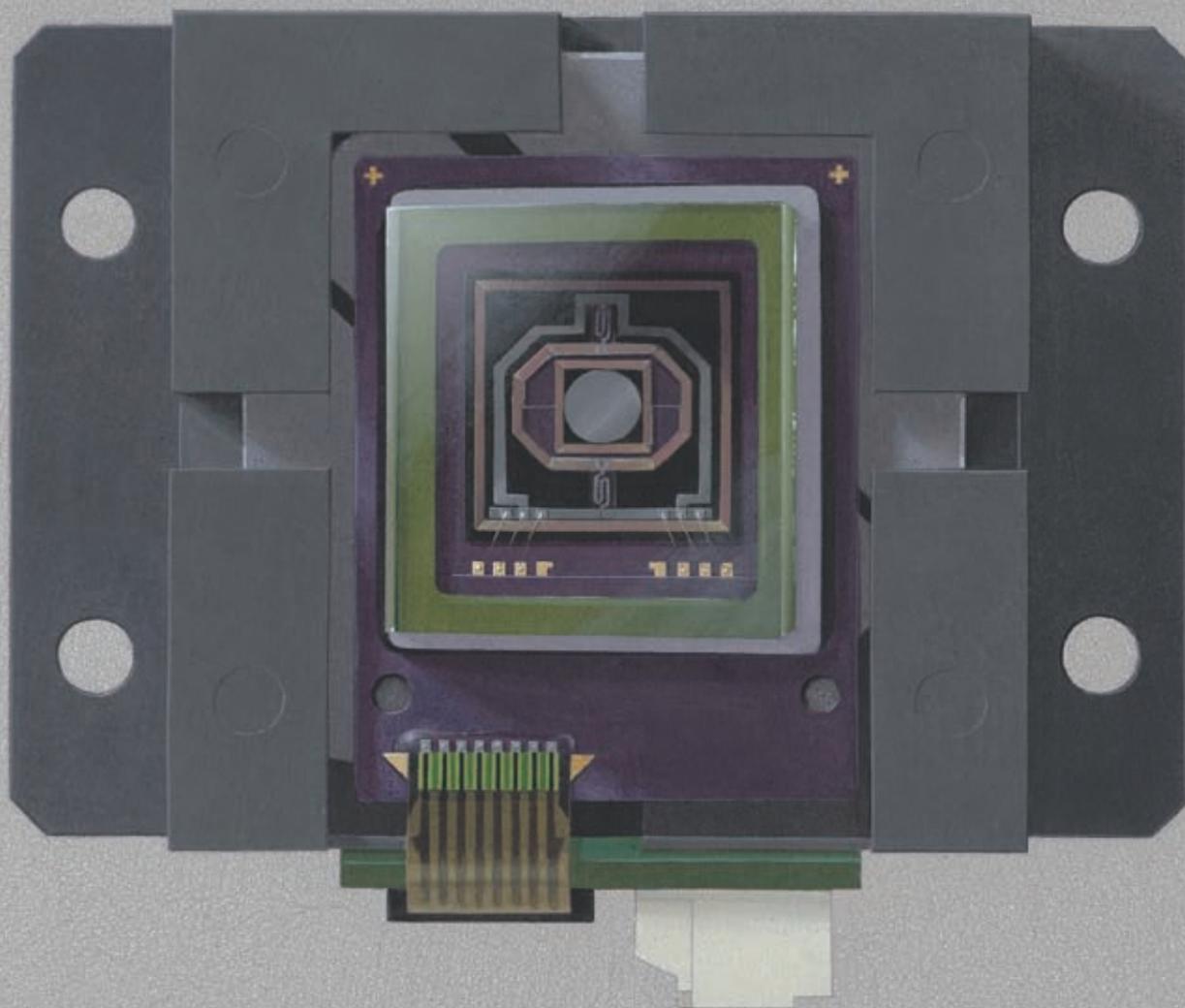


# hama hot

Vol. **17**  
2021



In Focus

分析・検査工程の省人化に新たな一手。  
LIBSが実現する「インライン検査革命」

高速・高解像度バーチャルスライドスキャナ NanoZoomer®

病理医の遠隔コンサルテーションを強力に支援する  
バーチャルスライドスキャナ

連載

ウェーブフロントテクノロジーの最前線

空間光位相変調器「LCOS-SLM」

[第3回] 波面制御の性能を高めるためのSLMと光学系のポイント

新製品ニュース

CMOSリニアイメージセンサ S15778

軟X線源 L11754-01

MAICO™ MEMS共焦点ユニット  
C15890シリーズ

MOIL® 超短パルス固体レーザー L15900-01

特集

ホットニュース

Webコンテンツ紹介

## Index

■ In Focus	P05
■ 新製品ニュース	
・ 光半導体製品	P09
・ 電子管製品	P13
・ システム製品	P15
・ レーザ製品	P16
■ 連載	P19
■ 特集	P25
■ ホットニュース	P26
Webコンテンツ紹介	

## 「表紙のイラスト」

MEMSミラー

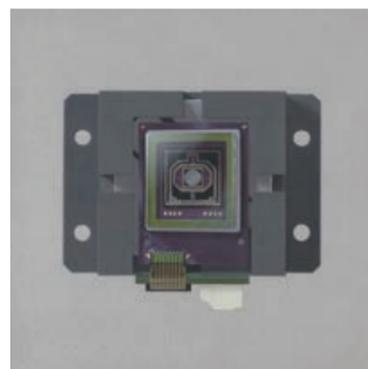


イラスト: チカツタケオ

モノの存在を静穏な空気感で描くチカツタケオさんによるイラスト。今回は、MEMSミラーを描いていただきました。

## 分析・検査工程の省人化に新たな一手。 LIBSが実現する「インライン検査革命」

測定の煩雑さやコストの問題からインライン化が難しかった、分析装置を用いた検査工程。その分析・検査工程のインライン化を後押しする手法として、レーザー光を用いて高速・高精度な測定を実現する「LIBS」が注目されています。

▶ P05



05

In Focus

高速・高解像度バーチャルスライドスキャナ NanoZoomer®

## 病理医の遠隔コンサルテーションを 強力に支援するバーチャルスライドスキャナ

「がん」の診断を行う病理医の慢性的な不足が、大きな課題になっています。その解決の手段のひとつとして期待される「遠隔コンサルテーション」の普及を、浜松ホトニクスが強力に支援しています。

▶ P07



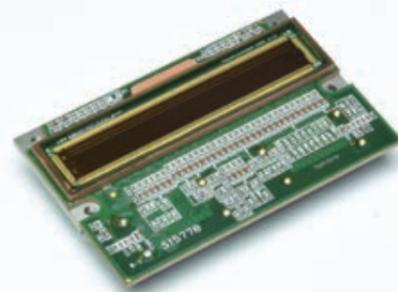
07

In Focus

## 新製品ニュース

浜松ホトニクスのホットな新製品を紹介します。

▶ P09



CMOSリニアイメージセンサ S15778



MAICO™ MEMS共焦点ユニット C15890シリーズ

09

新製品ニュース



MOIL® 超短パルス固体レーザー L15900-01



軟X線源 L11754-01

19

連載



## ウェーブフロント テクノロジーの最前線

空間光位相変調器「LCOS-SLM」

第3回

### 波面制御の性能を高めるためのSLMと 光学系のポイント

第2回では、波面制御技術をレーザー加工やイメージングに適用した事例や研究を紹介しました。最終回の今回は、波面制御に重要なSLMの性能と、その性能を高めるための弊社の工夫などを紹介します。

▶ P19

目次

○ 光半導体製品

			メ ディ カル	ラ イ フ	創 薬	計 測	分 析	半 導 体	光 通 信	セ キ ユ リ ティ	産 業	非 破 壊	学 術 研 究
イメージセンサ	CMOSリニアイメージセンサ S15778	▶ P09				●					●		
	CCDリニアイメージセンサ S15729	▶ P10	●	●		●	●				●		
光半導体モジュール	イメージセンサモジュール C16090/C16091シリーズ	▶ P11				●	●				●	●	
LED	中赤外LED L15893/L15894/L15895シリーズ	▶ P12				●	●				●		
赤外線検出素子	InAsSb光起電力素子 P13243-045CF/-045MF	▶ P12								●			

○ 電子管製品

			メ ディ カル	ラ イ フ	創 薬	計 測	分 析	半 導 体	光 通 信	セ キ ユ リ ティ	産 業	非 破 壊	学 術 研 究
X線源	軟X線源 L11754-01	▶ P13										●	
カメラ	コンパクトX線CMOSカメラ DX-CUBE™ H8953-30	▶ P14									●	●	
光検出器	76 mm ヘッドオン型光電子増倍管 R15608	▶ P14				●							●

○ システム製品

			メ ディ カル	ラ イ フ	創 薬	計 測	分 析	半 導 体	光 通 信	セ キ ユ リ ティ	産 業	非 破 壊	学 術 研 究
共焦点ユニット	MAICO™ MEMS共焦点ユニット C15890シリーズ	▶ P15		●									●

○ レーザ製品

			メ ディ カル	ラ イ フ	創 薬	計 測	分 析	半 導 体	光 通 信	セ キ ユ リ ティ	産 業	非 破 壊	学 術 研 究
固体レーザー	MOIL® 超短パルス固体レーザー L15900-01	▶ P16						●			●		
半導体レーザー	パルスレーザーダイオードバーモジュール L14001-01	▶ P17						●			●		
	ファイバ出力型レーザーダイオードバーモジュール L15856-01	▶ P17						●			●		
	直接集光型レーザーダイオード L14133-025/-05	▶ P18						●			●		
レーザー関連製品	波長掃引光源 L14213-01	▶ P18			●	●					●		

応用分野

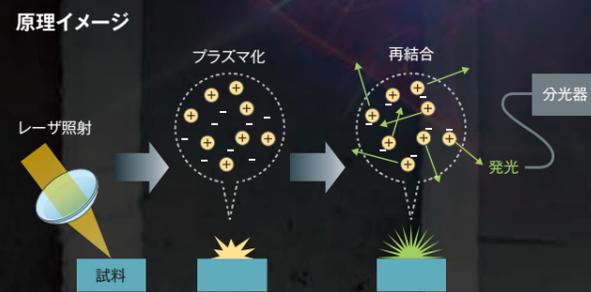
- **メ  
ディ  
カル**    メディカル  
MEDICAL
- **ラ  
イ  
フ**      ライフサイエンス  
LIFE SCIENCE
- **創  
薬**      創薬  
DRUG DISCOVERY
- **計  
測**      計測  
MEASUREMENT
- **分  
析**      分析  
ANALYTICAL
- **半  
導  
体**    半導体製造  
SEMICONDUCTOR PRODUCTION
- **光  
通  
信**    光通信  
OPTICAL COMMUNICATION
- **セ  
キ  
ユ  
リ  
ティ**    セキュリティ  
SECURITY
- **産  
業**      産業  
INDUSTRY
- **非  
破  
壊**    非破壊検査  
NON-DESTRUCTIVE INSPECTION
- **学  
術  
研  
究**    学術研究  
ACADEMIC RESEARCH

# 分析・検査工程の省人化に新たな一手。 LIBSが実現する「インライン検査革命」

産業分野では、原材料の受入検査から最終製品になるまでの製造ラインをネットワークでつなぎ、品質管理の向上や省人化を図る、スマート工場の実現に向けた取り組みが進んでいます。その取り組みのひとつに挙げられるのが製造ラインと分析・検査工程の一体化です。近年、製造業では人的要因による製品の品質問題や、少子高齢化による人手不足が課題として挙げられており、その解決策としても分析・検査工程の省人化は急務といえます。しかし、分析装置を用いた検査工程は、測定の種類やコストの問題から、インライン化は難しいとされてきました。その分析・検査工程のインライン化を後押しする手法として、「LIBS」に注目が集まってきています。

## 元素レベルで物質の判別が可能

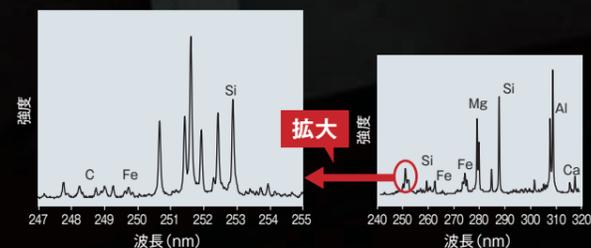
LIBSとは“Laser-Induced Breakdown Spectroscopy”の略で、レーザー光を用いて対象物に含まれる複数の元素を高速で分析することができる分光手法です。対象物の表面に短パルスレーザーを照射することで対象物が熱蒸発し、プラズマが発生します。プラズマ内で、原子から放出された電子がイオン化された原子と再結合し、元の原子状態に戻る過程において生じる固有のスペクトルを測定することで、物質を元素レベルで判別します。このような複雑な元素情報をAI技術と組み合わせることで、高精度な解析情報を取得することが可能となってきました。



### ● 測定例

LIBSは、複数の元素が入り混じった対象物の元素組成を高速に測定することができるため、産業への応用が期待されます。

#### フライアッシュ (石炭灰)

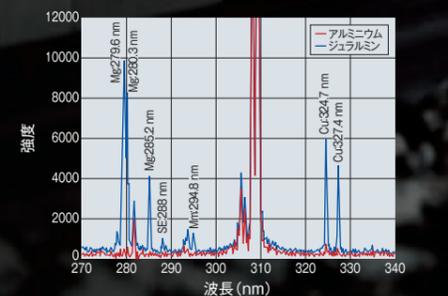


LDA7G73008

石炭灰のうち、フライアッシュの主要構成元素であるSi、Fe、C、Caなどの波長成分を検出できます。そのため、同様の主成分で構成されている鉄鋼スラグなど、鉄鋼製造時に出る副産物を測定することで、リアルタイムな品質管理の実現が期待できます。さらにフライアッシュに含まれるCの量を計測し、炉の燃焼温度の制御にフィードバックする構想もあります。

※データ提供: 出口祥啓様 (徳島大学大学院社会産業理工学専攻 教授)

#### ジュラルミン (2000系アルミニウム合金)



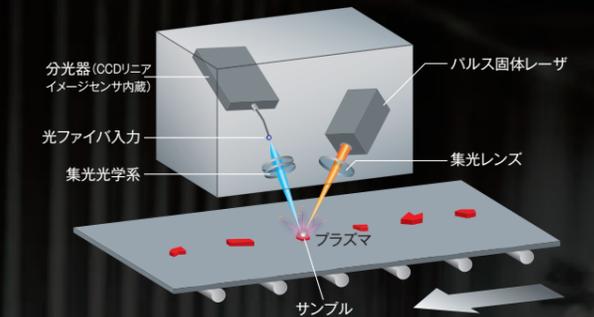
KACCB0513JA

高純度アルミニウムとジュラルミン (2000系アルミニウム) の計測データを比較すると、ジュラルミンのデータにだけ、ジュラルミンが含有するCuやMg、Siなどに特有の波長成分が確認できます。このように、高純度アルミニウムや各種アルミニウム合金など、目視ではわからない金属材料の種類を判別することが可能です。多種多様な廃材の高精度な判別が要求されるリサイクル分野において、大きな効果を発揮することが期待されています。

## インラインでの高速・高精度な測定を実現

LIBSは試料形質 (気体・液体・固体) を問わず、対象物の複雑な測定前処理が不要という特長があります。そのため、インライン化に求められる高速・非接触での検査が可能になるほか、プラスチックや金属、ガラスなど多様な物質の分析ができるため、さまざまな製造現場における検査工程のインライン化への促進が期待されています。

### インライン測定イメージ



### ● LIBSの活用が期待される分野

#### 鉄鋼製造プロセス



鉄鋼製造プロセスのような高温環境では、分析装置を近くに設置できないため、正確な分析・検査が難しいとされてきましたが、LIBSを用いることで、遠隔から高精度な成分分析ができます。原材料の選別から圧延工程に至るまで鉄鋼製造プロセスの全工程検査を実施し、品質向上を図ることが構想されています。

#### リサイクル選別



リサイクル分野では、より高効率なリサイクルの実現のために、混在した大量の廃材を精度よく判別する技術が要求されています。LIBSを用いることで、目視による成分の特定が困難な素材でも、高精度に判別することができるため、さらなる資源の有効活用が期待できます。

そのほか、エネルギー関連施設や半導体製造分野など、さまざまな領域での活用が見込まれています。

## LIBS装置に適した製品を受光／発光でご提案

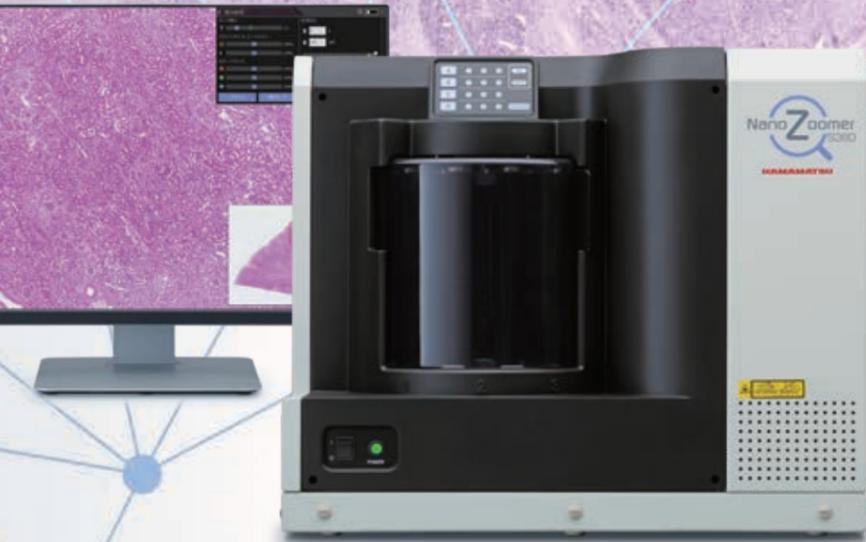
これまで製造業の検査工程では難しいとされてきた分析装置のインライン化に1つの道筋を示した「LIBS」。弊社は、CCDリニアイメージセンサや、イメージセンサ・光学系・回路まで内蔵したミニ分光器、小型・軽量で装置への搭載が容易な固体レーザーなど、LIBSに適した受光／発光デバイスを幅広くラインアップしていきます。浜松ホトニクスでは、LIBS装置のキーデバイスとなる製品の開発を通じて、お客様のニーズに応えていきます。

### 幅広い波長範囲をカバーした製品ラインアップ

(波長)	10 nm		400 nm		700 nm		1000 nm		2500 nm	
	紫外	可視	可視	近赤外	近赤外	近赤外	近赤外	近赤外	近赤外	
受光デバイス	イメージングカメラ	CCDリニアイメージセンサ	ミニ分光器 (開発中)							
発光デバイス									ハルス固体レーザー	

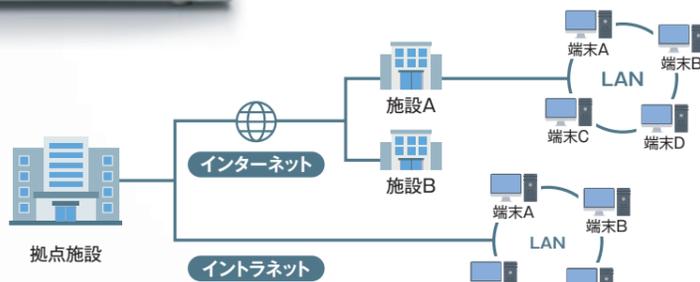
高速・高解像度バーチャルスライドスキャナ NanoZoomer®

# 病理医の遠隔コンサルテーションを強力に支援するバーチャルスライドスキャナ



その生涯で、日本人の約2人に1人が罹患すると言われる\*「がん」。がんと確定させるためには、病理医が患者から採取された組織や細胞をガラススライド上で観察し、その他多くの医療データをもとに診断を行う必要があります。しかし、現在の日本では病理医が慢性的に不足していることが大きな課題となっています。その課題を解決する手段の一つとして、ネットワークを利用した遠隔コンサルテーションに大きな期待が寄せられています。ガラススライドをデジタル化する製品「NanoZoomer®」の提供により、浜松ホトニクスは遠隔コンサルテーションの普及を強力に支援しています。

※平成28年7月時点  
出典：国立がん研究センター がん情報サービス



## 「遠隔コンサルテーション」とは

世界中で広がりを見せる「遠隔コンサルテーション」は、データを共有しながら病理医同士の意見交換や経験豊かな専門医からアドバイスを受ける仕組みです。

## 数十億画素の高精細なバーチャルスライドを、素早く作成・共有

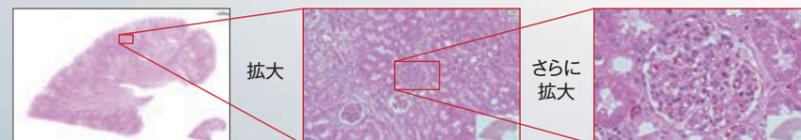
浜松ホトニクスの「NanoZoomer®」は、ガラススライドをスキャンして、数十億画素の高精細な画像データ「バーチャルスライド」に変換するバーチャルスライドスキャナです。ネットワークを介して遠隔地の医師とバーチャルスライドを共有し、病理医の遠隔コンサルテーションを強力に支援します。

NanoZoomer® S360 C13220-01 ▶



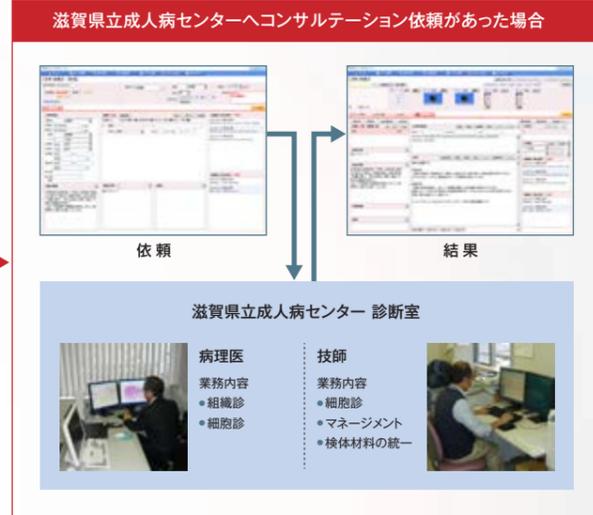
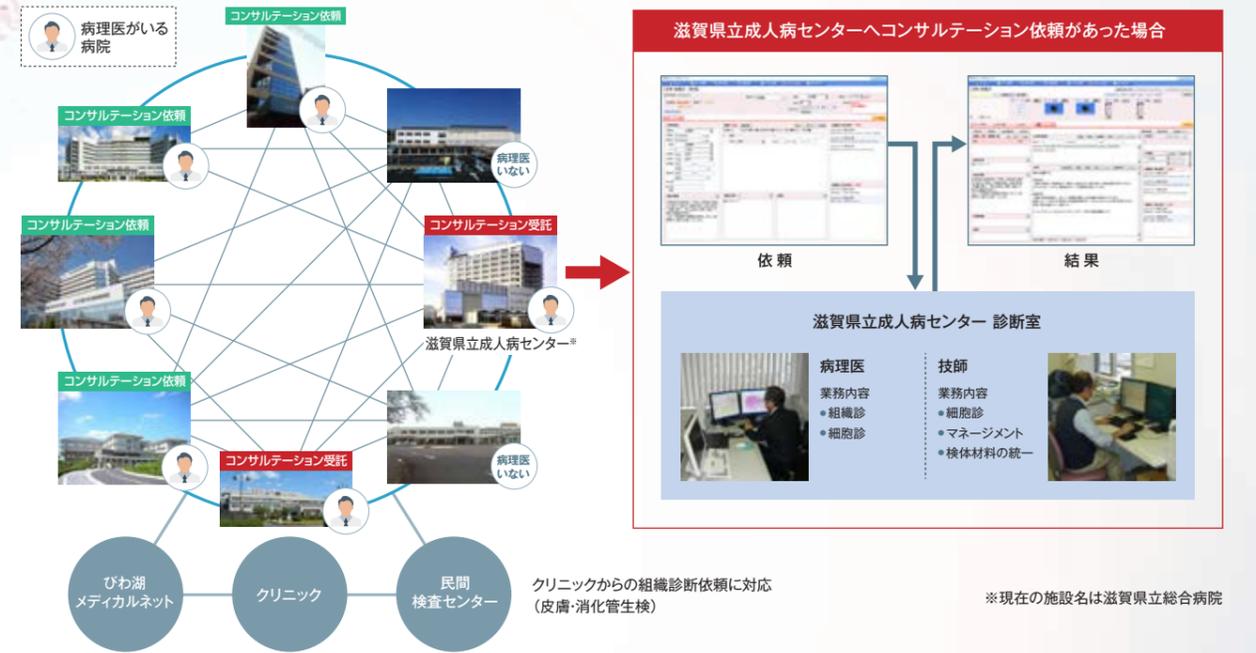
### バーチャルスライドの特長

- ネットワークを介して組織画像を共有可能
- 保存性、検索性に優れ、管理が容易
- 電子カルテなど医療情報システムと連携可能



## 県全体の医療連携に活用される遠隔コンサルテーション

バーチャルスライドによる遠隔コンサルテーションは、地域医療の支援にも活用されています。滋賀県の「さざなみ病理ネットワーク」は、滋賀県立成人病センター（現：滋賀県立総合病院）を中心として、病理医が在籍する病院と病理医が不在の病院をネットワークで連結し、県単位の「仮想的病院群病理部」として構築されました。遠隔コンサルテーションが活発に行われるようになり、個々の病理医の負担が軽減されることで、医療の迅速化につながっています。

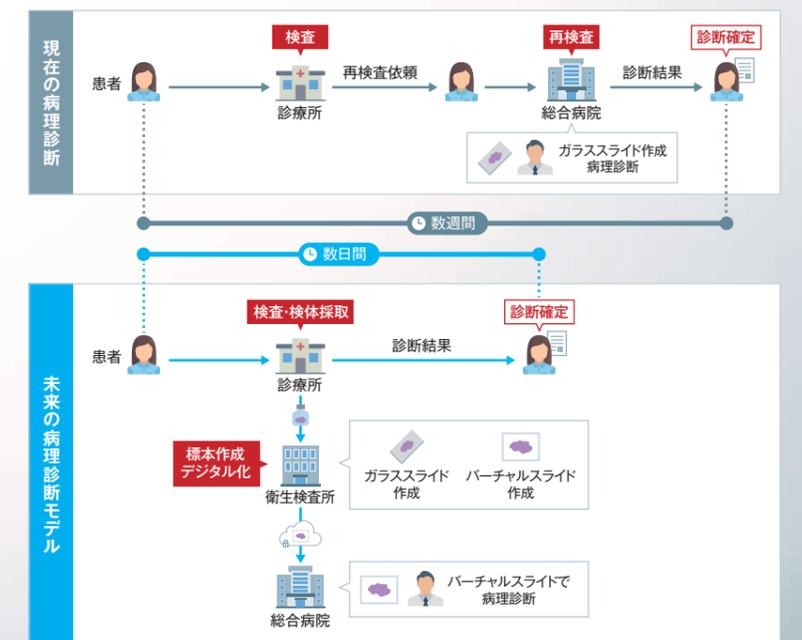


クリニックからの組織診断依頼に対応（皮膚・消化管生検）

※現在の施設名は滋賀県立総合病院

## 遠隔コンサルテーションが拓く未来の病理診断モデル

遠隔コンサルテーションの仕組みを応用することで、病理診断モデルが大きく変わる可能性があります。現在の日本では診療所で病理診断を行うことが難しく、病理診断が必要となった場合には病理医のいる総合病院に患者自身が出向く必要があります。診療所での最初の検査から診断の確定までには時には数週間かかることがあり、患者にとって心身共に大きな負担となります。遠隔コンサルテーションの仕組みが応用されれば、診療所と総合病院間での診断確定までのやりとりをネットワーク上で行うことができ、患者は総合病院での再検査を受けずに、診療所での検査のみで診断結果を受け取ることができます。診断確定までの期間が大幅に短縮された、患者にとって負担の少ない病理診断モデルの実現が期待できます。



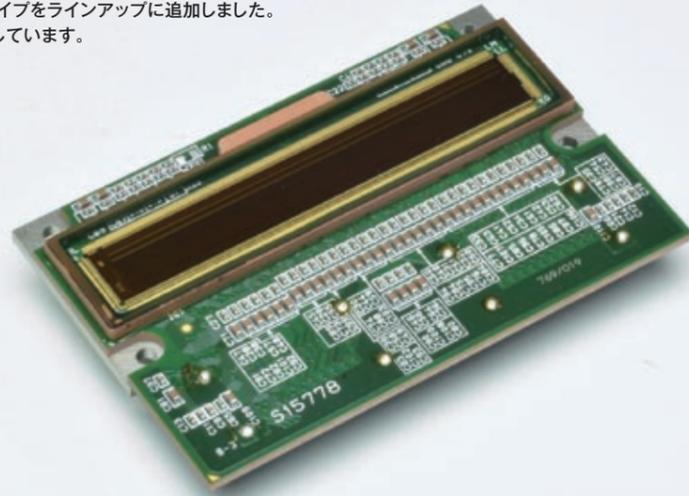
NEW

## 高速読み出し (100 klines/s) が可能

高速スキャンを必要とする産業用カメラ向けに開発されたCMOSリニアイメージセンサです。画素ごとに読み出しアンプとA/D変換器を搭載した列並列読み出し方式を採用しているため、高速読み出しが可能です。A/D変換器の分解能は、10-bit(高速モード: 100 klines/s max.)と11-bit(低速モード: 50 klines/s max.)から選択できます。ビデオ信号は360 MHzのLVDS方式で、シリアル出力されます。

**従来品との相違点**

2048画素 (S14772)、4096画素 (S13774) タイプに加えて新たに8192画素の高解像度タイプをラインアップに追加しました。従来品と同等の消費電力を実現しています。



NEW

## 近赤外域高感度、高速応答を実現

SD-OCT (Spectral Domain-Optical Coherence Tomography) 向けに開発された表面入射型のCCDリニアイメージセンサです。近赤外域において感度が高く、高速ラインレートを実現しています。紫外～可視域にも感度を持ち、分光器用として幅広く使用することが可能です。



イメージセンサ

計測 産業

### ● CMOSリニアイメージセンサ S15778

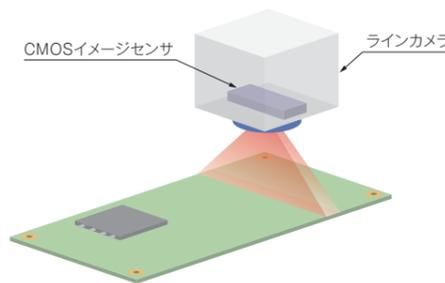
**特長**

- 8192画素
- 高速読み出し: 100 klines/s (max.)
- 全画素同時蓄積
- 3.3/1.8 V電源動作
- SPI通信機能
- 10-bit/11-bit A/D変換器を搭載

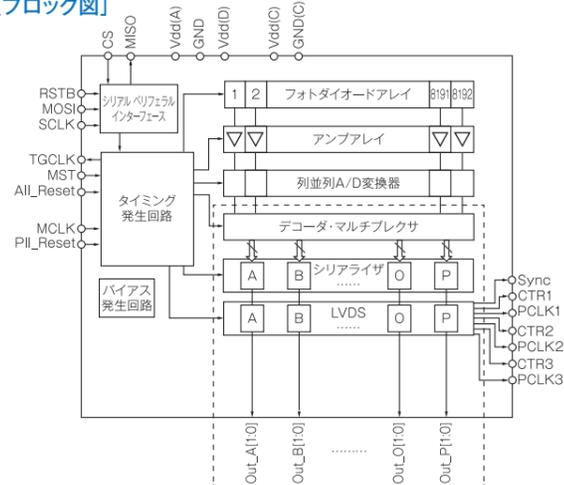
**用途**

- マシンビジョン
- フィルム検査
- プリント基板検査
- 印字検査

[用途例: ラインカメラ(プリント基板検査)]



**[ブロック図]**



**[ラインアップ]**

項目	S14772	S13774	NEW S15778	単位
写真				—
有効画素数	2048	4096	8192	画素
画素サイズ (H x V)	14 x 14	7 x 7		μm
イメージサイズ (H x V)	28.672 x 0.014	28.672 x 0.007	57.334 x 0.007	mm
感度波長範囲	400 ~ 1000			nm
A/D分解能	10-bit/11-bit	10-bit/12-bit	10-bit/11-bit	—
ラインレート (max.)	125 (10-bit) 62.5 (11-bit)	100 (10-bit) 25 (12-bit)	100 (10-bit) 50 (11-bit)	klines/s

イメージセンサ

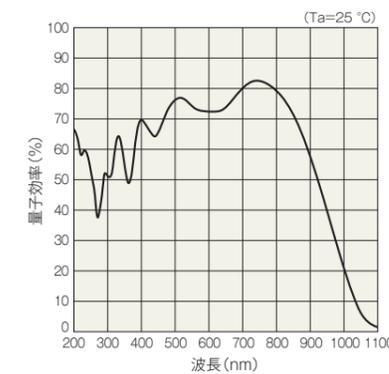
メディカル ライフ 計測 分析 産業

### ● CCDリニアイメージセンサ S15729

**特長**

- 縦長画素: 10 x 180 μm
- 近赤外域高感度
- 高速ラインレート: 70 klines/s max.

[分光感度特性 (代表例, 窓なし)]



**用途**

- SD-OCT
- ラマン分光

項目	仕様	単位
有効画素数	2048	画素
画素サイズ (H x V)	10 x 180	μm
画素ピッチ	10	μm
イメージサイズ (H x V)	20.48 x 0.18	mm
感度波長範囲	200 ~ 1100	nm
ラインレート (max.)	70	klines/s

**マルチチャンネル検出器ヘッド C15821**

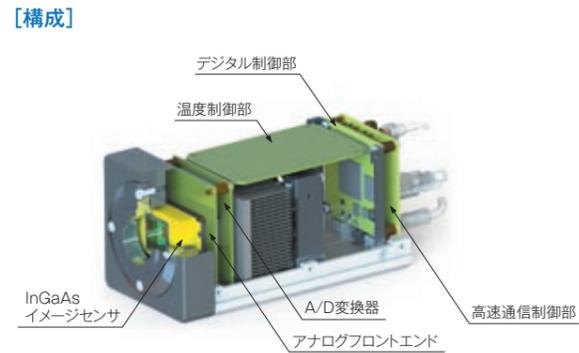
CCDリニアイメージセンサ S15729を最適に駆動するためのマルチチャンネル検出器ヘッドも用意しています。



光半導体モジュール

計測 分析 産業 非破壊

## ● イメージセンサモジュール C16090/C16091シリーズ



### InGaAsイメージセンサを内蔵、USB 3.1 Gen 1 インターフェース

InGaAsイメージセンサを内蔵したイメージセンサモジュールです。本製品は駆動回路、温度制御部、高速通信制御部などから構成され、InGaAsイメージセンサのアナログビデオ信号をデジタル変換して出力します。駆動回路はアナログフロントエンド、A/D変換器、デジタル制御部から成ります。USB 3.1 Gen 1 インターフェースで接続したPCから、各種設定、画像取得、InGaAsイメージセンサの温度制御をすることができます。

#### 特長

- 16-bit A/D変換器内蔵
- InGaAsイメージセンサの温度制御(1℃ごとに設定可能)
- USB 3.1 Gen 1 インターフェース(データ転送速度: 5 Gbps)
- 内部/外部トリガモード選択可能
- Cマウントレンズ対応

#### 用途

- ハイバースペクトラルイメージング
- 近赤外非破壊検査(農作物検査、半導体検査)

#### [ラインアップ]

型名	感度波長範囲(μm)					内蔵イメージセンサ		
	0.8	1.0	1.5	2.0	2.5	画素数	型名	写真
C16090-01		0.95 ~ 1.69 <sup>*1</sup>				320 x 256	G14671-0808W	
C16090-02		1.12 ~ 1.85 <sup>*2</sup>			G14672-0808W			
C16090-03		1.3 ~ 2.15 <sup>*2</sup>			G14673-0808W			
C16090-04			1.7 ~ 2.55 <sup>*2</sup>		G14674-0808W			
C16091-01/-02		0.9 ~ 1.85 <sup>*2</sup>			256/512	G11475シリーズ		
C16091-03		0.9 ~ 2.05 <sup>*2</sup>			256	G11476-256WB		
C16091-04/-05		0.9 ~ 2.15 <sup>*2</sup>			256/512	G11477シリーズ		
C16091-06/-07		0.9 ~ 2.55 <sup>*2</sup>				G11478シリーズ		
C16091-08/-09		0.9 ~ 1.67 <sup>*3</sup>				G11508シリーズ		
C16091-10		0.85 ~ 1.4 <sup>*2</sup>			512	G14237-512WA		
C16091-11/-12		0.95 ~ 1.67 <sup>*3</sup>			256/512	G11620シリーズ		
C16091-13		0.95 ~ 1.65 <sup>*2 *4</sup>			512	G12230-512WB		
			1.4 ~ 2.15 <sup>*2 *4</sup>					

※1 Tchip=15℃ ※2 Tchip=-20℃ ※3 Tchip=-10℃ ※4 カットオフ波長の異なる2つのInGaAsチップを直列配置

LED

計測 分析 産業

## ● 中赤外LED L15893/L15894/L15895シリーズ



セラミックタイプ  
L15893-0330C  
L15894-0390C  
L15895-0430C

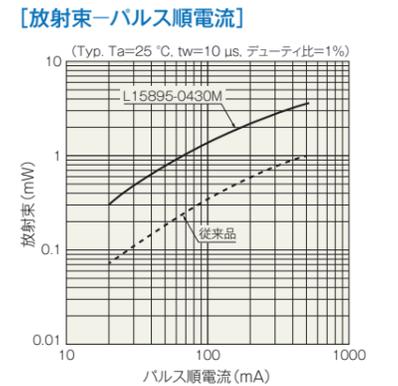
メタルタイプ  
L15893-0330M  
L15894-0390M  
L15895-0430M

#### 特長

- ピーク発光波長:  
3.3 μm (L15893-0330シリーズ)  
3.9 μm (L15894-0390シリーズ)  
4.3 μm (L15895-0430シリーズ)
- 高光出力、高速応答
- 低消費電力

#### 用途

- ガス検出(CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>)



### ピーク発光波長: 3.3 μm、3.9 μm、4.3 μm

弊社独自の結晶成長技術とプロセス技術により実現したピーク発光波長 3.3 μm、3.9 μm、4.3 μmの中赤外LEDです。セラミック(Cタイプ)とメタル(Mタイプ)の2種類のパッケージタイプを用意しています。ガス検出器の光源に適しています。

#### 従来品との相違点

従来品に比べて、大幅な出力アップを実現しました。

項目	L15893-0330M	L15894-0390M	L15895-0430M	単位
ピーク発光波長*	3.3	3.9	4.3	μm
スペクトル半値幅*	0.4	0.6	1	μm
放射束*	1.9	1.7	1	mW
順電圧*	2.7	2.2	2	V
逆電流(max.)	1	5	8	mA
上昇時間(max.)		1		μs

※ I<sub>f</sub>=80 mA, QCWモード  
注) セラミックタイプの仕様については、データシートを参照してください。

赤外線検出素子

セキュリティ

## ● InAsSb光起電力素子 P13243-045CF/-045MF



セラミックタイプ  
P13243-045CF

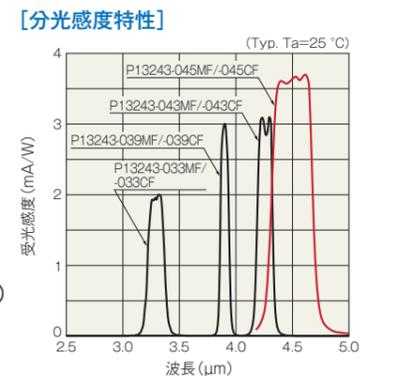
メタルタイプ  
P13243-045MF

#### 特長

- 高感度
- 高速応答: 15 ns
- 高並列抵抗: 300 kΩ
- 鉛フリーリフロー  
はんだ付けに対応

#### 用途

- 炎検知(CO<sub>2</sub>共鳴放射)



### バンドパスフィルタ(4.45 μm)付 赤外線検出素子

窓材にバンドパスフィルタを採用したInAsSb光起電力素子です。本製品は環境に配慮した赤外線検出素子で、RoHS指令制限物質の鉛・水銀・カドミウムを使用していません。これらの物質を含んだ従来品に代わる製品です。

#### 従来品との相違点

バンドパスフィルタの中心波長 3.3 μm、3.9 μm、4.26 μmのタイプに加えて、4.45 μmタイプを新たにラインアップに追加しました。

型名	中心波長(μm)	感度波長半値幅(nm)	受光感度 <sup>*</sup> (mA/W)	比検出力(cm <sup>-1</sup> Hz <sup>1/2</sup> /W)
P13243-033CF/-033MF	3.3	160	2.3	5.1 x 10 <sup>8</sup>
P13243-039CF/-039MF	3.9	90	3	6.5 x 10 <sup>8</sup>
P13243-043CF/-043MF	4.26	140	3.1	6.9 x 10 <sup>8</sup>
<b>NEW</b> P13243-045CF/-045MF	4.45	350	3.7	8.2 x 10 <sup>8</sup>
P13243-015CF	3.3	160	2.3	5.1 x 10 <sup>8</sup>
	3.9	90	3	6.5 x 10 <sup>8</sup>
P13243-016CF	3.9	90	3	6.5 x 10 <sup>8</sup>
	4.26	140	3.1	6.9 x 10 <sup>8</sup>

※ 受光部の全面を均一に照射

NEW

## 鉛シールド不要 軽元素材料のX線非破壊検査を実現

低エネルギー化により、従来困難であった軽元素異物の検査を可能にしたX線源です。小型・軽量・広放射角度で、検査設備のコンパクト化と手軽な導入を実現。また、鉛を使わず樹脂板でのシールドが可能となり、遮へい設備のコスト削減にも貢献します。



左：コントローラ 右：照射ヘッド

X線源

非破壊

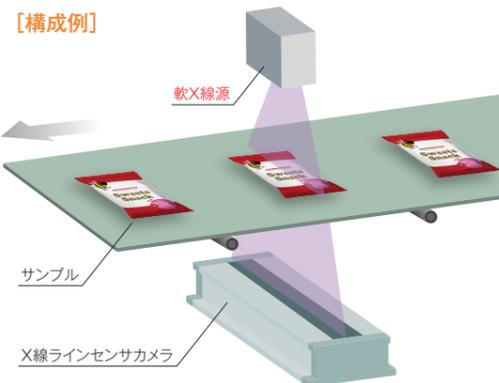
## 軟X線源 L11754-01

特長

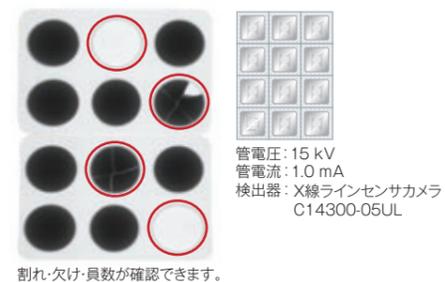
- 低エネルギーX線
- 樹脂板でのシールド可能(鉛不要)
- 小型・軽量の照射ヘッド
- 広放射角度: 対象物との照射距離を抑え、装置の小型化を実現

用途

- 食品・医薬品の包装検査
  - 噛みこみ
  - 内容物(欠け・異物など)



[撮像例(錠剤)]



割れ・欠け・異数が確認できます。

項目	内容・値	単位
管電圧	15	kV
管電流	1	mA
最大出力	15	W
焦点寸法	0.8	mm
X線放射角度	150	度

カメラ

産業 非破壊

## コンパクトX線CMOSカメラ DX-CUBE™ H8953-30

NEW



特長

- 小型
- 高解像度
- 高感度CsIシンチレータ採用

用途

- X線ドリリング
- X線非破壊検査

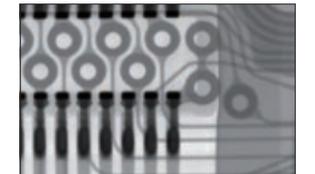
[撮像例]

リチウムイオン二次電池+保護回路



管電圧: 100 kV  
幾何学倍率: 1.4倍

フレキシブルプリント基板



管電圧: 100 kV  
幾何学倍率: 3.1倍

### 手のひらサイズの小型X線カメラ

民生用CMOSカメラと弊社製高感度CsIシンチレータを組み合わせた、非破壊検査用のコンパクトX線CMOSカメラです。

[従来品との相違点]

受光面積が広がり、撮像視野が20%拡大しました。解像度が16.7 Lp/mmから20.0 Lp/mmに上がり、被写体の細部まで認識可能です。ゲイン調整により明るさが16倍向上し、暗い被写体の撮像が可能になりました。出力がアナログからデジタル(ミニカメラリンク)になりました。

項目	内容・値	単位
有効視野(H x V)	20 x 12.5	mm
解像度(typ.)	20	Lp/mm
撮像素子	1/1.2型CMOSセンサ(グローバルシャッタ)	—
画素サイズ(H x V)	5.86 x 5.86	μm
有効画素数(H x V)	235万画素 1936 x 1216	—
フレームレート(max.)	165	フレーム/s

光検出器

計測 学術研究

## 76 mm ヘッドオン型光電子増倍管 R15608

NEW



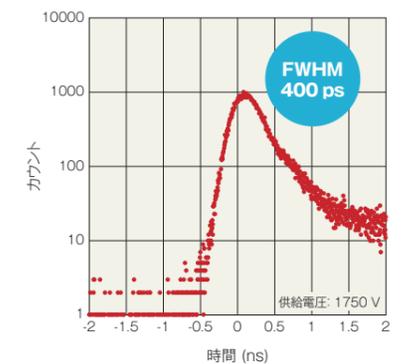
高速応答 PMT シリーズ

後列 左: R13408  
中: R13089  
右: R15608  
前列 左: R13478  
右: R13449

用途

- 高エネルギー物理学実験
- 放射線計測
- シンチレーションカウンティング

[T.T.S. (Transit Time Spread)]



### 広い有効径と高速応答を両立

優れた時間特性を有した高速応答光電子増倍管(PMT)シリーズに、広い有効径(3インチ)タイプが加わりました。プラスチックシンチレータなど大型のシンチレータを用いた、放射線計測や学術研究用途に最適です。

項目	内容・値	単位
感度波長範囲	300 ~ 650	nm
光電面	バイアルカリ	—
ゲイン(typ.)*	9.4 x 10 <sup>6</sup>	—
上昇時間(typ.)*	1.9	ns
T.T.S. (FWHM) (typ.)*	400	ps

※ 供給電圧 1750 V, at 25 °C

NEW

## 共焦点蛍光イメージングをもっと身近に

倒立顕微鏡に取り付けるだけで、共焦点蛍光イメージングが可能になるユニットです。励起・蛍光波長1種ごとに必要な構成部品をまとめたサブユニット構造を採用し、単波長の観察から、最大4波長の多波長同時観察まで対応します。



※写真はメカニカルシャッタ有り、4波長搭載時のもの

共焦点ユニット

ライフ 学術研究

### MAICO™ MEMS共焦点ユニット C15890シリーズ

#### 特長

- 研究室で手の届く手頃な価格
- 実験台に置けるコンパクトサイズ
- 励起・蛍光波長を選択、後から追加もできるサブユニット構造
- レーザ管理区域不要なクラス3Rレーザ
- 弊社製MEMSミラーによるハイスピードスキャン
- クロストークのない高品質な蛍光イメージング
- カメラなどの他のデバイス不要

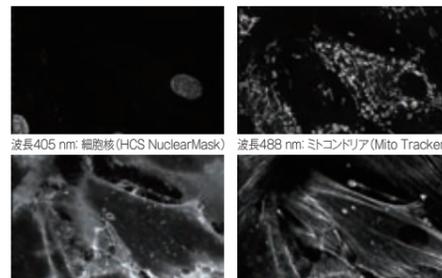
#### 用途

- ライブセルイメージング
- 高速Ca<sup>2+</sup>イメージング
- 膜電位イメージング
- タイムラプスイメージング
- 3D/4Dイメージング

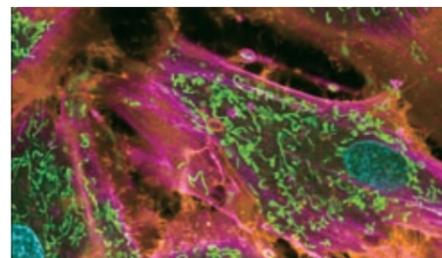
#### [ライブセル4波長イメージング]

細胞核、ミトコンドリア、細胞膜、アクチンを波長別で撮像し、それぞれの構造を鮮明に観察できます。

試料: H9c2細胞株 対物レンズ: 60× 走査線数: 960  
レーザ波長: 405 nm、488 nm、561 nm、638 nm

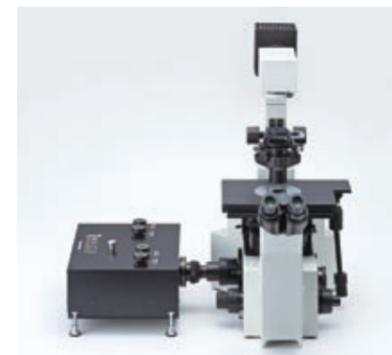


波長405 nm: 細胞核 (HCS NuclearMask) 波長488 nm: ミトコンドリア (Mito Tracker)  
波長561 nm: 細胞膜 (CellMask) 波長638 nm: アクチン (SiR-Actin)



4波長の蛍光像を統合、疑似カラー表示した画像

#### [取り付けイメージ]



研究室の実験台に置ける、A3サイズ\*のコンパクト設計。倒立顕微鏡のサイドポートに取り付けるだけで、共焦点蛍光イメージングが可能になります。

※329 mm (W) × 150 mm (H) × 300 mm (D)  
(メカニカルシャッタ有り、脚部非伸長時)

NEW

## ミクロンオーダーの高品質な微細加工に最適

最大200 μJの高いエネルギーを発生するピコ秒パルス固体レーザです。オプションの波長変換ユニットと組み合わせることで、第2高調波である515 nmを発生し、より高精密な加工を可能にします。

#### 従来品との相違点

光出力5倍、繰り返し周波数最大500 kHzを実現したことで、高速な加工が可能となり、生産能力の向上に貢献します。



固体レーザ

半導体 産業

### MOIL® 超短パルス固体レーザ L15900-01

#### 用途

- 高アスペクト加工
- 表面改質 (微細周期構造形成)
- 薄膜ドライエッチング
- 透明材料加工

項目	仕様	単位
光出力	>20 (≧100 kHzの場合)	W
最大パルスエネルギー	>200 (≦100 kHzの場合)	μJ
繰り返し周波数	シングルショット ~ 500 (可変領域)	kHz
中心波長	1030±1	nm
パルス幅	1 ~ 10 (可変領域)	ps

#### [加工例1: 微細エングレービング]

材質: サファイア  
深さ: 0.4 mm



#### オプション

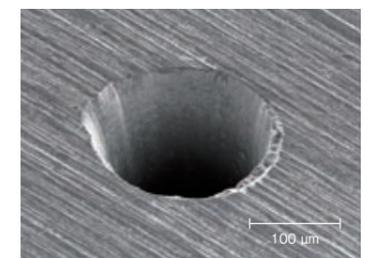
##### 波長変換ユニット A15795-02



MOIL L15900-01専用の波長変換ユニットです。高い変換効率で可視光 (緑色) を容易に得ることが可能です。MOIL L15900-01 (1030 nm) の半分の波長 (515 nm) のため、より小さいスポットに集光でき、高精密な加工に最適です。

#### [加工例2: 高アスペクト加工]

材質: モリブデン  
φ150 μm貫通穴加工、板厚: 1 mm

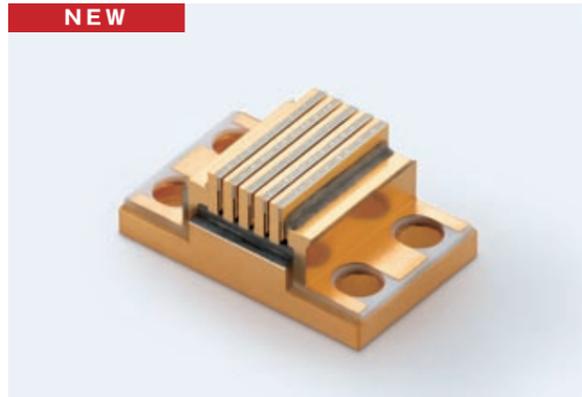


半導体レーザー

半導体 産業

## パルスレーザーダイオードバーモジュール L14001-01

NEW



### 高出力かつ小型で装置組込に最適

ピーク光出力が650 Wの小型なLDバーモジュールです。熱伝導によるパッシブ冷却方式を採用しており、チラーが不要となるため、装置組込時の設計自由度が高くなります。

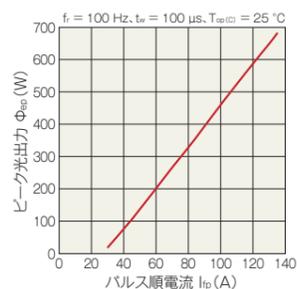
#### 特長

- ピーク光出力: 650 W
- パッシブ冷却方式
- 小型

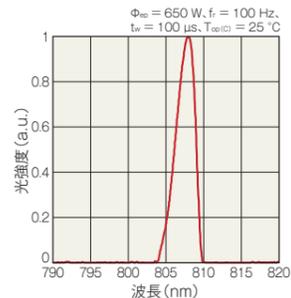
#### 用途

- 固体レーザー励起
- レーザ加熱

#### [光出力-順電流(例)]



#### [発光スペクトル(例)]



項目 (typ.)	仕様	単位
中心発振波長	808	nm
動作電流	130	A
動作電圧	9.5	V
しきい値電流	10	A
ビーム広がり角	水平	5
	垂直	26

半導体レーザー

半導体 産業

## ファイバ出力型レーザーダイオードバーモジュール L15856-01

NEW



### 高い波長安定性をもつファイバ出力型レーザー

940 nmLDバーを使用したファイバ出力型LDバーモジュールです。内蔵のLD温度、モジュール内湿度の情報を出力できるほか、漏液センサ、光出力モニタ用PDを装備しています。また、水冷冷却方式でありながら、不純物とイオン成分が取り除かれている純水を必須としない構造になっています。

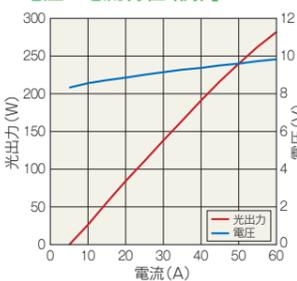
#### 特長

- 光出力: 240 W
- ファイバコア径: 400 μm
- 漏液センサを装備
- 光出力モニタ用PD内蔵

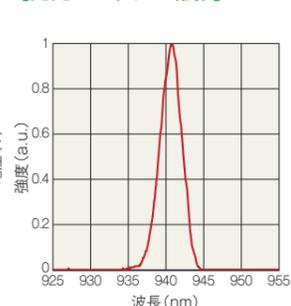
#### 用途

- 固体レーザー励起
- 選択的レーザー加熱

#### [光出力-電流および電圧-電流特性(例)]



#### [発光スペクトル(例)]



項目 (typ.)	仕様	単位
中心発振波長	940	nm
波長半値幅	4	nm
動作電流	50	A
動作電圧	9.5	V
しきい値電流	5	A

半導体レーザー

半導体 産業

## 直接集光型レーザーダイオード L14133-025/-05

NEW



### 金属加工に最適な矩形ビームで大面積の照射が可能

LDバーモジュールからのレーザー光を集光し、直接対象物に照射するレーザー光源です。集光ビーム形状が長方形でエネルギー密度が低いいため、スパッタやブローホールが少なく、隙間など許容範囲の大きな溶接が可能です。

#### 従来品との相違点

5 kWの高出力化を実現しました。また、25 °Cの冷却水が使用可能となり、高温高湿の使用環境においても、結露しにくくなりました。

#### 特長

- 低消費電力
- 小型、軽量
- メンテナンスフリー
- 光ファイバレス
- 冷却水温度25 °C

#### 用途

- 金属加工
  - 溶接
  - 焼き入れ
  - ロウ付け
  - クラッディング など
- 固体レーザー励起

項目	L14133-025	L14133-05	単位
動作モード	CW		—
光出力	2.5	5.0	kW
ピーク発振波長 (typ.)	940		nm
集光ビームサイズ (FWHM) (typ.)	垂直方向	0.35	mm
	水平方向	1.25	mm
質量*1	約12	約13	kg
外形寸法 (W x H x D)*2	約165 x 約160 x 約414		mm

\*1 冷却水除く。  
\*2 背面突起部除く。

レーザー関連製品

計測 分析 産業

## 波長掃引光源 L14213-01

NEW



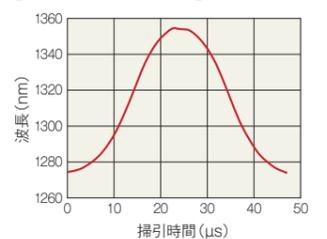
### 高速・高精度なインライン計測が可能

中心波長1.3 μmで、発振波長を周期的に変化させることが可能な波長掃引光源です。機械駆動部がなく高安定で、波長の繰り返し精度も高いため、測定対象の厚みや、内部構造の深さを高速・高精度に計測可能です。

#### 特長

- 長時間安定性
- 低ジッタ
- 散乱が小さい
- ファイバ光学系の構築自由度が高い

#### [波長掃引特性(例)]



#### 用途

- 工業用OCT (Optical Coherence Tomography)
  - レーザ加工点の深さ計測
  - レーザ溶接モニタリング(シームトラッキング)
  - シリコン系材料の内部計測
- インライン厚み計測
  - 高ドープウェーハ

項目	仕様	単位
中心発振波長	1290 ~ 1340	nm
掃引波長幅 (typ.)*1	80	nm
掃引周波数	20	kHz
平均出力 (typ.)	5	mW
コヒーレンス長 (typ.)	8	mm
出射形態*2	FC/APCコネクタ	—
外形寸法 (W x H x D)*3	約212 x 約100 x 約260	mm
質量	約5	kg

\*1 波長帯域は、光源から出射されるすべての光量を光スペクトルアナライザに導光して、スペクトルピーク値に対して-20 dB以上を満たすスペクトル範囲の全幅で規定する。  
\*2 シングルモード光ファイバ用。 \*3 突起部を除く。



# ウェーブフロント テクノロジーの最前線

## 空間光位相変調器「LCOS-SLM」

解説／浜松ホトニクス 中央研究所 井上 卓

### 第3回 波面制御の性能を高めるためのSLMと光学系のポイント

空間光変調器 (SLM) に関する連載の最終回です。第1回ではSLMとそれを用いた波面制御技術 (ウェーブフロントテクノロジー) について概説し、第2回ではレーザー加工やイメージングへの応用例を紹介しました。今回は、波面制御に重要なSLMの性能と、その性能を高めるための弊社の工夫を紹介します。また、精度の高い波面制御を実現するにはSLM単体で性能が高いだけでは不十分で、SLMを組み込んだ光学系全体での波面制御の性能を高める必要があります。その光学系を構築する上での主要な注意点も紹介します。実際にSLMを使った光学系を構築する際のご参考にできれば幸いです。

## 応用に必要な SLM の特性

レーザー加工などの応用で波面制御を実用的に使うためには、SLMが十分な性能をもっている必要があります。重視されるSLMの性能は応用によって異なります。第1回 (hama hot 2019 vol.13) でも位相精度や光利用効率などを少し説明しましたが、今回は詳しく解説します。

### ①波面制御の精度

すべての応用に必要な性能は、波面制御の精度です。一般的にSLMのカタログには、画素数や画素ピッチ、位相変調範囲 (最大の位相変調量)、制御信号の階調数などが記載されています。もちろん、これらのカタログに載っている特性も重要なものですが、波面制御の精度は記載されていない特性にも大きな影響を受けます。特に波面制御精度に大きな悪影響を与える要因として、「位相変調の線形性」と「時間揺らぎ」、そして「出力波面の固定歪み」が挙げられます。これらの3つの要因は共通の評価指標が存在しないため、カタログにはほとんど記載されていません。この点について説明します。

#### ①-1. 位相変調の線形性

SLMは、入射した光の位相を各画素で変調することによって波面を制御します。各画素での位相変調は、コンピュータから送られる256階調のデジタル入力信号を元に、液晶に電圧を印加することによって実現しています。ただし、第1回で説明したように、液晶による位相変調は電圧に対して非線形です (図1左)。非線形だと位相変調の分解能が低くなり、またソフトウェアでの制御が複雑になります。弊社の製品では、位相変調が入力信号に対して線形になるように、駆動回路で電圧値を補正しており、位相分解能が高くなっています (図1右)。弊社のSLM

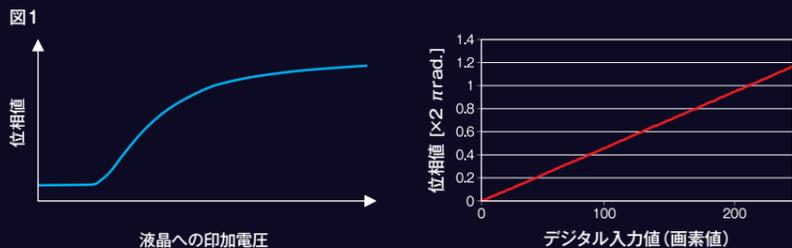


図1 液晶が作る位相変調。左は電圧に対する応答で、強い非線形性がある。右はコントローラで非線形を補正した後の位相変調値 (実測) で、画素値に対してはほぼ線形となっており、高い精度を実現している。

(LCOS-SLM) は2.3  $\pi$ ラジアン (光路差では1.15波長に相当) で位相を変調するため、計算上の位相分解能はこれを256で割った0.009  $\pi$ ラジアンです。

#### ①-2. 位相変調の時間揺らぎ

ただし、実際には変調された位相はさまざまな原因から時間的に揺らいでおり、これが位相の分解能を低下させる要因になります。時間揺らぎを加味した実効的な位相分解能は、弊社のLCOS-SLMでは、タイプによって異なりますが概ね0.02  $\pi$ ラジアン以下 (光路差分解能0.01波長以下) となっています。

#### ①-3. 波面の固定歪み

位相変調の分解能が高くても、SLMから出力された波面の精度が高いとは限りません。LCOS型SLMは反射型のSLMです。SLMに入力された光はミラー層で反射されて出力されます。LCOS型SLMでは、このミラーが完全な平面ではなく少し歪んでいます。このミラー面の歪みが、SLMから出力される光の波面に固定の歪みとして重畳されます。これが最初に述べた波面の固定歪みです。幸いなことにこの歪みはSLM自身で補正できます。すなわち、歪みとは逆の波面変調パターンをSLM自身で作るように

制御すれば、ほぼ打ち消すことができます (図2)。弊社では、出荷時に固定歪みを計測して、補正パターンを個々の製品に添付しています。ユーザーはこの補正パターンを使うことで、固定歪みの影響をほとんど受けない波面制御を実行することができます。



図2 マイケルソン干渉計で計測したSLM出力波面。明るさを光路差で表現している。左は補正前で、SLMのミラー形状によって場所によって光路差が大きく異なり歪んでいる。右は補正後でほぼ歪みのない平面波となっている。

### ②光利用効率と耐光性

SLMは顕微イメージングなどさまざまな光を用いた計測で使われていますが、このような応用では、光の強度が小さいため光利用効率が重要となります。LCOS-SLMには、画素電極をそのままミラーとして使うアルミミラータイプと、画素電極の上に誘電体多層膜を形成して反射率を高めた誘電体ミラータイプがあります。アルミの反射率は80% ~ 90%なのに対して、誘電体ミラーは99%以上であり、ほとんど反射損失がありません。

光利用効率は、ミラー反射率だけでなく、光反射面の構造からも影響を受けます。アルミミラータイプでは、画素電極を反射面として使うため、画素電極のないギャップ部では光の反射がありません。LCOS-SLMの画素電極は、電極部分の面積比率 (充填率) を高くして、光利用効率が高くなるように設計してあります。

この画素ギャップの光利用効率への影響は、誘電体ミラーでも生じます。ギャップ部は電極部に比べてほんの少しだけ凹んでいます。そのため、誘電体ミラーを形成した後のミラー表面もギャップ部で少し凹みます。この微小な凹みが光利用効率を減少させます。弊社のLCOS-SLMでは、画素電極構造の影響が出にくいように工夫して誘電体ミラーを成膜しています。このような工夫の結果、誘電体ミラータイプの光利用効率は97% (典型値) と非常に高くなっています。

一方、レーザー加工では、高強度の光をSLMに入射するため、耐光性が重要です。耐光性は使用できる最大のレーザーパワー (正確にはSLMに照射するエネルギー密度)、すなわち照射可能なレーザーパワーの閾値で定義されます。弊社では製品の耐光性について、2種類の現象を考慮に入れています。一つは、デバイスが破壊されるような不可逆な変化が生じる現象です。もう一つは、レーザー照射による

このように波面制御精度は、「位相変調の線形性」と「時間揺らぎ」、そして「出力波面の固定歪み」の3つの要因から大きな影響を受けます。弊社のLCOS-SLMでは、これらが小さくなるように設計の工夫と出荷時調整がなされており、高い波面制御精度を実現しています。

温度上昇に伴って位相変調特性が変化して使用上の問題が生じてしまう現象で、これはレーザー照射が終われば元に戻る可逆的な変化です。前者の破壊閾値よりも、後者の使用閾値の方が小さいため、SLMを使う上ではまずこちらが問題になります。

アルミミラータイプでは、反射しない光の大部分は画素電極部やその下のシリコン基板で吸収されるため耐光性 (使用閾値) が低くなります。誘電体ミラータイプでは、吸収が非常に小さいため耐光性が高くなっています。ただし、耐光性は、レーザーの特性に大きな影響を受けます。波長が異なれば大きく違います。また、連続発振かパルス発振かでも異なり、パルス発振の場合パルス幅でも大きく異なります。そのため、保証値を出すことが非常に難しく、実績を問い合わせていただくしかありません。弊社では、さまざまなレーザーで耐光性を調べてありますので、お近くの営業所までお気軽にお問い合わせください。

### ③温度依存性

液晶は低電圧で大きな屈折率変化を作ることができ、光の位相制御に適した優れた材料ですが、残念ながら温度依存性があります。SLMの種類や使用するレーザーの波長によって異なりますが、温度が1度上昇すると位相変調量が約1%小さ

くなります。このような温度依存性は、コンピュータ上のソフトウェアで画素値を温度変化分だけ調整することで容易に補正できます(文献1)。温度には、液晶が作る位相変調だけでなく、先に述べたミラー面が原因の波面歪みも影響を受けます。これについても、階調値の調整で補正可能です(文献2)。なお、弊社では

水冷ヒートシンクが取り付けられたタイプのLCOS-SLMを用意しており、チラーに接続することで温度を一定に保つことができます。これにより、ソフトウェアによる補正を行わなくても、室温の変化やハイパワーレーザー照射による温度上昇の影響を受けることなく精度の高い波面制御を行うことができます。

## SLM を実装する光学系

SLMの性能が高くても、それを的確に光学系に実装しなければ、性能が発揮できません。SLMを光学系に実装する際に、重要な注意事項について説明します。

### ④斜め入射

第1回でも説明しましたが、SLMは反射型デバイスであるため、入射光と反射出力光が重なってしまいます。この重なりを避けるには、ハーフミラーを用いる方法と斜め入射を用いる方法があります。斜め入射では光のロスが発生しないため、こちらの方法が主流です(図3)。ただし、入射角度が大きいと光学系の設計が難しくなります。また、SLMの特性も低下します。そのため、大きな入射角度での使用は推奨できません。弊社のLCOS-SLMは入射角10度以下(入射光と反射光の間の角度が20度以下)であれば、特性が保たれるように設計してあります。

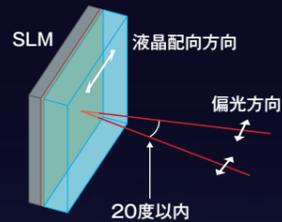
### ⑤偏光方向

液晶で位相変調できるのは直線偏光光だけです。SLM使用時には、その偏光方向を厳密に調整する必要があります。この点を説明します。

弊社では分子が細長いネマティック液晶を用いており、LCOS-SLMでは分子が基板に平行かつ同じ方向に並ぶように配列されています。この液晶分子が並んだ方向を配向方向と呼びます。液晶は、この配向方向と偏光方向が一致する直線偏光に対して位相を変化させます。したがって、SLMに直線偏光光を入射する際には、液晶の配向方向に入射直線偏光光の偏光方向が一致している必要があります(図3)。この2つの方向が合っていないと、入力光の一部が位相変調されずにノイズとなってしまいます。例えば、偏光方向が液晶配向方向と1度ずれていると1.7%のノイズが生じ

ます。このノイズを避けるためには偏光方向を厳密に調整する必要があります。これは比較的容易に実現できます。例えば、SLMの前側に2分の1波長板を配置しておき、その角度を変えることで、偏光方向を非常に小さい角度で微調整することができます。

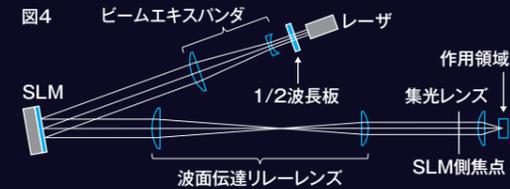
図3



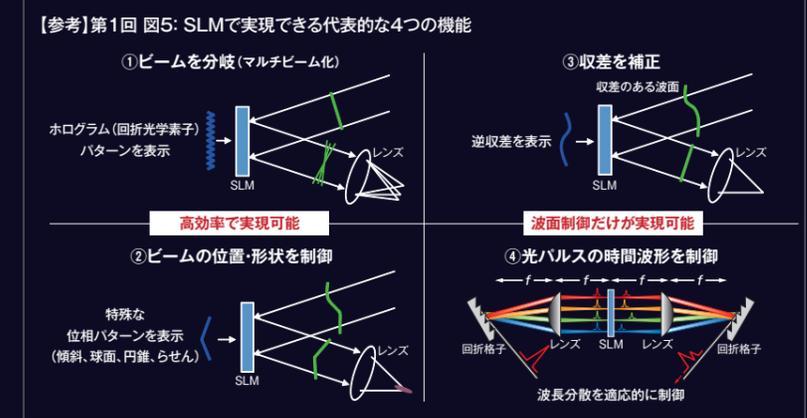
SLMへの斜め入射の様子。直線偏光の偏光方向を液晶の配向方向に一致させて光を入射する。

### ⑥SLMを使う基本的な光学系

第1回の図5ではSLMで実現できる4つの機能を説明しましたが、その図で示したように、SLMには広げて平行光にしたレーザービームを入射し、SLMからの反射出力光をレンズで集光するような光学系で使うのが一般的です。ただし、その図ではさまざまな要素が省略されています。実際の光学系は、図4のようになります。レーザーからの光は2分の1波長板で偏光方向を調整された後、ビームエキスパンダでビームサイズを広げて平行光にされます。このときレーザー光の波面が平面波になるようにビームエキスパンダを調整します。この平面波はSLMに斜めに入射し、波面伝達リレーレンズを透過した後、集光レンズで光を物質に作用させる領域に集光されます。作用領域には試料が配置されており、ビーム分岐、集光位置制御、集光形状制御、収差補正などのSLMによる波面制御を駆使して集光ビームを操作し、観察のための蛍光発光や試料の加工などを行うこととなります。図4に示した光学系は最も基本的なもので、ホログラ



SLMを使う基本的な光学系。SLMで変調された波面を波面伝達リレーレンズで集光レンズのSLM側焦点に結像させる。



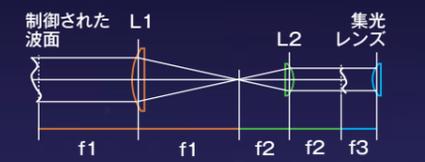
### ⑦波面伝達リレーレンズ

波面伝達リレーレンズは、2つの凸レンズ(L1、L2)で構成されます(図5)。L1、L2の焦点距離をそれぞれf1、f2とします(注1)。L1とL2は、f1+f2の距離だけ離して配置します(注2)。このとき、波面伝達リレーレンズは、L1の前側にf1だけ離れた前側焦点位置にある波面を、L2の後ろ側にf2だけ離れた後側焦点位置に伝達します。したがって、波面を制御するSLMはL1の前側焦点位置に配置します。集光レンズは、伝達された波面が集光レンズのSLM(L2)側にある焦

点位置にくるように配置します。すなわち、集光レンズの焦点距離をf3とすると、L2との距離がf2+f3となるように集光レンズを配置します。このように、波面伝達光学系では、リレーレンズの2つのレンズと集光レンズを、隣り合うレンズの焦点が一致するように配置する必要があります。SLMで制御された波面を正確に集光レンズに伝えるにはこのような配置が必要です。同様に、ガルバノミラーなど波面を変化させるようなデバイスも波面伝達リレーレンズで接続することによって、精度の高い波面制御を行うことができます。

(注1) 焦点距離は、レンズの主点から焦点までの距離です。したがって、ここでのレンズ間の距離は主点間の距離となります。レンズの端からの距離ではないのでご注意ください。  
(注2) このようなリレーレンズは、ケプラー式テレスコープや両側テレセントリックレンズとも呼ばれます。

図5



波面伝達リレーレンズと集光レンズを、隣り合うレンズの焦点が一致するように配置する。

### ⑧ SLMを上手に使う技術

SLMを使いこなすための発展的な手法を紹介しします。

どんなデバイスでも同じですが、SLMでの波面制御でも誤差は避けられません。この誤差も、生体の光刺激やレーザ加工など閾値が存在するような応用であれば問題のない大きさです。しかし、蛍光イメージングなどの光計測ではできるだけ高い精度が求められます。高い精度を達成するには、フィードバック制御が有効です。

収差補正では、波面センサを使って波面形状を計測して、フィードバック制御しています。この方法は、適応光学や補償光学と呼ばれています。眼底イメージングに適応光学を用いた弊社の実験では、補正後の収差が0.03波長と非常に高い精度を達成しています(文献3)。

ビームを分岐する多点同時集光においては、集光した多点をイメージセンサで撮像し、その強度像を元にそれぞれの集光点が所望の強度となるようにフィードバック制御します。弊社の実験では約1400点の多点

集光を強度均一度が約1%と高い精度で実現できることを確認しています(文献4)。

LCOS-SLMは光の位相を制御しますが、SLMが2次元で画素数が多いことを利用して、光の強度も制御できます。位相に合わせて強度も変調することで、より精度の高いビームの分岐やパターン化が実現できます。弊社ではこの方法を用いて、超解像顕微鏡や光マニピュレーション、レーザ加工、光量子科学などで良く用いられる光渦を高い精度で発生させることに成功しています(文献5)。

### まとめ

最終回は、LCOS-SLMで波面制御性能を高めるための工夫と、性能を生かすための光学系での留意点やSLMの使い方を紹介しました。

弊社では、2007年にLCOS-SLMの販売を開始してからも性能や使い勝手を向上させるための研究と開発を継続しています。最初期の製品であるX10468に比べて、最新のX15213(図6)は、SLMヘッド部の体積は43%に、コントローラの体積は19.8%に小型化されています。解像度は792 x 600画素から1272 x 1024画素

に高まり、画素ピッチも20 μmから12.5 μmに小さくなっています。温度安定性の確保を目的とした水冷タイプ(図7)もラインアップしています。このタイプでは、ハイパワーレーザ使用時の温度上昇も抑えられるため、耐光性も向上します。また、産業用途(OEM)を目的としたタイプも販売しており、これには、レーザ加工などの産業用途を見すえて、小型化とトリガ機能の搭載を施してあります。さらにお客様の要望に応えるために特注対応も行っています。最大位相変調量の調整や誘電体ミラーの波長帯域の変更などが可能です。

弊社中央研究所においては、SLMの新しい使い方や新しい応用などを研究しています。その成果は論文や学会などで発表しています。また、重要なものはプレスリリースで広報しており、弊社ウェブサイトでご覧いただけます。

本連載では、LCOS-SLMの基本からさまざまな応用までを紹介するだけでなく、一般の紹介記事ではなかなか触れることのない、SLMの性能を支える工夫や光学系なども紹介しました。皆様のご参考となり、将来のご研究や製品開発にお役に立つことを祈って連載を終わりとします。



図6 LCOS-SLM現行製品(X15213)



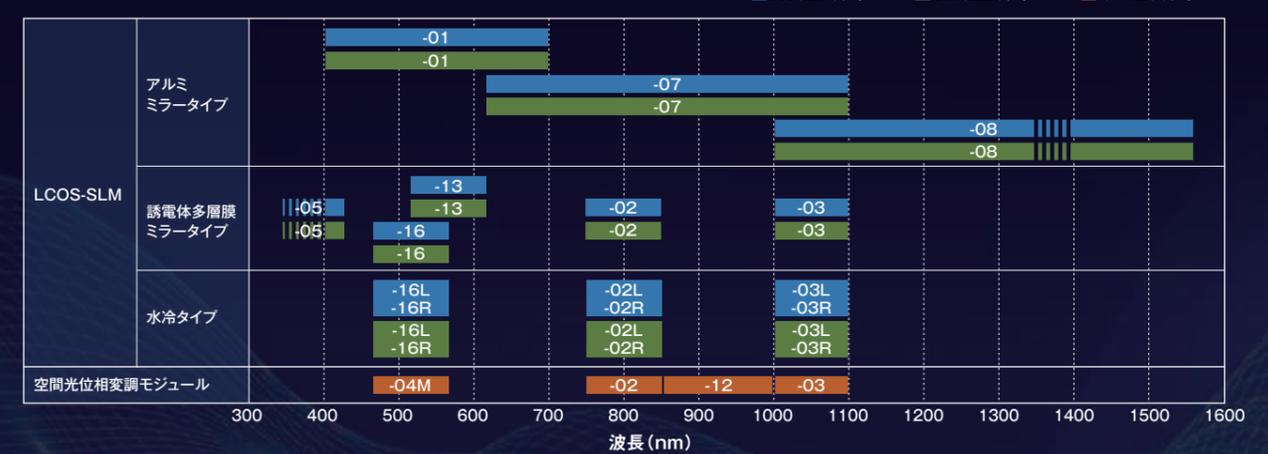
図7 水冷タイプ

#### 参考文献

1. Naoya Matsumoto, Haruyasu Itoh, Takashi Inoue, Tomoko Otsu, and Haruyoshi Toyoda, "Stable and flexible multiple spot pattern generation using LCOS spatial light modulator," Optics Express, Vol. 22, p. 24722 (2014).
2. Yu Takiguchi, Tomoko Otsu, Takashi Inoue, and Haruyoshi Toyoda, "Self-distortion compensation of spatial light modulator under temperature-varying conditions," Optics Express, Vol. 22, p. 16087 (2014).
3. Hongxin Huang, Takashi Inoue, and Hiroshi Tanaka, "Stabilized high-accuracy correction of ocular aberrations with liquid crystal on silicon spatial light modulator in adaptive optics retinal imaging system," Optics Express, Vol. 19, p. 15026 (2011).
4. Naoya Matsumoto, Takashi Inoue, Taro Ando, Yu Takiguchi, Yoshiyuki Ohtake, and Haruyoshi Toyoda, "High-quality generation of a multispot pattern using a spatial light modulator with adaptive feedback," Optics Letters, Vol. 37, p. 3135 (2012).
5. Taro Ando, Yoshiyuki Ohtake, Naoya Matsumoto, Takashi Inoue, and Norihiro Fukuchi, "Mode purities of Laguerre-Gaussian beams generated via complex-amplitude modulation using phase-only spatial light modulators," Optics Letters, Vol. 34, p. 34 (2009).

## 浜松ホトニクス LCOS-SLM 製品ラインアップ

### 対応波長範囲別 製品ラインアップ



#### 【特長】

- 光の位相のみを変調
- 高光利用効率
- 高回折効率
- 小型
- 簡単なコンピュータ制御方式
- 反射型

#### 【用途例】

- 収差補正
- 補償光学
- レーザ加工
- レーザマーキング
- ハルス整形
- 光ビーム成型
- 光マニピュレーション
- 光ビーンセット
- 光渦 (Optical Vortex) 生成
- 短ハルス光の波形制御



#### ■ 研究用途向け X15213シリーズ

LCOS-SLMは、光の位相を自由に変調する反射型の空間光位相変調器です。レーザなどの照射光は、液晶により位相変調された後反射され、その波面形状を自由に制御することができます。使用する光源波長に対して8つのタイプを用意しています。アルミミラータイプと誘電体多層膜ミラータイプに大別されます。また、水冷タイプもあります。



#### ■ 産業用途向け X15223シリーズ

手軽に産業分野などに応用できるよう、小型・低価格化した装置組み込み型のLCOS-SLMです。LCOS-SLMヘッドと駆動回路をフレキシブルケーブルで接続した構成となっており、装置へ容易に組み込むことが可能です。従来品と比べて、LCOS-SLMヘッド・駆動回路を小型化しており、さらにコンパクトな装置への搭載が可能となりました。



#### ■ モジュールタイプ C14280シリーズ

容易にビーム成形ができるように構築された、レーザ加工や顕微鏡観察のための位相制御ユニットです。光学系構築を簡便にするプリズム型ミラーのほか、空間光位相変調素子(LCOS-SLM)の動作安定性と高強度レーザに対する耐久性を向上させる電子冷却機構を標準装備しています。さらに、ビーム成形用位相データの設計や位相制御をサポートするライブラリとアプリケーションも標準で搭載されます。

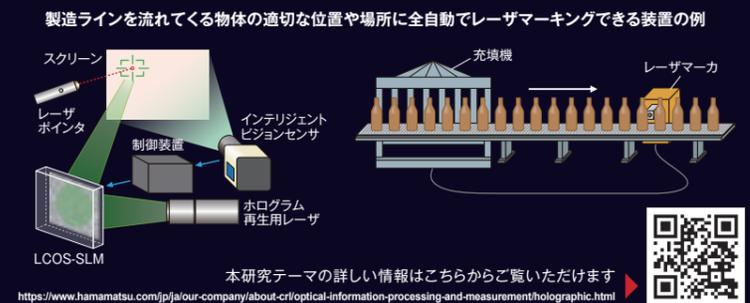
LCOS-SLMの詳細な製品情報や動作原理、応用例の動画による解説などをこちらからご覧いただけます  
<https://www.hamamatsu.com/jp/ja/product/optical-components/lcos-slm/index.html>



### ホログラフィックレーザ加工 — レーザ加工応用の高性能化への取り組み

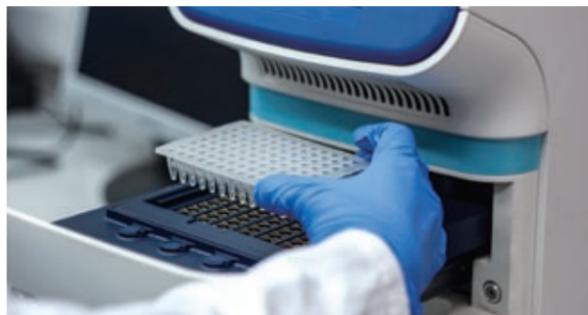
弊社中央研究所では、LCOS-SLM自体の高性能化(大面積化、紫外光対応、高速化、高集積化)、およびそれを用いた加工と計測を一体化した高精度レーザ加工モジュールの実用化を目指しています。

本研究(の一部)は、内閣府総合科学技術・イノベーション会議の戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)「光・量子を活用したSociety 5.0実現化技術」(管理法人:量研)の研究テーマの一つ「空間光制御技術に係る研究開発」によって実施されました。



## 新型コロナウイルス感染症(COVID-19)と戦う世界に貢献する 浜松ホトニクス光技術

新型コロナウイルスの感染拡大は、私たちの日常から経済活動に至るまで、さまざまなところに深刻な影響を及ぼしています。浜松ホトニクスの検出器や光技術は、感染の有無を調べるPCR検査や抗原・抗体検査、感染による肺炎診断のためのX線CT検査、ワクチン開発や創薬研究など、医療と研究を支える分析機器や診断機器に用いられています。浜松ホトニクスは、これらの機器の心臓部となる製品や技術を提供することで、新型コロナウイルスに立ち向かう世界に貢献します。



### PCR検査

ポリメラーゼ連鎖反応(PCR)や等温遺伝子増幅法は、DNAを大量に複製する技術で、これらの原理を用いる遺伝子検査装置は感染有無を調べる臨床診断や研究など、さまざまな用途で活用されています。定量的なDNAの検出が可能ならリアルタイムPCRやデジタルPCR、一部の等温遺伝子増幅法では、DNA増幅の検出に蛍光プローブが使用されています。これらの蛍光検出に、光電子増倍管(PMT)、ミニ分光器、MPPC®(SiPM)、Siフォトダイオード、ボード型カメラなどが使用されています。

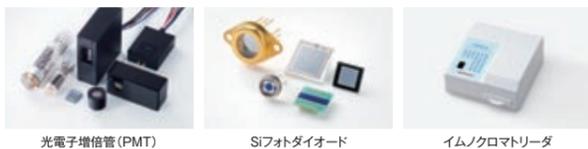


光電子増倍管(PMT) MPPC® ミニ分光器 ボード型カメラ

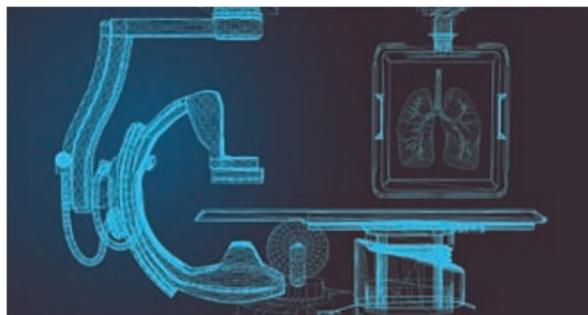


### 抗原・抗体検査

PCRなどの遺伝子検査とともに、ウイルス感染有無の迅速な診断には抗原検査が用いられています。また、過去の感染の有無は抗体検査で調べることができます。このようにウイルスに対する免疫応答を理解することは、ワクチン開発に不可欠であり、また、新型コロナウイルスによる症状を分析することによって、治療方針の決定に役立てることができます。抗原や抗体の定量検査には光電子増倍管(PMT)やSiフォトダイオードなどが使用されています。検体を滴下するだけの簡易的な抗原・抗体検査であるイムノクロマト法には、イムノクロマトリーダが使用されています。



光電子増倍管(PMT) Siフォトダイオード イムノクロマトリーダ

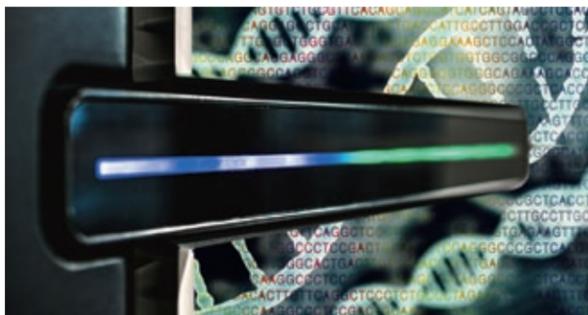


### X線診断

X線を用いた検査は肺炎の診断に用いられ、重症度を判断することができます。コンピュータ断層撮影法(CT)は、X線を人体に照射して、人体の構造を画像として構成する手法です。X線CT検査では、人体の高解像度の画像が得られ、身体内部の組織を観察することができます。検出器には、Siフォトダイオードアレイが使用されています。デジタルラジオグラフィ(DR)は、従来のX線フィルムやイメージングプレート(IP)に代わるX線画像診断方法で、X線を可視光に変換するシンチレータプレートが使用されています。



Siフォトダイオードアレイ ガントリ内のSiフォトダイオードアレイのイメージ シンチレータプレート



### 研究・創薬

ウイルスの起源や変異、感染時の免疫反応と治療法についての広範な研究では、さまざまな関連装置が使用されています。例として、集団研究や遺伝子配列決定用の次世代シーケンサ(NGS)とマイクロアレイ、ワクチン開発および免疫研究用のフローサイトメータ、感染メカニズムの解析を目的とした組織や細胞の顕微鏡イメージング用カメラやバーチャルスライドスキャナ、創薬用スクリーニングシステム、高速液体クロマトグラフや質量分析計が挙げられます。



バーチャルスライドスキャナNanozoomer® フローサイトメータ用光電子増倍管(PMT) 顕微鏡イメージング用カメラ 創薬スクリーニングシステムFDSS®

## ホットニュース

[2020年10月]

### 光半導体事業の生産能力増強に向け新貝工場2棟が稼働開始

新貝工場(浜松市南区新貝町)に新棟を建設し、10月から稼働を開始しました。弊社は、医用、産業、計測、自動車などのさまざまな分野に光半導体製品を供給しています。新棟では、設計から評価までの製造工程を集約し、生産の効率化を図るとともに、光半導体素子、放射線検査装置用のX線イメージセンサおよびX線フラットパネルセンサの生産体制を強化することで、今後の需要拡大に対応していきます。なお、近年増加している自然災害に対する事業継続性を確保するため、事業継続計画に基づく地震対策や水害対策を取り入れることで、災害対策を強化するとともに、環境対策を積極的に取り入れた建物となっています。



新貝工場2棟 外観(写真右側)

[2020年9月]

### 電子管事業の研究開発、顧客対応強化に向け豊岡製作所新5棟が稼働開始

豊岡製作所(磐田市下神増)に、老朽化し手狭になった第5棟に替わる新5棟を建設し、9月から稼働を開始しました。弊社は、医用、産業、計測、分析、学術などのさまざまな分野に光電子増倍管や光源などの電子管製品を供給しています。新棟では、開発部門、事務部門を集約し、電子管事業の研究開発、顧客対応を強化するとともに、既存棟の空きスペースを利用し、X線源や検体検査装置向け光電子増倍管および関連製品の製造エリアと電子管製品の出荷エリアを拡張することで、今後の売上拡大に対応していきます。



豊岡製作所新5棟 外観

浜松ホトニクスウェブサイト

### アプリケーション「量子技術」

▶ <https://www.hamamatsu.com/jp/ja/applications/quantum-technology/>



量子技術は、量子(原子、電子、光子など)の持つ、二重性、重ね合わせ、量子もつれなど、特異な性質や振る舞いを研究する新しい分野・技術です。このような量子の性質を操作・制御することで、量子コンピューティングや量子シミュレーションなどの技術に革新をもたらすことが期待されます。浜松ホトニクスでは、中性原子の微弱光やシングルフォトンを検出するカメラなどの各種製品を取り扱っており、本コンテンツでは研究分野ごとにおすすめする製品を紹介しています。

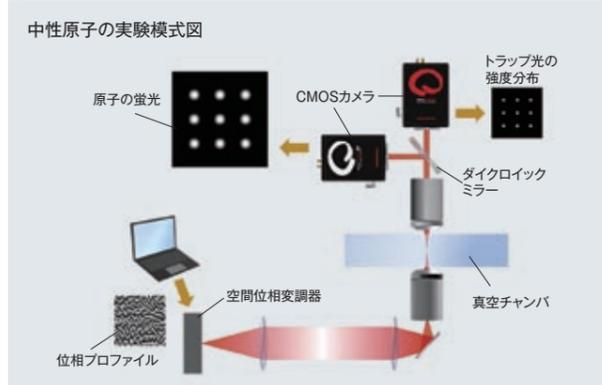
浜松ホトニクス製品が用いられている量子技術の研究分野

### 量子コンピューティング(中性原子、イオントラップ)

中性原子やイオンの特殊な性質を利用して、量子コンピューティングなどへ応用します。中性原子やイオンの観測・制御に、弊社の高感度カメラや空間光位相変調器が用いられています。

[その他]

- レーザ冷却、ボース・アインシュタイン凝縮(BEC)
- 量子イメージング
- 窒素空孔中心(NVセンター)



## 営業品目

### 光半導体製品

- Siフォトダイオード
- APD
- MPPC®
- フォトIC
- イメージセンサ
- PSD (位置検出素子)
- 赤外線検出素子
- LED
- 光通信デバイス
- 車載用デバイス
- X線フラットパネルセンサ
- MEMSデバイス
- ミニ分光器
- 光半導体モジュール

### 電子管製品

- 光電子増倍管
- 光電子増倍管モジュール
- マイクロチャンネルプレート
- イメージインテンシファイア
- キセノンランプ・キセノンフラッシュランプ
- 重水素ランプ
- 光源応用製品
- レーザ応用製品
- マイクロフォーカスX線源
- X線イメージングデバイス

### システム応用製品

- カメラ
- 分光測光装置
- 超高速測光装置
- ライフサイエンス関連製品
- メディカル関連製品
- 非破壊検査関連製品
- 半導体関連製品
- 材料研究関連製品

### レーザ製品

- 半導体レーザ及び応用製品
- 固体レーザ

※NanoZoomer、MOILは、浜松ホトニクス(株)の登録商標です。

※この資料の内容は、2021年1月現在のものです。

製品の仕様は、改良のため予告なく変更することがあります。  
ご注文の際は、最新の内容をご確認ください。

浜松ホトニクス株式会社 [www.hamamatsu.com](http://www.hamamatsu.com)



FSC® 認証紙と植物油インキを使用しています。

仙台営業所 〒980-0021 仙台市青葉区中央3-2-1 (青葉通プラザ11階)  
筑波営業所 〒305-0817 茨城県つくば市研究学園5-12-10 (研究学園スクウェアビル7階)  
東京営業所 〒105-0001 東京都港区虎ノ門3-8-21 (虎ノ門33森ビル5階)  
中部営業所 〒430-8587 浜松市中区砂山町325-6 (日本生命浜松駅前ビル)  
大阪営業所 〒541-0052 大阪市中央区安土町2-3-13 (大阪国際ビル10階)  
西日本営業所 〒812-0013 福岡市博多区博多駅東1-13-6 (いちご博多イーストビル5階)

Tel: 022-267-0121 Fax: 022-267-0135  
Tel: 029-848-5080 Fax: 029-855-1135  
Tel: 03-3436-0491 Fax: 03-3433-6997  
Tel: 053-459-1112 Fax: 053-459-1114  
Tel: 06-6271-0441 Fax: 06-6271-0450  
Tel: 092-482-0390 Fax: 092-482-0550

Cat. No. XPRD1011J18  
Jan. 2021 AW  
Printed in Japan(5500)