

hama hot

Vol. **18**
2021

Interview

フォトンを1つ、2つ、3つと識別できる
究極の微弱光計測用カメラORCA[®]-Quest

量子コンピュータ
などの最先端分野で
新たな知見の発見に期待



「すべての研究室に一台」を目指す
MEMS共焦点ユニット

高速・高感度・コンパクトで
共焦点顕微鏡の
常識を塗り替える



連載

「ミトコンドリア」
生命と健康を支える
細胞内の小さな巨人
[第1回]ミトコンドリアとは？

新製品ニュース

MPPC[®]
(Multi-Pixel Photon Counter)

S15639-1325PS

光センサモジュール

H16200-40, H16201-40

ORCA[®]-Quest qCMOS[™]カメラ

C15550-20UP

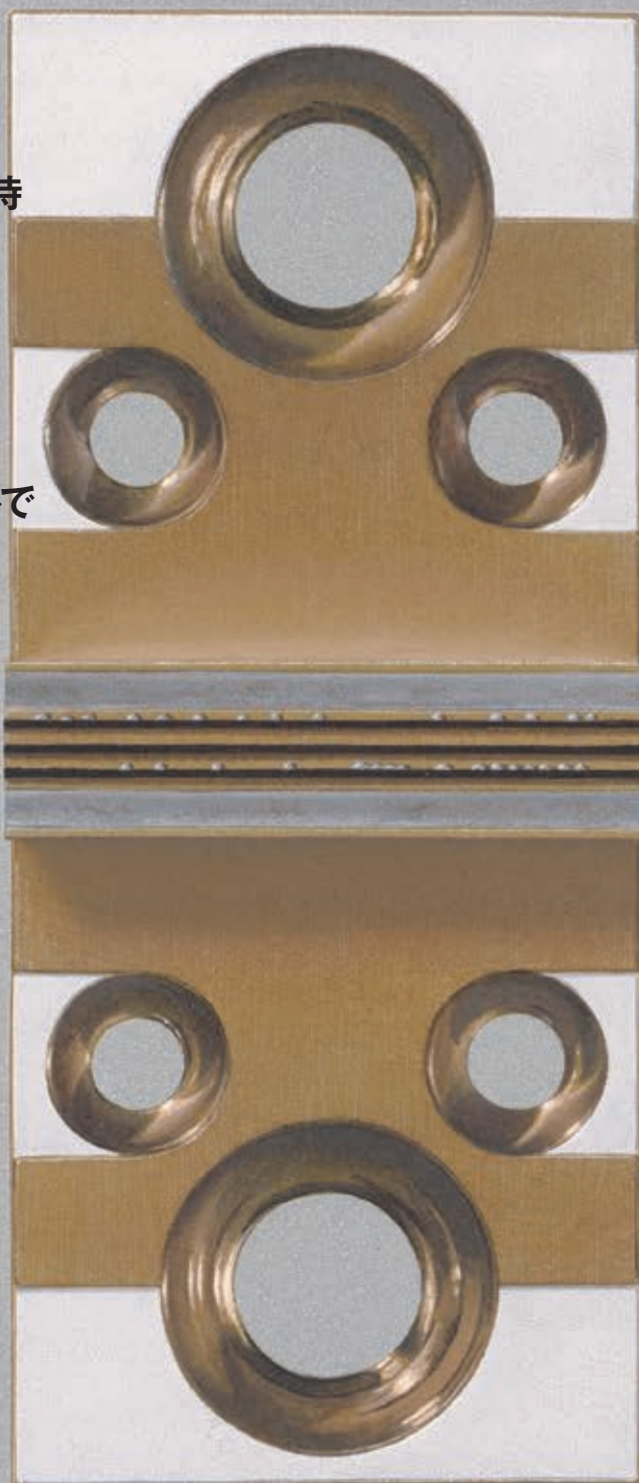
量子カスケードレーザ

L12004-2190B-G/-E,

L12005-1900B-G/-E

ホットニュース

Webコンテンツ紹介



Index

■ R&Dインタビュー

- ・ORCA®-Quest qCMOS™カメラ P05
- ・MAICO® MEMS共焦点ユニット P09

■ 新製品ニュース

- ・光半導体製品 P13
- ・電子管製品 P15
- ・システム製品 P19
- ・レーザ製品 P21

■ 連載 P25

■ ホットニュース P29

Webコンテンツ紹介

「表紙のイラスト」

パルスレーザダイオードバーモジュール
L13459-01



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、パルスレーザダイオードバーモジュール L13459-01を描いていただきました。

ORCA®-Quest

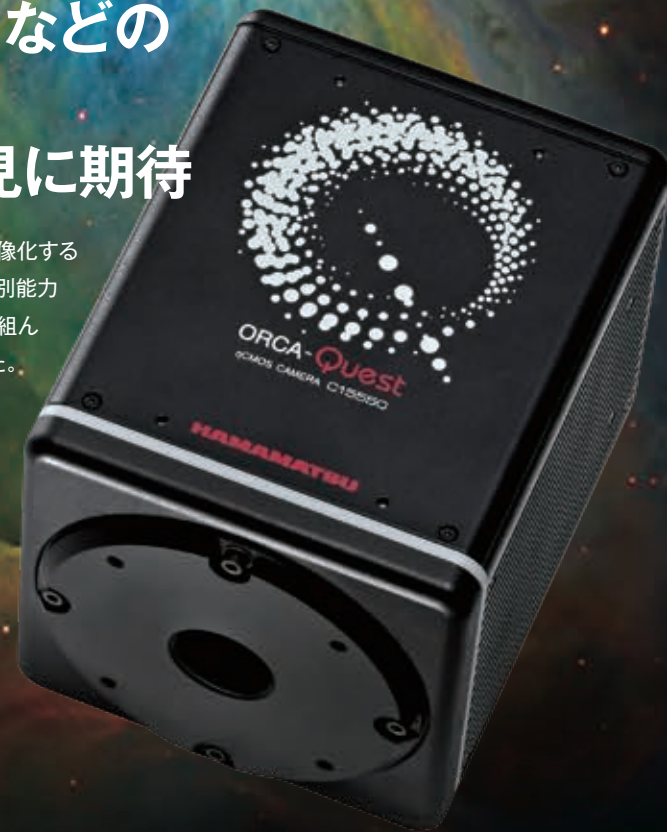
フォトン1つ、2つ、3つと計測できる
究極の微弱光計測用カメラORCA®-Quest

量子コンピュータなどの 最先端分野で 新たな知見の発見に期待

究極の低ノイズ化で光子の数を正確に計測し画像化するORCA®-Quest qCMOS™カメラ。光子数の識別能力を実現できた背景には、長年低ノイズ化に取り組んできた開発陣の厚い設計ノウハウがありました。世界を股にかけた市場創造への努力は、どのように実ったのでしょうか。



▶ P05



05

R&Dインタビュー

MAICO™
MEMS CONFOCAL UNIT

「すべての研究室に一台」を目指すMEMS共焦点ユニット

高速・高感度・コンパクトで 共焦点顕微鏡の 常識を塗り替える

分解能が高く、深さ方向の画像がとれる共焦点蛍光顕微鏡。MAICO® MEMS共焦点ユニットは、高価格で導入が難しいという研究者の不満を解消し、高速・高感度・コンパクトで、クロストークのない多波長同時観察を可能としました。開発と製品化を主導した3名のキーパーソンが語ります。



▶ P09



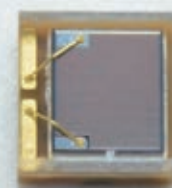
09

R&Dインタビュー

新製品ニュース

浜松ホトニクスホットな新製品を紹介します。

▶ P13



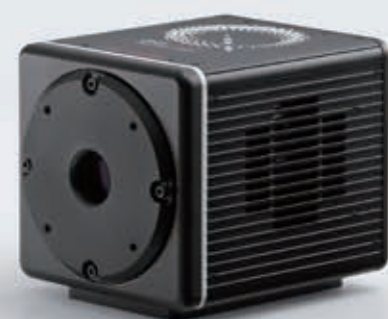
MPPC® (Multi-Pixel Photon Counter) S15639-1325PS



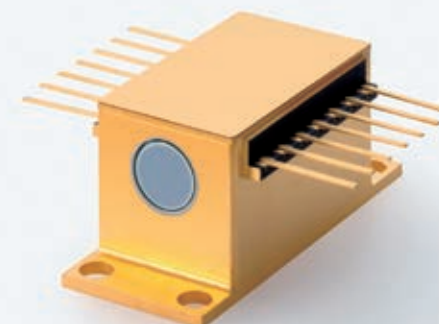
光センサモジュール H16200-40, H16201-40

13

新製品ニュース



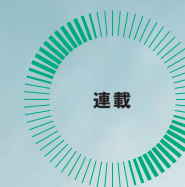
ORCA®-Quest qCMOS™カメラ C15550-20UP



量子カスケードレーザ L12004-2190B-G/-E, L12005-1900B-G/-E

25

連載



「ミトコンドリア」 生命と健康を支える 細胞内の小さな巨人

第1回

ミトコンドリアとは？

近年の研究により、これまで知られていたよりもはるかに重要な役割を果たしていることが分かってきた「ミトコンドリア」。その最新の研究成果を、4回にわたって紹介します。

▶ P25



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	セキュリティ	産業	非破壊	学術研究
LED	中赤外LED L15893-0330ML, L15894-0390ML, L15895-0430ML	▶ P13				●	●				●		
測距イメージセンサ	測距エリアイメージセンサ S15743-01WT, S15744-01WT	▶ P13				●				●	●		
MPPC	MPPC® (Multi-Pixel Photon Counter) S15639-1325PS	▶ P14				●					●		
光半導体モジュール	バランス検出器 C12668-05/-06	▶ P14	●	●		●	●						

● 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	セキュリティ	産業	非破壊	学術研究
光検出器	光センサモジュール H16200-40/H16201-40	▶ P15	●	●	●	●	●						
	光センサモジュール H12056-40	▶ P16	●	●	●	●	●						
	光センサモジュール H16146-110	▶ P17	●	●	●	●	●						●
	光センサモジュール H14603/H14950/H14951/H14953	▶ P17	●	●	●	●	●			●	●		
	光センサモジュール H14990-100-02	▶ P18							●				
	8インチ (202 mm) ヘッドオン型光電子増倍管 R14688-100	▶ P18											●

● 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	セキュリティ	産業	非破壊	学術研究
カメラ	ORCA®-Quest qCMOS™カメラ C15550-20UP	▶ P19		●		●		●			●	●	●
半導体故障解析装置	PHEMOS®-X エミッション顕微鏡 C15765-01	▶ P20					●	●			●		

● 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	セキュリティ	産業	非破壊	学術研究
半導体レーザ	量子カスケードレーザ L12004-2190B-G/-E, L12005-1900B-G/-E	▶ P21					●						
レーザ関連製品	空間光位相変調モジュール C15789シリーズ	▶ P22									●		
半導体レーザ	パルスレーザダイオードバーモジュール L13459-01	▶ P23						●			●		●
	DDL同軸ユニット A15185シリーズ	▶ P23						●			●		
固体レーザ	パルスファイバレーザ L16066-01	▶ P24						●			●		

応用分野

- メディカル

医療用
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
- セキュリティ

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

R&Dインタビュー

ORCA®-Quest

フォトンを1つ、2つ、3つと識別できる究極の微弱光計測用カメラORCA®-Quest

量子コンピュータなどの最先端分野で 新たな知見の発見に期待

究極の低ノイズ化で光子の数を正確に計測し画像化するORCA®-Quest qCMOS™カメラ。光子数の識別能力を実現できた背景には、長年低ノイズ化に取り組んできた開発陣の厚い設計ノウハウがあった。製品リリースに先立ち、想定顧客として物理関係のキーオピニオンリーダーを世界中から選定し実施した大規模なマーケティング調査。そしてアメリカ、ヨーロッパ、中国各地の現地法人を巻き込んだ市場創造への努力は、どのように実ったのか。プロジェクトの中軸を担った5人のメンバーから話を聞いた。



(左から)
プロダクトマネージャー 国内営業担当 プロジェクト責任者 カメラ設計 カメラ設計
システム事業部企画部製品企画G システム事業部営業推進G システム事業部設計部第14部門 システム事業部設計部第14部門 システム事業部設計部第14部門
土屋 邦彦 鈴木 健司 中島 真央 亀山 卓生 京極 将矢



光子数が識別できるという革新

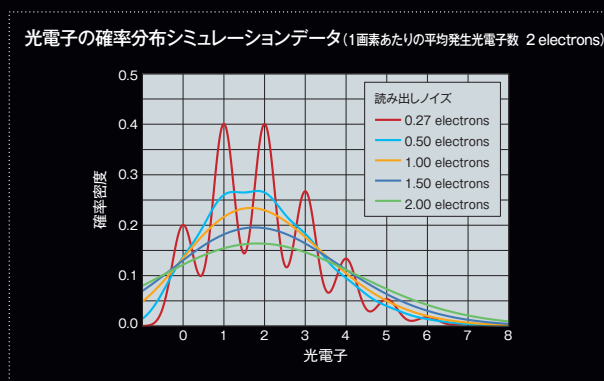
まずqCMOS™カメラとは何か、からお話しいたしましょうか。

中島 qCMOS™カメラのQはQuantitativeの頭文字を取ったもので、定量的という意味があります。弊社は「Photon is our business」をうたっているように、1つ1つの光の粒を検出するというのがミッションです。今までもフォトンカウンティングのような形で実現はしていたのですが、厳密に言うと、「光子（フォトン）1つ」という単位で計測はできていなかったのです。

できていなかったという？

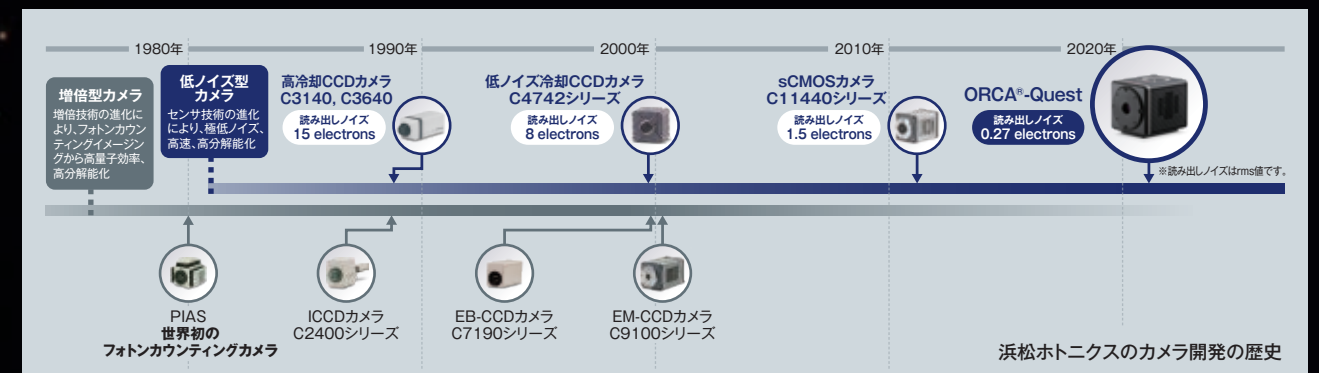
中島 検出器で光子を受け取るときに、検出器の中でどうしてもノイズが発生してフォトンの信号が埋もれてしまうのです。これまでずっとノイズの低減を主眼にカメラの設計開発をしてきたのですが、今回はノイズを極限まで低減し、フォトン数を明確に数えられるようにしました。そこが大きな違いです。

土屋 数を数えられるということは定量的な計測ができるということです。それで今回はqCMOS™という商標を取得し、qCMOS™センサを搭載したORCA®-Questとしてリリースすることにしました。



浜松ホトニクスのカメラ開発の歴史から見ると、ORCA®-Questはどのような位置づけになりますか。

土屋 弊社は微弱光計測用カメラのバイオニアで、もうかれこれ30年以上前から世界に先駆けて、1つの光子を検出する感度を有するフォトンカウンティングカメラをリリースしています。そこから画素数や読み出し速度、ノイズ性能などがどんどん進化しており、センサ内で電子を何千倍にも増倍する機構を有したEM-CCDカメラなどもリリースしてきました。



中島 並行して、フォトンを増倍せずにセンサそのもののノイズを下げるという取り組みも行ってきました。レンズから入った光を画像に変換するCCDやCMOSといった撮像素子の進化と合わせて、増倍しなくてもフォトン1つ1つを観察できるようになってきたのです。

土屋 今回リリースしたORCA®-Questは、ノイズを究極的に低減することで、増倍せずにシングルフォトンで計測できるだけでなく、フォトン数も1つ、2つ、3つと識別できます。つまり、空間的な光子数識別が可能であり、微弱光計測の究極型カメラと言えるのではと思います。

EM-CCDカメラを超える 微弱光計測用カメラを開発せよ

EM-CCDカメラはフォトンを増倍して見ていた。対してORCA®-Questはノイズを極限まで落とすことでシングルフォトン数まで数えられるようになったということですね。なぜ、こうしたカメラが必要とされるのでしょうか。

中島 市場の要求です。ノイズが低ければ、今まで見えなかったものが見えてくる、検出できなかったものが検出できるようになります。この市場の期待に応えるために、撮像素子がCCDからCMOSに置き換わってからここ10年くらいは、ずっと低ノイズ化に着目して開発をしてきました。

亀山 qCMOS™を開発し始めたのが2017年ぐらいで、弊社で科学計測用のCMOSカメラを出してから7年ほどたっていました。そのころ、極微弱光の検出にはEM-CCDカメラが使われていて、その性能を超えるためには、もっとノイズを下げて検出限界を上げないと、ということで開発が始まったのです。



中島 弊社ではEM-CCDカメラもCMOSカメラも作っているのですが、より市場の要求に応え、微弱光計測用カメラのバイオニアとしての役割を果たすためには、ノイズを極限まで下げることが必須でした。

なるほど。では、ORCA®-Questの技術的な側面を伺いましょう。

京極 微弱光計測の品質というのは、ノイズと信号の比率、つまりS/N比をどれだけ良くするかにかかっています。低ノイズ化を進めれば進めるほど信号だけが残ることになります。信号成分だけを正しく測定できるということは、すなわち定量的な計測ができるということです。ノイズを極限まで下げるとことは、定量的な計測が実現できるということにつながります。

先ほどフォトン数を数えられると聞きましたが、フォトンカウンティング自体は以前からやっていたのですよね？

京極 はい、従来のカメラでも、光子の数を数えるフォトンカウンティングをやっていました。しかし、基本的に「0」か「1以上」かだったのです。「1以上」というのは、2でも10でも100でも「1以上」です。要するに2種類の計測だったわけです。ORCA®-Questが出てきたことによって、同時に入ってきたフォトン数が、2なのか10なのか100なのかが見えるようになりました。光子数識別ができるようになり、究極の定量性を実現したのです。



物理関係の研究者を世界から集め、 市場調査を実施

光子数識別のメリットを待望している市場としては、どのあたりを想定しているのでしょうか。

土屋 まず期待しているのは量子技術分野で、特にその中でも量子コンピュータ関係を想定しています。今回の新製品の開発に当たっては、国内の営業本部、アメリカ、ヨーロッパ、中国の現地法人でプロジェクトメンバーをきっちりと決め、そのメンバーを中心に議論を進めました。国内営業本部、現地法人と相談しながら、量子技術を中心とした世界中の物理関係の研究者からキーオピニオンリーダーをピックアップし、製品をリリースする前からオンラインで国内外40人以上のお客様や研究者にヒアリングをしたのです。

R&Dインタビュー

結果はいかがでしたか？

土屋 関係者のスケジュールの調整、特に海外が相手の場合は時差の影響で深夜や早朝に議論することが多くて大変だったのですが、研究者やお客様からのORCA[®]-Questに対する大きな期待を感じました。もともと想定はしていたのですが、現地法人の担当者と話をしたり、キーオピニオンリーダーにヒアリングをした結果、量子コンピュータの研究に最適なカメラだということが、期待から確信に変わったということです。

具体的にどんな反応がありましたか？

中島 実は、光子数識別という特徴ですが、実際にどういった用途があるか、私たちにも未知の部分が多くありました。ところが、この技術を紹介すると「これ、すごい、何だろう、使えるかも、ぜひ使ってみたい」という声が上がってきたのです。

土屋 量子の研究をされている海外のお客様から、「今までフォトンがあるかないかわからなかったのが、フォトンの1つと2つを識別することができるようになったことが、非常に重要」と聞きました。たぶん、目を輝かせて言ったのではと思います(笑)。



ライフサイエンス、天文等への広がり

量子コンピュータの他に、どんな用途を想定されているでしょうか。

鈴木 ライフサイエンスの分野があります。たとえば、僕たちの体は小さな電気信号や物質の移動の連鎖によって動いています。ごくわずかな変化です。ORCA[®]-Questは、そのわずかな変化を、1フォトン、2フォトンというように数えられます。そうすると今まで解明されていなかった人体の機能や、誰も気づいていなかった機能に気づける可能性があります。さらなる生命研究を促進していくとか、新しい知見が出てくるのではないかと期待しています。

土屋 天文学関連の市場も想定しています。明るい星の横に暗い星がある場合、普通は見えないものですが、明るい星の周りの星も観察したいという時があります。このカメラですと、暗い星の方もしっかり捉えられるので期待に応えられるのではと考えています。

鈴木 オーロラの観察もあります。オーロラを観察するというのは、地球を取り巻く磁場を観察していることになります。磁場が強いとGPSの位置情報が狂うので、飛行機が緯度も下げて航行したりもしているそうです。これから車の自動走行が進歩してくるとGPSの誤差は深刻な事故につながります。そういったものを避けるためにも使えるかもしれません。

土屋 ラッキーイメージングも用途の1つです。地上から夜空を撮影すると大気のゆらぎの影響で恒星がゆらいだ画像になるのですが、短い露光時間でひたすらシャッターを切ると、ゆらぎの影響のないきれいな画像が撮れる場合があります。そういったラッキーな画像だけを選んで、位置合わせをして積み重ねていく方法をラッキーイメージングというのですが、そのようなところでORCA[®]-Questが使えることは実証済みです。

設計部がブレずに貫いた開発方針が功を奏した

開発の途中で困ったことはありませんでしたか？

京極 自分たちはいつも通りに設計をただけで、特別な苦勞をしたということはありませんでした。強いて言えば、今回初めて採用したセンサを使ったので、その辺のノウハウがなかったことくらい。さまざまなパラメータをコントロールできる評価機を作って、センサを使いながら、どういう動きをするのか探り探りやっていきました。だから画が出るまでが苦勞と言えは苦勞です。

亀山 画が出てからノイズの解析をするのですが、こちらはスムーズにいきましたね。もう10年くらいずっとカメラの開発をやってきていますので、蓄積があります。画がずれたり、ノイズが高かったりしたら、どこを見ればいいのかは長年の経験からわかりますので。

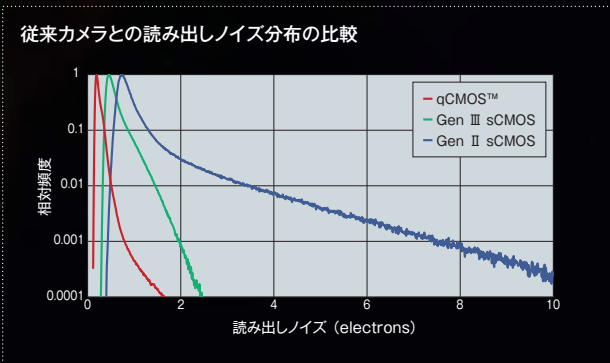
鈴木 営業の立場から言うと、ORCA[®]-Questの先行モデルが2011年に発売され、それ以降、弊社の製品開発はノイズを下げていく方向に進んでいきました。ところが競合他社の多くは、量子効率の高さを売りに販売を進めていたので、「量子効率が高いカメラが良いカメラ」という認識が市場に広まっており、営業としては困った状況になりました。

量子効率が高いとはどういうことですか。

亀山 量子効率が100 %だと、フォトンが10個入ってきたら10個の光電子に変換されます。量子効率が10 %だと、フォトンが10個来ても1個しか光電子に変換されない。この違いは感度に大きく影響を与えます。でも微弱光という領域で考えると、量子効率よりノイズの方がより重要なのはわかっていました。

中島 事前のシミュレーションでも低ノイズ化がカメラの性能に最も影響を与えることは明白でした。営業が量子効率を求めていることは聞いていましたが、私たちは一貫して低ノイズ化に取り組みました。結果として究極の低ノイズ化を達成しただけでなく、量子効率も90 %と高い数値を出すことができたのです。

鈴木 結果的に、営業としては、設計部が方針を変えずに進めてくれてよかった、ということになりました。



量子コンピュータ研究の波に乗り、未踏の市場開拓へ

ORCA[®]-Questは、すでにいくつかの市場が想定されているようですが、営業的には今後どんな展開をお考えでしょうか。

土屋 量子コンピュータに関してはいろいろなニュースや報告がされていますが、実際のところはまだ基礎研究の段階です。ただ量子コンピュータの実用化に対する期待はすごく大きいので、まずは研究分野を中心にORCA[®]-Questが使われるものと期待しています。先ほども話しましたが、ORCA[®]-Questは開発が完了する前から物理関係のマーケットに入り込めるようにいろいろと手を打ってきました。製品のリリースと同時に買ってもらえるような市場開拓を進めたり、研究者のヒアリングを通して、リリース前に機能を追加したりしています。結果、海外市場ではリリース前からかなりの反響を得ることができましたし、今後もこの流れは続くと考えています。

鈴木 国内も同様です。2020年に初めて量子コンピュータが日本に導入されたので、この年が日本の量子元年と呼ばれています。それに合わせて、量子関係の研究予算も増えています。その波に乗れるちょうど良いタイミングでORCA[®]-Questが完成しましたので、営業的にも良い感触です。



技術面での今後の目標は？

中島 今までずっと低ノイズ化の追求をやってきましたので、今後

も低ノイズ化の追求は、技術的な目標の1つかなと思っています。また先ほど話に出ていた量子効率など、まだまだ改善すべきところがあります。

亀山 私の場合は、ある画素はノイズが高かったり、別の画素は低かったりということがまだありますので、すべての画素のノイズを低くするのが目標ですね。

京極 ノイズを低減していくことに加え、次は高速化かなと思っています。光は、時間を短く区切っていけばいくほど光量が減っていくので、高い感度が必要になってきます。超高感度を実現したORCA[®]-Questはすごいのですが、次はフレームレートをもっと速くしていくのが目標の1つだと思っています。

探求の松明を掲げ、研究者の道を照らす製品に

ORCA[®]-Questのデザインやロゴマークにも工夫があると聞きました。

鈴木 物理関係で使ってもらうために、筐体から光が反射しないような黒色や光沢が少ない材質を採用しています。製品の一部にマークが付いているのですが、ORCA[®]-Questのインパクトを印象付けるために、現地法人の担当者と一緒に30以上の候補から選んだものです。



中島 Questという名前はQuantitativeのQから取っているのですが、このマークは、Questという「探求」を意味する言葉を、研究者の研究分野を灯す松明のイメージに重ね、フォトンを表す粒のイメージと合わせて、Qの文字を表しています。

なるほど、製品の特徴と貢献分野をマークで示しているということですね。では、最後になりますが、プロダクトマネージャーから読者へのメッセージをお願いします。

土屋 ORCA[®]-Questは究極の低ノイズを実現した微弱光計測用のカメラです。量子コンピュータを代表とした量子技術の分野をはじめ、いくつかの市場を想定してはいるのですが、2次元の光子数識別は今まで存在していなかった技術です。つまり、この新しい技術を使って新たなサイエンスを切り拓く可能性が潜在的にあるものと考えています。今まで観察や計測が不可能だった分野での「見えないものを見たい」とか「フォトンを定量的に計測したい」といったお客様の声をお待ちしています。お気軽にお問い合わせください。

お問合せ

製品についてのお問い合わせは、下記までお願いいたします。

システム営業推進部 〒431-3196 浜松市東区常光町812
TEL: 053-431-0150 FAX: 053-433-8031 E-mail: sales@sys.hpk.co.jp

ORCA[®]-Quest qCMOS[™]カメラは、新製品ニュースでも紹介しています。(▶P19)

R&Dインタビュー

マイコ
MAICOTM
MEMS CONFOCAL UNIT

「すべての研究室に一台」を目指すMEMS共焦点ユニット

高速・高感度・コンパクトで 共焦点顕微鏡の常識を塗り替える

分解能が高く、深さ方向の画像がとれる共焦点蛍光顕微鏡は生物系の研究に不可欠な装置となった。ところが価格が高いために研究室単位での導入が難しく、研究者の不満のもととなっていた。この不満を解消し、プラスアルファの利便性を携えて登場した浜松ホトニクス製のMAICO[®]MEMS共焦点ユニット。高速・高感度・コンパクトな特長に加えて、クロストークのない多波長同時観察を可能にする。開発と製品化を主導した3名のキーパーソンに話を聞いた。



(左) プロジェクトマネージャー システム事業部システム設計部第14部門 山下 慈郎
(中) 電気設計 システム事業部システム設計部第14部門 三保家 隆
(右) 光学設計 システム事業部システム製品設計部光学G 松田 俊輔

研究者の不満を解消するコンセプト

まず、共焦点顕微鏡とは何かから、ご説明いただけますか。

山下 光学顕微鏡の歴史は古くて、現在に至るまでさまざまな観察手法が開発されています。それまで見えなかったものが観察できるようになって、産業と研究の発展に貢献してきたのです。その中で共焦点顕微鏡は比較的新しい技術に位置づけられます。分解能が高く、深さ方向にスライス画像がとれることが特徴です。

松田 共焦点蛍光顕微鏡は鮮明な観察ができることから生物学分野で広く用いられていますが、機器の価格が高いため大学

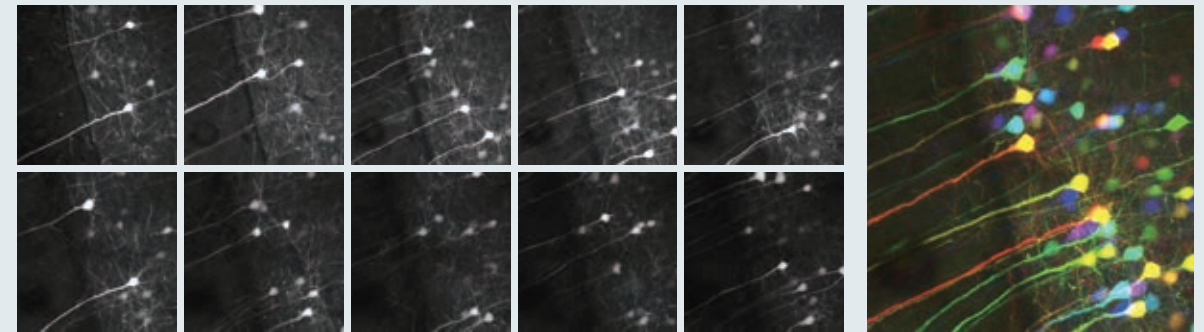
の共通機器として導入されることがほとんどです。そのため、混雑する時期は、みんなで取り合いになって自由に使えない。このような不満を多くの研究者から聞いていました。

山下 それで私たちは、個々の研究室が持っている通常の顕微鏡に取り付けて使えるような小型の共焦点ユニットを開発して、研究者の悩みを解消しようと考えたのです。

MAICO[®]という製品名には、何か由来があるのでしょうか。

松田 My confocalという意味です。私専用の共焦点ユニットということですね。研究室で研究者が独占して使えるメリットを打ち出しました。

撮像例:マウス脳のZセクションイメージング



画像提供:Dr. Christian Jüngst and Dr. Astrid Schauss (CECAD Imaging Facility, University of Cologne)
マウス脳の固定サンプルを5 μmごとにフォーカス移動して取得した画像(抜粋)と、Zセクションごとに着色した統合画像

山下 研究室で購入できる価格を500万円くらいと想定し、その範囲に収めることを絶対条件として開発を始めました。実現したかったのは、既存の顕微鏡に取り付けて共焦点顕微鏡として使えるようにすること、そして、まず最小構成で導入してから研究の発展に応じて拡張できるようにすることです。

共焦点顕微鏡を開発しようとはしなかったんですね。

山下 既存の顕微鏡をもっと有効に使ってもらえるようなユニットを開発したほうが、価格も抑えられるし、市場全体の発展に貢献できると考えたのです。結果としてこれは正解で、お客様となる研究者からも高い評価をいただいています。

主要な構成要素はすべて社内開発

では、開発の方針を伺っていきましょう。

三保家 製品コンセプトを実現させるための製品が社内にないか、検討を行いました。主要パーツとして、検出器は蛍光計測用途で長い実績を持つ弊社の電子管事業部製の光電子増倍管(以下、PMT)モジュールを用いることにしました。



山下 それに加えて、MAICO[®]の製品化に大きく貢献したのが、固体事業部が開発したばかりのMEMSミラーでした。MEMSとはMicro Electro Mechanical Systemsの略で、微細な機械構造や電気回路を1つの半導体基板上に集積したものです。MEMSミラーはこの技術に応用した電磁式の小型ミラーのことを言います。MEMSミラーは非常に小さくて、コストも比較的安い。だからこれを走査素子として使えば、目標としていた小型化・低コスト化ができると見込んだのです。

三保家 また、顕微鏡について使用することを考慮すると顕微鏡用ソフトウェアで使えることが好ましく、顕微鏡用デジタルカメラで実績のあるソフトウェアライブラリを使用してMAICO[®]をコントロールできるようにしました。カメラを制御するのと同じライブラリを使用できれば、MAICO[®]を採用していただくハードルがぐんと下がると考えたのです。

山下 弊社の技術の蓄積を生かした主要パーツを採用し、さらにそれらの性能を十分に発揮するために、設計から部品に至るまですべて弊社の内製で完結しているという点が大きな特徴です。内製だから設計の自由度が高く、目標とする性能を実現しやすいということですね。また、通常の共焦点顕微鏡では光源、コントロールユニットが別筐体になっていますが、MAICO[®]はこれらをすべて一体とし、小型化を実現しています。

三保家 内蔵型レーザー光源も新たに開発したものの1つです。これも小型化、低コスト化につながりました。

なぜ小型化・低コスト化になるのでしょうか？

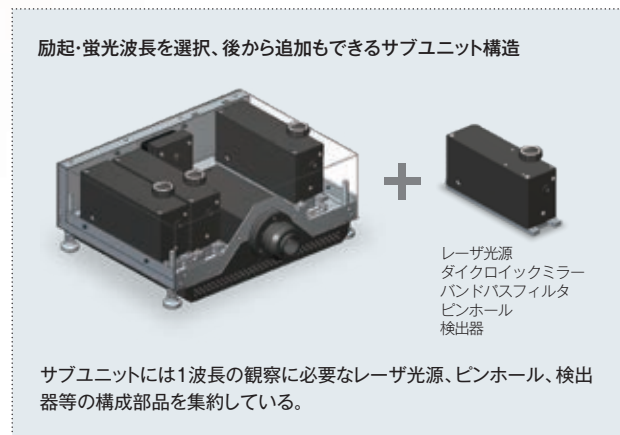
山下 既存のレーザー光源を使用すると光ファイバーで本体装置とつなげて使うことになります。だから周囲がごちゃごちゃしたり、価格が高くなってしまったりします。ところが弊社の場合、社内でレーザー光源の設計ができますので、必要最小限の構造や最適配置を実現できたのです。

三保家 共焦点蛍光顕微鏡でサンプルに励起光を当てると、サンプルがダメージを受けてしまいます。この影響を最小限にするために、MEMSミラーの動作と同期させてレーザに専用の変調をかけています。レーザ光源から設計したので、共焦点イメージングにおいて最適化した機能を低コストで作り込むことができたわけです。

開発する中で特に苦労したことはありますか？

松田 光学設計でMEMSミラーとサブユニット構造での共焦点光学系の実現が最大の難関でした。MEMSミラーというのは、直径1ミリくらいのとても小さなミラーです。共焦点の光学系というだけでも設計の難易度が高いのですが、こんな小さなミラーに向けて光を入れて、要求される解像度を実現しなければならなかった。ここが一番苦労したところ です。

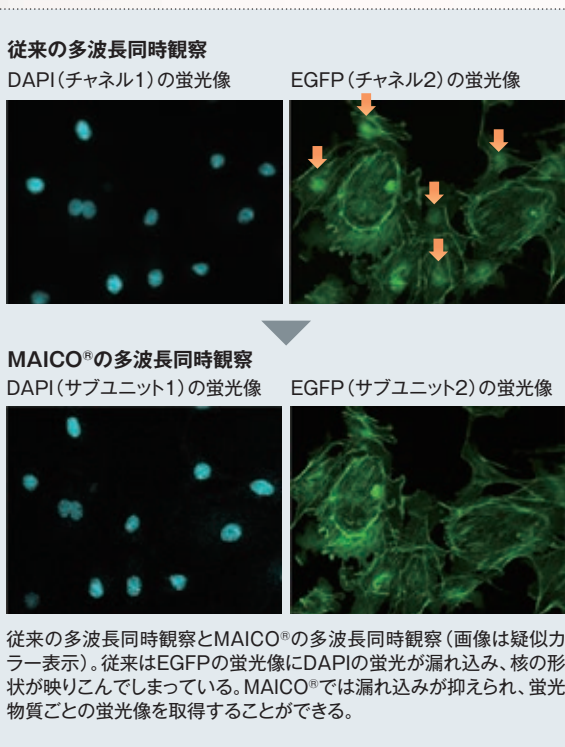
山下 その上サブユニット構造を目指したので、別の苦労もすることになりました。MAICO®は、波長1種類ごとに必要な構成部品をひとまとめにしてサブユニットとして提供しています。一台のMAICO®に最大4つのサブユニットを搭載でき、各々のサブユニットが1種類の波長の測定機能を持ちます。



松田 サブユニットのアイデアは当初からあったのですが、どのように光学系を構築するかで、随分と悩みました。結果的に共焦点の光学系を4つ積むというかたちで実現したのですが、これを成立させるための調整が非常に難しかったです。

サブユニット構造は購入後に追加で波長が増やせるということですが、それ以外にもメリットはあるのですか？

山下 サブユニット構造を採用したことで、クロストークと言われる検出チャンネル間の蛍光の漏れ込みを防ぐことができるようになりました。従来は、多波長を同時に観察しようとするクロストークが発生し、正確な計測が難しかったのです。サブユニット構造であれば、出入りする光源を独立して設計できます。結果としてクロストークを最小限に抑え、受光効率の良い多波長同時観察ができるようになりました。



評価機への予想外な指摘

三保家 評価機についてユーザーに意見をもらったところ、画像が暗い・サンプルへのダメージが大きいと言われました。原因は感度不足にありました。MAICO®は弊社製のPMTを採用していますので、感度は十分と思い込んでいたのです。しかし実際には高速動作するMEMSミラーの走査に最適化する必要があり、PMTの後段のアンプ特性や信号のサンプリング手法といった信号処理部の改良を行いました。結果、10倍以上の感度向上を達成することができました。

山下 感度向上から思わぬ副産物が生まれました。レーザの出力を下げて、求める感度を実現できるようになったのです。共焦点顕微鏡というと普通はレーザ管理区域という特別な部屋の中で使わないといけません。レーザの出力を下げることで、その管理区域が不要になりました。

三保家 レーザは、出力によってクラス分けがされています。共焦点顕微鏡は通常3Bというクラスに入ります。私たちも当初は同じ3Bクラスのレーザを使う予定だったのですが、感度が上がった結果、レーザ出力を下げることで、安全基準の要求が一段低い3Rというクラスに収めることができました。

山下 お客様にとってはレーザ管理区域に限定しないで使うことができますので、さらに利便性が高まったと言えます。

お客様の要望に応じて感度を追求したら、レーザ出力が下がり、結果として場所を問わずに使えるようになった、ということですね。

山下 まさに、その通りです。

スピーディーに、ストレスを少なく

三保家 弊社製のMEMSミラーには、いくつかの種類があります。このうちラスタースキャンタイプという非常に早く動くタイプのミラーを採用して、優れたフレームレートを実現しました。

どのくらいの速さなのでしょう。

三保家 顕微鏡を最大視野にした時で1秒間に19フレーム、最速で1秒間に76フレームを出すことができます。

山下 高速化の恩恵として、画像を見ながらサンプルの位置合わせやフォーカス合わせが簡単にできるようになりました。既存のガルバノミラーを採用した共焦点顕微鏡はフレームレートが遅いので、位置合わせやフォーカス合わせに別のカメラを用意しているという話も聞いたことがあります。高速で動く現象も撮像できる点も、MAICO®の魅力の1つです。

この製品は顕微鏡メーカー各社のどの製品にも取り付けが可能なのでしょう。

松田 各社の倒立顕微鏡に取り付けできます。各社の顕微鏡には各々違いがあるのですが、その差異をMAICO®側で吸収しています。それを行いつつ共焦点顕微鏡としての品質を維持しています。

各社の顕微鏡の構造はわかっていたということですか？

松田 実は、MAICO®以前にも各社の顕微鏡に取り付ける製品の開発を担当したことがありました。各社の顕微鏡についての知識はこの時に体得していたので、比較的スムーズに進めることができたのです。

山下 このノウハウのおかげで、MAICO®は非常に短時間で顕微鏡に取り付けることができる設計にすることができました。



お問合せ 製品についてのお問い合わせは、下記までお願いいたします。

システム営業推進部 〒431-3196 浜松市東区常光町812
TEL: 053-431-0150 FAX: 053-433-8031 E-mail: sales@sys.hpk.co.jp

お客様に驚きを

リリース後のお客様の反応は、どうでしたか？

山下 客先に出向いてデモをやらせていただいています。反応は上々です。「A3程度のサイズで、本当に共焦点を見られるの？」と半信半疑のお客様が多いのですが、実際にこの製品を取り付けて見てみると、「本当に、見える」と大抵の方は驚かれます。

松田 3月にリリースをしましたが、製品ウェブページへのアクセスが弊社の製品群の中でも非常に高い数となっており、問い合わせも多数いただきました。順調な滑り出しをしています。



今後、どんな商品に育て上げていきますか？

山下 「すべての研究室に一台」をコンセプトに普及を図っていきます。既存の倒立顕微鏡に取り付け可能で、感度も良く、クロストークが抑えられるなど、多くのメリットを提供できる製品ですから、お客様からも注目していただいています。

三保家 顕微鏡メーカーや共焦点顕微鏡を使った装置を開発・販売しているメーカーなどからのOEMのご要望にもお応えしています。MAICO®を光学系の一部として使い、装置全体を小型化したいといった要望にもご対応できるものと考えています。

山下 浜松ホトニクス幅広い光技術を統合して開発したMAICO®。共焦点顕微鏡を使った研究や商品開発の発展に、ぜひ活用ください。

LED

計測分析産業

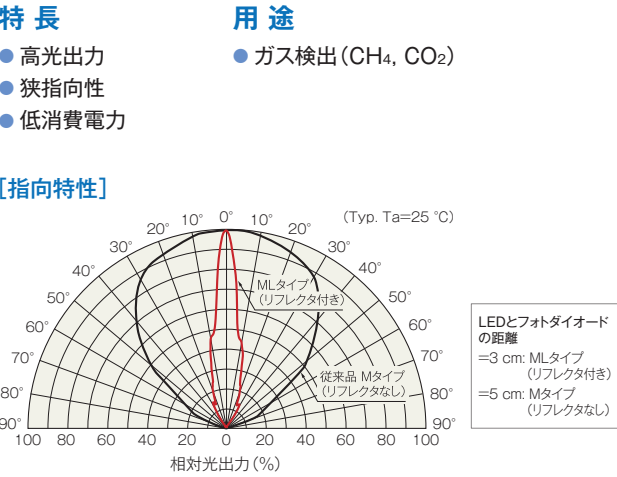
中赤外LED L15893-0330ML, L15894-0390ML, L15895-0430ML



リフレクタ付き
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 (L15893-0330ML)、3.9 μm (L15894-0390ML)、4.3 μm (L15895-0430ML) の中赤外LEDです。ガス検出器の光源に適しています。

従来品との相違点
リフレクタなしの従来製品に比べて、約10倍の放射強度を実現しています。(LEDとフォトダイオードの距離: 約17 mm)



項目	L15893-0330ML	L15894-0390ML	L15895-0430ML	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	1.0	μm
放射束*	2.6	2.4	1.4	mW
順電圧*	2.7	2.2	2.0	V
上昇時間 (max.)	1			μs

※ I_F=80 mA, QCWモード

測距イメージセンサ

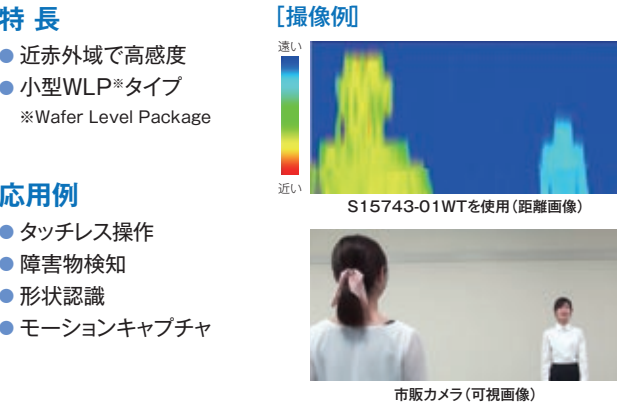
計測セキュリティ産業

測距エリアイメージセンサ S15743-01WT, S15744-01WT



裏面入射型、近赤外高感度
TOF方式で対象物までの距離を測定

TOF (Time-of-Flight) 方式で対象物までの距離を測定するセンサです。パルス変調した光源と組み合わせて使用し、発光・受光タイミングの位相差情報を出力します。その出力信号を外付けの信号処理回路またはPCで演算することによって、距離データが得られます。



項目	S15743-01WT	S15744-01WT	単位
有効画素数 (H x V)	128 x 8	320 x 20	画素
画素サイズ (H x V)	20 x 50		μm
画素ピッチ	H	20	μm
	V	146.5	

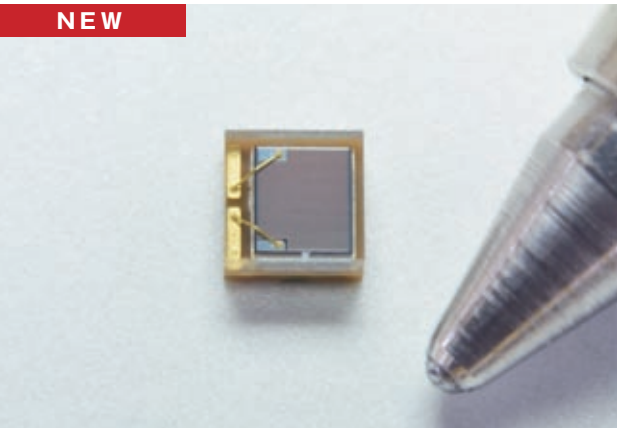
評価キット

S15743-01WT、S15744-01WT用の評価キットを用意しています (センサ付き)。詳細は、弊社営業までお問い合わせください。

MPPC

計測産業

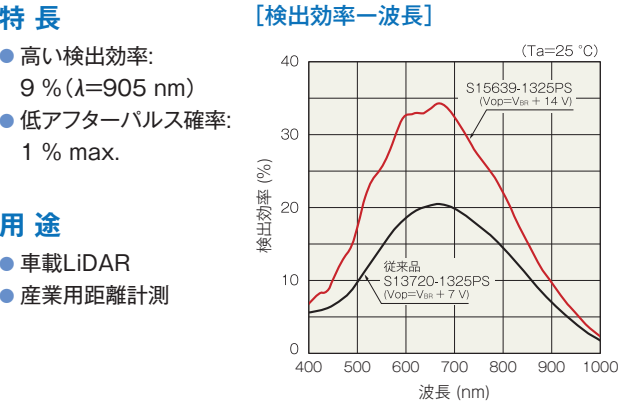
MPPC® (Multi-Pixel Photon Counter) S15639-1325PS



LiDAR用の近赤外高感度MPPC

LiDAR (Light Detection and Ranging) で用いられる近赤外域において、高い検出効率を実現したMPPCです。

従来品との相違点
従来品 S13720-1325PSと比べて、905 nmにおける検出効率が7 % から9 % に上がりました。



項目	仕様	単位
有効受光面サイズ (H x V)	1.3 x 1.1	mm
ピクセルピッチ	25	μm
ピクセル数	2120	—
検出効率 (λ=905 nm)	9	%
降伏電圧	42	V
ダークカウントレート*	700	kcps
クロストーク確率	6	%
アフターパルス確率	1 max.	%
増倍率	1.7 x 10 ⁶	—

※閾値=0.5 p.e.

光半導体モジュール

メディカルライフ計測分析

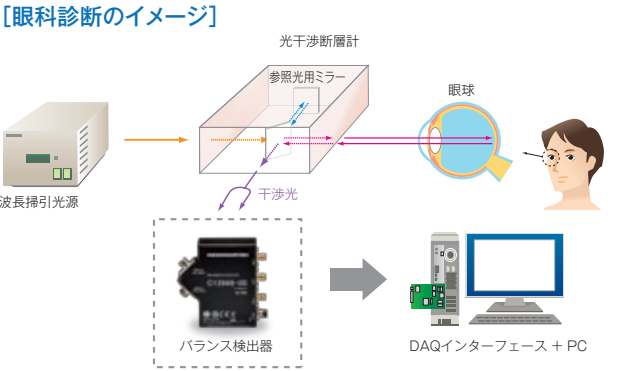
バランス検出器 C12668-05/-06



多重反射を軽減したバランス検出器

特性のバランスがとれた2つの弊社製フォトダイオードを内蔵した差動増幅型の光—電気変換モジュールです。それぞれの光電流を相殺する向きにフォトダイオードを接続し、微小な光量の差を変位信号としてとらえて電気信号に変換して出力します。眼科診断などに用いられるOCT (Optical Coherence Tomography: 光干渉断層計) への応用が可能です。

従来品との相違点
従来品 C12668-01/-02 (DC ~ 200 MHz)、-03/-04 (DC ~ 400 MHz) に比べて、0.1 ~ 800 MHzの高速応答を実現しています。



型名	C12668-05	C12668-06	単位
内蔵素子	InGaAs PINフォトダイオード		—
最適波長帯*1	1.0	1.3	μm
周波数帯域 (-3 dB)	0.1 ~ 800		MHz
同相信号除去比	30		dB
変換インピーダンス (50 Ω)	29		kV/A
電源電圧	±12		V
外形寸法 (W x H x D) *2	18 x 70 x 63		mm

※1 多重反射を最も軽減できる波長
※2 出力部のコネクタを除く

NEW

広ダイナミックレンジ・可視域で高感度なPMTモジュール

可視域で高感度なGaAsP光電面を採用したメタルパッケージ光電子増倍管、高圧電源回路を内蔵したモジュールです。

従来品との相違点

最大出力信号電流が2 μAから40 μAと向上し、広ダイナミックレンジを実現しました。
顕微鏡応用において、異なる明るさの試料を、コントロール電圧（ゲイン）を変更せずに計測することが可能です。



左：H16200-40 右：H16201-40

光検出器

メディカル ライフ 創薬 計測 分析

光センサモジュール H16200-40, H16201-40

特長

- 広ダイナミックレンジ: 最大出力信号電流 40 μA
- 高感度: GaAsP光電面
- 小型

用途

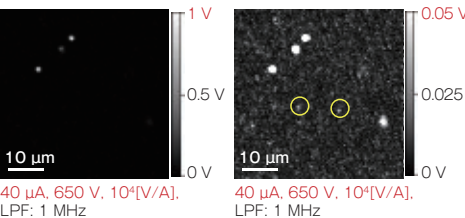
- レーザ顕微鏡
- フローサイトメータ

【イメージング比較】

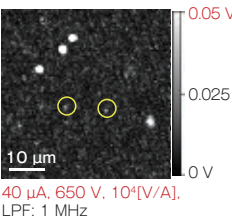
試料: 1 μm & 0.2 μm ビーズ

H16201-40

広ダイナミックレンジにより、大小ビーズを電圧変更せず一度に撮影可能。



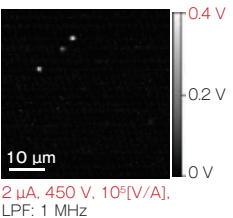
40 μA, 650 V, 10⁶[V/A], LPF: 1 MHz



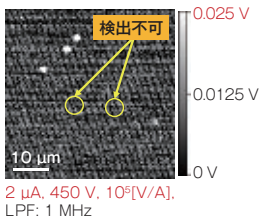
40 μA, 650 V, 10⁶[V/A], LPF: 1 MHz

従来品

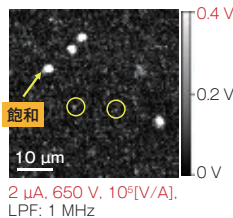
ダイナミックレンジが狭く、ビーズの大きさに合わせた電圧変更が必要。



2 μA, 450 V, 10⁶[V/A], LPF: 1 MHz



2 μA, 450 V, 10⁶[V/A], LPF: 1 MHz



2 μA, 650 V, 10⁶[V/A], LPF: 1 MHz

【資料提供】磯部 圭佑 特定教授 先端イメージング学講座（産学共同：国立研究開発法人理化学研究所・京都大学・浜松ホトニクス株式会社）

NEW

ゲート機能付・可視域で高感度なPMTモジュール

可視域で高感度なGaAsP光電面を採用したメタルパッケージ光電子増倍管、高圧電源回路、ゲート回路を内蔵したモジュールです。
ゲート機能により、試料へ照射する励起光などの過大光から光電子増倍管を電氣的に保護できます。

従来品との相違点

従来品H11706-40より、ゲート幅が長くなりました（1 ms ～ DCで調整可能）。
H12056シリーズにGaAsP光電面が新しく加わり、レーザ顕微鏡の画質が向上します。



光検出器

メディカル ライフ 創薬 計測 分析

光センサモジュール H12056-40

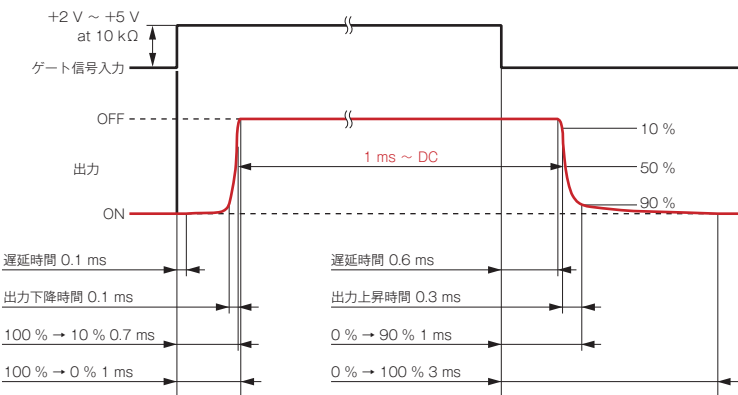
特長

- ゲート機能: 1 ms ～ DC
- 高感度: GaAsP光電面
- 小型

用途

- レーザ顕微鏡

【ゲート特性】



項目	内容・値	単位
感度波長範囲	300 ～ 740	nm
量子効率 at 520 nm (typ.)	45	%
有効光電面サイズ	φ5	mm
入力電圧	5	V
最大入力電流	10	mA
最大平均出力電流	40	μA
ゲート幅	1 ms ～ DC	—

光検出器

メディカル ライフ 創薬 計測 分析 学術研究

光センサモジュール H16146-110



特長

- USBインターフェース付
- 信号のデジタル出力
- コントロール電圧のデジタル制御
- USBバスパワーで動作可能

用途

- 微弱光計測

USBインターフェース付 パソコンからの出力信号読み出し・コントロール電圧制御が可能

メタルパッケージ光電子増倍管、高圧電源回路、デバイダ回路、出力電流電圧変換回路、ADコンバータを内蔵したモジュールです。

従来品との相違点

ピン/ケーブル出力と違い、USB接続のため取り扱いが容易。

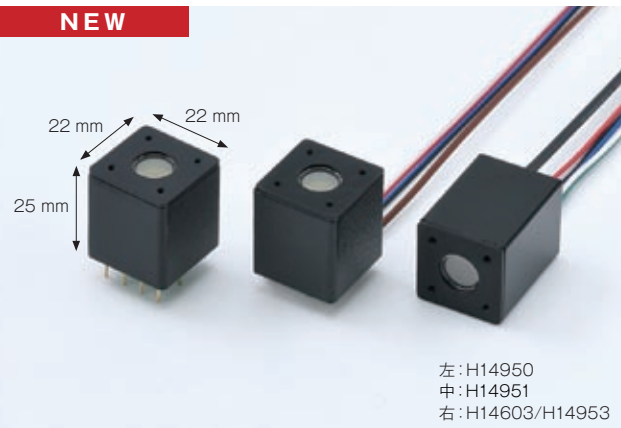
項目	内容・値	単位
感度波長範囲*	230 ~ 700	nm
有効光電面サイズ	φ8	mm
入力電圧	+5 (USBバスパワー)	V
I-Vアンプ最大出力電圧	+4	V
I-Vアンプ周波数帯域	DC ~ 20 kHz	—
I-V変換係数	1	V/μA
ADコンバータサンプリング周波数	200	kHz
ADコンバータ分解能	16	bit

※ 他波長も対応可能

光検出器

メディカル ライフ 創薬 計測 分析 セキュリティ 産業

光センサモジュール H14603, H14950, H14951, H14953



特長

- +15 V動作の電流出力タイプ
- ±5 V/±15 V動作の電圧出力タイプ
- 低消費電力

用途

- 高感度ポータブル装置
 - 環境測定
 - POCT (検体検査)

サフィックス	感度波長範囲 (nm)	光電面
-100	300 ~ 650	スーパーバイアルカリ
-103	185 ~ 650	スーパーバイアルカリ
-200	300 ~ 650	ウルトラバイアルカリ
-01	300 ~ 870	マルチアルカリ
-04	185 ~ 870	マルチアルカリ
-20	300 ~ 920	赤感度増強マルチアルカリ

項目	H14603	H14950	H14951	H14953	単位
有効光電面サイズ	φ8				mm
入力電圧	±5	+15	+15	±15	V
出力タイプ	電圧/ケーブル	電流/ピン	電流/ケーブル	電圧/ケーブル	—

メタルパッケージ光電子増倍管内蔵の小型モジュール

メタルパッケージ光電子増倍管、高圧電源回路、デバイダ回路を内蔵したモジュールです。

従来品との相違点

従来品 (H10720/H10721/H11900/H11901シリーズ) に比べ体積が約1/2となり、装置のさらなる小型化に貢献します。電圧出力タイプ、入力電圧±15 Vタイプがラインアップに加わりました。

光検出器

光通信

光センサモジュール H14990-100-02



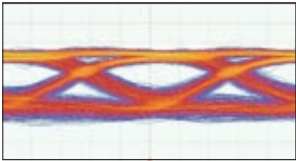
特長

- 高速応答: 最大 0.8 GHz
- 小型でありながらφ8 mmの広い受光面積
- 低消費電力

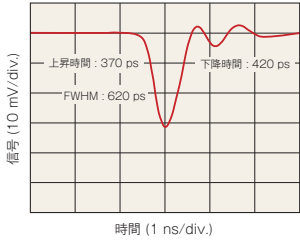
用途

- 光通信
 - 動画のストリーミング
 - 高解像度の画像/動画の転送

[アイバターン (0.8 Gbps)]



[時間特性 (typ.)]



0.8 Gbpsクラスの通信が可能 高速応答小型光電子増倍管モジュール

メタルパッケージ光電子増倍管、高圧電源回路を内蔵した、電流出力タイプのモジュールです。高速応答・高ゲイン・広い受光面積といった特長を有し、水中での高速光通信を実現します。ラインアップとして、ピン出力タイプのH14600-100、有効光電面サイズφ25 mmで1 Gbpsクラスの通信が可能なH14447もございます。

項目	内容・値	単位
感度波長範囲	300 ~ 650	nm
有効光電面サイズ	φ8	mm
入力電圧	+5	V
最大入力電流	+3.2	mA
最大出力信号電流*	100	μA
上昇時間	370	ps
FWHM	620	ps

※ コントロール電圧 +0.8 V

光検出器

学術研究

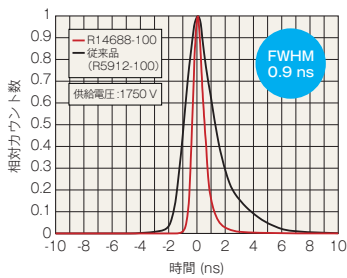
8インチ (202 mm) 径ヘッドオン型光電子増倍管 R14688-100



特長

- 高時間分解能 (T.T.S.): 0.9 ns
- 高ゲイン: 1.0 x 10⁷

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



用途

- 高エネルギー物理実験

高速応答・高ゲイン

高エネルギー物理実験に最適な8インチ径光電子増倍管です。

従来品との相違点

時間分解能 (T.T.S.) が従来品 (R5912-100) の2.4 nsから0.9 nsへと2.5倍以上向上しました。高速応答性に優れ、学術研究で幅広い応用を期待できます。

項目	内容・値	単位
感度波長範囲	300 ~ 650	nm
量子効率 at 390 nm (typ.)	35	%
光電面	スーパーバイアルカリ	—
有効光電面サイズ	φ190	mm
ゲイン (typ.) *	1.0 x 10 ⁷	—
T.T.S. (FWHM) (typ.) *	0.9	ns

※ 供給電圧 1750 V, at 25 °C

NEW

光子数識別を世界で初めて実現した qCMOS™カメラ

究極の低ノイズ性能で光子数識別 (Photon number resolving) を実現する世界初のqCMOS™ (Quantitative CMOS) カメラです。量子コンピュータをはじめとする量子技術の研究開発や天文、ライフサイエンスなど、幅広い分野で新たな用途を開拓していきます。



カメラ

ライフ 計測 半導体 産業 非破壊 学術研究

● ORCA®-Quest qCMOS™カメラ C15550-20UP

特長

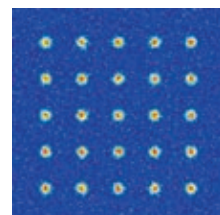
- 空間的な光子数識別出力
- 低読み出しノイズ: 0.27 electrons rms
- 低暗電流: 0.006 electrons/pixel/s (最大冷却時)
- 高量子効率: 90 % (Peak QE)
- 高画素数: 4096 (H) × 2304 (V) (9.4 メガピクセル)
- 高速読み出し: 120 フレーム/秒 (4096 × 2304)

用途

- 量子技術
- 細胞発光イメージング
- 天文
- X線/中性子イメージング
- ラマン分光
- PLイメージング

【中性原子のシミュレーション画像】

トラップされたイオンや中性原子の蛍光を観察することで、量子コンピューティングや量子シミュレーションの研究に寄与できます。

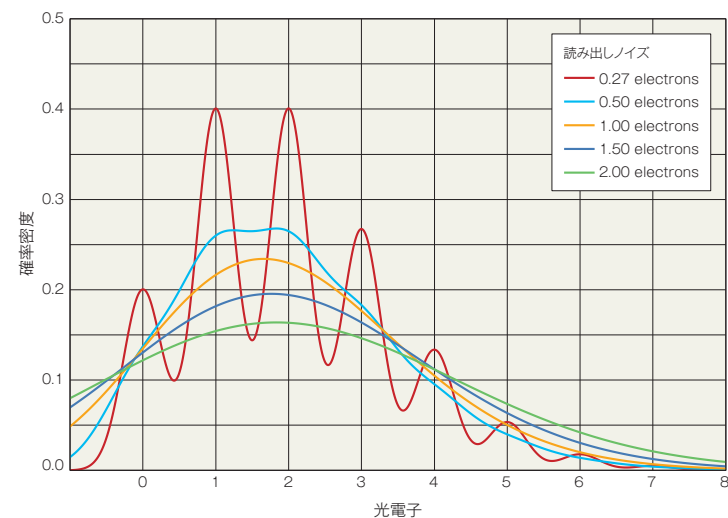


Rb原子: @780 nm
原子個数: 5 × 5 アレイ
原子発光量: 2000 フォトン
背景: 5 フォトン
倍率: 20 × (NA:0.4)
原子と原子の間隔: 5 μm

【低読み出しノイズにより光子数識別を実現】

光電子を数えるためには光電子の信号量よりカメラ側のノイズが十分に小さい必要があります。従来のsCMOSカメラも読み出しノイズを小さく抑えていますが、それでも光電子の信号量よりもノイズは大きく、光電子を数えることは困難でした。ORCA®-Questでは、0.27 electrons rms (@Ultra quiet scan) という低読み出しノイズ、および温度や時間に対する安定性、各画素値の個別校正とリアルタイム補正などの高度なカメラ技術の投入により、光子数識別を実現しています。

光電子の確率分布シミュレーションデータ (1画素あたりの平均発生光電子数 2 electrons)



NEW

多波長レーザ搭載により、 可視光から近赤外光まで一台で対応可能に

半導体デバイスの故障に起因する発光・発熱などをとらえて故障箇所を特定する、高解像度エミッション顕微鏡です。可視光から近赤外光までの波長の異なるレーザを搭載することで、一台で複数の解析に対応することができます。



半導体故障解析装置

分析 半導体 産業

● PHEMOS®-X エミッション顕微鏡 C15765-01

特長

- スタティック解析からダイナミック解析まで幅広く対応したレーザスキャンシステム
- 5 nm SoCに対応した高精度ステージ
- 操作性を考慮した新しい解析ソフトウェア
- 発光・レーザに対応した新たなマクロレンズ

用途

- 半導体内部の電気的不良箇所の特定
- 半導体のファンクション不良解析

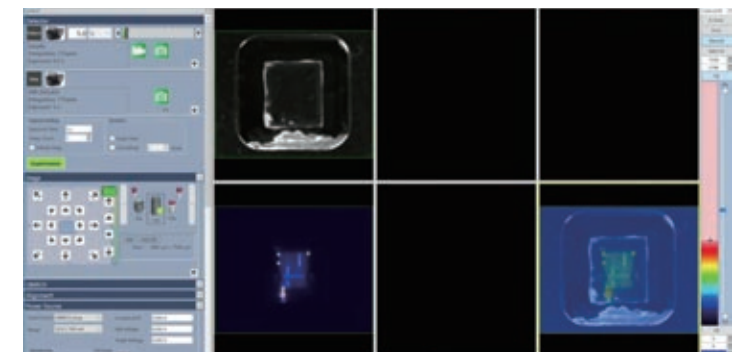
【高精度ステージ】

光学系の移動ステージにリニアスケールを搭載したACサーボモータを採用。位置の検出精度を向上させました。

項目	PHEMOS®-X	PHEMOS®-1000 (従来品)
分解能	XYZ軸 0.05 μm	XY軸 1.0 μm Z軸 0.2 μm
繰り返し位置精度	±1 μm	±4 μm

【解析ソフトウェア】

複数の解析結果をマルチビューで表示。優れた操作性の新しいソフトウェア。



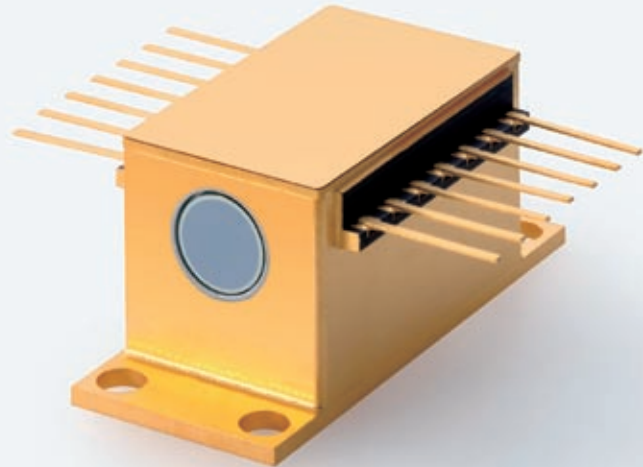
NEW

ガス計測に最適な量子カスケードレーザを小型軽量化

極微量ガス分析に最適なCW量子カスケードレーザ（QCL）です。分子振動に由来する強い光吸収のある中赤外領域に発振波長を有することから、中赤外分光計測用レーザとしての応用が進んでいます。

従来品との相違点

レーザ素子の省電力化により、従来のHHLパッケージに比べ約1/5の体積比、約1/10の質量比を実現し、小型・軽量装置への搭載を可能にしました。



半導体レーザ

分析

● 量子カスケードレーザ L12004-2190B-G/-E, L12005-1900B-G/-E

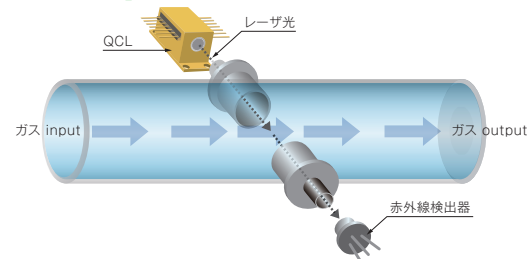
特長

- 中赤外（4 μm～10 μm）半導体レーザ
- ガス分析に最適なDFBレーザ
- レンズ内蔵タイプ（/-E）をラインアップ

用途

- 極微量ガス分析

【ガス計測イメージ】



項目	L12004-2190B-G/-E	L12005-1900B-G/-E	単位
波数	2190	1900	cm ⁻¹
光出力 (min.)	15		mW
しきい値電流 (max.)	0.4		A
ターゲットガス (例)	CO	NO	—

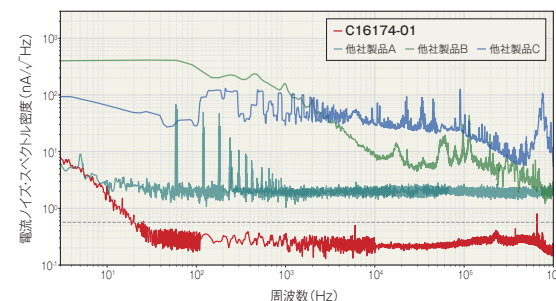
アクセサリ

CWコントローラ C16174-01



超低ノイズなCWQCL専用の電源ユニットです。レーザおよびTEC（ペルチェ）の制御機能を有し、優れた低ノイズ性能のため、高安定かつ高精度なレーザ分光計測が可能です。

【出力電流のノイズ特性の比較】



NEW

レーザ加工や顕微鏡観察に適した位相制御モジュール

容易にビーム成形が可能な位相制御モジュールです。疑似透過型の構成のため、レーザ加工装置や顕微鏡などの光学システムへの接続が簡単にできます。また、ビーム成形用位相データの設計ライブラリとアプリケーションを標準装備しているため、計算機ホログラム作成機能などをソフトウェアへ追加することが可能です。



レーザ関連製品

産業

● 空間光位相変調モジュール C15789シリーズ

特長

- 光学部品、システムへの接続が容易
- 簡便なコンピュータ制御方式（制御用各種DLL付属）
- 高機能レーザ加工、顕微鏡観察システムの構築
- 温度制御機能（高出力レーザ加工用途）
- 画素数: 1272 pixels x 1024 pixels
- 画素ピッチ: 12.5 μm

用途

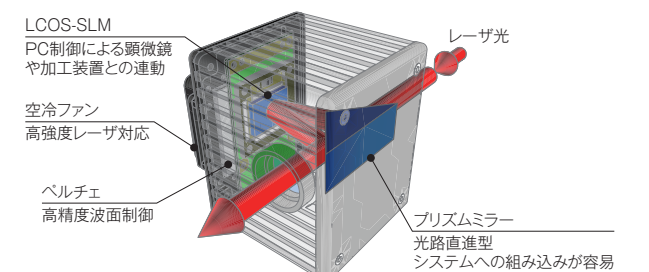
- 光ビーム成型
- 収差補正、補償光学
- リペア、トリミング
- 3次元一括多点生成

【対応波長範囲】

型名	対応波長	単位
C15789-04M	460 ～ 560	nm
C15789-02	750 ～ 850	nm
C15789-12	850 ～ 1000	nm
C15789-03	1000 ～ 1100	nm

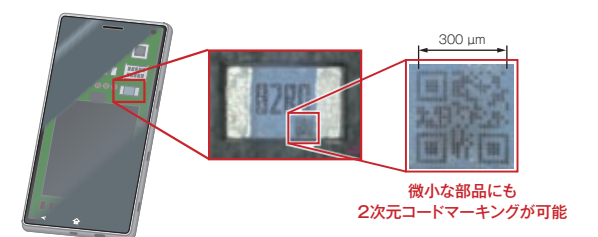
※ その他の波長については別途、弊社営業までお問い合わせください。

【疑似透過型光学系の構成】



プリズム型ミラーを採用することで入射光と出射光が同一軸になります。これにより、光軸調整が不要となり本製品を使った加工装置の開発や既存装置への組み込みが容易になります。

【2次元コードマーキング加工イメージ】



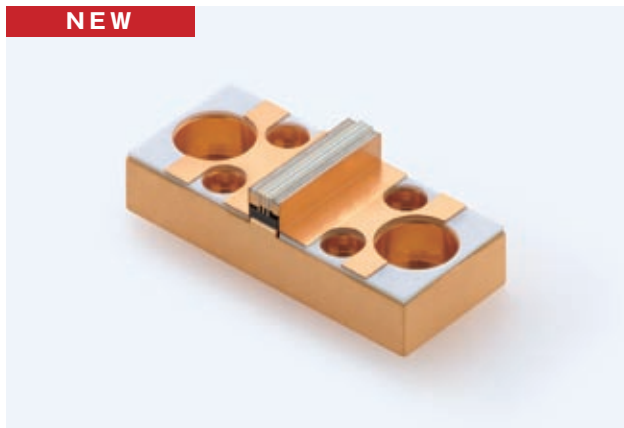
微小な部品にも
2次元コードマーキングが可能

半導体レーザ

半導体 産業 学術研究

パルスレーザダイオードバーモジュール L13459-01

NEW



狭いスタックピッチにより 高密度なレーザ光を実現

ピーク光出力: 300 W、波長: 798 nmの小型なLDバーモジュールです。LDバーを狭いピッチでスタックしているため、高密度なレーザ光の射出が可能です。また、チラーが不要なパッシブ冷却方式を採用しているため、装置組込時の設計自由度が高くなります。

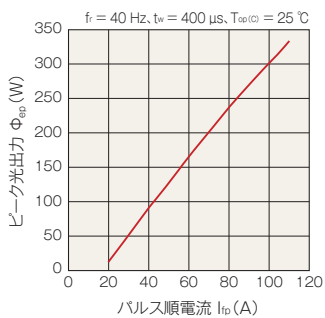
特長

- ピーク光出力: 300 W
- 波長: 798 nm
- パッシブ冷却方式
- 高密度なレーザ光

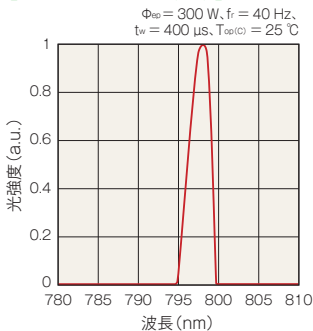
用途

- 固体レーザ励起

【ピーク光出力・パルス順電流(例)】



【発光スペクトル(例)】



項目	仕様	単位
中心発振波長	798±3	nm
動作電流	100	A
動作電圧(max.)	6.5	V
しきい値電流	16	A
ビーム広がり角	水平	11
	垂直	26
		°(度)

半導体レーザ

半導体 産業

DDL同軸ユニット A15185シリーズ

NEW



レーザ加工に最適なDDLの同軸観察カメラ および温度計取付用アクセサリ

焼き入れやアニーリングに最適な直接集光型レーザダイオード(DDL)に温度計やCCDカメラを取り付けることができる同軸ユニットです。温度計を取り付けることで、加工時の温度計測が可能となり、焼き入れやアニーリング時の温度を管理することが可能になりました。

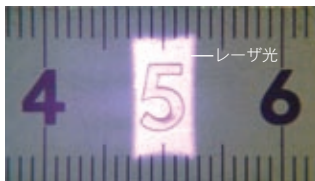
特長

- 同軸観察
- 同軸温度計測

用途

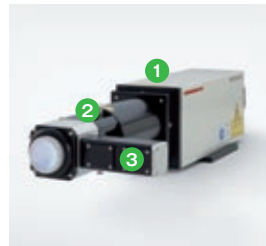
- 金属加工
(焼き入れ、アニーリング、
ロウ付け、クラッディング
など)
- 固体レーザ励起

【CCDカメラからの同軸観察画像例】



集光点(加工点)に定規をおき
レーザを照射した場合

【製品構成例】



- DDL L14133シリーズ
光出力 2.5 kW/5.0 kW
- 照射ユニット A14132-BD
均一な照射とさまざまな
照射範囲を設定可能
- DDL同軸ユニット A15185シリーズ
温度計とCCDカメラの
取り付けが可能

固体レーザ

半導体 産業

パルスファイバレーザ L16066-01

NEW



波長1099 nmの偏波面保持型 パルスファイバレーザ

直線方向に偏光を保持した、波長: 1099 nmのパルスファイバレーザです。パルス幅・繰り返し周波数の独立制御により、用途に合わせた加工条件が設定可能です。

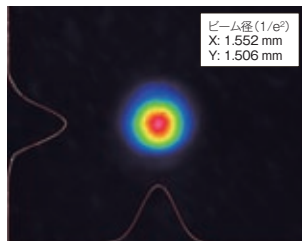
特長

- パルス幅、繰り返し周波数の独立制御
- 直線偏光
- 高ビーム品質
- ファイバアウト型

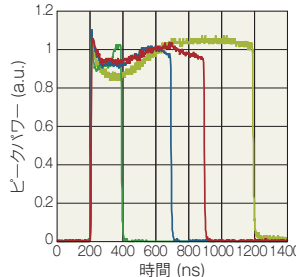
用途

- マーキング(表面改質)
- 薄膜除去
- 切断
- 樹脂溶着
- レーザCVD法

【ビームプロファイル(30 W出力時)】



【カスタム対応による矩形出力波形(例)】



項目	仕様(Typ.)	単位
中心波長	1099	nm
最大平均出力*1	30	W
設定パルス幅*1 *2	200 ~ 1000	ns
繰り返し周波数*1 *2	100 ~ 200	kHz
偏光	直線	—
偏光方位	水平	—

※1 パルス幅、繰り返し周波数によって出力可能な平均出力は制限されます。

※2 パルス時間波形について5つの条件を標準搭載しています。
カスタムにて出荷時にパルス時間波形を任意で設定可能です。



「ミトコンドリア」 生命と健康を支える細胞内 の小さな巨人

解説／浜松ホトニクス 中央研究所主幹 塚田 秀夫

第1回 ミトコンドリアとは？

今回から4回にわたって『「ミトコンドリア」生命と健康を支える細胞内の小さな巨人』と題して、この細胞内小器官をさまざまな角度から紹介していきます。「ミトコンドリア」は中学生の理科の教科書でも取り上げられていますので、どなたもその名前くらいは聞き覚えがあるのではないかと思います。近年の研究によって、私たちが健康に毎日を過ごす上で、これまで考えられていたよりもはるかに重要な役割を果たしていることが分かってきました。第1回の今回は、おさらいも兼ねてミトコンドリアに関する紹介をしてから、第2回では弊社中央研究所で研究開発した、PET (Positron Emission Tomography:陽電子断層画像装置)を活用して生体のミトコンドリア機能を計測するためのPETプローブの開発秘話、第3回と第4回にはこのPETプローブを実際に脳や末梢臓器の疾患研究に活用した成果について、紹介していきます。

ミトコンドリアの形状とその起源

私たち人間の身体は、およそ37兆個(長年さしたる根拠もなくおよそ60兆個と言われてきましたが、2013年にEva Bianconiらがおよそ37.2兆個と報告:参考文献1)の真核細胞の集合体として構成されており、図1に示すように1つの細胞の中には、核・小胞体・ゴルジ体などの高度に発達したさまざまな細胞内小器官が存在しています。ミトコンドリアはこれらの細胞内小器官の一種で、私たちの身体を構成している“ほぼ全て”の細胞に

存在しており、直径0.5 μm ~1 μm の大きさで細胞1つ当たり数十~数千個含まれていますので、細胞の容積の約10%~20%を占めることになります。教科書などの解説では、図1に示すようなラグビーボールに似た形状として描かれていますが、顕微鏡で観察すると細胞のおかれた環境によってミトコンドリア同士で融合・分裂して、糸状から粒子状まで常に柔軟に変形しています(図2)。

あまり知られていませんが、植物細胞における葉緑素と同様に、ミトコンドリアはもともと別の生き物が宿主細胞内に共生して細胞内小器官となった点が、他の細胞内小器官と大きく異なります。約20億年前に「 α -プロテオバクテリア」という酸素を使って大量のATP (Adenosine triphosphate: アデノシン三リン酸)を産生する機能を持った原核生物の好気性バクテリアが、それまで酸素を活用できなかった真核細胞の細胞質に取り込まれてミトコンドリアになったと考えられています。

図1 哺乳類の真核細胞

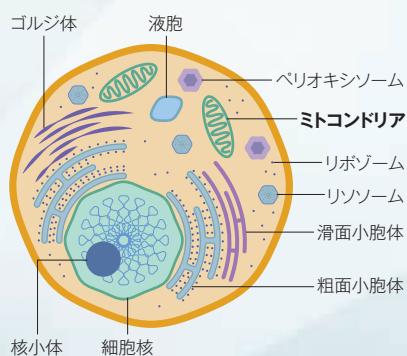
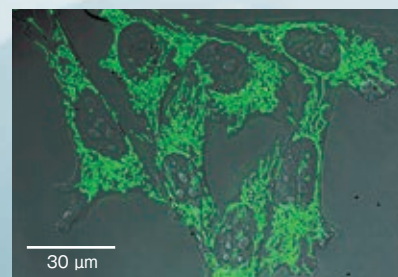


図2 細胞内ミトコンドリアの蛍光イメージ



CHO K1細胞 (JCRB 細胞バンクより分譲、登録番号: JCRB9018) に蛍光タンパク質を発現させて、ORCA-Flash 4.0 V3 デジタルCMOSカメラ C13440-20CU によりミトコンドリアを可視化 (浜松ホトニクス(株)中央研究所 風見紗弥香博士 提供)

日本科学未来館科学コミュニケーターの田中沙紀子氏(専門分野:分子細胞生物学)によると、この「細胞内共生説」は以下の3つの理由から支持されているそうです(参考文献2)。

その根拠の1つ目は、細胞内小器官はいずれも膜構造を形成していますが、他の小器官が1枚の膜構造を有しているのに対して、ミトコンドリアは内膜と外膜の二重膜構造を呈している点だそうです。ある種の好気性バクテリアは、同様の内膜と外膜の二重膜構造を持ち、またミトコンドリア膜を構成している脂質やタンパク質などが、それらのバクテリアの膜と類似しているため、ミトコンドリアの膜はバクテリア

が持ち込んだと考えられているそうです。

2つ目の根拠として、私たちの体の設計図としてのDNAが宿主細胞の核の中だけでなく、ミトコンドリアの中にも存在していて、このミトコンドリアDNAは宿主細胞の核DNAではなくむしろバクテリアのDNAに類似している点を挙げています。さらにミトコンドリアDNAの情報からタンパク質を翻訳するシステムが、バクテリアのそれに近い特徴を持っています。ちなみに、ミトコンドリアは現在、 α -プロテオバクテリア(ミトコンドリア)由来のDNAを1割程しか有していません。これは、細胞内共生説が正しいと仮定すると、共生が進むプロセスで α -プロテオバクテリア

のDNAが宿主細胞に奪われた結果だと考えることができます。宿主細胞は、細胞内にやってきた α -プロテオバクテリアのDNAの大部分を自分のDNA情報へと書き換えることで、 α -プロテオバクテリアが外へ出て生きられないようにしたのではないかと考えられているのです。

3つ目の根拠としては、細胞が分裂をする時だけ核が2つに分裂するのに対して、ミトコンドリアは細胞分裂をしない時にも、細胞が周囲の状況や環境に応じて必要だと判断した時に分裂して増殖(半自律的な増殖)できる点が、もともとミトコンドリアが宿主細胞とは別の生き物であったことを示唆するそうです。

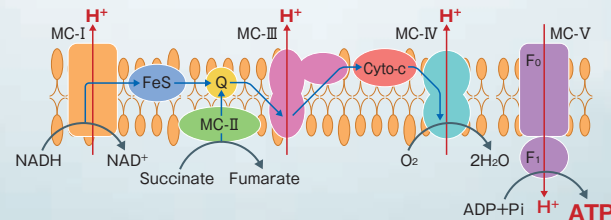
多彩なミトコンドリアの機能

細胞内に多数存在するミトコンドリアが果たしている役割で最も重要なのは、細胞の生存や機能維持に不可欠なエネルギー源であるATPを産生することであり、そのためミトコンドリアはしばしば「細胞内の発電所」と呼ばれます。私たちは生きていくために、糖質・脂質・タンパク質といったさまざまな栄養素を含む食事を取りますが、摂取した食べ物から得たこれらの栄養素はそのままでは細胞の活動源とすることはできず、さまざまな過程を経て、高エネルギー物質のATPに変換されて初めて細胞にエネルギーを与えることが可能となり、細胞の集合体である私たちの身体の活動を維持できます。

ATPの産生は、ミトコンドリア内膜にある5種類のミトコンドリアコンプレックス(MC-I~V)を介して行われます。MC-IでNADH (Nicotinamide adenine dinucleotide hydrogen:還元型ニコチンアミドアデニンジヌクレオチド)、MC-IIでコハク酸(Succinate)をそれぞれ酸化することで、ユビキノン(Q)を還元してユビキノールにし、MC-IIIでユビキノールを酸化する

ことでチトクロームc(Cyto-c)を還元します。MC-IVでチトクロームcが酸化され、酸素分子に電子を伝達することで水に還元します。この過程で生じるミトコンドリア内膜にプロトン(H^+)勾配を駆動力として、MC-VがADP (Adenosine diphosphate:アデノシン二リン酸)をリン酸化してATPを産生します(図3)。

図3 ミトコンドリア内膜の電子伝達系



ミトコンドリアの電子伝達系は5種類のコンプレックス(MC-I~V)から構成されており、MC-I・III・IVにより作り出されるプロトン(H^+)勾配を利用して、MC-Vが細胞の生存と活動に必要なエネルギー源であるATPを産生する。

また、私たちの身体の生存には酸素が不可欠で、呼吸により酸素を取り入れて二酸化炭素を排出しています。酸素分圧の高い肺から取り入れた酸素は赤血球内のヘモグロビンに吸収されて全身の隅々の組織にまで運搬されて、周囲の低い酸素分圧のためにヘモグロビンから放出された酸素がミトコンドリアに送り込まれてATP産生に使われるため(好氣的代謝、図4)、実に生体内の約95%の酸素を消費しています。また、その過程で産生された二酸化炭素を赤血球が取り込んで肺に運搬して、呼気として排出します。

ちなみに、ミトコンドリアは“ほぼ全ての細胞”に存在すると前述しましたが、赤血球は数少ない例外の1つで、限られた細胞容積の中にできるだけ多くのヘモグロビンを詰め込んで効率的に酸素を運搬する役割に特化するため、分化・成熟する過程でミトコンドリアや核などの主な細胞内小器官を取り除いてしまいます。しかしながら、赤血球もその生存や活動維持にはATPが不可欠なはずですが、それではどのような手段でATPを得ているのでしょうか?それは、ATP産生のもう1つの経路である「嫌氣的解糖系」を用いて、ミトコンドリアによる好氣的代謝に比較して非効率的ながら必要なATPを産生しています(図4)。この「嫌氣的解糖系」は、がん細胞やマクロファージ・ミクログリアなどの炎症性細胞におけるATP産生にも使われており、第2回以降に再度登場する予定です。

図4 ATP産生におけるミトコンドリアの寄与度

分化した正常細胞においては、ATP産生は主にミトコンドリアを介して効率的に行われるのに対して、赤血球・がん細胞・炎症細胞では主に解糖系を介して、効率は低い迅速なATP産生がなされる。

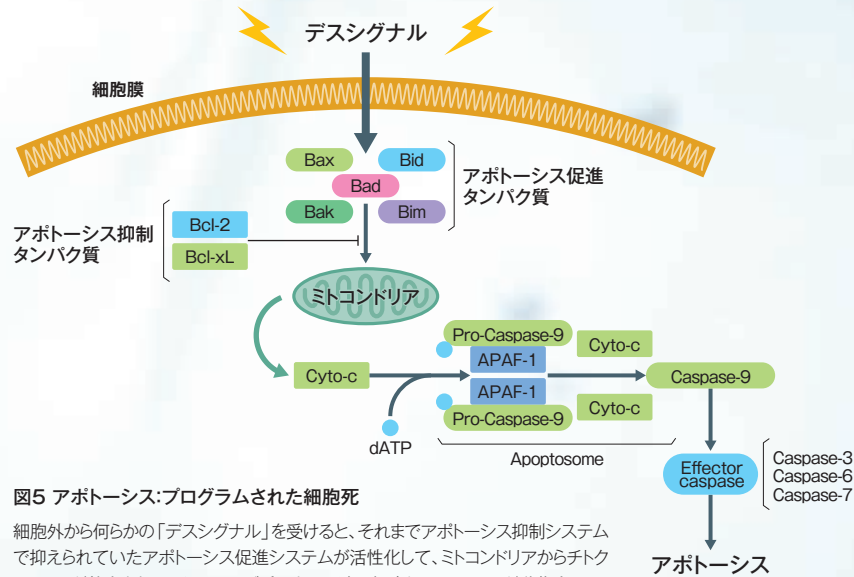
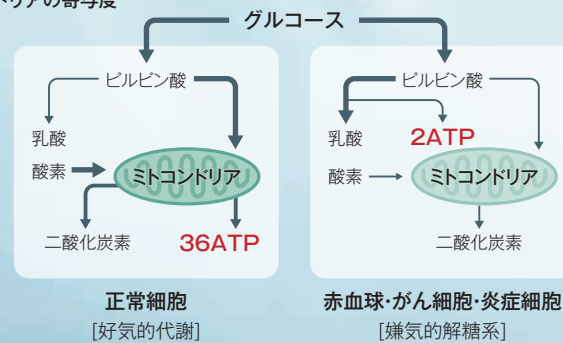


図5 アポトーシス:プログラムされた細胞死

細胞外から何らかの「デスシグナル」を受けると、それまでアポトーシス抑制システムで抑えられていたアポトーシス促進システムが活性化して、ミトコンドリアからチトクロームcが放出されて、カスパーゼ系による一連の細胞処理システムが動作する。

ミトコンドリアは、ATPの産生に加えて「アポトーシス」においても大きな役割を演じていて、「アポトーシスの司令塔」とも呼ばれます。「アポトーシス」とは、多細胞生物の発生過程の形態変化、免疫系における自己抗原に反応する細胞の除去、さらにはがん化のように機能異常をきたした細胞の除去など、個体をより良い状態に保つために積極的に誘導される、厳密に管理された「プログラムされた細胞死」のことです。しばしば「長期進行型」で細胞破裂により内容物を放出して患部の周囲にも炎症を誘導してしまう病理的な細胞死である「ネクローシス(壊死)」と対比されますが、アポトーシスは「短期決戦型」で細胞の内容物を放出せず炎症誘導しないため、周囲にダメージを及ぼさないスマートな細胞死を引き起こす点が異なります。

ミトコンドリアは内部にチトクロームcに代表されるアポトーシスを誘導する“死物質”を含有しており、その放出は正常時はミトコンドリア外膜に存在するアポトーシス抑制タンパク質(Bcl-2・Bcl-xL)により抑制されていますが、何らかのデスシグナルを受けるとアポトーシス促進性タンパク質(Bax・Bid・Bad・Bak・Bim)がミトコンドリア外膜に移行して、チトクロームcのミトコンドリアから細胞質への放出を誘導します。すると、Caspase-9の活性化によりその下流のアポトーシス関連のタンパク質(Caspase-3など)が活性化され、その結果DNAの断片化、ラミン構造の崩壊、ホスファチジルセリンの細胞膜表面への移行などの特有の現象を伴った一連のカスパーゼカスケードを誘導します(図5)。このような一歩間違えたら細胞の死を誘導してしまう一連の危険なタンパク質群が、なぜミトコンドリアだけに局在しているのかは不明ですが、状況変化に即座に対応できるように制御されたVDAC(Voltage-dependent anion channel)などの物質の膜透過システムがミトコンドリア外膜に備わっていることが、その理由の1つかもしれないと推測されます。

ミトコンドリアと活性酸素種

ここまで、生存に重要なエネルギー源のATP産生と細胞の健全性を保つためのアポトーシス制御に関して説明して、ミトコンドリアが細胞およびその集合体である私たちの身体の生存と健全な機能維持に、重要な役割を果たしていることを述べました。しかしながら、ミトコンドリアが必ずしもいつも私たちの味方であるわけではないことを、ここからROS(Reactive oxygen species:活性酸素種)の産生源としてのミトコンドリアについて説明することで、紹介したいと思います。

ROSとは、大気中の酸素分子がより反応性の高い化合物に変化した物質の総称で、生体においてはその構成成分のタンパク質・脂質・DNAなどを酸化するため、高い障害性を示します。私たちの身体にバクテリアが感染した場合は、好中球やマクロファージなどのROS産生酵素系によって産生されたスーパーオキシド(ROSの一種)がバクテリアに対して殺作用を示して生体防御の役割を果たし、リンパ球の一種であるナチュラルキラー細胞のがん細胞の殺作用にもスーパーオキシドを使っており、これらはいずれも生体におけるROSの有用な面を示しています。

一方、前項の「多彩なミトコンドリアの機能」で紹介した通り、私たちの生体は呼吸で取り込んだ酸素の約95%をミトコンドリアが消費して、その酸素を使ってATPを生産するのですが、この過程で酸素の0.1%~2%がROS産生に使われています。このように、ミトコンドリアからは絶えずROSが産生されていますが、細胞機能が正常な場合は抗酸化酵素(グルタチオンペルオキシダーゼ・ペルオキシレドキシンなど)により、産生したROSは速やかに消去できる巧みなシステムを働かせることで、酸化還元の恒常性は維持されています。

しかし、老化や疾患により生体の酸化反応と抗酸化反応のバランスが崩れて酸化状態に傾く「酸化ストレス」を起こすと、生体機能に重要なタンパク質・脂質・DNAなどへの酸化障害が惹起されます。また、ミトコンドリアが産生するROSはミトコンドリア自身にもダメージを与えてしまい、ダメージを受けたミトコンドリアからは多量のROSが産生され、さらにダメージを拡大してしまうという悪循環が形成されてしまいます。さらにMCを形成する一部のタンパク質の設計図のミトコンドリアDNAは、ヒストンタンパクによるクロマチン複合体構造(図6)を有しておらずDNA修復機能も弱いことから、核DNAに比べてROSに対して脆弱で遺伝子変異も蓄積しやすいことが報告されて

います。私たちが生存していく上で必須のATP産生の過程で、私たちの生体機能を脅かす物質(ROS)が生み出されてしまうのは、何とも皮肉な話です。

以上のことから、細胞およびその構成体である身体において、その健全性を保つためにミトコンドリアが非常に重要な役割を果たしていて、さらにはその機能異常がただちにさまざまな疾患につながってしまうことが、容易に想像していただけたのではないのでしょうか?

次回、第2回では、このミトコンドリアの機能異常を早期に発見するための手法として、弊社中央研究所で開発したPETプローブに関して、紹介する予定です。

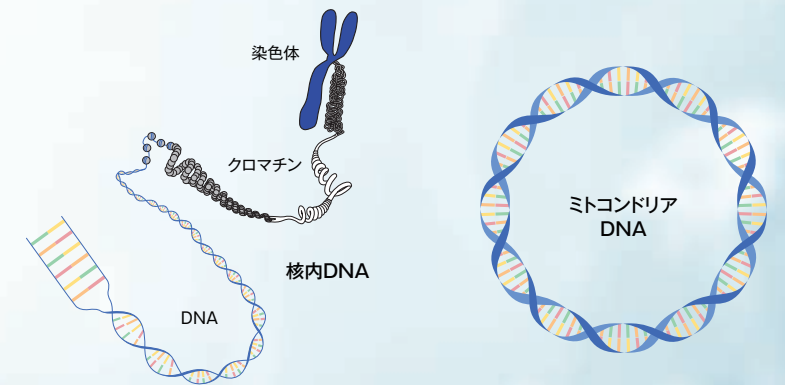


図6 ミトコンドリアの2つの設計図

ミトコンドリアを構成するタンパク質の設計図であるDNAは、ミトコンドリア自身と細胞核内の2ヶ所に存在しているが、核内DNAのようにタンパク質に巻き付いたクロマチン構造を取っていない、いわば裸の環状構造のミトコンドリアDNAは、外部からの障害による変異をより受けやすい。

参考文献

1. Eva Bianconi, et al., An estimation of the number of cells in the human body. Ann Human Biol. 2013;40:463-471.
2. 日本科学未来館 科学コミュニケーターブログ
「もう君なしでは生きられないミトコンドリアと細胞の不思議な関係」
(田中 沙紀子) (2018年12月21日投稿記事)
<https://blog.miraikan.jst.go.jp/articles/20181221post-68.html>

ホットニュース

[2021年3月]

SNS公式アカウント開設

弊社のさまざまな情報をよりダイレクトにお届けできるよう、Twitter、Facebook、LinkedInの公式アカウントを開設しました。新製品やイベントなどの最新情報を発信していきますので、ぜひフォローや投稿のシェアをお願いします。

SNS公式アカウント一覧



Twitter

https://twitter.com/hama_photon_pr



Facebook

<https://www.facebook.com/hama.photon.pr>



LinkedIn

<https://www.linkedin.com/company/hama-photon-pr>



※公式アカウントは情報発信専用のアカウントです。



Twitterの投稿例

浜松ホトニクスウェブサイト アプリケーション「自動車」

<https://www.hamamatsu.com/jp/ja/applications/automotive/>



近年、自動車の高性能化が進む中で、安全性やドライバーの負担を軽減する技術の重要性が増してきています。浜松ホトニクスでは、それら自動車の安全性・ドライバーの快適性の向上に貢献する製品を開発・製造しています。本ページでは、車載向けの光半導体素子をはじめ、自動車部品の検査や故障解析を行う製造支援製品をアプリケーションごとに紹介しています。ぜひご覧ください。

「自動車」アプリケーション一覧

- LiDAR
- オートエアコン
- オートライト
- オートワイパー
- 車載ネットワーク
- 車載用パワーデバイスダイシング
- 車載用光半導体素子の品質に対する取り組み



PICK
UP!

“光”を学ぶウェブサイト

Photon へらす 新コンテンツのご紹介

フォトン。それは光のひと粒。私たちの営みに欠かせない、しかし大きな謎に包まれた存在です。光を深く知することで、私たちの未来には限りない可能性が広がります。「Photonへらす」は、そんな「光」と「光のテクノロジー」の今と未来に出会えるウェブサイトです。

<https://photonterrace.net/ja/>

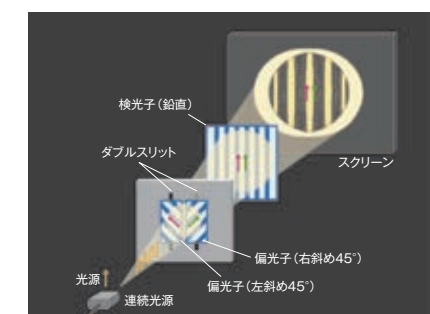


NEW 光を学ぶ
「単一光子のふしぎなふるまい」

https://photonterrace.net/ja/photon/single_photon/



1807年、ヤングが干渉実験によって光の波としての性質を確かめました。同じころ、フレネルとアラゴは、光が電波と同じ「よこ波」か、または音のような「たて波」か、その答えを見つける実験をしました。この実験には当時から知られていた「偏光」という概念が用いられました。本ページでは、この「偏光」を用いた実験と、弊社が1990年に行った短パルス単一光子状態でのフレネル・アラゴの偏光干渉実験を紹介しています。



NEW 応募コーナー
「光のこと考えてみよう」

光のふしぎやうつくしさ、おもしろさなど、光のことを考えて、何かを発見するきっかけになることを願い、3つの応募コーナーをスタートしました。応募者にはプレゼントをご用意しています。みなさんからのご応募をお待ちしています。

<https://photonterrace.net/ja/application/>



① 光について「質問」してみよう
ふと気になった素朴な疑問をお待ちしています。Photonへらすの先生たちが解説し、Q&Aのコンテンツとして掲載します。



② 光について「表現」してみよう
みなさんが「光」を感じる時。光の存在を感じた瞬間、光からインスピレーションを得た瞬間、光への想いを写真や絵、俳句や詩などで表現してください。



③ ホトンくん「ぬり絵」してみよう
お子様向けのぬり絵(全5種類)のご応募をお待ちしています。サイト内より、ぬり絵用の台紙をダウンロード、印刷ができます。

プレゼント

応募者全員に「ホトンくんメモ帳とシールのセット」をプレゼントします。さらに、1ヶ月に一度、抽選で3名様に「ホトンくんぬいぐるみキーホルダー」をプレゼントします。(抽選結果はプレゼントの発送をもって代えさせていただきます)



ホトンくんメモ帳とシール



ホトンくんぬいぐるみキーホルダー

【応募方法】必要事項を記入し、メールにて応募ください。また、応募作品のPhotonへらすへの掲載は一定の基準があります。詳しくはウェブサイトをご確認ください。

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
- ☐ 光通信用デバイス
- ☐ 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

- ☐ 単素子レーザダイオード
- ☐ レーザダイオードバーモジュール
- ☐ 量子カスケードレーザ
- ☐ 直接集光型レーザダイオード
- ☐ 半導体レーザ応用製品
- ☐ 固体レーザ / ファイバレーザ
- ☐ レーザ関連製品

※MAICO、MPPC、ORCA、PHEMOS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7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



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. XPRD1011J19
Jul. 2021 AW
Printed in Japan(4500)