to the following:

- 1) Different class of security risks.
- 2) The meaning of warning labels.

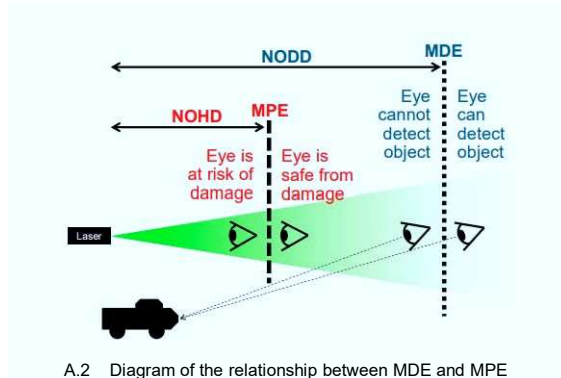


30 | Safety Requirement of Optical Radiation for Laser Pointers Products





## 4 Main Content



The values of MDE and NOHD provide useful guidance for rapid evaluation of the dazzling effect. They help the user quantify the degree of visual blurring and then specify a safe operating range to maintain visual acuity. They also provide personnel who are at risk of dazzling with the ability to select appropriate eye protection equipment against laser and ensure the safety and effectiveness of glare devices.



From: Dr. Craig A. Williamson Dstl Cyber and Information Systems Division, UK; Dr. Leon N. McLin USAF 711 HPW/RHDO, USA



## 5 Conclusion

**This standard sets requirements not only for manufacturers, but also for agents, testing organizations, and users. The purpose of this standard is to enhance the industry guidelines for manufacturers and standardize the behavior of consumers to ensure the safety of optical radiation while promoting the healthy development of the industry.**



# Thank You!



SAC/TC284 National Technical Committee  
284 on Optical Radiation Safety and Laser  
Equipment of Standardization  
Administration of China



## 高出力ブルー半導体レーザーの 加工応用とレーザー安全性

2020年12月14-18日  
レーザーライン株式会社  
営業部  
皆川 邦彦



### Outline

#### 高出力ブルー半導体レーザーの加工応用とレーザー安全性

- レーザーライン社について
- 半導体レーザーとその応用例
- 高出力ブルーレーザー発振器の特徴と加工応用
  - ブルーレーザーの安全性
- まとめ

## Outline 高出力ブルー半導体レーザーの加工応用とレーザー安全性

- レーザーライン社について
- 半導体レーザーとその応用例
- 高出力ブルーレーザー発振器の特徴と加工応用
  - ブルーレーザーの安全性
- まとめ



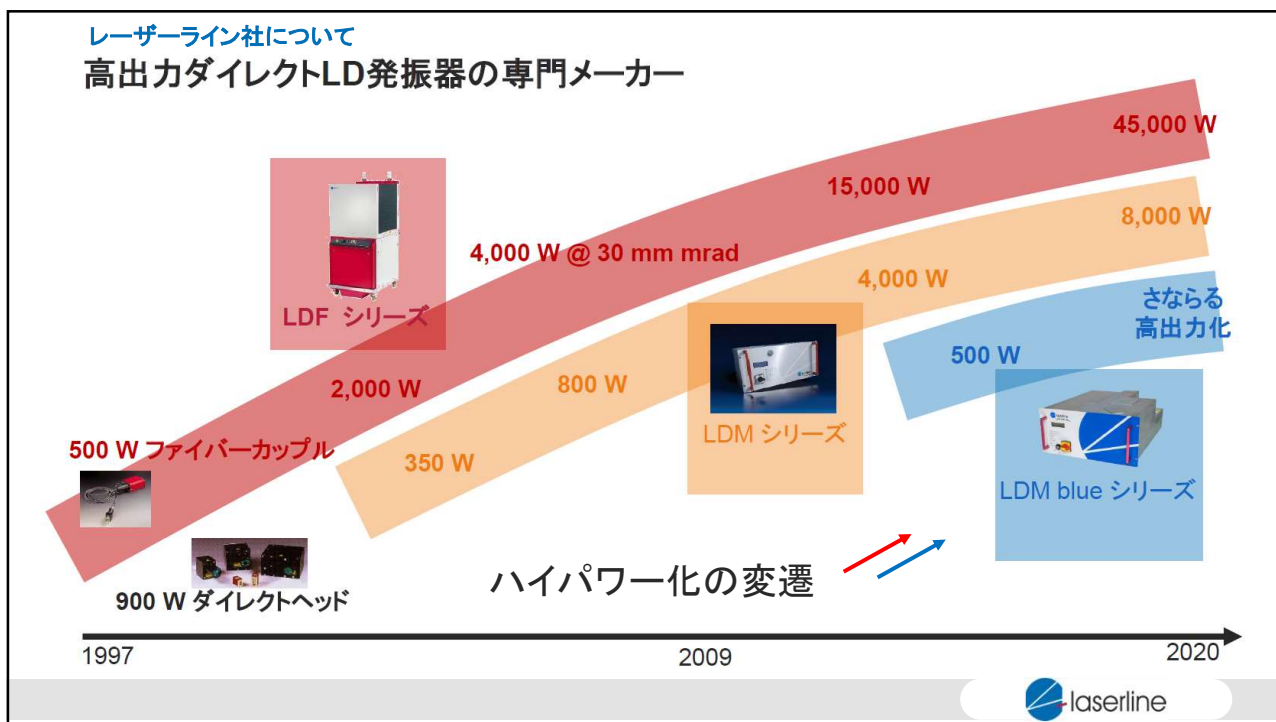
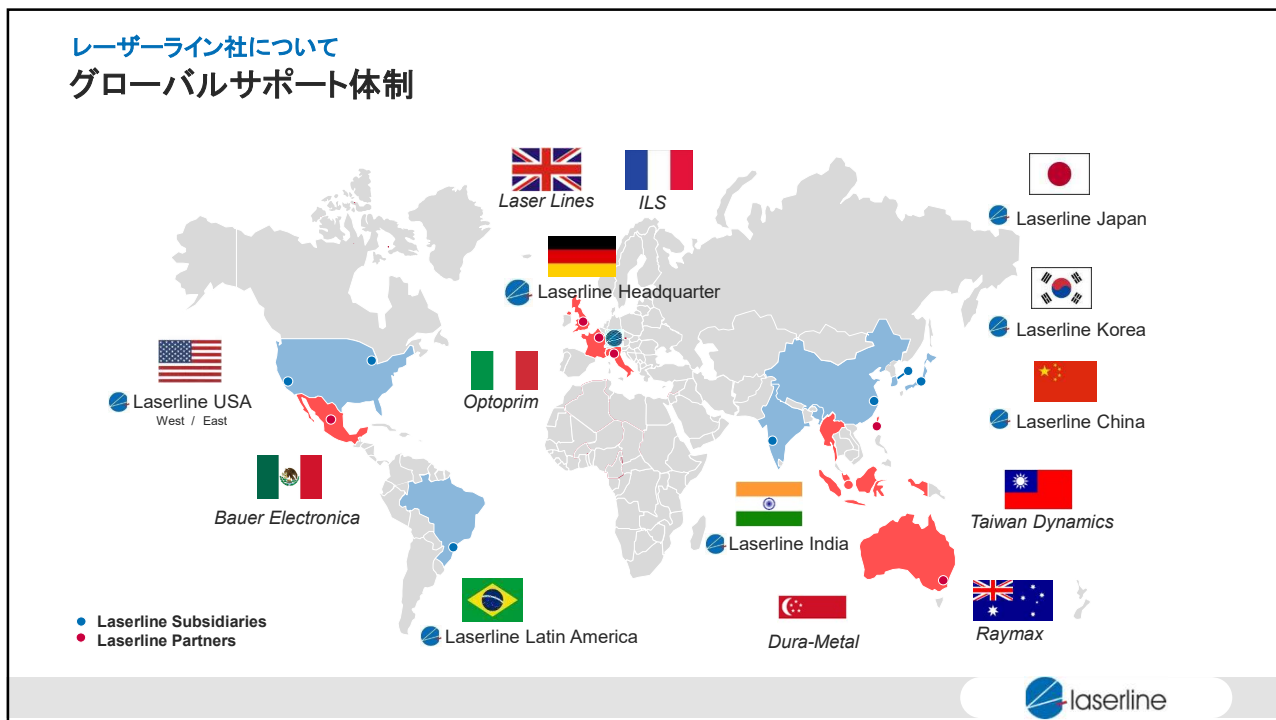
## レーザーライン社について 半導体レーザーによるダイレクト加工のパイオニア



- 本社:ドイツ Koblenz 
- 設立:1997年  
日本市場へは2000年～
- 創業者:  
Dr. Christoph Ullmann / Volker Krause
- 従業員:350人\*1
- 実績:約5,500台(世界において)\*2
- 高出力ダイレクトLD発振器の専門メーカー
  - レーザ発振器、レーザー加工ヘッド他
  - アプリケーション開発
  - サービスサポート
- グローバルな販売・サービスネットワーク
  - 現地法人 
  - システムメーカー及び販売代理店とのパートナーシップ

\*1, 2 2019年4月時点





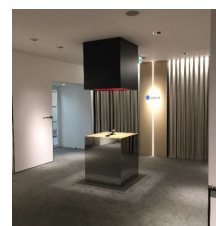
## レーザーライン社について

## 日本法人

- 主要交通機関での容易なアクセス
  - 五反田駅徒歩約12分、品川駅から車で約10分  
(JR山手線 / 都営浅草線 / 東急池上線)
  - 各種交通機関・羽田空港からの良好なアクセス
- アプリケーションラボ / 東京・愛知  
(サンプルテスト随時受付中)
  - 最新レーザー設備によるサンプル加工、  
デモ実験(例:溶接、ブレージング、焼入れ、その他)
  - 愛知県豊明市コンバーターレーザーラボ開設  
(例:アルミ溶接など)
- サービスパーツの保管
  - 主要保守部品、消耗品の配備による迅速な復旧



50kg可搬重量多関節ロボット



1階正面玄関



アプリケーションラボスペース

東京都品川区西五反田  
西五反田7丁目ビル1F

## レーザーライン社について

## アプリケーションラボ

- レーザ発振器 / 加工ヘッド
  - LDF8000-30 出力:8kW
  - LDM3000-60 出力:3kW
  - LDMblue2000-60 出力:2kW
  - ブルーレーザー用スキャナー
  - OTS-5溶接加工ヘッド
  - OTZズームホモジナイザー
  - Scansonic社製  
ALO3-トリプルスポット / スポットインスポット  
ご協力:ピンツェルジャパン株式会社様
- 加工設備
  - 株式会社ダイヘン
    - 垂直多関節形ロボット FD-V50
    - 2軸ダブルサポートポジションナー  
FD/A2-2PF300
  - 株式会社豊電子工業
    - 総合システムインテグレーション



## Outline 高出力ブルー半導体レーザーの加工応用とレーザー安全性

- レーザーライン社について
- 半導体レーザーとその応用例
- 高出力ブルーレーザー発振器の特徴と加工応用
  - ブルーレーザーの安全性
- まとめ

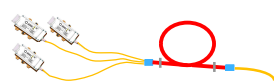


### 半導体レーザーの応用

#### 身近なレーザー光源 = “半導体レーザー”

##### 励起用光源

- ディスクレーザー／ファイバーレーザー励起



##### 民生品・光ネットワーク

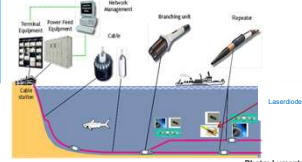
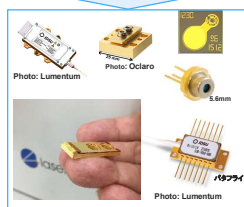


- 携帯端末・3Dセンシング
- CD/DVD/Bru-rayプレイヤー
- レーザプリンター

##### 産業用レーザー加工光源



- 半導体レーザー光を直接集光してレーザー加工



- 海底光ケーブル



半導体レーザーのコア技術

高出力化 — モノリシックリニアLDアレイ “LDバー”

LDチップ

半導体ウェハー

モノリシックリニアLDアレイ (LDバー)

CW発振出力 >250W

10mm

マイクロオプティクス

LDバー

マイクロチャンネルクーラーヒートシンク

- 独自のヒートシンクデザイン
  - 20年の技術と経験の蓄積
  - 効率化の改善 (冷却系とコーティング)
  - 実データによる予測寿命 > 50,000時間  
= 半導体レーザー素子5年保証
- 光通信用途LDと同等のソルダーリング技術
  - LDの突然死の低減
  - MTTFと長寿命化

WARRANTY 5

Photo: Lumentum



半導体レーザーがベースのためシンプルな大出力構造  
更なる高出力の鍵 偏光／波長カップリング

1 スタックアレイ

2 反射ミラー

3 波長カップリング

4 偏光カップリング

スタックアレイ

LDM型

LDF型

高出力ダイレクトLD発振器へ

cooling water supply

light conducting cables

beam dump

beam switches

wavelength coupling

polarization coupling

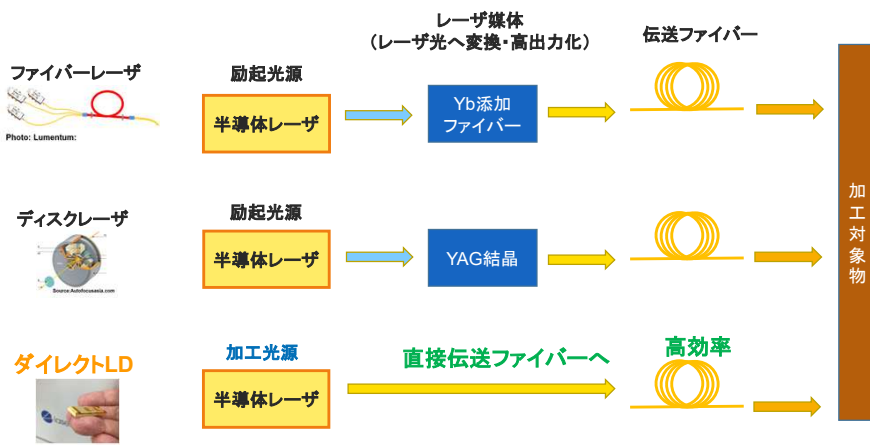
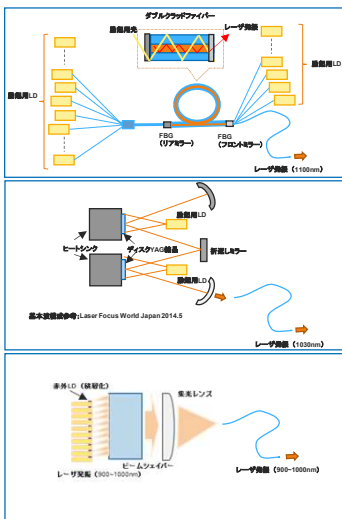
diode-laser modules





大出力加工用レーザーの種類

シンプルな構造の産業用レーザー = ダイレクトLD発振器



LD光を直接集光、電化製品のような産業用レーザー発振器

従来の加工用レーザーに比べ、短波長、シンプルな発振原理、高効率な画期的レーザー



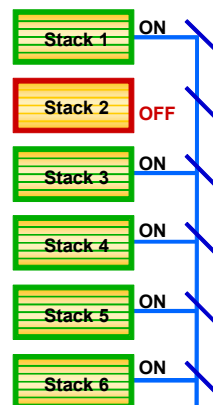
半導体レーザーの利点を使った加工用光源

迅速な復旧: 加工を継続させるスタックマネージメント



LDFシリーズ

- 故障モードの少ない半導体レーザーを更に安定した光源へ  
- 不具合スタックをモニタリング機能により特定
- 不具合スタックを直ちにオフにし、残りのスタックの電流値と出力を自動計算し発振出力の持続
- 最大定格出力値は不具合スタック分下がるものの、加工条件下の出力は継続され、生産へのインパクトを無くす
- スタックマネージメント機能の所要時間は数分間で、  
すぐに装置復旧可能
- 不具合スタックは、定期メンテナンス時等に取り外し修理  
- スタックはカセット式で現場で交換が可能



$$I_{new} > I_{former} \rightarrow P_{new} = P_{former}$$



## 最先端半導体レーザー発振器

## 高出力半導体レーザー発振器 最新ラインナップ



## LDFシリーズ

- 最大45kWまで
- 可動式発振器
- 各種出力モデル、  
ファイバー分岐等、  
豊富なオプション

その他:

New!!

高輝度パルスファイバーレーザー



## LDM シリーズ (VG5H)

- IRは4 kWまで
- 青色は1kWまで
- 19" ラック式
- 超コンパクト、  
頑強、高信頼性



## LDM シリーズ (VG7H)

- IRは8kWまで
- 青色は2kWまで **New!!**
- 19" ラック式
- ラックサイズはそのままに、更に高出力化

ビームコンバーター付LDFシリーズ  
(ファイバーレーザー発振)

- 高輝度ビームへの変換モジュールを搭載
- 4~8 mm mrad @ 8 kW最大

ハイブリッドLDFシリーズ  
(ファイバーレーザー発振 + DDL)

- 高輝度ビームへの変換モジュールを搭載
- 1台で3役の発振器



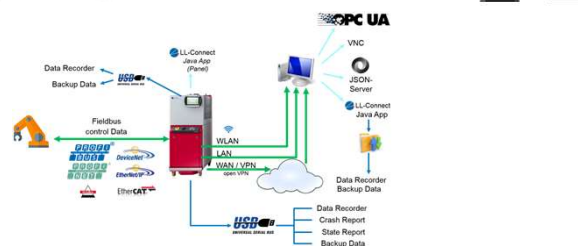
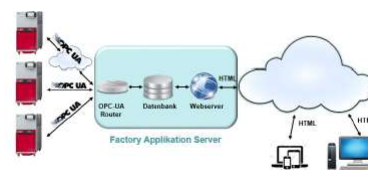
## 製品ラインナップ

## LDFシリーズ

- 主な仕様:
  - ~ 8,000 W @ 30 mm mrad
  - ~ 11,000 W @ 40 mm mrad
  - ~ 16,000 W @ 60 mm mrad
  - ~ 22,000 W @ 100 mm mrad
  - ~ 45,000 W @ 200 mm mrad

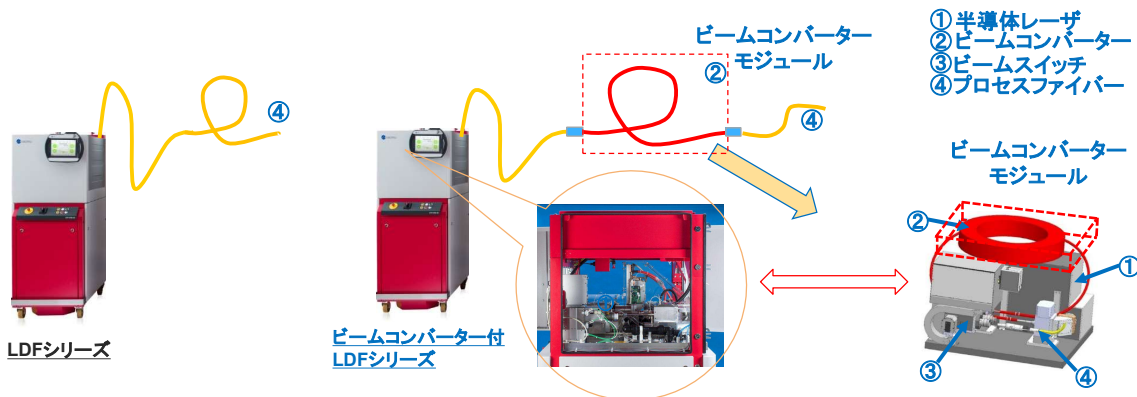
- ビームスイッチ(ファイバー最大4分岐)、  
出力アップグレード、その他各種オプションに対応

- OPC-UA規格にも対応



## 製品ラインナップ

## DDLを使った高輝度レーザー発振 DDLメーカーの”ファイバーレーザー“



ビーム品質 (mm mrad)	4	6	8
最大出力 (W)	4,000	6,000	8,000
ファイバーコア径 (μm)	100	150	200

- 着脱式アクティブファイバー
- モジュールコンセプト
- フィールド交換が可能な優れたメンテナンス性



## 製品ラインナップ

## ハイブリッドレーザー

- 主な仕様 参考モデル - その他仕様もご提案可能
  - 12,000 W @ 100 mm mrad (半導体レーザー出力)
  - 5,000 W @ 6 mm mrad (コンバーターレーザー出力)
  - 半導体レーザーとコンバーターレーザーの同時照射も可能  
(半導体レーザー0-4kW / コンバーターレーザー 0-5kW)

発振モード	半導体レーザー	コンバーターレーザー	同時照射
			半導体レーザー コンバーターレーザー
最大出力(W)	12,000	5,000	4,000 5,000
ビーム品質(mm mrad)	100	6	100 6
ファイバーコア径(um)	1000 (NA0.2)	150 (NA0.1)	1000 150
波長範囲 (nm)	900-1,080	1080+/-20	900-1,080 1080+/-20

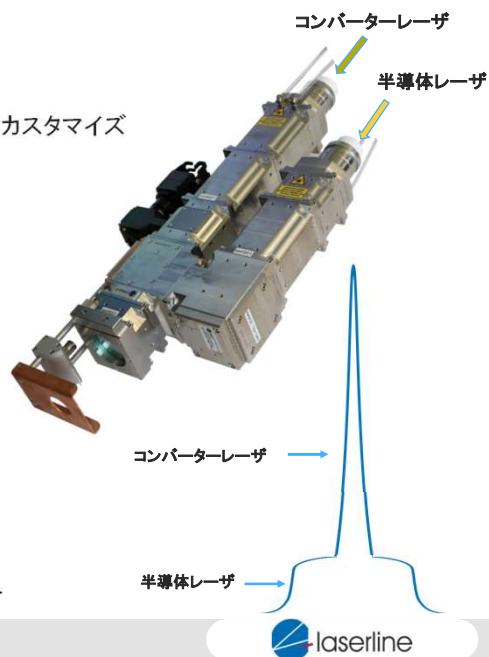
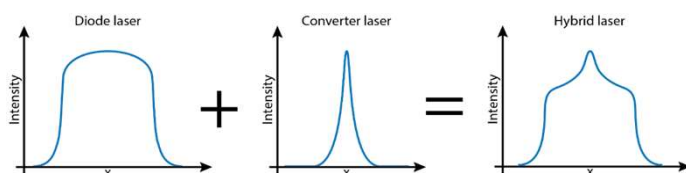


## 製品ラインナップ

## ハイブリッド光学系

- 半導体レーザーとコンバーターレーザーを同時照射し、ビーム強度分布をカスタマイズ
- 加工速度、スパッタレス、溶け込み深さの改善

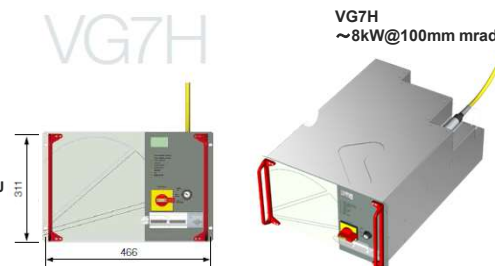
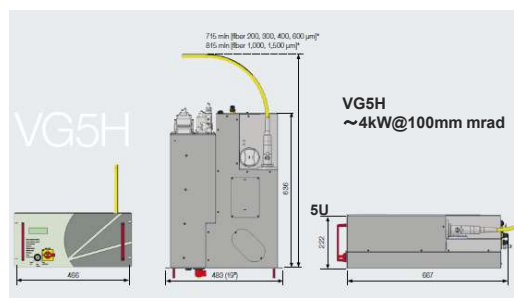
## 特殊ビーム強度分布による加工



## 製品ラインナップ

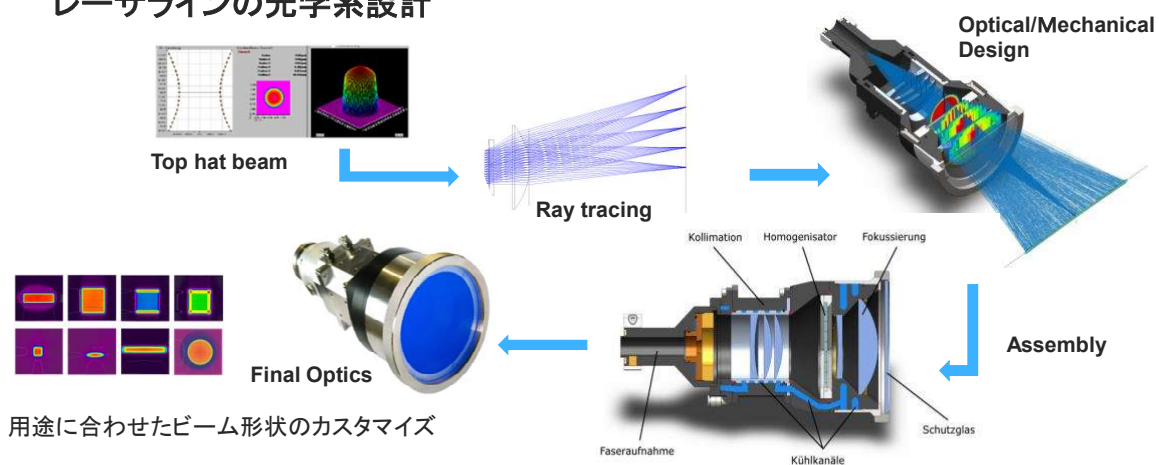
## LDMシリーズ

- 主な仕様:
  - 1,500 W @ 20 mm mrad
  - 3,000 W @ 30 mm mrad
  - 4,000 W @ 40 mm mrad
  - 6,000 W @ 60 mm mrad
  - 8,000 W @ 100 mm mrad
- 19インチラック式
  - 装置搭載に最適
- コンパクトな筐体から高出力なレーザー発振



laserline

## 高出カダイレクトLD発振器の光の特徴 レーザーラインの光学系設計



集光性ばかりが注目されがちであるレーザー加工で、  
DDLはその良好なビーム整形性で、溶接のみならず各種産業用途の応用を拡大



## 光学系オプション

### アプリケーション用途別専用光学系



#### クラッディング

- LLK-D コネクター
- クイックチェンジカバースライド
- CMOS カメラ
- Coax 11 ノズル



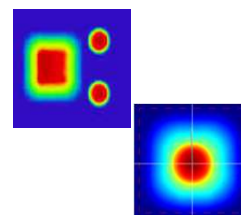
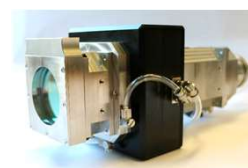
#### 熱処理

- LLK-B コネクター
- ホモジナイザー光学系
- パイロメーター



#### 溶接

- LLK-D コネクター
- 90° ビーム折り曲げ
- CMOS カメラ
- クロスジェット



製品用途

様々な分野で活躍する高出力半導体レーザー発振器

金属溶接・ろう付



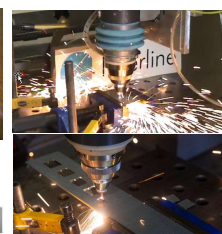
金属肉盛り・3次元積層



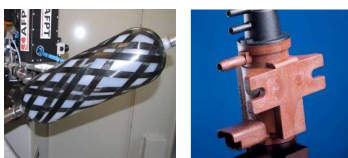
焼入れ・表面改質



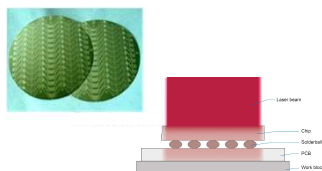
金属切断



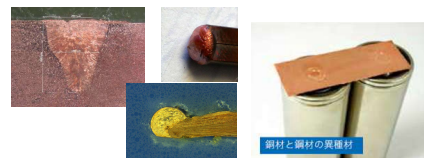
CFRP・樹脂溶着



半導体製造・検査



青色レーザーでの溶接(銅・異種材溶接)



自動車車体向け用途

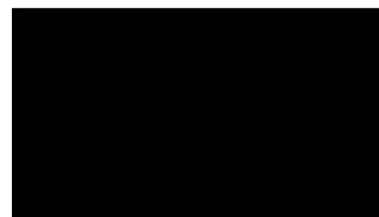
19年以上に渡る、自動車業界での実績



- 1<sup>st</sup> application Audi A3:  
Replacement of YAG Laser
- Installation in 2001
  - Laser brazing of tailgates



- Current application example,  
recent generation Audi A3:
- Installation in 2012
  - Laser brazing of roofs and tailgates



例.Audi Q3 の製造ライン

自動車車体用途に全世界1,000台以上の実績



自動車車体 適用例

## 自動車製造におけるレーザカッティング

- 溶融亜鉛めっき鋼板のレーザカッティング

- レーザ出力:1,500W
- スポット径:320um
- 材料:DX 52 D Z140
- 材料厚み:2mm
- 切断速度:1.2m/min
- アシストガス:N2

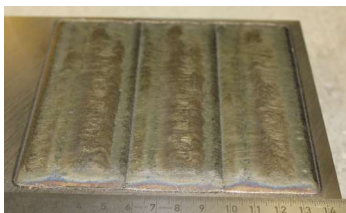
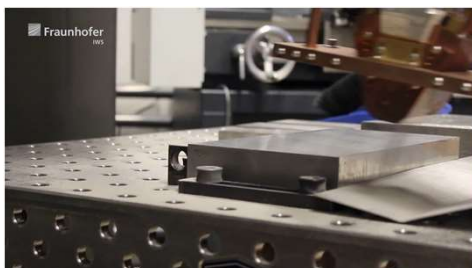


 laserline

## レーザクラッディング

### 加工事例

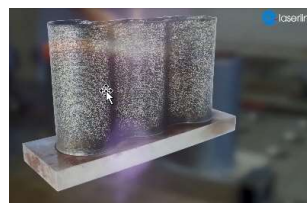
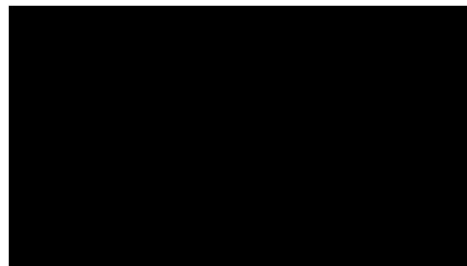
- 50kW出力の幅広クラッディング



#### 50kWによるクラッディング

3 tracks, clad area  
130 x 120 x 1,0 mm,  
50 kW laser power,  
laser on time only ~ 15 sec

- ワイヤークラッディング



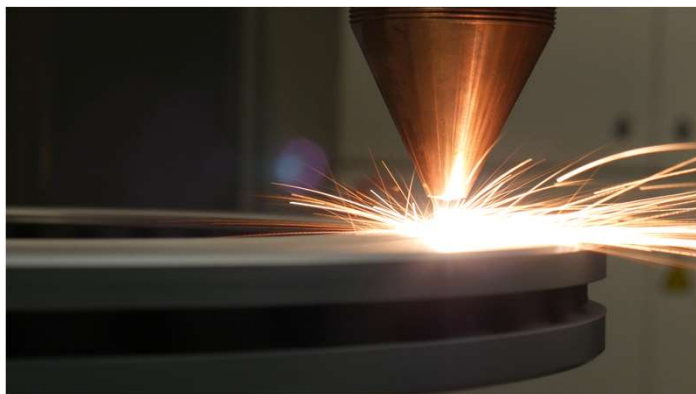
ワイヤーによるアディティブマニュファクチャリング

 laserline

## レーザークラディング

### 加工事例

高速レーザークラディング(コーティング)の応用 ブレーキディスク へのコーティング



<https://www.laserline.com/en-int/the-brake-for-less-fine-dust/>



## Outline

### 高出力ブルー半導体レーザーの加工応用とレーザー安全性

- レーザーライン社について
- 半導体レーザーとその応用例
- 高出力ブルーレーザー発振器の特徴と加工応用
  - ブルーレーザーの安全性
- まとめ





## 次世代半導体レーザー加工 キロワット級青色ダイレクトLD発振器

### ●LDM blue シリーズ - 2kWモデル 発売 **New!!**

- LDMblue 300-20: 300W @ 20 mm mrad
- LDMblue 500-60: 500W @ 60 mm mrad
- LDMblue 700-60: 700W @ 60 mm mrad
- LDMblue 1000-40: 1000W @ 40 mm mrad
- LDMblue 1500-60: 1500W @ 60 mm mrad
- **LDMblue 2000-60: 2000W @ 60 mm mrad**

### ●これまでにない短波長の高出力CWレーザー発振器

- 従来の高調波発生を使わない直接発振
- 超コンパクトデザイン、メンテナンスフリー



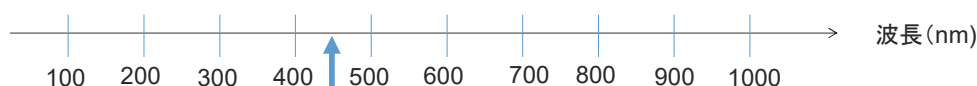
VG5H(5Uモデル)



スキャナーオプション

高出力・高輝度  
VG7H(7Uモデル)

## ブルーレーザーの安全対策 450nm (青色波長)の安全対策



ブルーレーザー / 450nm

- レーザの安全基準
 

国際機関	IEC 60825-1
日本	JIS C6802
- レーザ製品のクラス分け
  - クラス1 / クラス1M / クラス2 / クラス2M / クラス3R / クラス3B / クラス4
  - 弊社ブルーレーザー発振器はクラス4に準じた安全対策が必要

LDMblue シリーズ  
波長: 445±20nm

### ブルーレーザの安全対策

#### 450nm（青色波長）の安全対策

- クラス4製品の安全対策例
  - キースイッチによる制御
  - レーザ光の放出警告灯
  - シャッター
  - インターロック及び非常停止
  - 各種警告ラベルでの表示
  - 保護メガネ
  - 安全管理者による操作
  - レーザ管理区域の設置
- 機器に対する安全対策の他、作業環境に対する対策も必要
  - 労働安全衛生法関連
  - レーザの使用用途に応じた、作業者への安全対策(例、有害ガス、粉塵、被爆対策等)



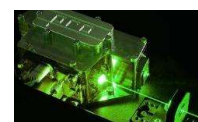
### 次世代半導体レーザ加工

#### キロワット級青色ダイレクトLD発振器コンセプト

- ブルーレーザ: 半導体素子のダイレクトな発光



- グリーンレーザ: 非線形結晶による赤外光の高調波変換



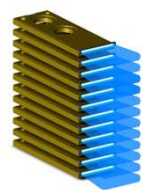
Source: RP Photonics



次世代半導体レーザ加工  
キロワット級青色ダイレクトLD発振器コンセプト



GaN系LD素子



スタックアレイ



発振器



次世代半導体レーザ加工  
キロワット級青色ダイレクトLD発振器ロードマップ



**2018**  
LDMblue1000-100  
LDMblue500-60

**2019**  
LDMblue1000-40  
LDMblue1500-60

**2020**  
Released NEW !  
LDMblue2000-60



High Power  
Blue Diode Lasers

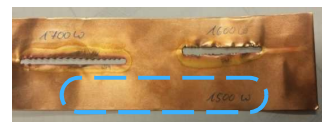
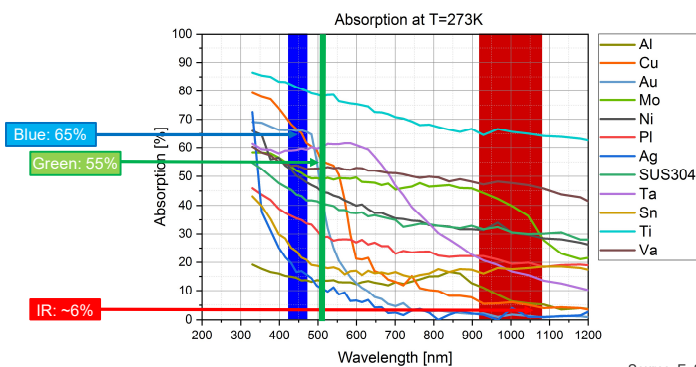
**2021**  
さらなる大出力化



## 次世代半導体レーザ加工

## なぜ青色半導体レーザが必要なのか？

- 青色LDの波長450 nmは、従来の赤外1  $\mu\text{m}$ レーザより高反射材料への吸収が非常に高いため加工性が良くそのプロセス開発は重要である
- 従来の短波長化の定石、高調波発生が不要で、電流を流すだけで直接450nmで高出力CW発振する青色LDは重要



IR diode laser > 1.5 kW "cutting example" with low intensity

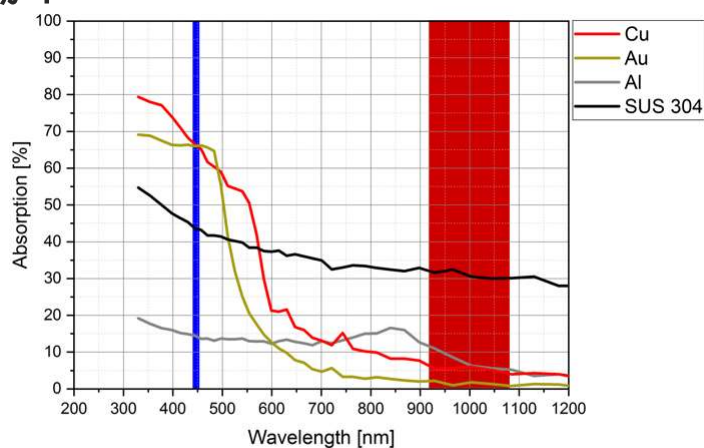
Source: E. Spiesz et al., Solar Absorptances and Spectral Reflectances of 12 Metals for Temperatures from 300 to 500 K  
NASA Technical Note TN-5353, 1969



## 次世代半導体レーザ加工

## なぜ青色半導体レーザが必要なのか？

- Cu: 6%  $\rightarrow$  66% + 1100 %
- Au: 1-2%  $\rightarrow$  65 % + 3200 %
- Al: 6%  $\rightarrow$  15% + 150 %
- SUS: 30%  $\rightarrow$  42% + 45 %



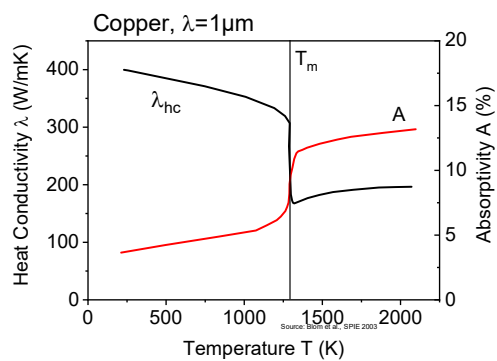
Source: E. Spiesz et al., Solar Absorptances and Spectral Reflectances of 12 Metals for Temperatures from 300 to 500 K  
Nasa Technical Note TN-5353, 1969

Shorter wavelength = Higher absorption and process stability



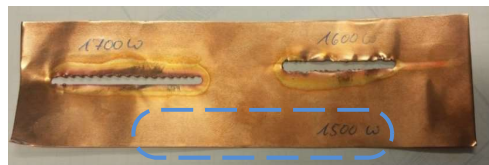
## 次世代半導体レーザー加工

## なぜ青色半導体レーザーが必要なのか？



- IR光の急激な吸収率の増加

IR diode laser &gt; 1.5 kW "cutting example" with low intensity



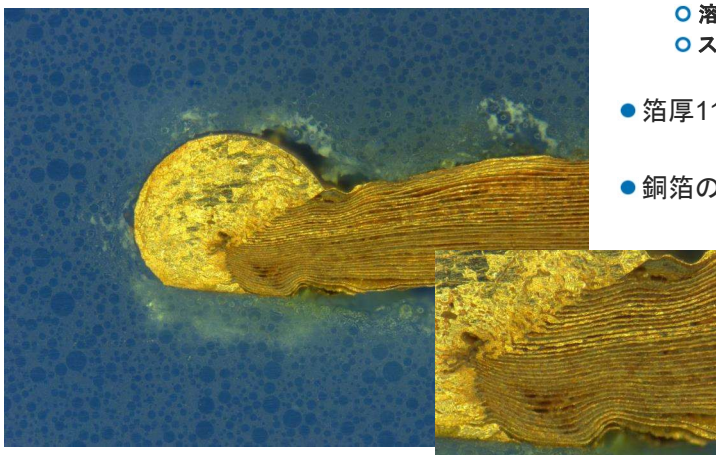
## 次世代半導体レーザー加工

## 穏やかな熔融池 銅の熱伝導溶接



## 次世代レーザー加工

## 34枚の銅箔の溶接



- 溶接条件:
  - レーザ出力: 580W
  - 溶接速度: 2 m/min
  - スポット径:  $\phi = 0,6$  mm
- 箔厚  $11 \mu\text{m}$  の銅箔を34枚の溶接
- 銅箔の総厚: 約  $0,4$  mm

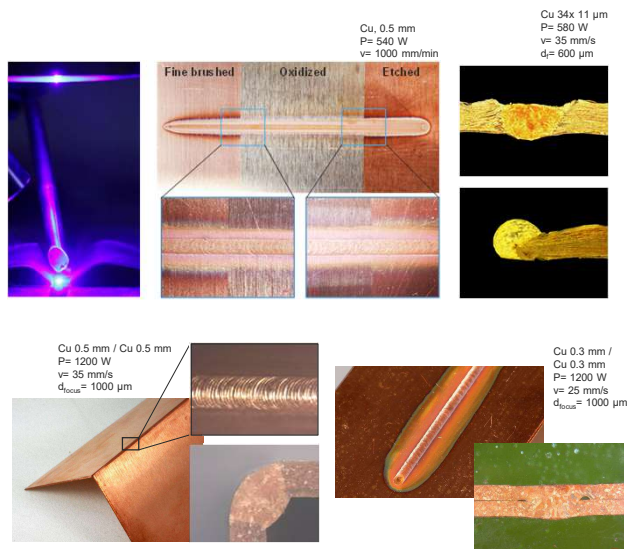


## 次世代半導体レーザー加工

## 青色レーザーによる各種用途 熱伝導溶接

## 450nm 青色レーザーによる銅の加工利点

- IR帯の波長に比べ20倍以上の吸収特性
- スパッタの無い熱伝導溶接
- 表面状態によらない加工
- 後工程の必要ない仕上がり
- 従来にない接合形状



## 次世代半導体レーザー加工 ブルーとIRのハイブリッド加工

**HYBRID** Welding



- ハイブリッド光組み合せ例

### IRレーザー

ファイバーコア径: 600  $\mu\text{m}$ , NA 0.12

スポット径: 0.3 mm

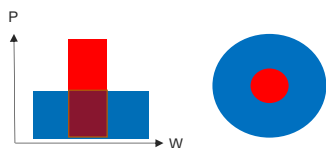
レーザー出力: 1kW-8kW

### ブルーレーザー

ファイバーコア径: 600  $\mu\text{m}$  (or 1000  $\mu\text{m}$ ), NA 0.22

スポット径: 0.6 mm ( or 1mm)

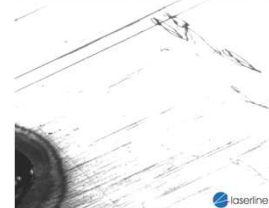
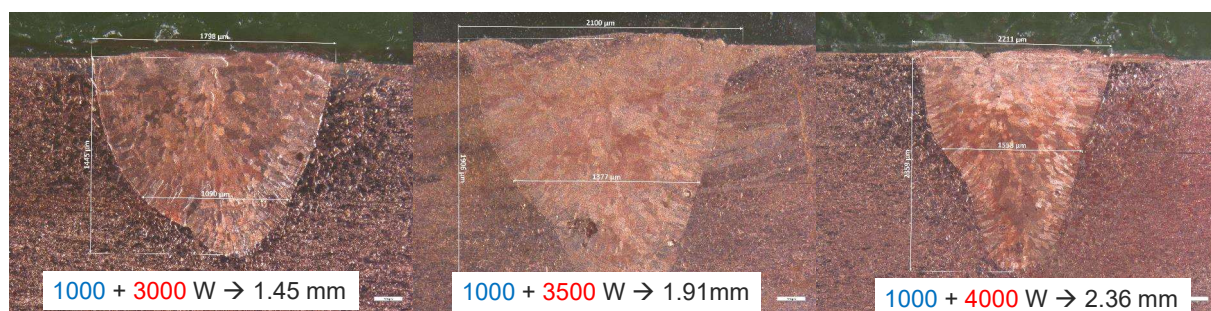
レーザー出力: 0.3kW-2kW



## ハイブリッド溶接

**HYBRID** Welding

## Keyhole welding 1 + 2 mm overlap



Confidential



## ハイブリッド溶接

## 平角銅線 ヘアピン溶接



1000 W Blue

2000 W IR

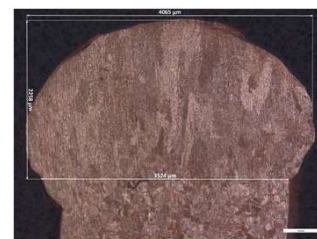
1 mm / 0.3 mm spotsize

300ms

Static weld

Almost spatter free

HYBRID Welding



## Outline

## 高出力ブルー半導体レーザーの加工応用とレーザー安全性

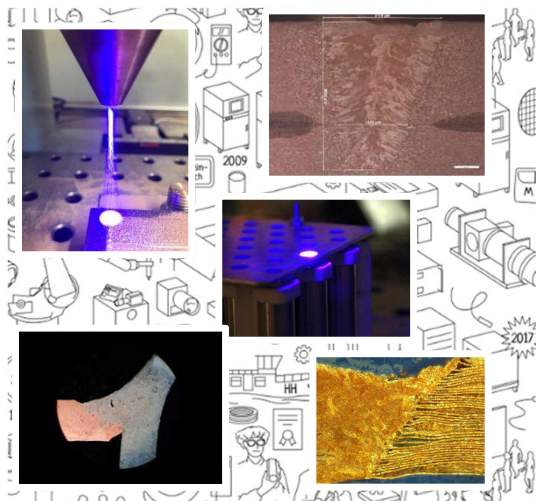
- レーザーライン社について
- 半導体レーザーとその応用例
- 高出力ブルーレーザー発振器の特徴と加工応用
  - ブルーレーザーの安全性
- まとめ





## 高出カブルー半導体レーザーとその加工応用

### まとめ



- 半導体レーザーのポテンシャルと拡がる適用例
- ブルーレーザー発振器の更なる高出力化と高輝度化
  - 高反射材料へのレーザー適用 \* 鋼材料への新しい加工
  - 各種金属材料へのレーザー適用 \* 短波長による吸収率向上
- HYBRID レーザ溶接によるハイパワー化ソリューション
- 可能性を秘めた高出力ダイレクトLD発振器の方向性と今後の大出力化の動向による更なるソリューションへの期待



## 高出力ダイレクト半導体レーザー発振器専門メーカー



<お問合せ先>  
 レーザーライン株式会社  
 電話: 03-6417-4822  
 E-mail: info-japan@laserline.com



## 第3章 国際会議の動向調査

### 3.1 目的

レーザの安全性に関する国際標準を策定している IEC TC76 の会合が、コロナ禍のため、2020年9月22日～10月26日にかけてリモート開催された。国際標準化の動向を把握するうえで重要な情報であることから、事務局が取りまとめた会合の内容について報告する。

### 3.2 IEC/TC 76 報告

#### 3.2.1 Plenary 会合

IEC1906 賞受賞者5人が紹介され、日本からは森氏が選出された。また、作業プログラムおよび各WGの進捗状況の説明があった。

安定期日の見直しがあったこと、Pメンバが確認され15カ国であること、イランおよびベルギーは久しぶりの参加であること、決議事項が14件あったこと、次回会合は2021年11月にベルリンで開催予定であること等が報告された。

#### 3.2.2 WG1+8 (Optical radiation safety+Development and maintenance of basic standards)

出席者は54名、アジェンダおよび前回議事録は了承された。WG1は60825-1および新規案件を取り扱っており、a)AEC、b)Moving Platform、c)Laser directed at the human eye、d)UV photochemical limits、e)Adjusting limits based on detection of pupil diameterについて資料を入手した。

それらの課題のスケジュールは決まっているのか、全体に影響を及ぼす案件もある、との懸念があるが、a)はドラフト作成中、b)はCD回覧中であり次は2ndCD、c)はCD回覧中、d)は規格策定ではない、e)はこれから提案される案件であることを確認した。

#### 3.2.3 WG3 (Laser radiation measurement)

Plenary 会議以前に WG3 は開催されず、これまでの進捗状況報告が紹介された。

#### 3.2.4 WG4 (Safety of medical laser equipment)

IEC60601-2-57 については、昨年からの進捗はなくドラフトは2019年にローリーで検討したバージョンのままであること、また TR60825-8 ED3 については最終ドラフトが公表される予定となっている。

#### 3.2.5 WG5 (Safety of fibre and free space optical communications systems)

IEC60825-12 については、2CD に対するコメントについて PL として Reject した案件について議論し、次は CDV に進むことを Plenary で投票にかける段階。

IEC60825-2 については、ED4.0 は WG5 会合の後 FDIS として回覧し承認された。ED4.1 についてはロードマップの説明を行ったこと、また箇条構成の変更を含むいくつかの提案があり議論が行われた。

FDIS の段階で Scope の変更が手続的に可能なのかとの点について、本来はあり得ないはず、IEC TO の Rotti 氏が期待を持たせるような発言をしたことが原因ではないかと思料。

### 3.2.6 WG7 (High power lasers)

進捗が止まっているため、Co-Convenor が任命される予定。

### 3.2.7 WG9 (Non coherent sources)

GLA (照明工業会の国際団体のようなもの) が Covid-19 の関係で UV 殺菌に関する業界ガイドのようなものを発出し、その内容に基づき IEC TC34 で PAS を作成する動きがあるが、根拠が明確でないペーパーをベースに PAS を出すのは危険と思料。また、IEC TR62471-2 は廃止されることが決議された。

### 3.2.8 JTC5 ((IEC TC76 IEC+ TC34 CIE 第 2 部会+CIE 第 6 部会の合同 TC)

2020 年の JTC5 の開催はなく、進捗はほとんどない。

### 3.2.9 JWG10 (Safety of lasers and laser equipment in an industrial materials processing environment linked to ISO/TC 172/SC 9)

これまでの経緯について説明。WD は 2021 年秋までには提出される見込みであり、その後、コメントを出す予定。

### 3.2.10 JWG12 (Eye and face protection against laser radiation linked to ISO/TC94/SC6)

2020 年 7 月に Web 会議が開催され、ISO/IEC19818-1 の CDV に関する全てのコメントについて議論。次は FDIS を JWG に回覧する段階。

### 3.2.11 AAG (運営諮問委員会)

初めての Web 会議。参加者、特に Chief of Delegate を特定するためにも会議登録システムで出席者を登録させる仕組みを導入した。

## **3.3 今後の見通し**

3.2.2 に記述した新しい規格策定の動きを引き続きフォローするとともに、今後もリモート開催になる可能性が高いことから、会議中の対処方針に関する打合せが困難になることを念頭に準備することが必要となる。

## 第4章 海外の関連法規の調査

### 4.1 目的

レーザーポインタを適切に利用してもらうためには、利用者に対する普及啓発活動はもとより、適切な法整備が必要となる。IECにおいてもIEC 60825シリーズにおいてレーザーの安全性に関する国際標準を整備しており、各国はこれらの国際標準に準拠して国内法を整備しつつある。

ここでは、中国における法制度の内容について  
SAC/TC284 National Technical Committee 284 of Optical Radiation Safety and Laser Equipment of Standardization Administration of China から入手した中国規格の翻訳を掲載する。

### 4.2 新中国規格『レーザーポインタ製品の光放射に対する安全要求事項』

標記規格の内容について、翻訳を掲載する。



# 中華人民共和國國家規格

GB/T 39118—2020

## レーザーポインタ製品の光放射に関する 安全要求事項

**Safety requirements of optical radiation for laser printers products**

2020年10月11日公布

2021年5月1日施行



国家市場監督管理總局  
国家標準化管理委員會 公布

## 目次

序文.....	95
1 範囲 .....	1
2 規範として引用する文書 .....	1
3 用語と定義 .....	1
4 安全分類 .....	2
4.1 概要 .....	2
4.2 職責の分類 .....	2
4.3 分類規則 .....	2
4.4 クラス .....	2
4.5 被ばく放出限界 .....	3
5 被ばく放出量及び危険評価 .....	4
5.1 被ばく放出レベルの確定 .....	4
5.2 危険評価 .....	6
6 制御措置 .....	9
6.1 メーカーの要求事項 .....	9
6.2 代理業者の要求事項 .....	11
6.3 検査機関の要求事項 .....	12
6.4 使用者の要求事項 .....	12
附属書 A (参考) レーザポインタの光放射に関する潜在的危険 .....	13
附属書 B (参考) MPE 及び NOHD の計算例 .....	19
参考文献 .....	21
図 1 放射露光と最大許容露光量の関係図 .....	7
図 2 ビーム内観察の公称眼障害距離図 .....	8
図 3 レンズを通してビームの焦点を合わせた場合の公称眼障害距離図 .....	8
図 4 レンズを通して鏡面反射ビームの焦点を合わせた場合の公称眼障害距離図 .....	9
図 5 レーザポインタの説明ラベル .....	10
図 6 クラス 1 のレーザポインタのラベル案 .....	10
図 7 クラス 1M のレーザポインタのラベル案 .....	11
図 8 クラス 2 のレーザポインタのラベル案 .....	11
図 9 クラス 2M のレーザポインタのラベル案 .....	11
図 A.1 レーザポインタの視覚妨害シーンの図 .....	14
図 A.2 MDE と MPE の関係図 .....	15
表 1 クラス 1 及びクラス 1M のレーザポインタの被ばく放出限界 $C_6=1^a$ .....	4
表 2 クラス 2 及びクラス 2M のレーザポインタの被ばく放出限界 .....	4
表 3 AEL 評価において使用する補正係数 .....	4
表 4 点光源照射条件下における目の角膜の MPE 値 .....	7

表 5	MPE 評価において使用する補正係数及び時間折点.....	7
表 A.1	視覚妨害レベル <sup>a</sup> .....	13
表 A.2	夜間、夕方及び昼間の異なる環境の光背景下における眩感区域の MDE 値.....	15
表 A.3	明所視スペクトル発光効率関数 $V(\lambda)$ .....	16

## 序文

本標準は GB/T 1.1-2009 に示された規則に基づき起草されたものである。

本文書の内容の一部は特許に関わる可能性があることに注意されたい。本文書の公布機関はこれらの特許を識別する責任を負わない。

本標準は中国機械工業聯合会が提出する。

本標準は全国光輻射安全和激光設備標準化技術委員会（全国光放射安全・レーザー設備標準化技術委員会）（SAC/TC 284）が一括管理する。

本標準の起草組織：中国科学院光電研究院、北京工業大学、軍事科学院軍事医学研究院、中国計量科学研究院、国家激光器件質量監督檢驗中心（国家レーザー機器品質監督検査センター）、中国電子科技集团公司第十一研究所。

本標準の主な起草者：呉愛平、麻雲鳳、陳虹、樊仲維、楊在富、廖利芬、程旺、馬冲、戚燕、蘆永紅、常閃閃、王江、趙鵬。





## レーザーポインタ製品の光放射に関する安全要求事項

### 1 範囲

本標準は一般消費者向けレーザーポインタ製品の光放射安全要求事項を定めたものであり、主に安全分類、被ばく放出量と危険評価及び制御措置を含む。

本標準は公称波長 400 nm～700 nm の可視光範囲内の一般消費者向けレーザーポインタ製品（以下、「レーザーポインタ」という）の生産、検査、販売及び使用に適用する。

### 2 規範として引用する文書

次に掲げる文書は本文書の適用に不可欠である。日付の注記がある引用文書は全て、注記された日付の版のみを本文書に適用する。日付の注記がない引用規格は全て、その最新版（全ての追補を含む）を本文書に適用する。

GB 7247.1-2012 レーザ製品の安全 第1部：設備分類、要求事項

GB/T 7247.13-2018 レーザ製品の安全 第13部：レーザー製品の分類測定

GB/T 7247.14-2012 レーザ製品の安全 第14部：ユーザーガイドライン

IEC 60825-1:2014 レーザ製品の安全 第1部：設備分類、要求事項 (Safety of laser products-Part 1:Equipment classification and requirements)

### 3 用語と定義

GB 7247.1-2012、GB/T 7247.13-2018、GB/T 7247.14-2012 に定義された次に掲げる用語と定義を本文書に適用する。

#### 3.1

##### レーザーポインタ **laser pointer**

目標物体又は空間位置を示すことに用いるレーザー製品。

#### 3.2

##### 一般消費者向けレーザーポインタ **laser pointer for consumer**

合理的に予見可能な状況において消費者の使用に供するレーザーポインタ。

注1：パワーが低く、発散角が小さい可視光放射を放出し、一般に手に持って使用する。例：レーザーペン。

注2：使用者が通常レーザーの専門研修を受ける必要がなく、製品使用説明書に基づき正確に使用できるレーザーポインタ。

#### 3.3

##### ビーム内観察 **intrabeam viewing**

目が直射又は鏡面反射（拡散反射ではない）のレーザービームの照射を受けている状態。

#### 3.4

##### 被ばく放出限界 **accessible emission limit;AEL**

対応するクラスで許容される最大の被ばく放出量。

#### 3.5

##### 最大許容露光量 **maximum permissible exposure;MPE**

正常な状況において人体がレーザー照射を受けても好ましくない結果を生じないレーザー放射レベル。

## 3.6

**公称眼障害距離 nominal ocular hazard distance;NOHD**

ビーム放射照度又は放射露光が対応する目の角膜の最大許容露光量と等しいところまでの距離。

## 3.7

**偶発的な視覚妨害 accidental visual interference**

目が不意に強い光に直接照射され、又は強い散乱光に照射されたときに引き起こされる、一時的に視覚機能を低下または喪失する生理的な現象。

注：例えば、眩惑、閃光盲及び残像。強い光が消失するとすぐに緩和されるが、注意力散漫又は制御不能により重大な事故を引き起こす可能性がある。

## 4 安全分類

## 4.1 概要

クラスの確立とは使用者がレーザーポインタに潜在する危険を評価できるようにするため、必要な制御措置を確定することである。通常のレーザー製品の分類は正常運用条件下において接触する可能性がある最大のレーザー放射レベルを基礎として確定する。GB 7247.1-2012 の 3.18 から 3.21 に定められたレーザー製品の安全分類のクラスは、レーザー放射の目及び皮膚に対する危険についてのみ対象としている。一般消費者向けレーザーポインタ使用の特徴は、レーザーの照射により生じる潜在的な危険のほか、レーザー放射がさらに一時的に視力障害を引き起こす可能性があることである。例えば、眩惑、閃光盲及び残像の影響は使用条件及び周辺の照度次第である。このため、本標準が示すレーザーポインタのクラスはクラス 1、クラス 1M、クラス 2、クラス 2M のみを含む。

レーザーポインタの電気部品は関連の電気安全規格に適合しなければならない。

## 4.2 職責の分類

レーザーポインタの安全分類のクラスの正確な確定はメーカー（代理業者を含む）の職責である（6.1 参照）。

## 4.3 分類規則

レーザーポインタが本標準のある特定のクラスに対する制御措置、表記及びユーザ情報等全ての要求事項に適合する場合、そのクラスに区分することができる。分類規則として、次に掲げるクラス等級（危険度順）クラス 1、クラス 1M、クラス 2、クラス 2M を使用しなければならない。

公称波長のほか、作業波長を含む全ての波長を統一して評価し、次に掲げる要求事項を総合的に考慮しなければならない。

- a) 原則上、消費者が不可視光レーザー放射を受けることを避けるため、可視光の波長の被ばく放出は不可視光の被ばく放出を上回らなければならない。
- b) 不可視光の被ばく放出量は 0.1 mW を下回らなければならない。
- c) 本標準の分類は次に掲げる時間基準を採用する。
  - 1) 400 nm～700nm の波長の範囲内においてはクラス 2、クラス 2M のレーザー放射の時間基準を 0.25s とする。
  - 2) 400 nm～700nm の波長の範囲内においては 1) の状況以外の時間基準を 100s とする。

製品を分類するとき、時間基準内で可能な放出持続時間を考慮しなければならない。

## 4.4 クラス

#### 4.4.1 クラス 1

合理的に予見可能な使用条件下において、通常安全なレーザポインタ。人が接触する可能性があるレーザ放射はクラス 1 の被ばく放出限界を超えてはならない。

しかし、周辺が暗い環境でビーム内観測をするとき、依然として目がくらむ等の視覚的な影響を生じる可能性がある。附属書 A 参照。

注：クラス 1 の被ばく放出限界の詳細は表 1 参照。

#### 4.4.2 クラス 1M

400 nm～700nm の波長の範囲においてクラス 1 の被ばく放出限界を超えるレーザポインタ。光学器具（双眼鏡又は望遠鏡）を使用して平行ビームを観察するとき、目の障害を引き起こす可能性がある。

周辺が暗い環境でビーム内観察をするとき、依然として目がくらむ等の視覚的な影響を生じる可能性がある。一時的な視覚妨害又は驚いて反応することにより間接的に一般の安全性の問題を引き起こす可能性がある。附属書 A 参照。

#### 4.4.3 クラス 2

400 nm～700nm 波長範囲内において、人が接触する可能性があるレーザ放射がクラス 2 の被ばく放出限界を超えられないレーザポインタ。人が接触する可能性があるレーザ放射が皮膚に対して安全である場合、目に対して本質的に安全とは限らない。一般的な状況において目は強い光に対する自然な回避反応（0.25s）を通じて保護することができる。

注：こうした自然な回避反応は目が意図的にビーム内を凝視する状況において効果を失い、飲酒又は服薬によっても影響を受ける。

周辺が暗い環境ではクラス 2 のレーザポインタのレーザビームは眩惑、閃光盲、残像を引き起こす可能性がある。一時的な視覚妨害又は驚いて反応することにより間接的に一般の安全性の問題を引き起こす可能性がある。附属書 A 参照。

#### 4.4.4 クラス 2M

一定の測定条件において、クラス 2 で許容する被ばく放出限界を超えないレーザポインタ。光学器具（双眼鏡又は望遠鏡）を使用して平行ビームを観察するとき、自然な回避反応では十分な保護を提供できず、依然として障害が発生する可能性がある。

周辺が暗い環境ではクラス 2 のレーザポインタのレーザビームは眩惑、閃光盲、残像を引き起こす可能性がある。一時的な視覚妨害又は驚いて反応することにより間接的に一般の安全性の問題を引き起こす可能性がある。附属書 A 参照。

### 4.5 被ばく放出限界

表 1 にクラス 1 及びクラス 1M のレーザポインタの被ばく放出限界を示し、表 2 にクラス 2 及びクラス 2M のレーザポインタの被ばく放出限界を示した。表 1 及び表 2 で用いられる補正係数  $C_3$  及び  $C_6$  は表 3 にそれらの波長、放出持続時間、パルス光源及び視角の関数を定めた。

表1 クラス1及びクラス1Mのレーザポインタの被ばく放出限界  $C_6=1^a$ 

波長 ( $\lambda$ ) nm	放出持続時間 ( $t$ ) s			
	$10^{-11} \sim 5 \times 10^{-6}$	$5 \times 10^{-6} \sim 10$	$10 \sim 10^2$	$10^2 \sim 3 \times 10^4$
400~450	$7.7 \times 10^{-8} \text{ J}$	$7 \times 10^{-4} t^{0.75} \text{ J}$	$3.9 \times 10^{-3} \text{ J}$	$3.9 \times 10^{-5} C_3 \text{ W}$
450~500			$3.9 \times 10^{-3} C_3 \text{ J}$ 及び <sup>b</sup> $3.9 \times 10^{-4} \text{ W}$	
500~700			$3.9 \times 10^{-4} \text{ W}$	
注：測定条件を満たし、かつクラス1の要求事項を満たしたレーザポインタは拡大倍率7倍を超え、又は対物レンズの直径が規定より大きい光学器具（例えば、双眼鏡等の望遠光学系など）を使用して観察するとき、危険をもたらす可能性がある。				
<sup>a</sup> 補正係数は表3参照。 <sup>b</sup> 波長範囲が450 nm~500 nmの場合、2種類の限界を適用し、かつレーザポインタの被ばく放出量は当該クラスが指定するいずれの適用限界も超えてはならない。				

表2 クラス2及びクラス2Mのレーザポインタの被ばく放出限界

波長 ( $\lambda$ ) nm	放出持続時間 ( $t$ ) s	クラス2のAEL
400~700	$t < 0.25$ $t \geq 0.25$	クラス1のAELと同 $C_6 \times 10^{-3} \text{ W}$
注：測定条件を満たし、かつクラス2の要求事項を満たしたレーザポインタは、拡大倍率7倍を超え、又は対物レンズの直径が規定より大きい光学器具（例えば、双眼鏡等の望遠光学系）を使用して観察するとき、危害をもたらす可能性がある。		

表3 AEL評価において使用する補正係数

パラメーター	スペクトル範囲 nm
$C_3 = 1.0$	400~450
$C_3 = 100.01(\lambda - 4500)$	450~600
$a \leq a_{\min}^a$ に対し、 $C_6 = 1$	400~700
$a_{\min} = 1.5 \text{ mrad}$ . 注：表1、表2の時間区分の境界にある放出持続時間（例えば $t = 10 \text{ s}$ ）については、当該持続時間に対応する2種類の限界値のうち小さい方を選択して被ばく放出限界とすることが望ましい。	
<sup>a</sup> $C_6$ は熱的網膜障害限界にのみ適用する。	

## 5 被ばく放出量及び危険評価

### 5.1 被ばく放出レベルの確定

#### 5.1.1 一般要求事項

レーザポインタは出荷前、いかなる使用時にも人が接触する可能性がある全ての放射波長の範囲及び出力パワ

一の被ばく放出量を総合的に考慮し、かつそれを対応する最高クラスに区分しなければならない。人が偶発的な視覚妨害の影響を受けることを防止するため、合理的に予見可能なビーム方向の変化の全ての単一故障事象をレーザポインタの構造設計の安全防御措置に組み込むことで予測不能な目の障害及び各種事故の発生を避けなければならない。評価はレーザポインタ使用中に発生する可能性がある合理的に予見可能ないかなる単一故障条件をも考慮に入れなければならない。

### 5.1.2 測定条件

本標準の分類に採用される測定条件：

- クラス 1 及びクラス 1M は IEC 60825-1 : 2014 の 5.3a) に依拠する。
- クラス 2 及びクラス 2M は 60825-1 : 2014 の 5.3 に依拠する。
- 400nm～700nm の範囲内の全ての波長において測定する最短距離は一般に 100mm である。
- ビームの外に実焦点（ビームウエスト）があるレーザポインタについては、その焦点において測定、評価しなければならない。

### 5.1.3 被ばく放出

レーザポインタを使用するとき、その出力の最高被ばく放出レベル（5.1.2 の条件に基づき確定する）と対応するクラスの被ばく放出限界を比較することで、レーザポインタの安全分類のクラスを確定する。ビームの総エネルギー量に関わらず、分類する場合は与えられた距離測定位置を通じた限界開口内のエネルギーを考慮しなければならない。このため、測定距離  $L$  において開口絞り又は限界開口を用いて確定した放射エネルギーを採用し、総放射エネルギーとの割合は係数  $\eta$  を用いて表示する。その公式は次のとおりである。

$$\eta = 1 - e^{-\frac{D_f^2}{D_L^2}} \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中の記号はそれぞれ次の内容を表す。

$D_f$ —開口絞り又は限界開口の直径、単位はセンチメートル (cm)

$D_L$ —測定距離  $L$  のビームの直径、単位はセンチメートル (cm)

注：公式の  $D_L$  値は測定距離  $L$  の被ばく放出総エネルギーの中心エネルギーの 63.2% ( $1/e$  に相当) の直径。

そのうち測定距離  $L$  のビームの直径は公式 (2) に示す。

$$D_L = \sqrt{D_0^2 + L^2 \phi^2} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中の記号はそれぞれ次の内容を表す。

$D_0$ —ビームウエストの直径、単位はセンチメートル (cm)

$L$ —測定距離、単位はセンチメートル (cm)

$\phi$ —ビームの発散角、単位はラジアン (rad)

被ばく放出 (AE) は公式 (3) に示す。

$$AE = \eta \times Q \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中の記号はそれぞれ次の内容を表す。

$Q$ —放射エネルギー、単位はジュール (J)

被ばく放出 (AE) 値を算出し、被ばく放出限界と比較し、レーザポインタの相応のクラスを確定する。

## 5.2 危険評価

### 5.2.1 概要

通常、全ての予見可能な条件下において出現する可能性があるレーザー照射レベルを評価する必要がある。人がレーザー照射を受けるとき、合理的に予見可能な条件下においてその照射レベルは MPE を超えないことを確実に保証するためである。

評価は危険を生じる可能性があるいかなる物理的環境条件をも考慮しなければならず、環境要因の重要性はレーザーポインタのクラスにより異なる。環境要因は室内及び屋外の使用状況を含む。室内環境は教室、職場、密閉された実験室及び工場の生産ライン等を含む。特に周辺が暗い環境での使用に考慮しなければならない。機器の操縦、高所での作業、高電圧のある作業環境又は運転中等、使用者は安全要求事項の過酷な作業条件において、視覚妨害の影響を十分に重視しなければならない。

合理的に予見可能な単一故障条件は次に掲げる内容を含むがこれらに限らない。

- a) 消費者の使用に供しないことが予想されるが、消費者に合理的に予見可能な条件下で使用される可能性があるレーザーポインタ。
- b) 周辺が暗い環境において、直接又は鏡面反射を通じた物体（例えば、ステンレス材料の表面、ガラスの表面等）が人を照射する。
- c) 公共及び娯楽の場、舞台公演及び映画館において警告又はポインタとしてみだりに人及び物体を照射する。
- d) 公共の安全エリアにおいて使用する。

### 5.2.2 最大許容露光量

目又は皮膚がレーザーの照射を受けた後、瞬間的に又は長時間障害が発生しない最大照射レベル。MPE 値の確定には次に掲げるパラメータを知る必要がある。

- a) 波長
- b) 露光時間
- c) 露光条件

放射露光 ( $H$ ) を用いて表示する MPE 値  $H_{MPE}$  は  $J/cm^2$  を単位とし、放射照度 ( $E$ ) を用いて表示する MPE 値  $E_{MPE}$  は  $W/cm^2$  を単位とし、両者間の変換は公式 (4) に示す。

$$E_{MPE} = \frac{H_{MPE}}{t} \dots\dots\dots (4)$$

式中の記号はそれぞれ次の内容を表す。

$t$ —露光時間、単位は秒 (s)

MPE 値を計算する時間基準は拡散反射観察及びビーム内観察によって異なり、可視光スペクトルの範囲内では拡散反射観察の時間基準を 600s とし、ビーム内観察の時間基準を 0.25s とすることを推奨する。表 4 に点光源の目の角膜に対する最大許容露光量を示し、表 5 に当該スペクトルの範囲内の補正係数  $C_3$  及び時間折点  $T_1$  (s) の値を示した。

表 4 点光源照射条件下における目の角膜の MPE 値

波長 ( $\lambda$ ) nm	露光時間 ( $t$ ) s	MPE	
		J/cm <sup>2</sup>	W/cm <sup>2</sup>
400~700	$10^{-11} \sim 5 \times 10^{-6}$	$2.0 \times 10^{-7}$	-
400~700	$5 \times 10^{-6} \sim 10$	$1.8t^{0.76} \times 10^{-3}$	-
400~450	10~100	$1.0 \times 10^{-2}$	-
400~450	$100 \sim 3 \times 10^4$	-	$C_3 \times 10^{-4}$
450~500	$10 \sim T_1$	-	$1.0 \times 10^{-3}$
450~500	$T_1 \sim 100$	$C_3 \times 10^{-2}$	-
450~500	$100 \sim 3 \times 10^4$	-	$C_3 \times 10^{-4}$
500	$10 \sim 3 \times 10^4$	-	$1.0 \times 10^{-3}$

表 5 MPE 評価において使用する補正係数及び時間折点

波長 ( $\lambda$ ) nm	補正係数及び時間折点	
400~450	$C_3$	1.0
450~600		$10^{0.02(\lambda-450)}$
450	$T_1/s$	10
450~500		$10 \times 10^{0.02(\lambda-450)}$
500		100

注： $\lambda=450$  nm の場合、 $T_1=10$  s。 $\lambda=500$  nm の場合、 $T_1=100$  s。

### 5.2.3 公称眼障害距離

NOHD とは正常な状況での観察において、直射、反射又は散乱光に関わらず、ビームの放射照度又は放射露光がある空間位置において少なくとも対応する MPE 値と等しくなければならないところまでの距離をいう。図 1 に示すとおりである。

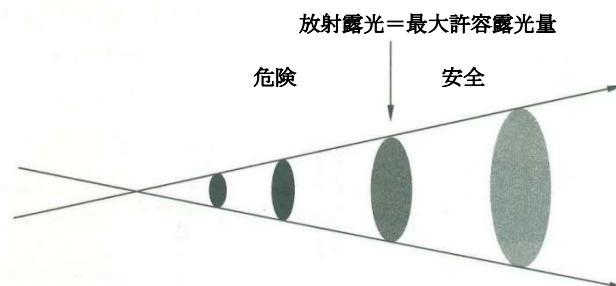


図 1 放射露光と最大許容露光量の関係図



公称眼障害距離の計算は使用状況ごとに計算公式が異なる。附属書 B 参照。主に次に掲げる 3 種類の状況を含む。

a) ビーム内観察の NOHD は図 2 参照。

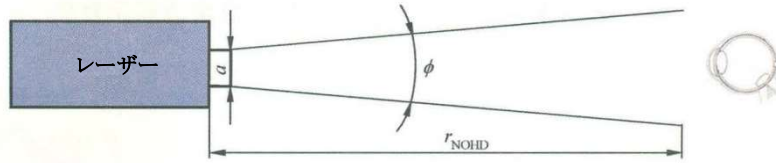


図 2 ビーム内観察の公称眼障害距離図

ビーム内観察の公称眼障害距離の計算公式は公式 (5) に示す。

$$r_{\text{NOHD}} = \frac{1}{\phi} \left[ \left( \frac{4\Phi}{\pi E_{\text{MPE}}} \right) - a^2 \right]^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (5)$$

式中の記号はそれぞれ次の内容を表す。

- $r_{\text{NOHD}}$  —公称眼障害距離、単位はセンチメートル (cm)
- $\phi$  —ビーム発散度、単位はラジアン (rad)
- $\Phi$  —放射束 (放射パワー)、単位はワット (W)
- $A$  —レーザポイントのビームの開口直径、単位はセンチメートル (cm)
- $E_{\text{MPE}}$  —放射照度を用いて表示する最大許容露光量 (表 4 参照)、単位はワット毎平方メートル ( $\text{W}/\text{cm}^2$ )。

b) レンズを通してビームの焦点を合わせた場合の (図 3 参照)。

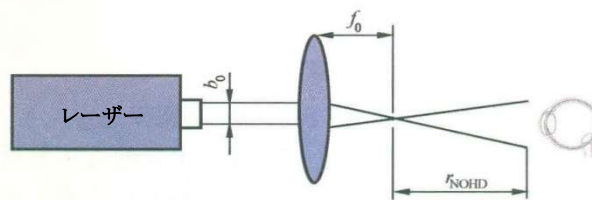


図 3 レンズを通してビームの焦点を合わせた場合の公称眼障害距離図

レンズを通してビームの焦点を合わせた場合の公称眼障害距離の計算は公式 (6) に示す。

$$r_{\text{NOHD}} = \frac{f_0}{b_0} \left( \frac{4\Phi}{\pi E_{\text{MPE}}} \right)^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (6)$$

式中の記号はそれぞれ次の内容を表す。

- $r_{\text{NOHD}}$  —公称眼障害距離、単位はセンチメートル (cm)
- $f_0$  —レンズの焦点距離、単位はセンチメートル (cm)
- $\Phi$  —放射束 (放射パワー)、単位はワット (W)
- $b_0$  —ビームがレンズ表面に到達する直径、単位はセンチメートル (cm)

$E_{MPE}$  —放射照度を用いて表示する最大許容露光量(表4参照)、単位はワット毎平方メートル( $W/cm^2$ )

- c) レンズを通して鏡面反射ビームの焦点を合わせた場合の NOHD (図4参照)。

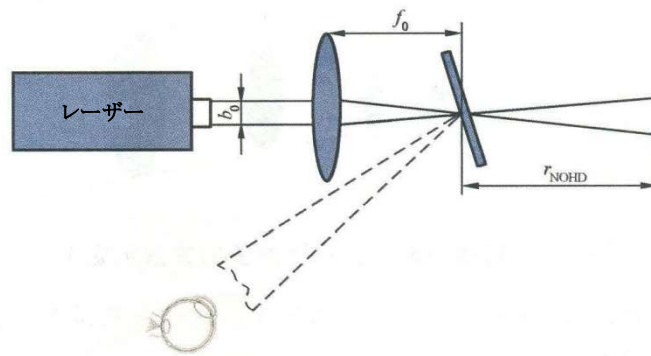


図4 レンズを通して鏡面反射ビームの焦点を合わせた場合の公称眼障害距離図

レンズを通して鏡面反射ビームの焦点を合わせた場合の公称眼障害距離の計算は公式(7)に示す。

$$r_{NOHD} = \frac{f_0}{b_0} \left( \frac{4\Phi\rho}{\pi E_{MPE}} \right)^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(7)$$

式中の記号はそれぞれ次の内容を表す。

$r_{NOHD}$  —公称眼障害距離、単位はセンチメートル (cm)

$f_0$  —レンズの焦点距離、単位はセンチメートル (cm)

$\Phi$  —放射束(放射パワー)、単位はワット (W)

$b_0$  —ビームがレンズ表面に到達するときの直径、単位はセンチメートル (cm)

$\rho$  —光学器具の反射率

$E_{MPE}$  放射照度を用いて表示する最大許容露光量(表4参照)、単位はワット毎平方メートル( $W/cm^2$ )。

公式(5)から公式(7)のレーザ放射パワー $\Phi$ が放射エネルギー $Q$ で代替されるならば、対応する $E_{MPE}$ は放射露光を用いて表示する最大許容露光量 $H_{MPE}$ を使用し、単位はジュール毎平方センチメートル( $J/cm^2$ )である。

## 6 制御措置

### 6.1 メーカーの要求事項

#### 6.1.1 製品の製造

レーザポインタを開発、生産するとき、制御措置を講じなければならない。次に掲げる内容を含むがこれらに限らない。

- 児童が接触する可能性がある一般消費者向けレーザポインタはクラス1のレーザポインタの被ばく放出限界を超えてはならない。
- 2つ以上の波長を出力するレーザポインタ(例えば、不可視光を可視光に変換する)は必要な措置(例えば、光学フィルターを使用する等)を講じ、不可視光の被ばく放出を0.1mWを下回るようにし、又は不可視光を取り除かなければならない。
- スイッチはオンの状態を持続する機能を有してはならない。
- インターロック機能を有する。
- 専用工具を使用しなければ、レーザポインタを分解できない。
- レーザポインタの適切な位置に対応するクラスに適合するラベルを貼付する必要がある(具体的な要求事項は6.1.3参照)。
- 関連技術規格及び検査記録を適切に保存する。
- その他の特殊説明。

### 6.1.2 説明書の情報

メーカーはレーザーポインタ説明書に次に掲げる安全告知情報を提供しなければならない。

- a) 製品の波長及びクラスを明確に示し、また 6.1.3 に基づき警告ラベル及び説明ラベルを明示する。
- b) 製品の公称眼障害距離及び安全距離を示す。
- c) 製品がクラス 1 以外の場合、14 歳以下の児童の使用を認めないことを明示する。
- d) a) 及び b) は技術的措置を通じて保障する必要がある。
- e) 製品インターロックの説明又は図を示す。
- f) 光放射安全告知情報を提供する。次に掲げる内容を含むがこれらに限らない。
  - 1) クラスごとの安全リスク
  - 2) 警告ラベルの意味

### 6.1.3 警告ラベル及び説明ラベル

レーザーポインタごとに IEC 60825-1:2014 のラベル規定（7.1 及び 7.2、7.4 及び 7.9 参照）に基づき表記しなければならない。使用期間中、ラベルは長持ちし、永久に固定され、文字がわかりやすく、目立たせなければならない。ラベルは人がクラス 1 を超えるレーザー照射を受けずに見える位置に貼付しなければならない。ラベルの枠及び記号は黄地黒字にする。ただし、クラス 1 のレーザーポインタはこの色の組み合わせにする必要はない。

次に掲げる警告ラベル及びクラスのラベルのほか、さらに各クラスの説明ラベルを提供しなければならない。図 5 に示すとおりである。IEC 60825-1：2014 のラベルのサイズ規定（IEC 60825-1：2014 の図 4 参照）に基づきレーザーポインタごとに説明内容を提供し、かつその内容を説明ラベルに記入し、レーザーポインタの適切な位置に貼付する。

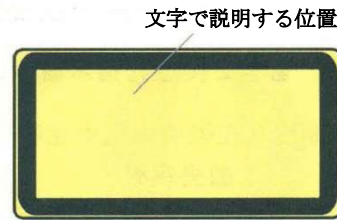


図 5 レーザーポインタの説明ラベル

各種レーザーポインタの警告ラベル及び説明ラベルは危険度順に次の通り示す。

- a) クラス 1 のレーザーポインタはレーザーのラベルを有し、かつ説明ラベルに明示しなければならない。

レーザー放射

ビームを直視したり、人を指したりしてはならない

クラス 1 のレーザーポインタ

図 6 に示す図形ラベル案はレーザーポインタの適切な位置に貼付できる。



図 6 クラス 1 のレーザーポインタのラベル案

- b) クラス 1M のレーザーポインタは警告ラベルを有し、かつ説明ラベルに明示しなければならない。

## レーザー放射

ビームを直視したり、人を指したりしてはならない  
 光学器具を使用して直接ビームを見てはならない  
 クラス 1M のレーザーポインタ

図 7 に示す図形ラベル案はレーザーポインタの適切な位置に貼付できる。



図 7 クラス 1M のレーザーポインタのラベル案

- c) クラス 2M レーザポインタは警告ラベルを有し、かつ説明ラベルに明示しなければならない。

## レーザー放射

ビームを直視したり、人を指したりしてはならない  
 クラス 2 のレーザーポインタ

図 8 に示す図形ラベル案はレーザーポインタの適切な位置に貼付してよい。

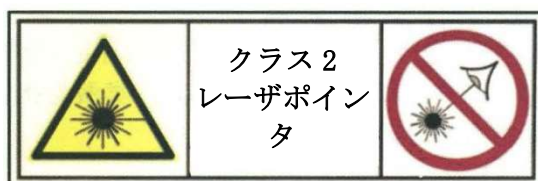


図 8 クラス 2 のレーザーポインタのラベル案

- d) クラス 2M のレーザーポインタは警告ラベルを有し、かつ説明ラベルに明示しなければならない。

## レーザー放射

ビームを直視したり、人を指したりしてはならない  
 光学器具を使用して直接ビームを見てはならない  
 クラス 2M のレーザーポインタ

図 9 に示す図形ラベル案はレーザーポインタの適切な位置に貼付してよい。

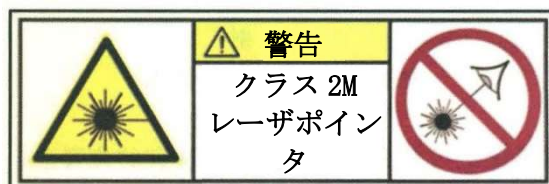


図 9 クラス 2M のレーザーポインタのラベル案

## 6.2 代理業者の要求事項

代理販売の各種代理業者は相応の安全措置を講じ、基本条件を備えなければならない。次に掲げる内容を含むがこれらに限らない。

- 専門の光放射安全研修を受ける。
- 条件を有するメーカーから販売権限付与を得る。
- 正確に検査し、一般消費者向けレーザーポインタに必須の対応するクラスの付帯ラベル及び製品説明書に

適合させることができる。

- d) 14歳以下の児童が使用する製品のクラスを正確に理解している。
- e) 消費者に必要な光放射安全情報及び提言を提供できる。

### 6.3 検査機関の要求事項

検査機関は測定結果の正確さを確保するために国又は関連機関が認可する技術能力又は相応の条件を有しなければならない。

### 6.4 使用者の要求事項

使用者はメーカーが提供する説明書に基づき正確に使用しなければならない。

- a) いかなる状況においてもレーザービームを人に向けてはならない。鏡面反射を通じて他者を照射することを含む。
- b) いかなる状況においても裸眼又は光学器具（例えば、望遠鏡又は拡大鏡）を使用してレーザービームを観察することは望ましくない。
- c) レーザビームを各種光学器具の反射面に向けてみだりに指すことを避ける。
- d) 児童が接触する可能性があるレーザーポインタは大人の監督下で使用する。
- e) 公共の安全エリアでは許可しない。
- f) 公共及び娯楽の場、舞台公演及び映画館において警告及びポインタとしてみだりに人や物を照射することを認めない。

## 附属書 A

(参考)

### レーザーポインタの光放射に関する潜在的危険

#### A 背景説明

##### A.1 概要

レーザーポインタの眼障害の危険は、軽度の網膜障害を引き起こす可能性がある一方、人の視覚認識及び心理・行動に対しても妨害となる。こうした障害は目が瞬間的にレーザーポインタの照射を受けただけですぐに発生し、周辺が暗い条件において特に深刻である。こうした妨害は公共の場の各種作業員の作業能力及び心理に影響を与え、重大事故の発生を招くことさえある。この附属書は主に偶発的な視覚妨害を引き起こす光について関連資料を提供し、参考に供する。

##### A.2 瞬間的視覚反応

可視レーザー放射は照射レベルにおいて最大許容露光量より低いことが明らかであるとき、妨害の影響及び潜在的危険の眩惑反応を引き起こし、また直接的でない生理的障害を引き起こす。特にクラス 2、クラス 2M 及びクラス 3R のレーザー照射である。このため、それを意図的に又は無意識に人の目に向けることは望ましくない。さもなければ、照射された人が驚き、注意力が散漫になり、集中できなくなる状況を招く。これは重要安全任務に従事している（例えば、運転や機械の制御）人に対し重大な結果を引き起こす。表 A.1 に民用空港の保護空域の視覚妨害レベルを示した。

表 A.1 視覚妨害レベル<sup>a</sup>

視覚妨害区域 <sup>b</sup>	視覚妨害レベル		
	有効放射露光 <sup>c</sup> $t_{\max} \leq 0.25 \text{ s}$	放射照度 <sup>c</sup> $t_{\max} > 0.25 \text{ s}$	照度 <sup>d</sup> $t_{\max} < 0.25 \text{ s}$
取扱注意区域	$2.50 \times 10^{-1} \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$1 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$	$680 \text{ lm} \cdot \text{m}^{-2}$
境界区域	$1.25 \times 10^{-2} \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$5 \times 10^{-2} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$	$34 \text{ lm} \cdot \text{m}^{-2}$
非レーザー区域	$1.25 \times 10^{-4} \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$5 \times 10^{-4} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$	$34 \times 10^{-1} \text{ lm} \cdot \text{m}^{-2}$

注: $t_{\max}$ —最大許容露光時間。

- <sup>a</sup> 夕方又は夜間に可視レーザー照射を使用するレベルを表にした。
- <sup>b</sup> 正常区域は MPE の制限を受け、可視光スペクトルにおいて波長とは関係ない。有効放射照度又は放射露光を用いて表示する MPE を当該区域に適用する。
- <sup>c</sup> 目の視覚の敏感さを補正するため、測定した（又は算出した）放射照度レベルを表 A.3 から得た明所視の発光効率関数で乗算する。V ( $\lambda$ ) を使用して補正することはできない。なぜならこれらのレベルは視覚妨害ではなく、障害のいき値に対応するためである。公式により  $18\mu\text{s} \sim 0.25$  露光時間の MPE を得ることができる。視覚妨害レベルが高くとも、放射照度が MPE を超えれば、MPE を優先する。
- <sup>d</sup> 表中の照度値は波長が  $550\text{nm}$  のレーザー製品にのみ適用する。その他の波長の視覚妨害レベルは提供した数値を表 A.3 の V ( $\lambda$ ) で乗算して計算できる。

偶発的な視覚妨害は次の複数の形で現れる。

- a) 眩惑とは強い光が直接照射し、又は強い散乱光が照射して引き起こす中心視野の視覚機能の一部又は全

てを喪失することであり、夜間正面から来る車のライトを見て目がくらむことに似ており、強いビームによって視野から離れて消える。眩惑反応は目に永久の障害を引き起こさないものの、重大な注意力散漫又はパニックを引き起こすことがある。

- b) 閃光盲とは強い閃光が引き起こす一時的な光感度の低下することである。すなわち、低い又は通常の照明にすでに適応した目が短時間光度の高い閃光照射を受けた後、突然非常明るい状態に適応することにより、短い間、照明の弱い環境での視覚を失うことである。こうした視覚機能障害は数分間持続する可能性がある。
- c) 残像とは強い光の刺激が視覚器官に作用するとき、細胞が興奮し、刺激を伴わずに終わって消失し、かつ一定時間続く可能性がある現象である。刺激が止まった後も続くこうした視覚映像を残像という。例えば、白熱灯のフィラメントが引き起こす残像がある。

### A.3 発生の原因

レーザによる視覚妨害シーンの図は図 A.1 に示すとおりである。レーザ光源がないとき、観察者は視野にある目標物体の画像を網膜上で焦点を合わせてはっきりと見ることができる。レーザ光源の照射があるとき、それにより生じた瞬間的視覚反応により光が目の中で焦点を合わせられず、散乱光を生じ、網膜の方向上の散乱光により光幕反射と似た状況を引き起こし、画像が二重に見える。こうした状況の下、こうした反応は網膜上の物の形のコントラストを減少させ、視覚反応が鈍る。すなわち、人の視覚認識及び心理・行動を妨害する。

図 A.1 中の  $\alpha$  は楕円という実体の目標物体の目に対する開口角であり、 $\theta$  はレーザ光源と光軸の間の夾角である。

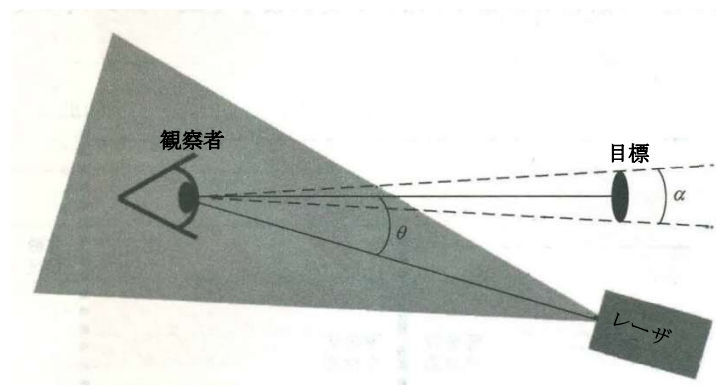


図 A.1 レーザポインタの視覚妨害シーンの図

### A.4 偶発的な視覚妨害の評価

#### A.4.1 最大眩惑照射量

可視光レーザポインタが引き起こす偶発的な視覚妨害、目の機能に対する一時的な障害は、毎年世界で数千の特殊人員に対する悪質なレーザ眩惑事象が発生するのに伴い、偶発的な視覚妨害が徐々に重視されるようになった。既存のレーザ安全基準は偶発的な視覚妨害の普遍的な指針を示しておらず、このため新たな安全枠組みによってレーザ眩惑の影響を理解、数値化する必要がある。このほか、そうした危険な状況に置かれた人員に必要な保護措置を提供し、かつレーザ眩惑装置の安全及び有効性を確保するため、さらにこうした指針が必要である。

最大眩惑照射量 (maxioux dazzle eqposure, MDE) とはある特定の目標物体を識別できる場合の目のレーザー放射照度のいき値である。これは MPE を補完するものであり、MPE はレーザー放射照度の目に対する安全の限界値を決定し、このレベル以下であれば永久的に目の障害を引き起こす危険はない。MDE は連続波レーザー光源に適用するだけでなく、パルスレーザー光源の平均パワーの計算にも用いる。

レーザーの放射照度が MDE より高い状況においてレーザーが引き起こす眩惑区域が観察者の物体の識別を阻止し、MDE より低い状況において観察者は物体をはっきりと見ることができる。表 A.2 に示した MDE 値は夜間 ( $0.1\text{cd/m}^2$ )、夕方 ( $10\text{cd/m}^2$ ) 及び昼間 ( $1,000\text{cd/m}^2$ ) の異なる光背景において眩惑区域の限界値に近い。対応する明所視スペクトル発光効率関数は表 A.3 に示した。

表 A.2 夜間、夕方及び昼間の異なる環境の光背景下における眩惑区域の MDE 値

眩惑等級	MDE 値 $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$			$\div V(\lambda)$
	夜間	夕方	昼間	
とても低い	0.000 01	0.006	0.4	
低い	0.000 4	0.3	20	
普通	0.001 6	1.2	80	
高い	0.006	4.5	300	

MDE 値は有用な近似値を提供し、特定のレーザー放射照度の影響の可能性を迅速に理解できる。このため、それを全体の安全枠組みの考慮及び MPE 値に対する補完に使用する。図 A.2 に MDE と MPE の関係を示す。人、応用シーン及び視覚任務ごとに眩惑反応は異なり、示された数字は一定数の被験者の平均的シーンから得たものである。

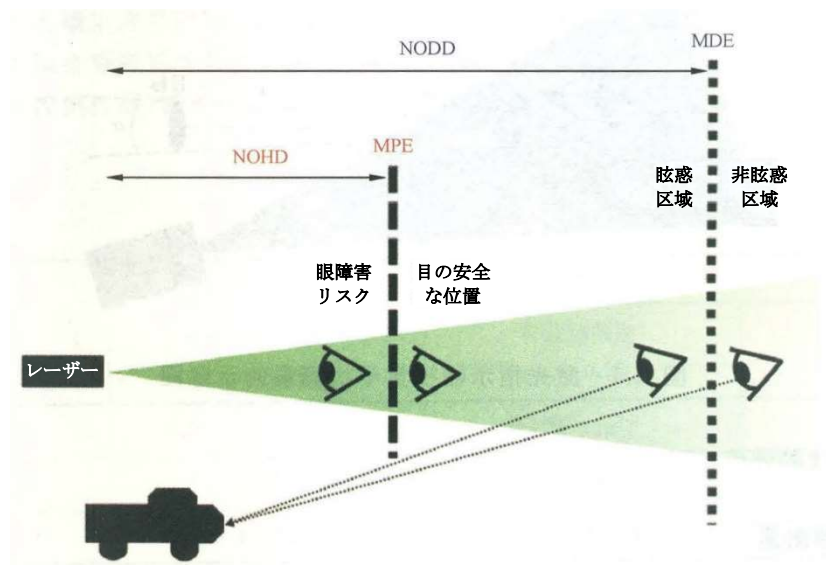


図 A.2 MDE と MPE の関係図

#### A.4.2 公称眩惑距離



決められた照度環境において、ビームの放射照度が目が目標物体を識別する最小距離と等しいところを公称眩惑距離 (ominal ocular dazzle distance, NODD) という。NODD より近い距離上で MDE を超えず、すなわち目が MDE の眩惑区域にあるとき、目は目標物体を直視して識別できない。距離が NODD より遠い位置では放射照度は MDE より低く、目ははっきりと目標物体を識別できる。NODD は公式 (A.1) に基づき計算できる。

$$NODD = \sqrt{\frac{4P}{\pi d^2 MDE}} \dots\dots\dots (A.1)$$

式中の記号はそれぞれ次の内容を表す。

- $P$  — レーザパワー、単位はワット (W)
- $D$  — ビームの発散角、単位はミリラジアン (mrad)
- MDE — 最大眩惑照射量、単位はワット毎平方メートル ( $W \cdot m^{-2}$ )

表 A.2 中の MDE 値を使用して照射限界値とし、眩惑区域を環境光条件下で指定する眩惑等級 (dazzle level, D) 内に制限するために、NODD により最小のレーザ観察範囲を確定する。

MDE 値及び NODD 値の計算は眩惑反応を迅速に評価するために有益な指針を提供した。それらによりユーザの視覚のあいまいさを数値化した後、安全操作範囲を指定することで視覚能力を維持する。また、そうした眩惑の危険が存在する人に適宜レーザ保護装備の選択を提供し、かつ眩惑を引き起こす装置の安全性及び有効性を確保する。

表 A.3 明所視スペクトル発光効率関数  $V(\lambda)$

波長 nm	明所視スペクトル発光効率関数 $V(\lambda)$
400	0.000 396
405	0.000 64
410	0.001 21
415	0.002 18
420	0.004
425	0.007 3
430	0.01 16
435	0.016 84
440	0.023
445	0.029 8
450	0.038
455	0.048
450	0.06
465	0.073 9
470	0.090 98

表 A.3 (続き)

波長 nm	明所視スペクトル発光効率関数 $V(\lambda)$
475	0.112 6
480	0.139 02
485	0.169 3
490	0.208 02
495	0.258 6
500	0.323
505	0.407 3
510	0.503
515	0.608 2
520	0.71
525	0.793 2
530	0.862
535	0.914 85
540	0.954
545	0.980 3
550	0.994 95
555	1
560	0.995
565	0.978 6
570	0.952
575	0.915 4
580	0.87
585	0.816 3
590	0.757
595	0.694 9
600	0.631
605	0.566 8
610	0.503

表 A.3 (続き)

波長 nm	明所視スペクトル発光効率関数 $V(\lambda)$
615	0.441 2
620	0.381
625	0.321
630	0.265
635	0.217
640	0.175
645	0.138 2
650	0.107
655	0.081 6
660	0.061
665	0.044 58
670	0.032
675	0.023 2
680	0.017
685	0.011 92
690	0.008 21
695	0.005 723
700	0.004 102

## 附属書 B

(参考)

### MPE 及び NOHD の計算例

#### B.1 MPE の計算

例 1：赤色光半導体レーザーポインタ、波長 630 nm～670 nm の範囲内、レーザーの出力パワー $\leq 5\text{mW}$  の場合の MPE を計算せよ。

解答：

レーザーポインタは可視光スペクトルの範囲内にあり、かつ意図的な観察ではないため、回避反応（瞬き）の時間に制限した露光時間  $t=0.25\text{ s}$  を採用することが望ましい。MPE 値は表 4 から得ることができる。すなわち、波長範囲 400nm～700nm、露光時間  $t=5\times 10^{-6}\text{ s}\sim 10\text{ s}$  の場合の放射照度を用いて表示する MPE を  $1.8t^{0.75}\times 10^{-3}\text{ J/cm}^2$  とする。すなわち、

$$\begin{aligned} H_{\text{MPE}} &= 1.8 \times 0.25^{0.75} \times 10^{-3} \\ &= 1.8 \times 0.354 \times 10^{-3} \\ &= 0.636 \times 10^{-3} \text{ J/cm}^2 \end{aligned}$$

放射照度を用いて表示する MPE ( $H_{\text{MPE}}$ ) は MPE:H と表示することもできる。したがって得られるのは、

$$\text{MPE : H} = 0.636 \times 10^{-3} \text{ J/cm}^2$$

放射照度によって表示する MPE ( $E_{\text{MPE}}$ ) を得るため、露光時間  $t=0.25\text{ s}$  で除算する。ゆえに、

$$\begin{aligned} \text{MPE : E} &= (0.636 \times 10^{-3} \text{ J/cm}^2) / (0.25\text{ s}) \\ &= 2.55 \times 10^{-3} \text{ W/cm}^2 \\ E_{\text{MPE}} &= 25.5 \text{ W/cm}^2 \end{aligned}$$

例 2：緑色半導体励起固体レーザーポインタ、波長 532nm、レーザーの出力パワー $\leq 5\text{ mW}$  の場合の MPE を計算せよ。

解答：

レーザーポインタは可視光スペクトルの範囲内にあり、かつ意図的な観察ではないため、回避反応（瞬き）の時間に制限した露光時間  $t=0.25\text{ s}$  を採用することが望ましい。MPE 値は表 4 から得ることができる。すなわち、波長範囲 400nm～700nm、照射時間  $t=5\times 10^{-6}\text{ s}\sim 10\text{ s}$  の場合の放射照度を用いて表示する MPE を  $1.8t^{0.75}\times 10^{-3}\text{ J/cm}^2$  とする。すなわち、

$$\begin{aligned} H_{\text{MPE}} &= 1.8 \times 0.25^{0.75} \times 10^{-3} \\ &= 1.8 \times 0.354 \times 10^{-3} \\ &= 0.636 \times 10^{-3} \text{ J/cm}^2 \end{aligned}$$

放射露光が示す MPE ( $H_{\text{MPE}}$ ) は MPE:H と表示できる。したがって得られるのは、

$$\text{MPE : H} = 0.636 \times 10^{-3} \text{ J/cm}^2$$

放射照度を用いて表示する MPE ( $E_{\text{MPE}}$ ) を得るため、露光時間  $t=0.25\text{ s}$  で除算する。ゆえに、

$$\begin{aligned} \text{MPE : E} &= (0.636 \times 10^{-3} \text{ J/cm}^2) / (0.25\text{ s}) \\ &= 2.55 \times 10^{-3} \text{ W/cm}^2 \\ E_{\text{MPE}} &= 25.5 \text{ W/cm}^2 \end{aligned}$$

以上 2 つの例から、赤色光レーザーポインタ及び緑色光レーザーポインタの目に対する MPE 値は一致する。このため、この MPE 値を出して全ての可視光レーザー放射の結論に適用する。

#### B.2 NOHD の計算

例：緑色光レーザーポインタ、波長 532nm、レーザー出力パワー $\leq 5\text{ mW}$ 、ビーム発散角 1mrad、出射レーザービームの直径 1mm のビーム内観察の NOHD、光学機器を用いた場合の NOHD 及び光学機器を用いた場合の鏡面反射 NOHD を計算せよ。

解答：

レーザポインタは可視光スペクトルの範囲内にあり、かつ意図的な観察ではないため、回避反応（瞬き）の時間に制限した露光時間  $t=0.25\text{ s}$  を採用することが望ましい。MPE 値は表 4 から得ることができる。すなわち、波長範囲  $400\text{ nm}\sim 700\text{ nm}$ 、露光時間  $t=5\times 10^{-6}\text{ s}\sim 10\text{ s}$  の場合の放射露光を用いて表示する MPE を  $H_{\text{MPE}}1.8\times t^{0.75}\times 10^{-3}\text{ J/cm}^2$  とする。

a) ビーム内観察 NOHD の計算は公式 (5) に基づき計算する。すなわち、

$$r_{\text{NOHD}} = \frac{1}{\phi} \left[ \left( \frac{4\Phi}{\pi E_{\text{MPE}}} \right) - a^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

式中の記号はそれぞれ次の内容を表す。 $\Phi$  は放射束、すなわち出力パワー  $5\text{ mW}$ 、 $a$  は出射レーザビームの直径  $1\text{ mm}$ 、 $\phi$  はビーム発散角  $1\text{ mrad}$  である。B.1 の MPE の計算から得た、可視光波長  $532\text{ nm}$  のレーザが意図的な観察ではないとき、時間基準を  $0.25\text{ s}$  とした場合の  $\text{MPE}=2.55\times 10^{-3}\text{ W/cm}^2$  を公式 (5) に代入する。単位の変換に注意する。 解答：

$$r_{\text{NOHD}} = \frac{1}{0.001} \left[ \left( \frac{4\times 0.005}{3.14\times 2.55\times 10^{-3}} \right) - 1.0^2 \right]^{\frac{1}{2}} = 1580\text{ cm} = 15.8\text{ m}$$

b) 光学機器を用いた場合のビームの NOHD の計算は公式 (6) に基づき計算する。すなわち、

$$r_{\text{NOHD}} = \frac{f_0}{b_0} \frac{4\Phi}{\pi E_{\text{MPE}}} \frac{1}{2}$$

式中の記号はそれぞれ次の内容を表す。 $\Phi$  は放射束、すなわち出力パワー  $5\text{ mW}$ 、 $b_0$  はビームがレンズ表面に到達する直径  $1\text{ mm}$  である。B.1 の MPE の計算から得た、可視光波長  $532\text{ nm}$  のレーザの意図的な観察ではないとき、時間基準を  $0.25\text{ s}$  とした場合の  $\text{MPE}=2.55\times 10^{-3}\text{ W/cm}^2$ 、レンズの焦点距離を  $f_0=100\text{ mm}$  と仮定して、公式 (6) に代入する。単位の変換に注意する。 解答：

$$r_{\text{NOHD}} = \frac{100}{1} \frac{4\times 0.005}{3.14\times 2.55\times 10^{-3}} \frac{1}{2} = 158\text{ cm} = 1.58\text{ m}$$

c) 光学機器を用いた場合の鏡面反射ビームの NOHD の計算は公式 (7) に基づき計算する。すなわち、

$$r_{\text{NOHD}} = \frac{f_0}{b_0} \frac{4\Phi\rho}{\pi E_{\text{MPE}}} \frac{1}{2}$$

レンズの焦点距離を  $f_0=100\text{ mm}$ 、反射率を  $\rho=60\%$ 、その他の条件を a) と同じとし、公式 (7) に代入する。単位の変換に注意する。 解答：

$$r_{\text{NOHD}} = \frac{100}{1} \frac{4\times 0.005\times 0.6}{3.14\times 2.55\times 10^{-3}} \frac{1}{2} = 122\text{ cm} = 1.22\text{ m}$$

## 参考文献

- [1] ANSI Z136.1 American National Standard for Safe Use of Lasers
  - [2] IEC 60204-1 Safety of machinery —Electrical equipment of machines —Part 1 : General requirements
  - [3] IEC TR 60825-5 Safety of laser products —Part 5: Manufacturer’s checklist for IEC 60825-1
  - [4] IEC TR 60825-8 Safety of laser products —Part 8: Guidelines for the safe use of laser beams on humans
  - [5] IEC 61010-1 Safety requirements for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use—Part 1 : General requirements
  - [6] ISO 11146-1 Lasers and laser-related equipment—Test methods for laser beam widths, divergence angles and beam propagation ratios—Part 1: Stigmatic and simple astigmatic beams
  - [7] ISO 13694 Optics and optical instruments—Lasers and laser-related equipment—Test methods for laser beam power(energy) density distribution
-

## 第 5 章 国内の動向

### 5.1 可視光レーザーの加工機応用とレーザー安全性の動向

第 94 回レーザー加工学会講演会に本委員会の委員であるパラダイムレーザーリサーチの鷲尾氏が参加したので、以下に参加報告を掲載する。

#### 第 94 回レーザー加工学会講演会参加報告

掲題の件、本年 11 月 26 日及び 27 日の 2 日間にわたり、一般社団法人 レーザ加工学会の主催によりオンラインにて開催された第 94 回レーザー加工学会講演会に参加した。ここでは、『第 94 回レーザー加工学会講演会における可視光レーザーの加工機応用とレーザー安全性の動向』に関して入手した情報について、以下に報告する。

#### 記

##### 1. 第 94 回レーザー加工学会講演会の概要

- |           |                  |                              |
|-----------|------------------|------------------------------|
| 1. 1      | セッション構成及び講演件数の内訳 | (総講演件数は 31 件)                |
| 11 月 26 日 | 午前               | 26A0 基調講演 (講演件数 2 件)         |
|           |                  | 26Pn ポスターセッション (講演件数 4 件)    |
| 11 月 26 日 | 午後               | 26A1 先進ビーム制御と光源 (講演件数 4 件)   |
|           |                  | 26B1 表面改質技術の応用 (講演件数 4 件)    |
|           |                  | 26Em Web 展示① (出展社数 16 社)     |
|           |                  | 26A2 レーザ加工現象理解と応用 (講演件数 3 件) |
|           |                  | 26B2 微細加工 (講演件数 3 件)         |
| 11 月 27 日 | 午前               | 27A0 地域セッション (講演件数 3 件)      |
| 11 月 27 日 | 午後               | 27Em Web 展示② (出展社数 16 社)     |
|           |                  | 27A1 ブルーレーザーの産業応用 (講演件数 4 件) |
|           |                  | 27B1 微細穴あけ加工の新展開 (講演件数 4 件)  |

##### 1. 2 参加者数 (概数)

- 11 月 26 日午前の 26A0 基調講演セッションの参加者は約 90 名であった。  
11 月 27 日午前の 27A0 地域セッションの参加者は約 105 名であった。  
11 月 27 日午後の 27A1 ブルーレーザーの産業応用のセッションの参加者数は約 74 名であった。両日合わせての講演会参加者の延べ人数は 200 名程度と推定される。

## 2. 可視光レーザーの加工機応用の動向

### 2. 1 緑色レーザーの加工機応用

11月26日の午後に開催された「26A1 先進ビーム制御と光源」のセッションにおいて、トルンプ(株)の中村強氏から『グリーンレーザー及びビームプロファイル制御 BrightLine Weld による銅の高品質溶接』と題した講演があった。

講演概要 銅は1 $\mu$ m近傍の波長に対して反射率が高く吸収率が低いため、1 $\mu$ m近傍が基本波である固体レーザーによる銅溶接は、溶接品質や加工再現性など多くの課題があった。一方、銅の吸収率は波長が短くなると上昇し、例えば500nm程度の波長に炊いては40%程度になることが知られており、この波長帯域の高出力レーザーの開発が待たれていた。

TRUMPFは、2kWまでの高出力・高ビーム品質グリーンレーザーを市場にリリースし、これまで困難だった銅の熱伝導型溶接や再現性の高い高品質な銅溶接が可能になった。また、銅の深溶け込み溶接に関してはスパッタ低減の観点から、基本波とビームプロファイル制御技術の併用が高品質な溶接に有効であることが明らかになった。

#### (1) グリーンレーザーの発振器仕様 (表1参照)

現在、市販の溶接用パルス発振グリーンレーザーの最大出力は4kW(最大パルスエネルギー40J、平均出力400W)である。また、市販CW発振グリーンレーザーの最大出力は2kWである。

グリーンレーザー用ファイバケーブルは、非線形効果によるファイバ出力の不安定性防止のため、ファイバ長は、最大で20mに制限している。

なお、研究開発レベル(実験室段階)では、CW発振出力5kWのグリーンレーザーが得られている(ビームパラメータ積(BPP)5.5mm $\cdot$ mradであり、コア径100 $\mu$ m、NA0.1のファイバにてビームデリバリが可能である)。

表1 TRUMPF社のグリーンレーザーの発振器仕様

モデル	TruDisk Pulse 421	TruDisk 1020	TruDisk 1021	TruDisk 2021
最大ピーク出力	4 kW	1 kW	1 kW	2 kW
平均出力	400 W	1000 W	1000 W	2000 W
波長	515 nm	515 nm	515 nm	515 nm
パルス幅	0.3~50 ms	CW	CW	CW
ファイバ最小コア径	$\geq 100 \mu\text{m}$	$\geq 50 \mu\text{m}$	$\geq 100 \mu\text{m}$	$\geq 150 \mu\text{m}$
ファイバケーブル長	10, 20m	10, 20m	10, 20m	10, 20m
出力ポート数	最大2	最大2	最大2	最大2
ビームパラメータ積	4mm $\cdot$ mrad	2mm $\cdot$ mrad	4mm $\cdot$ mrad	6mm $\cdot$ mrad



(2) グリーンレーザーの主な用途

最大板厚 1mm 程度までの銅材の熱伝導溶接。

銅材の板厚が 1 mm 以上だとキーホール溶接が必要であり、この場合には、スパッタの発生防止のため、BrightLine Weld と呼ばれているビーム整形技術が必要になる。現在、BrightLine Weld は基本波のレーザー（波長 1030 nm）についてのみが実用化されており、グリーンレーザー用はまだ実用化されていない（グリーンレーザー用 BrightLine Weld の開発は、今後の課題である）。

(3) グリーンレーザーの今後の開発動向

TRUMPF では、グリーンレーザーの高出力化を図り、3kW 機を来年にもリリース予定である。

(4) 備考（取扱注意）

基本波（波長 1030 nm）の CW 発振ディスクレーザーに対するビームデリバリが可能な最大ファイバ長と許容最大入射出力との関係について中村氏に個人的に質問したところ、下記の回答を得た。

ファイバのコア径が 50  $\mu\text{m}$  の場合（サプライあり）

- ・レーザー出力 1 kW 許容ファイバ長 100 m
- ・レーザー出力 2 kW 許容ファイバ長 50m
- ・レーザー出力 3 kW 許容ファイバ長 20 m

ファイバのコア径が 100  $\mu\text{m}$  の場合（サプライあり）

- ・レーザー出力 3 kW 許容ファイバ長 100 m
- ・レーザー出力 4 kW 許容ファイバ長 50m
- ・レーザー出力 5 kW 許容ファイバ長 40 m
- ・レーザー出力 6 kW 許容ファイバ長 20m

ファイバのコア径が 150  $\mu\text{m}$  の場合（サプライあり）

- ・レーザー出力 6 kW 許容ファイバ長 100 m
- ・レーザー出力 8 kW 許容ファイバ長 50m
- ・レーザー出力 10 kW 許容ファイバ長 40 m
- ・レーザー出力 12 kW 許容ファイバ長 20m

ファイバのコア径が 200  $\mu\text{m}$  の場合（標準 サプライなし）

- ・レーザー出力 3 kW 許容ファイバ長 100 m
- ・レーザー出力 5 kW 許容ファイバ長 50m
- ・レーザー出力 7 kW 許容ファイバ長 30 m
- ・レーザー出力 8 kW 許容ファイバ長 20m

## 2. 2 青色レーザーの加工機応用

11月27日の午後に開催された「27A1 ブルーレーザーの産業応用」のセッションにおいて、以下に示す4件の講演があった。

### 2. 2. 1 『新型コロナウイルス禍、青色半導体レーザーが拓く未来—スマートカントリー構想—「人にやさしく 人が集まれる まちづくり」』

講師：塚本雅裕（大阪大学 接合科学研究所）

**講演概要** 新型コロナウイルス禍、人が集まっても細菌やウイルスの感染リスクが低い公衆衛生環境の実現が重要課題となる。銅の抗菌性、ウイルス不活性化作用は、これまでに、その効果が示されている。人が接触する金属製の手すり、取っ手やドアノブなどに銅のコーティングをすることで、細菌・ウイルスによるリスクを低減する公衆衛生環境の実現が期待できる。そこで講演者等は、銅加工には波長450nmの青色レーザーが適していると考え、当レーザーを用いた銅の接合加工システムの開発及び銅の精密レーザーコーティング技術の開発を進めている。2020年には、青色半導体レーザーの出力200W（コア径100 $\mu$ m）を達成し、青色半導体レーザー光源単体としての世界最高輝度を更新した。当レーザー3台をマルチビーム加工光学ヘッドに組み込んだハイブリッド複合加工機の開発を行い、バー状取っ手やドアノブに対し殺菌・ウイルス不活性化作用のある銅の高速・精密レーザーコーティングを実施した。

#### (1) 青色半導体レーザー3台を組み込んだハイブリッド複合加工機（図1参照）

本年7月1日にNEDOプロジェクトで研究開発成果を発表した<sup>1)</sup>。



図1 高輝度青色半導体レーザーマルチビームヘッドを搭載したハイブリッド複合加工機

1)

## (2) バー状取っ手やドアノブに抗菌作用のある銅をコーティング

大阪大学とヤマザキマザック(株)は、600W 級ハイブリッド複合加工機を使って、これまでに培ってきたレーザメタルデポジション (LMD) 技術をもとに、石川県工業試験場や大阪富士工業(株)と連携し、バー状取っ手やドアノブに対し殺菌・抗菌・ウイルス不活性作用のある銅の高速・精密レーザコーティングを実施した (図2 参照)。

本年7月1日に NEDO プロジェクトで研究開発成果を発表した<sup>1)</sup>。



図2 バー状取っ手及びドアノブへの銅のコーティング<sup>1)</sup>

## (3) 開発した青色半導体レーザの現状

2018年にレーザ出力100Wの青色半導体レーザを開発したが、2020年にはレーザ出力を200Wに増大させた。コア径は100 $\mu\text{m}$ なので、ファイバ端でのパワー密度は $2.6 \times 10^6$  W/cm<sup>2</sup>となり、青色半導体レーザ単体光源としての世界最高輝度を更新した。

## (4) 今後の青色半導体レーザを搭載したレーザ加工機開発の動向

NEDO プロジェクトに関するプレスリリース<sup>1)</sup>によれば、ヤマザキマザック(株)は、2020年末には、kW 級青色半導体レーザマルチビーム加工ヘッドを搭載することで、10倍以上のコーティング速度を可能とするハイブリッド複合加工機を開発し、2021年の製品化を目指している。

### 2. 2. 2 『Blue-IR ハイブリッドレーザによる高品質銅加工』

講師：金子昌充 (古河電気工業(株) 先進レーザ開発プロジェクトチーム)

**講演概要** ファイバレーザは、その高いビーム品質により、極小領域に高パワーを集光でき、熱影響が少なく溶込み深さの深い加工が可能である。一方、銅に対する光吸収率が小さいことから、加工中に多量のスパッタや欠陥を発生させてしまう。これに対して、古河電気(株)は、新規開発した高出力青色半導体レーザとファイバレーザを組み合わせ、高い加工品質と溶込みの深い加工を両立する手法を確立し、スパッタ抑制、加工品質向上に成功した。

(1) Blue-IR ハイブリッドレーザ BRACE™ の開発

古河電気工業(株)は、GaN 系の発光デバイスを世界で初めて実用化したことで知られている日亜化学工業(株)の最先端の光半導体素子技術に、古河電気工業(株)が保有する高密度合波技術、ファイバレーザ技術、及び空間的ビーム制御技術などを組み合わせることにより、Blue-IR ハイブリッドレーザ BRACE™ を開発した。BRACE™ の外観<sup>2)</sup>を図3に、また仕様概要<sup>3)</sup>を表2に示す。



図3 Blue-IR ハイブリッドレーザ BRACE™ の外観<sup>2)</sup>

表2 Blue-IR ハイブリッドレーザ BRACE™ の仕様概要<sup>3)</sup>

型式	FBHY150/1000S-5	
	青色レーザ	ファイバレーザ (IR)
定格出力 (W)	150	1,000
ビームモード	マルチモード	シングルモード
波長 (nm)	465	1,070
出力調整範囲	各 10~100	
変調周波数 (kHz)	~5	
冷却方式/発振器・電源・ケーブル	水冷	
冷却水温度 (°C)	25	
光出力ケーブル端コネクタ	QBH	
標準ケーブル長 (m)	5	5
ファイバコア径 (μm)	110	14
ビーム品質 M <sup>2</sup> (典型値)	—	< 1.1
ビーム品質 BPP (典型値) (mm・mrad)	12	—
電源 (V) ; 周波数 (Hz)	三相 AC200~240 ; 50/60 ±5 %	
本体サイズ(mm) ; 本体重量 (kg)	W700×D1000×H800; 約 300	

## (2) Bleu-IR ハイブリッドレーザによる加工事例

まず、板厚 2mm の純銅板材のビードオン加工結果が示された。ファイバレーザ単独ではビードの乱れやスパッタの発生が見られたが、Bleu-IR ハイブリッドレーザを用いた場合には、ビードの乱れやスパッタの発生が抑制され、高品質な加工が得られた。

次に、板厚 0.5 mm の純銅板材の重ね合わせ溶接加工例が示された。この場合も、上記ビードオン加工時の結果と同様に、深溶け込みとブローホールのない高品質加工の両立が得られている。

また、電池集電体の溶接を模擬した、銅箔 50 枚を 2 枚の銅板を挟んだ構造での溶接結果を示された。この場合も、Bleu-IR ハイブリッドレーザの特徴である高品質加工と深溶け込みの両立によって、スパッタやブローホールといった欠陥のない良好な溶接が達成できた。

## (3) 銅部品加工用レーザ加工機の開発の動向

古河電気工業(株)のニュースリリース<sup>2)</sup>によれば、共同開発のパートナーである日亜化学工業(株)とともに、今後も高性能なレーザ発振器を開発・製品化すること、具体的には、x EV の部品における適応用途の拡大を図るため、青色レーザ半導体モジュールのさらなる高出力化を継続することで、厚物・太径サンプル等に適した発振器の開発計画している。

### 2. 2. 3 『高品質な車載用電池を実現する先端レーザ技術』

講師：千國達郎 (UW-JAPAN(株))

**講演概要** 車載用の加工工程には、工程能力として  $C_{pk} > 1.67$  といった厳しい品質と安定性が要求されている。特にリチウム電池 (LIB) においては、スパッタの混入が発火事故の原因となりうることが知られている。UWLaser 社では、原理的にスパッタレスで、溶接欠陥も無くせる独自のハイブリッド技術により、厳しい要求品質をクリアしてきた。この技術に加え、新しく商品化した内製 1 kW ブルーレーザの活用により、車載品質を満足する銅のスパッタレス・ブローホールフリーも実現した。

#### (1) UWLaser 社の紹介

UWLaser 社は中国の会社(本社は、深圳)であり、レーザ溶接機の製造販売を専門とする企業としては、中国で最大手のトップ企業である。設立は 2005 年である。

中国での企業名：深圳市联赢激光股份有限公司 (略称：联赢激光)

英文での企業名：United Winners Laser Co. Ltd. (略称：UWLaser)

联赢激光社は、上海で上場しており、従業員数は約 1,500 名である。

UW-JAPAN(株)は、2012 年 8 月に設立された。資本金 6,000 万円のうち、97%を UWLaser 社が保有し、残りの 3%を千國達郎氏が保有している。

## (2) 青色半導体レーザーの応用

### ① 青色半導体レーザー単体での応用

UWLaser社は、内製により、レーザー出力1kWの青色レーザーを開発した。

リチウムイオン電池（LIB）用集電体は、現状多くのメーカーで超音波や抵抗溶接がなされているが、これらは加圧部確保のために多くの空間が必要であり、電池小型化の大きな壁になっている。青色レーザーは、箔集電体の端面を溶接して電極形成ができるので、圧着用の空間や電極が不要になり、電池容量アップと部品点数削減が可能になる。青色レーザーをハイブリッドトーチ内でワブリング（Wobbling）したものとワブリングしないものとを重畳することで、面粗さが小さく、ニッケルめっき層も均一に拡散された高品質なビードを得ることができた。ブローホールも無く、スパッタもほとんど観察されず、溶接品質が格段に向上した。

### ② 青色半導体レーザーとシングルモードファイバレーザーとのハイブリッド加工

1kW青色レーザーによる予熱及び徐冷と3kWシングルモードファイバレーザーによる細径深孔キーホール溶接とを利用したハイブリッドレーザー3+1BlueHybridを開発した。これにより、大型銅板のシールも実現している。

また、3+1BlueHybridレーザーにより、3mm銅角端子に対しても、0.1秒以下で完全ボイドフリーの高速溶接を実現した。3+1BlueHybridレーザーによれば、銅が溶融した液体銅の温度制御が容易であり、湯温が沸点に近づかないように湯温を低く制御できるので、微小なボイドを無くすことができた。

近赤外域のファイバレーザー単独では5~6kWが必要な加工に対して、3+1BlueHybridレーザーでは3~4kWでよく、約2kW低減できた。

図4に、3+1BlueHybridレーザー（モデルUW-B4310M）の外観写真を、また図5にハイブリッド溶接用光学ヘッドの写真を示す<sup>4)</sup>。



図4 3+1BlueHybrid レーザの外観<sup>4)</sup>



図5 ハイブリッド溶接用光学ヘッド<sup>4)</sup>

(3) 今後の市場動向

電動車（EV）は、現在まだ高級車指向である。しかし、今後 EV も普通車同様に手軽に入手できるようになれば、LIB リサイクル蓄電事業も桁違いの市場が生まれると予測されている。

青色レーザの車載への応用は始まったばかりであり、UWLaser 社は、広東省から「kW 級藍激光応用開発中心（センター）」を任せられ、牽引の責任を負うことになった。

2. 2. 4 『キロワット級ブルー半導体レーザ及びダイレクト LD 発振器の開発動向とその応用 (Trend of Kilowatt class Blue laser and Direct LD development and application)』

講師：Markus Rütering (Laserline GmbH)

講演概要 青色波長レーザの開発の動機は、特定の材料に対するその発振波長のもつ吸収特性である。特に青色波長は、銅や金の加工に対して大きな利点がある。赤外発振レーザ光によるこれらの材料の加工は可能であるが、非常に高いレーザ出力が必要であり、また銅が溶融すると、銅の吸収及び熱伝導率が変化するため、加工が不安定になりやすく、週 7 日 24 時間対応が要求される生産ラインへの適用が難しい。銅などの高反射材料に対する青色レーザによる材料加工は、e-モビリティの分野でますます注目されている。青色半導体レーザによる溶接は、低スパッタでかつ高品質である。

(1) Laserline 社の青色半導体レーザモジュール (LDMblue シリーズ)

Laserline 社の青色半導体レーザモジュール (LDMblue シリーズ) の光学部の仕様を表 3 に示す<sup>5)</sup>。

表 3 Laserline 社の青色半導体レーザモジュール (LDMblue シリーズ) の光学部の仕様

最大出力	300 W	500 W	1,000 W	1,500 W	2,000 W
ビーム品質(mm/mrad)	20	60	40	60	60
ファイバコア径( $\mu$ m)	400	600	400	600	600
NA	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2
最小スポット径 ( $f = 100\text{mm}$ )	200	600	400	600	600
ファイバコネクタ	LLK/Auto				
ファイバ長	最長 20 m				
出力安定性	2 時間にわたり $\pm 2\%$ 以内				
波長領域	445 nm $\pm$ 20 nm				

## (2) 青色半導体レーザーによる銅の溶接の適用領域

銅は、熱伝導度が極めて大きいので、銅材の板厚によって溶接方法が異なる。

- ・板厚 0.4 mm 程度まで：熱伝導溶接
- ・厚さ 1.2 mm 程度まで：キーホール溶接
- ・厚さ 4 mm 程度まで：青色半導体レーザーと近赤外半導体レーザーとを組み合わせたハイブリッド溶接

なお、銅は合金の種類によって熱伝導率等が大きく異なるので、材料の特性に要注意。

## (3) 高出力青色半導体レーザーによる銅材の溶接事例

・レーザー出力 1500W の青色半導体レーザーによる角型ピン 2 本の先端部の溶接事例が紹介された。端部の形状がいびつであったり、段差がかなりあったりしても、端子部が溶融すると、丸みを帯びたきれいな形状に溶接できることがわかった。

・エナメルのような被覆が施された銅材に対しては、平均出力 45W 程度のマーキング用レーザー等で表面をクリーニングしてからレーザー溶接すると高品位な溶接ができる。

・キロワット級青色半導体レーザーと 4kW 赤外半導体レーザーを用いた、板厚 1 mm と 2 mm との重ね合わせにおけるハイブリッド溶接などが紹介された。溶接速度は 6.5 m/分程度が得られている。

## (4) 青色半導体レーザーの新たな展開の可能性

・青色レーザーは、水中の透過率が良いので、橋脚等、水中の構造物の加工用レーザー加工用光源として適しているのではないか、という新たな展開の可能性が示唆された。

以上

## 参考文献

- 1) NEDO プレスリリース：「従来比 6 倍速で銅コーティング可能な青色半導体レーザー複合加工機を開発」, 2020.7.1 [https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5\\_101324.html](https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_101324.html).
- 2) 古河電気工業(株)ニュースリリース：Blue-IR ハイブリッドレーザー「BRACE™」販売開始 [https://www.furukawa.co.jp/release/2020/kenkai\\_20201116.html](https://www.furukawa.co.jp/release/2020/kenkai_20201116.html)
- 3) 古河電気工業(株)のデータシート：Blue-IR ハイブリッドレーザー BRACE™
- 4) UWLaser 社のホームページ：Hybrid Blue Laser Welding Machine, <http://en.uwlaser.com/laser-welding-machine/hybrid-blue-lasers/hybrid-blue-laser-uw-b4310m>.
- 5) Laserline 社のブローシュア：[Laserline\\_LDmblue\\_Blue\\_High\\_Power\\_Diode\\_Lasers.pdf](https://www.laserline.com/fileadmin/Dokumente/Broschueren_EN/Laserline_LDmblue_Blue_High_Power_Diode_Lasers.pdf)  
[https://www.laserline.com/fileadmin/Dokumente/Broschueren\\_EN/Laserline\\_LDmblue\\_Blue\\_High\\_Power\\_Diode\\_Lasers.pdf](https://www.laserline.com/fileadmin/Dokumente/Broschueren_EN/Laserline_LDmblue_Blue_High_Power_Diode_Lasers.pdf)



## おわりに

本報告書は「レーザーポインタの安全・安心推進に関する標準化調査研究委員会」の2020年度の活動をまとめたものです。

欧米および中国から本活動に関連するエキスパートの招聘、国際会議の動向調査で、国外の最新情報を入手しました。国内からも関連業界から貴重な情報を得て、まとめました。

レーザー機器が一般消費者にとって既に身近な存在となっている現状に鑑み、故意に不適切な使い方をする利用者や危険性を適切に理解していない利用者に対し、レーザー安全性の啓発を継続的に推進していくことが重要です。

本報告書が、レーザー機器を使用する製造業者、研究者、医療従事者等のみならず、レーザー機器に接する機会のある全ての利用者に有効に利用されることを願ってやみません。

2021年3月

レーザーポインタの安全・安心推進に関する標準化調査研究委員会  
委員長 橋新 裕一

2020年度 第1回 レーザポインタの安全・安心推進に関する  
標準化調査研究委員会

議事録

1. 開催日時 : 2020年11月24日(火) 9:00~11:00
2. 開催場所 : WEB会議(Webex)
3. 出席者

No		氏名	所属(部署名)	第1回	第2回
1	委員	橋新 裕一	近畿大学 理工学部 電気電子工学科(レーザー応用工学)	○	
2	委員	中西 孝子	昭和大学 キャリア支援室	○	
3	委員	濱 敦智	日亜化学工業株式会社 第二部門 LD 事業本部	×	
4	委員	増田 岳夫	一般財団法人光産業技術振興協会 開発部	○	
5	委員	松元 尚己	一般財団法人 日本品質保証機構 安全電磁センター 試験部	○	
6	委員	鷺尾 邦彦	パラダイムレーザーリサーチ コンサルタント	○	
7	事務局	村田健治	一般財団法人光産業技術振興協会 開発部標準化室	○	
8	事務局	澤野 弘	一般財団法人光産業技術振興協会 開発部	○	
9	事務局	靄島 章子	一般財団法人光産業技術振興協会 開発部標準化室	○	

4. 議事次第 :
  - 1) 委員自己紹介及び委員長選出
  - 2) 本年度調査研究事業の確認
  - 3) シンポジウムの検討
  - 4) 国際会議派遣の検討
  - 5) 国際規格・海外規格翻訳の検討
  - 6) 文献購入
  - 7) その他

配布資料：

- No. 1-1 レーザポインタの安全・安心推進に関する調査研究補助事業 2019 報告及び 2020 計画
- No. 1-2 2020 年度光産業技術標準化国際シンポジウムプログラム案
- No. 1-3 国際会議開催状況
  - ・ IEC/TC76 2020 年会合 (Web 会議) 議事紹介
  - ・ ILSC2021 動向
- No. 1-4-1 中国レーザポインタ安全規格動向
- No. 1-4-2 欧州消費者向けレーザ装置安全規格動向
- No. 1-5 ANSI Z136 規格群 (Safe use of lasers) 動向

## 5. 議事概要

- ・ 自己紹介に続き、近畿大学の橋新教授を委員長に選任した。
- ・ 引き続いて、事務局から 2020 年度の調査研究事業の内容についての説明が行われた。
- ・ シンポジウムに関しては、今回は外国の招待講演が 2 件、国内における専門家からの講演が 2 件予定されており、コロナ禍のため、スライドに音声を吹き込み事前に用意したものを、一定期間、サーバからオンデマンドで提供する方式をとることにした。当初予定では 12 月中の開催としていたが、原稿が集まっていないことから、時期は再度調整することにした。
- ・ 国際会議 (主に IEC/TC 76) の状況について事務局から説明があり、バーチャル開催となっていることが確認された。
- ・ 国際規格・海外規格翻訳に関しては、中国のレーザポインタに関する安全規格の策定が進んでおり、まもなく交付される見込みとなっていることから、シンポジウムの講演テーマにするとともに、規格を入手して翻訳することとした。
- ・ 文献購入に関しては、欧州消費者向けレーザ装置安全規格 (CENELEC prEN 50689) および ANSI Z136 規格群について、入手を検討することとした。
- ・ 11:00 全ての議事を終了し、散会した。

2020年度 第2回 レーザポインタの安全・安心推進に関する  
標準化調査研究委員会

議事録

1. 開催日時 : 2021年3月10日(水) 14:00~15:00
2. 開催場所 : WEB会議(Webex)
3. 出席者

No		氏名	所属(部署名)	第1回	第2回
1	委員	橋新 裕一	近畿大学 理工学部 電気電子工学科(レーザー応用工学)	○	○
2	委員	中西 孝子	昭和大学 キャリア支援室	○	○
3	委員	濱 敦智	日亜化学工業株式会社 第二部門 LD 事業本部	×	○
4	委員	増田 岳夫	一般財団法人光産業技術振興協会 開発部	○	○
5	委員	松元 尚己	一般財団法人 日本品質保証機構 安全電磁センター 試験部	○	×
6	委員	鷺尾 邦彦	パラダイムレーザーリサーチ コンサルタント	○	○
7	事務局	村田健治	一般財団法人光産業技術振興協会 開発部標準化室	○	-
8	事務局	澤野 弘	一般財団法人光産業技術振興協会 開発部	○	○
9	事務局	齋島 章子	一般財団法人光産業技術振興協会 開発部標準化室	○	○

4. 議事次第 :
  - 1) 委員自己紹介及び委員長選出
  - 2) 前回議事録の確認
  - 3) シンポジウムの開催結果
  - 4) 報告書の内容について
  - 5) 中国規格について
  - 6) その他

配布資料：

- 資料-1 2020年度第1回調査研究委員会・議事録（案）
- 資料-2 2020年度光産業技術標準化国際シンポジウム開催案内
- 資料-3-1 シンポジウム参加者一覧
- 資料-3-2 アンケート結果
- 資料-4 報告書の目次（案）
- 資料-5 レーザ加工学会講演会参加報告（鷺尾委員）
- 資料-6 中国レーザーポインタ安全規格（翻訳版）

## 5. 議事概要

- ・自己紹介に続き、近畿大学の橋新教授を委員長に選任した。
- ・引き続き、事務局から前回議事録の説明が行われた。記載内容に修正等がある場合は、事務局まで連絡するよう要請があった。
- ・2020年度の調査研究事業の内容についての説明が行われた。シンポジウムに関しては、1) コロナ禍のためスライドに音声吹き込み事前に用意したものを、サーバからオンデマンドで提供する方式をとることにしたこと、2) 国内2件、米国1件、中国1件の合計4件の講演について、2021年2月15日～26日に実施されたことが報告された。また、シンポジウムの案内は、これまで光協会の活動に参加していただいた方を中心にメールで通知し、70人強の聴講希望があったこと。アンケートの協力も依頼しており5件の回答があり、いずれも好意的なものであったことが紹介された。
- ・続いて、報告書の目次（案）について事務局より説明があり、事務局案で了承された。また、報告書にも記載する予定となっている「レーザー加工学会講演会参加報告」について鷺尾委員から説明をしていただいた。
- ・中国規格について、レーザーポインタに関する安全規格を入手し翻訳したものを暫定版であるが配布し、簡単に説明した。
- ・その他の項目において、事務局より、JSAに対し来年度の提案公募事業に応募している旨の紹介があった。
- ・15:00 全ての議事を終了し、散会した。

レーザー安全関係 IEC/ISO/JIS一覧表

2020.9.15 光協会事務局

IEC

IEC 60825	版/発行年	名称	
		Safety of laser products	
60825-1	ED3 2014	Equipment classification and requirements	TC 76/WG 1 (+8)
	ISH1 2017		TC 76/WG 1 (+8)
	ISH2 2017		TC 76/WG 1 (+8)
60825-2	ED3 2004	Safety of optical fibre communication systems (OFCS)	TC 76/WG 5
	AMD1 2006		TC 76/WG 5
	ED3.1 2007		TC 76/WG 5
	ISH1 2008		TC 76/WG 5
	AMD2 2010		TC 76/WG 5
	ED3.2 2010		TC 76/WG 5
	ISH2 2018		TC 76/WG 5
	ED4 FDIS		TC 76/WG 5
60825-3	TR ED2 2008	Guidance for laser displays and shows	
	TR ED3 DTR		TC 76/WG 8
60825-4	ED2 2006	Laser guards	TC 76/WG 7
	AMD1 2008		TC 76/WG 7
	ED2.1 2009		TC 76/WG 7
	AMD2 2011		TC 76/WG 7
	ED2.2 2011		TC 76/WG 7
	ED3 CDV		TC 76/WG 7
60825-5	TR ED3 2019	Manufacturer's checklist for IEC 60825-1	TC 76/WG 8
60825-6	TS ED1 w/2004	Safety of products with optical sources, exclusively used for visible information transmission to the human eye	
60825-7	TS ED1 w/2004	Safety of products emitting infrared optical radiation, exclusively used for wireless 'free air' data transmission and surveillance	
60825-8	TR ED2 2006	Guidelines for the safe use of laser beams on humans	
	TR ED3 DTR		TC 76/WG 4
60825-9	TR ED1 w/2014	Compilation of maximum permissible exposure to incoherent optical radiation	
60825-10	TR ED1 w/2010	Application guidelines and explanatory notes to IEC 60825-1	
60825-11	NP d/1999	Safety of lasers and laser equipment used in an industrial materials processing environment	
60825-12	ED2 2019	Safety of free space optical communication systems used for transmission of information	TC 76/WG 5
	ED3 2CD		TC 76/WG 5
60825-13	TR ED2 2011	Measurements for classification of laser products	TC 76/WG 3
	TR ED3 RR		TC 76/WG 3
60825-14	TR ED1 2004	A user's guide	TC 76/WG 8
	TR ED2 DTR		TC 76/WG 8
60825-16	TR ED1 d/2014	Guidelines for the safe use of intense light source equipment on humans and animals	
60825-17	TR ED2 2015	Safety aspects for use of passive optical components and optical cables in high power optical fibre communication systems	TC 76/WG 5
60825-18	ED1 CD	Guided beam delivery systems	TC 76/WG 7
60825-19	TS ED1 CD	Moving platform laser products	TC 76/WG 1 (+8)
60825-20	TS ED1 NP	Safety requirements for products intentionally exposing face or eyes to laser radiation.	TC 76/WG 1 (+8)



JIS

対応国際規格	JIS	版/発行年	名称	
	C 6801	廃版/2010	レーザー安全用語	
IEC 60825-1	ED3 2014	2014	レーザー製品の安全基準	OITDA
	ISH1, ISH2 2017	2018	レーザー製品の安全基準(追補1)	OITDA
IEC 60825-2	ED3.2 2010	2013	レーザー製品の安全-光ファイバ通信システムの安全	OITDA
	ISH2 2018	2017	レーザー製品の安全-光ファイバ通信システムの安全(追補1)	OITDA
	ED4 202x	2020B素案作成中	レーザー製品の安全-光ファイバ通信システムの安全	OITDA

IEC 60825-12	ED1	2005	C 6804	2006	レーザ製品の安全-情報伝送のための光無線通信システムの安全	OITDA OITDA
	ED2	2019	→	2020D素案作成中	レーザ製品の安全-情報伝送のための光無線通信システムの安全	

ISO		JIS		版/発行年	名称	
	ISO 6161	ED1	1981		Personal eye-protectors -- Filters and eye-protectors against laser radiation	ISO/TC 94/SC 6
	ISO 22463	TR ED1	2019		Patient and client eye protectors for use during laser or intense light source (ILS) procedures -- Guidance	ISO/TC 94/SC 6
	ISO/IEC 19818-1	ED1	CDV		Eye and face protection -- Protection against laser radiation -- Part 1: Requirements and test methods	TC 76/JWG 12

対応国際規格		JIS	版/発行年	名称		
ISO 6161	Ed.1	1981	T 8143	1994	レーザ保護フィルタ及びレーザ保護めがね	(社)日本保安用品協会

IEC		JIS		版/発行年	名称	
	IEC 62471				Photobiological Safety of Lamps and Lamp Systems	
CIE S 009	62471	ED1	2006		Photobiological Safety of Lamps and Lamp Systems	TC 76/WG 9
CIE S 009	62471-1	ED1	WD		General requirements and risk group determination	TC 76/WG 9(JTC 5)
	62471-2	TR ED1	2009		Guidance on manufacturing requirements relating to non-laser optical radiation safety	TC 76/WG 9
	62471-4	TR ED1	DTR		Measuring Methods	TC 76/WG 9
	62471-5	ED1	2015		Image Projector	TC 76/WG 9
	62471-6	ED1	CD		Photobiological Safety of Ultraviolet Lamp Products	TC 76/WG 9
	62778	TR ED2	2014		Application of IEC 62471 for the assessment of blue light hazard to light sources and luminaires	TC 34
			COR1	2014		TC 34

対応国際規格		JIS	版/発行年	名称		
CIE S 009	Ed.1	2002	TS C 0038	廃版/2011	ランプ及びランプシステムの光生物学的安全性	JELMA/JLA
IEC 62471	Ed.1	2006	C 7550	2011	ランプ及びランプシステムの光生物学的安全性	JELMA/JLA
				追補1	2014	JLMA

IEC		版/発行年	名称		
	IEC 60601		Medical electrical equipment		
	60601-2-22	ED4	2019	Particular requirements for the basic safety and essential performance of surgical, cosmetic, therapeutic and diagnostic equipment	TC 76/WG 4
	60601-2-57	ED1	2011	Particular requirements for the basic safety and essential performance of non-laser light source equipment intended for therapeutic, diagnostic, monitoring and cosmetic/aesthetic use	TC 76/WG 4
	60601-2-83	ED1	2019	Particular requirements for the basic safety and essential performance of home light therapy equipment	TC 62/SC 62D/WG 10
	62471-3	TR ED1	2015	Safety of intense pulsed light source equipment - Guidelines for the safe use of intense pulsed light source equipment on human skin	TC 76/WG 4
	60335-2-113	ED1	2016	Household and similar electrical appliances - Safety - Part 2-113: Particular requirements for cosmetic and beauty care appliances incorporating lasers and intense light sources	TC 61/WG 30

ISO		版/発行年	名称		
	ISO/IEC 11553		Safety of Machinery - Laser processing machines		
	11553-1	ED2	2020	General safety requirements	TC 76/JWG 10
	11553-2	ED1	2007	Safety requirements for hand-held laser processing devices	TC 76/JWG 10
		ED2	WD		TC 76/JWG 10
	11553-3	ED1	2013	Safety requirements for noise reduction and noise measurement methods for laser processing machines and hand held laser processing devices and associated auxiliary equipment (Accuracy grades 2)	TC 76/JWG 10

JIS		IEC		版/発行年	名称	
	IEC 61040	ED1	w/2011		Power and energy measuring detectors, instruments and equipment for laser radiation	TC 76

対応国際規格		JIS	版/発行年	名称			
IEC 61040	Ed.1	1990	C 6181	→	1995版を2021A廃止提案	レーザ放射パワー及びエネルギー測定用検出器, 測定器及び測定装置	OITDA光測定器標準化部会
IEC 61040	Ed.1	1990	C 6182		1991	レーザビーム用光パワーメータ試験方法	OITDA光測定器標準化部会

レーザーポインタ

## 1. 満員のバスでその時何が・・・バス運転手にレーザー照射 数十秒間にわたり執拗に

フジテレビ 2019年2月3日

- ・ 東京・目黒の目黒通りでバス運転手にレーザーポインタを照射した男を逮捕
- ・ 男は数十秒間にわたり緑色のレーザーを執拗に照射。車内は当時満員だった…
- ・ 男の携帯にはインターネットでレーザーポインタを購入した履歴が

男が照射した時、バス車内は通勤・通学客でほぼ満員状態

去年7月、東京・目黒区の中目黒通りで、無職の38歳の男が東急バスの運転手にレーザーポインタを照射した。バスの車内は通勤・通学客で、ほぼ満員状態だった。

運転手は被害に遭った後、終点の目黒駅までバスを運転したものの、その後、東急バス本社に連絡し、別の運転手と交代することになった。

警視庁はバスに設置されていたドライブレコーダーの解析や、付近の防犯カメラ映像、そして目撃者の証言などから、事件から半年がたった1月29日に無職の浅川善紀容疑者(38)を**威力業務妨害と暴行**の疑いで逮捕した。

男は執拗にレーザーポインタを照射 ドライブレコーダーに映る男の姿は…

警視庁が東急バスのドライブレコーダーを解析したところ、そこには**バスの運転手の顔めがけて数十秒間にわたり執拗にレーザーポインタを照射**する浅川容疑者の姿が映っていた。

視界をさえぎられた運転手が、もしもハンドル操作を誤っていたら・・・。

一歩間違えれば大事故に繋がりがかねない、危険な犯行だ。

レーザーポインタ

## 2. 講師が居眠り学生にレーザー照射 大阪府大が謝罪

朝日新聞デジタル 2019年6月13日

大阪府立大は12日、堺市中区の中百舌鳥（なかもず）キャンパスで11日にあった大学院生向けの講義で、外部講師の70代男性が**壇上から学生にレーザーポインタの光をあてた**として、学生へのお詫びの文書を大学のホームページに掲載した。

学生にけがはなかったという。

府立大によると、「イノベーション創出型研究者養成」の講義中、居眠りしていた学生らを講師が注意し、持っていたレーザーポインタの光を当てたという。別の学生からの抗議で大学側が把握。

講師は「授業をちゃんと受けてほしいという思いだったが、いけないことだった」と話しているという。

大学は「受講生に不愉快な思いをさせたことをお詫びする。講師には厳正に対応し、再発防止策を検討する」という文章をホームページに掲載した。



レーザ発生装置

### 3. 名古屋大学理学部物理学科の実験中の事故

2004年10月21日

対象学生は4名のグループでレーザ光学実験担当教員の指導のもとにレーザに関する実験をおこなった。Nd-YAGレーザの実験では、高出力レーザであるため教員自身が実施し、学生はそれを見学した。

教員は装置の電源スイッチをONにし、連続的にパルスレーザを発振させた。その後、装置内側の構造を説明するために**レーザを発振させた状態でカバーの一部を取った**。この状態でYA G結晶をポンピングするためのフラッシュランプが光る様子を確認することができる。

教員は学生にフラッシュランプが見える位置に移動し、装置内の構造を見ることを指示した。学生らは、フラッシュランプの位置を確認。その後、レーザの出力をOFFにするために装置の電源スイッチをOFFにした。安全であることを確認後、装置のカバーを完全にはずし、装置内の仕組みについて詳細な説明を行った。

説明の終了後、装置のカバーを戻し、YA Gレーザ実験が終了したことを学生に伝えた。この日の時点では、学生からは眼の異常に関する申し出はなかった。なお実験室は蛍光灯により十分な明るさになっていた。

10月22日（金）13:00頃、担当教員が実験室に入ると（学生実験は2日連続して行われる）、学生から**昨日のYA Gレーザの実験以降眼に異常があるという申し出**があった。学生、担当教員、3年学生実験総括教授、他の実験の担当教員、3年実験担当先任技術専門員、TAの立ち会いにより、YA Gレーザの実験状況が再現された。

その結果、担当教員が装置のカバーの一部をはずし、フラッシュランプの位置を確認するように指示した際、**装置内側の構造物から一部反射してきたレーザが眼に入った可能性が高い**という結論に達した。

25日にYA Gレーザの点検を行い、レーザ光の一部がもれていることが分かった。なお実験に際し**保護眼鏡は使用していなかった**。

被害状況傷病名は「**左眼球増殖性硝子体網膜症（黄斑円孔）**」。症状は眼底の黄斑部にレーザ光が当たり**0.75mm程度の孔があき、視力が1.5（本人申告）から0.1まで低下**した。手術後視力はある程度まで（現在は0.5～0.7程度）回復しているが、矯正視力回復がどの程度であるかは未定。

レーザ加工機

### 4. レーザ光による指先の火傷

焦点確認中にレーザを照射したが、停止したつもりで、ノズルチェックのため手をかざした所、レーザ光が指先に当り火傷した。

全治1週間のけが。

<事故の原因>

- ・焦点確認で、レーザを照射していたが、**停止を忘れていた**。
- ・レーザを停止していると思い込み、**ノズルチェックのため手を差し出した**。

（出典 一般社団法人日本鍛圧機械工業会）

## 5. レーザ光反射の事故

レーザー加工機で純銅の材料を切断中、**レーザー光が材料に貫通せず反射**。  
加工機の光学系を焼損し、安全壁に囲われていない**天井部分の一部が焦げた**。  
火災には至っていない。  
安全壁の外にいたレーザー加工機の作業員、及び周囲の作業員には被害は及ばなかった。  
<事故の原因>  
レーザー加工機の作業員が、**反射率の高い銅の加工の知識を持っていなかった**。  
反射した際に**レーザー加工機を即停止できる状態で作業していなかった**。

(出典 一般社団法人日本鍛圧機械工業会)

## 6. レーザ光に起因した労務災害件数

厚生労働省は「業務上疾病発生状況等調査」という統計データを公表している。これは健康診断を実施した事業所において所見のあった者を、従事している作業別に分類したもの。このうちレーザー機器の部分抜き出したものを下表に示す。これにより、レーザー機器に起因した労働災害について考察すると、

1. レーザ機器に起因した労働災害者数は、2018年で753人に上る。
2. レーザ機器の従事者が労働災害の所見を受ける比率は、2004年(1.04%)から2018年(3.3%)まで増加傾向。

特殊健康診断実施状況（対象作業別）

対象作業	健診実施事業場数	受診労働者数 (人)	有所見者数 (人)	有所見率 (%)
2018年 レーザー機器	1,132	22,817	753	3.30
2016年 レーザー機器	1,035	21,551	632	2.93
2013年 レーザー機器	882	21,550	501	2.32
2008年 レーザー機器	832	20,780	318	1.53
2004年 レーザー機器	602	13,692	142	1.04

(出典：厚生労働省 業務上疾病発生状況等調査)

(注)「受診労働者数」及び「有所見者数」は、労働基準監督署に提出された健康診断結果報告書を累積して集計している。