

[ハマホット]

新製品ニュース

HAMAMATSU

PHOTON IS OUR BUSINESS

hama hot

Vol. **3**
2014



R&Dインタビュー

半導体レーザーによる樹脂溶着と
はんだ付けの新技术

LD加熱光源

LD-HEATER

LD照射光源

SPOLD



ホットニュース

開催報告: フォトンフェア2013

ヒッグス粒子の存在確定に
弊社製品が貢献

量子ホトニクスの世界

量子の世界から見る光

新製品ニュース

MEMS-FTIR C12606シリーズ

マイクロPMTモジュール H12402/H12403シリーズ

イメージスプリッティング光学系 W-VIEW GEMINI A12801-01

LD照射光源 SPOLD L11785シリーズ



Index

■ ホットニュース	P03
■ R&Dインタビュー	P05
■ 新製品ニュース	
・ 目次	P09
・ 光半導体製品	P11
・ 電子管製品	P17
・ システム製品	P21
・ レーザ製品	P22
■ 量子ホトニクスの世界	P25

「表紙のイラスト」 シリコン・ストライプ・ディテクタ 光電子増倍管



イラスト: チカツタケオ

モノの存在を静謐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、ヒッグス粒子の存在確定に貢献した弊社製センサを描いていただきました。

開催報告： フotonフェア2013

「光で何ができるか」をメインテーマに、浜松ホトニクスは2013年11月7～9日に「創立60周年記念 浜松ホトニクス総合展示会 PHOTON FAIR 2013」を開催しました。



ヒッグス粒子の存在確定に 弊社製品が貢献

CERNのLHCプロジェクトで、ヒッグス粒子の検出に成功した実験装置のセンサ部分に、浜松ホトニクスのSSDなどの製品が採用されています。



▶ P03

03

ホットニュース

05

R&D
インタビュー



LD-HEATER

SPOLD

半導体レーザによる樹脂溶着とはんだ付けの新技术 LD加熱光源／LD照射光源

レーザによる樹脂溶着やはんだ付けが製造現場に広まるとは誰も信じていなかった20年前、「核融合用高出力半導体レーザの応用」をテーマとするプロジェクトがスタートした……

▶ P05



新製品ニュース

▶ P09



LD照射光源 SPOLD L11785シリーズ

09

新製品ニュース



MEMS-FTIR C12606シリーズ

25

量子ホトニクス
の世界

第2回

量子の世界から見る光

量子力学の概要などを説明した前回に引き続き、今回は光子について詳しく取り上げます。

▶ P25



マイクロPMTモジュール H12402/H12403シリーズ



イメージスプリッティング光学系 W-VIEW GEMINI A12801-01

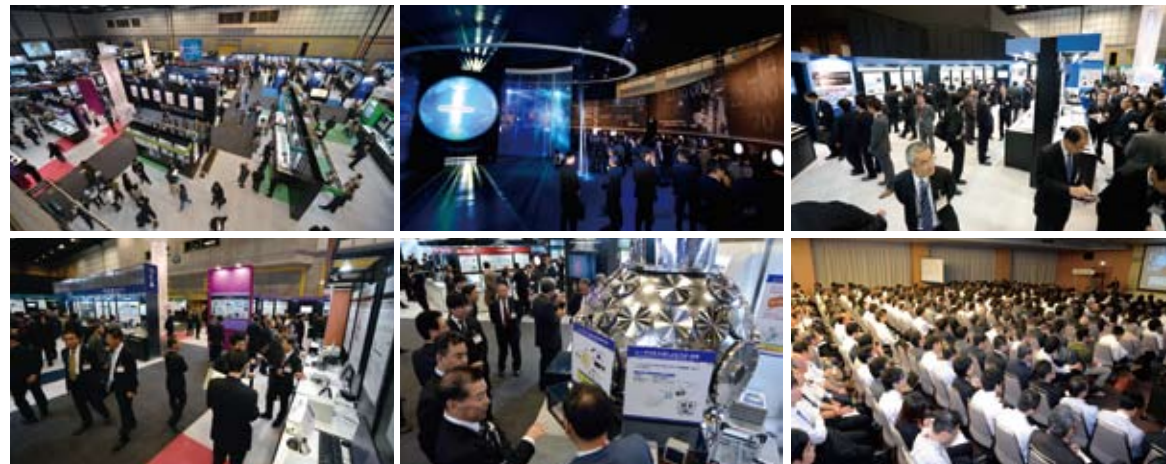
開催報告：フォトンフェア2013

弊社は2013年11月7～9日に「創立60周年記念 浜松ホトニクス総合展示会 PHOTON FAIR 2013」を開催しました。

「光で何ができるか」をメインテーマに、弊社の最新の光技術・製品を紹介し、先進のものづくりに多大な貢献が期待される光技術のさまざまな可能性をご提案させていただきました。

会期中には多数の方々にご来場いただき、盛況のうちに閉幕しました。

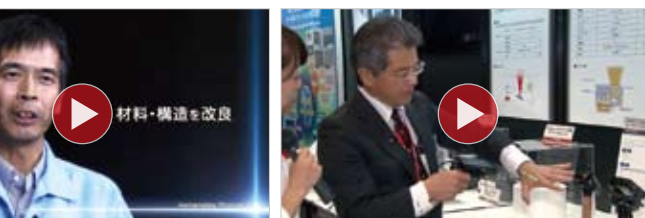
また、隣接の会場において外部招聘講師、弊社社長および各事業部技術責任者による講演、さらに弊社従業員による約40の技術セミナーを同時開催し、連日多くの方にご聴講いただきました。



2014年
2月公開

Virtual PHOTON FAIR ウェブサイト
www.photonfair.jp

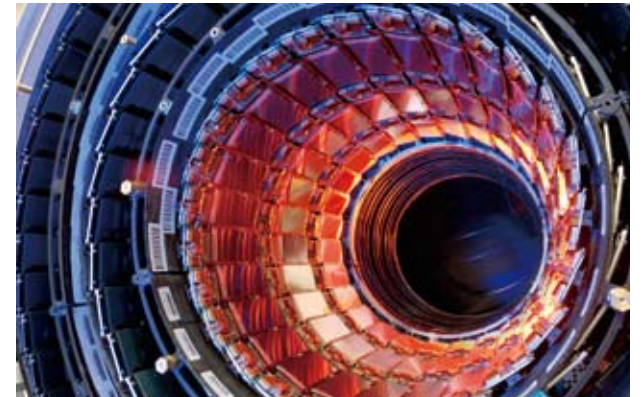
2014年2月にフォトンフェア2013の出展エッセンスをご覧いただけるVirtual PHOTON FAIR ウェブサイトを公開しました。フォトンフェア2013の会場において展示しました「世界の先端プロジェクトと当社製品」や弊社の最新の「製品・技術展示」をウェブコンテンツとしてご覧いただけるようになります。ぜひご覧ください。



製品開発に携わったキーマンのインタビューや注目の新製品を会場内でLIVEレポートした模様を動画でご覧いただけます。

ヒッグス粒子の存在確定に弊社製品が貢献

CERN(欧州原子核研究機構)の全長27kmに及ぶLHC(大型ハドロン衝突型加速器)プロジェクト。ヒッグス粒子の検出に成功した実験装置のセンサ部分に、浜松ホトニクスのSSD(シリコン・ストライプ・ディテクタ)、APD(アバランシェ・フォトダイオード)、光電子増倍管が採用されています。



写真(右):
CMS実験装置に取り付けられたシリコン・ストライプ・ディテクタ
[画像提供:CERN]



飛跡検出用センサとして
ATLAS/CMS両実験装置に採用されたSSD

ATLAS実験装置では約14,000個、CMS実験装置では約22,000個のSSDが使われています。SSDは、ストライプ形状のフォトダイオードアレイで、粒子の透過した位置を数十 μ mの分解能で検出します。



CMS実験で
カロリメータとして使われたAPD

APDの受光面サイズは5 mm × 5 mmで、シンチレータと組み合わせて使われています。高磁場で放射線が発生する過酷な環境下で、最適な性能が求められるため、高磁場に強い光半導体素子が採用されました。

● ヒッグス粒子とは

ヒッグス粒子はあらゆる物質に質量を与える粒子で、神の粒子と言われていますが、これまで発見されていませんでした。CERNは、スイス・ジュネーブ郊外にある世界最大の粒子加速器「大型ハドロン衝突型加速器(LHC)」で実験を続ける中で、ヒッグス粒子の存在を確認することを目指していました。2013年、その存在が確定され、半世紀前にヒッグス粒子の存在を予言したフランソワ・アングレル名誉教授、ピーター・ヒッグス名誉教授が2013年のノーベル物理学賞を受賞されました。

● 弊社検出器の役割

陽子と陽子を光に近い速度で衝突させると、そのエネルギーから新たな粒子が発生します。浜松ホトニクスの検出器は、その粒子の飛んだ方向(飛跡)とエネルギーを検出して、粒子の性質を調べるために使用されています。ATLAS/CMS実験装置において、粒子の飛跡検出器としてSSDが使用されています(1999年納入開始)。また、粒子のエネルギーを検出するカロリメータ用に微弱光検出器としてATLAS/CMSでは光電子増倍管が、CMSではAPDが使用されています。



CERNから「The CMS Award」を2003年、2005年に受賞

R&Dインタビュー

半導体レーザによる樹脂溶着とはんだ付けの新手法 LD加熱光源／LD照射光源

リアルタイム温度モニタリングが 開発スピードの飛躍的改善とレーザ加工の工程内管理を可能にする

レーザによる樹脂溶着やはんだ付けが製造現場に広まるとは誰も信じていなかった20年前、トップダウンで中央研究所を中心に始まったプロジェクト。そのテーマは「核融合用高出力半導体レーザの応用」。雲をつかむような広大な応用範囲の中から、半導体レーザ（LD）のメリットを最大限に生かせるレーザ樹脂溶着技術に注目し研究がスタートした。弊社は光源だけでなく、光センサも独自に開発していることから、今後のレーザ加工において、加工中の温度モニタリングが重要な鍵になることを予見していた。温度情報は加工条件を抽出する際のリードタイムを大幅に短縮するほか、工程内検査の指針を与えるパラメータとなるためである。

一方、中央研究所の別のグループ（現レーザ事業化部）では開発したレーザ核融合用高出力 LD技術の産業展開を模索していた。この2つが結び付き、レーザ加工中に温度モニタリングを行うLD加熱光源（LD-HEATER）が生まれた。2006年のことである。

2014年現在、LDによる樹脂溶着／はんだ付けはもはや珍しいものではない。新たな局面に入ったLD加工応用、量産化に向けたLD光源ならびにモニタリング装置の製品化に挑む若手5人のメンバーに聞いた。



インタビューメンバー 左から

開発本部 レーザ事業化部 製造グループ
開発本部 レーザデバイス開発グループ
開発本部 レーザデバイス開発グループ
営業本部 企画開発部 営業開発グループ
開発本部 レーザ事業化部 レーザ営業推進グループ

高橋 一弥
大宮 文典
渡邊 正樹
大石 諭
栗野 広宣

光の可能性を追求する浜松ホトニクス。 リアルタイム温度モニタリング機能が レーザ加工を「見える化」する

レーザ加工時の温度モニタリングの難しさについて教えてください。

大宮 レーザ加工中ですので、レーザ加工部の赤外線量を測定し温度情報を得るしかありません。当初は放射温度計を使えば簡単に測定できるだろうと甘く考えていたのですが、実際に測定してみると全然正確ではありませんでした。非常に強力なレーザ光に対して、とても弱い赤外線を計測するので、今から考えると正確であるはずはなかったのです。レーザ光と赤外光との強度比はおおよそ1億対1です。幸い微弱な光を捕まえるということは、弊社の得意とするところであったため、何とか乗り切ることができました。

温度モニタリングがレーザ加工に重要とのことですが、わかりやすく教えてください。

大宮 加工する樹脂の色や厚みはさまざまです。例えば虫眼鏡

で集光して紙に当てると、黒い紙なら燃えるけれど、白いと燃えにくい。同様に、仮に光出力が同じでも、照射面温度を測らないと、きちんと加工できているかは判断できないのです。対象物の厚さが違うだけでも、温度上昇の状態が違います。

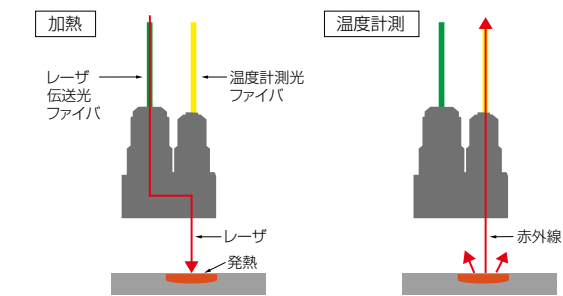
高橋 モニタリングすることで、「確かにこの温度まで上がっているから合格」という判定ができるわけです。レーザパワーが規定通りに出ているだけでは、正しく加工された証明にならない。逆に、レーザが当たったところが決まった温度になっていることが、加工に成功している証拠になります。従来レーザ加工は実務者の経験によるところが多かったのですが、温度情報を加工情報として捉えることで、レーザ加工の「見える化」が実現できるわけです。

渡邊 そうですね。樹脂に色を付けるために色材を混ぜた結果、加工条件が変わったことがありましたね。これも温度モニタリングで見つけることができます。

大宮 実際の製造現場ではいろいろなハプニングが起こります。知らないうちにロボットのスピードが変化していたりとか、金型の状態変化に伴い樹脂材料の表面状態が変化していたりすることが時々あります。このような現象を、加工時の温度が以前と違っているという現象から見つけたことがありました。



LD-HEATERのリアルタイム温度モニタリング機能図



渡邊 温度モニタリングにより、樹脂溶着などの加工条件の最適値を見つける時間を短縮できます。お客様からは「3分の1程度の時間で済んだよ」というお話を伺います。モニタリング機能がないと、条件出しに時間がかかり、金型の修正を含めて生産立ち上がりに半年くらいかかってしまう。これがモニタ付きだと、ぐっと短縮できます。その点で高評価いただいています。

最初に問合せをいただいたのは エンドユーザーではなく材料メーカー

現場で起こりうるさまざまな条件変化を見つけることができるわけですね。最初からそこまで見越していたのでしょうか。

大宮 ある程度は予測していました。しかし当初は、意外なことにエンドユーザー様よりも材料メーカー様からの反響が多かった。自社の材料安定性を計測したいという要望からでした。このことから材料メーカー様と一体となって開発を進めたことは、レーザ溶着用樹脂材料の普及にも貢献したと自負しています。

渡邊 またお客様よりいただく問合せの3割くらいは、私たちが想像していなかった用途でした。開発者としては非常に面白かったですね。秘密保持契約の関係から、ここで紹介できないのが残念です。

大石 弊社としてもお客様が抱える課題を幅広くお聞きして、その解決策を模索することで、開発力を高めてきた一面もあります。

高橋 我々の出発点は「レーザ樹脂溶着ユーザー」であり、お客様の困っている部分が理解できるところが強みだと感じています。

R&Dインタビュー

樹脂溶着市場には、LD-HEATERとLD照射光源（SPOLD）の2種類が投入されています。それぞれの特徴を教えてください。

高橋 LD-HEATERは多機能で、加工の条件出しや不良の解析に最適です。レーザのことをよく知らない方でも使いやすくというコンセプトで開発しましたので、安全面も配慮されています。これに対してSPOLDは、量産現場で使いやすいように低価格化、軽量化、小型化しました。装置組込を前提にし、可能な限り単純化した光源です。

大宮 レーザ樹脂溶着などが普及するにつれ、量産化に対応した光源開発が必要となってきたということですね。開発にあたって、電子管事業部のUVスポット光源の設計思想が取り入れられています。

大石 ただLD-HEATERは当初は実験室用という想定もありましたが、ふたを開けてみるとLD-HEATERとSPOLDの両方を同じお客様に使っていただくケースも多いですね。

大宮 LD-HEATERで加工の条件出しをした後、SPOLDで量産体制を整えていただくと、設定した加工条件がそのまま使えるのです。また量産時に何かトラブルが発生しても、LD-HEATERがあれば加工条件の設定に立ち戻ることもできます。

温度の異常を察知するモニタリング機能を提供するレーザプロセスモニタ（LPM）

LD-HEATER、SPOLDの次は、どのような製品を市場投入するのでしょうか。

渡邊 LPM（レーザプロセスモニタ）付のSPOLDを2014年4月にリリース予定です。昨年11月に開催した弊社の展示会“フォトンフェア”で初めて披露した製品です。



栗野 LD-HEATERで条件出しを行い、その最適条件を用いてSPOLDで量産するというコンセプトは、予想通りお客様に高い評価をいただいています。ただそういったお客様も、後になって「やはり品質管理面で加工状態はモニタリングしたい。しかしコストは抑えたい」とおっしゃる。そこで、加工が安定的に行われているかどうかだけの情報を、シンプルな機能で提供しようと考えました。これがLPMです。

大宮 レーザで温まった場所からは赤外線が出ます。その情報から2色法という高精度な検出方法を用いて温度を算出するのがLD-HEATERです。これに対してLPMは熱に起因する赤外線だけを捉え、相関を持ったアナログ情報として出力する。例えば加工不良があると、赤外線量が変化し、LPMの出力値に特異性が出ます。安定した材料と安定した装置で安定した加工がされていれば、出てくる信号も安定するはずです。外れた信号が出てくるということは、何かがおかしいと判断できるわけです。

フォトンフェアではどのように紹介したのですか？

渡邊 ガルバノスキャナ*という装置と組み合わせました。LPMは一本のファイバに加工用のレーザ光を送り、同じファイバで赤外線情報を取得します。ファイバを自在に動かしても、レーザが照射した位置と赤外線を取り出す位置は完全に一致します。光源用と測定用が同一のファイバですので、軸を調整する必要がありません。おかげで、コンパクトなサイズでガルバノにも対応できるようになりました。

※ガルバノスキャナ：2軸のミラーをモーターで回転させることにより、高速・高精度にレーザをスキャンさせる機構。ロボットなどによる加工速度と比べて10倍以上のレーザスキャンが可能となる。

栗野 ガルバノスキャナを使いたいというお客様が増えているのに、温度モニタリング機能のある製品は今までなかったのです。

大石 LPMは競合企業や既に他のレーザを使用されているお客様からも欲しいと言われます。残念ながらSPOLDと合わせないと本来の力を発揮できませんので出荷時オプションに限定しています。

LPMの開発はスムーズだったのでしょうか？

渡邊 LPMはレーザハンダも想定し最低温度150℃（黒体炉換算値）、計測周期も1 msecと厳しい課題が課せられました。このような領域になると受光技術の問題だけではなく、電子回路の最適設計が重要となってきます。また機構面では振動・衝撃に耐える構造とするのに時間がかかりました。

LPMはどのような市場を想定しているのでしょうか。

大石 レーザ加工はタクトタイムが短いので不良検出はインラインで行い、早期に対応することが重要です。LPMを量産時のインラインモニタリングに使っていただくことで、レーザ加工による生産性の向上に貢献できると考

えています。自動車関連、電気電子関連の分野の量産現場で活躍すると考えています。

渡邊 光はいろいろな形に成形できますが、照射領域の赤外線情報を正確に測ろうとするなら、それと全く同じかたちの視野が欲しい。LPMなら、照射する

光もモニタリングの情報も同じレンズと光路を通るので、常に同じかたちを見ています。小さくしても大きくしても、近づいても遠ざかっても、四角にしても三角にしてもいつも同じです。

大石 今までの樹脂溶着ではビームの形は丸が主流でした。そこに四角の光を当てたいとか、最初の照射領域は小さく、途中からズームングして大きくしたいとかいった新しい要望が出てきました。今までのようにレンズだけで対応するのは困難です。

大宮 加工エリアと赤外線情報の取得エリアを完全に同一化したことで、安定した生産管理に寄与することを期待しています。

はんだ付けの自動化を推進し部品小型化への対応や人件費の削減にも貢献

その他、LPMの応用が考えられる分野はありますか。

大石 はんだ付けの分野が有望と考えています。製造現場ではいまだにハンダコテを使用したはんだ付けが残っています。コテを使用して作業をしていくと、コテ先が消耗して条件が変わってしまい信頼性が落ちるというデメリットがあります、またタクトを短くしたいという要望もあります。ただ従来技術がハンダコテなので、お客様の価格面での要求は厳しいですが、SPOLD L11785シリーズのような低コスト化を意識した光源ではメリットを感じていただいています。

渡邊 LPMであればレーザははんだ付けのような短時間、小スポットでもモニタリングが可能です。

大宮 特に製品の小型化が進むスマートフォンなどの電気電子分野では、人手で加工するのが難しくなっているため、自動化の流れにのったLPM付SPOLDが有望と考えられます。



LD-HEATER



SPOLD

レーザ樹脂溶着技術、はんだ付けの今後の営業戦略を教えてください。

栗野 半導体レーザ光源の使いやすさの向上や、加工コスト低減が評価され、レーザ溶着技術は今後さらに普及すると考えています。LDは海外、特にドイツのメーカーが先行しているのですが、弊社では光技術のオールランダーとして、発光技術と受光技術を組み合わせた製品で競いたいと考えています。

大石 2006年にLD-HEATER、2011年にSPOLDを発表して以来、徐々に弊社製品が市場に浸透してきているのは確かです。製品のラインナップが増えたことや地道なプロモーションが実って、2013年度の受注予定としては昨年度の2倍の勢いとなっています。

大宮 設備の更新サイクルに合わせて、工法の置き換えとしてレーザ加工の導入が増えているように思います。効率の良いLDでの加工が増えることで、省エネルギー化にも貢献していきたいですね。

お問合せ

企画開発部 営業開発グループ
〒430-8587 静岡県浜松市中区砂山町325-6 日本生命浜松駅前ビル4階
TEL：053-459-1113 FAX：053-459-1114
E-mail：biz-plan@hq.hpk.co.jp

本製品は新製品ニュースでも紹介しています。
(LD照射光源▶P22 / LD加熱光源▶P23)

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	セ キュ リティ	産 業	非 破 壊	学 術 研 究
MEMS応用製品	MEMS-FTIR C12606シリーズ	▶ P11		●		●	●			●		
MEMS応用技術	マイクロ分光器 C12666MA	▶ P12				●	●			●		
イメージセンサ	InGaAsエリアイメージセンサ G12242-0909W	▶ P13				●		●	●	●		
赤外線検出素子	InAsSbフォトダイオード P12691-201	▶ P14				●	●		●	●		
SERS基板	SERS基板 J12853	▶ P15				●	●					
イメージセンサ	CMOSリニアイメージセンサ S12443	▶ P15				●				●		
Si APD	Si APD S12926シリーズ	▶ P16				●			●	●		

● 電子管製品

			メ ディ カル	ライ フ	創 薬	計 測	分 析	半 導 体	セ キュ リティ	産 業	非 破 壊	学 術 研 究
光検出器	マイクロPMTモジュール H12402/H12403シリーズ	▶ P17	●	●	●	●	●		●	●		
	ヘッドオン型光電子増倍管 R12421/P	▶ P18	●	●		●	●					
	高温・耐振用光電子増倍管アッセンブリ R8874-01	▶ P18				●				●	●	
	マルチアノード光電子増倍管アッセンブリ H12445-100/-200, H12428-100/-200	▶ P19	●	●	●	●	●					●
	近赤外光電子増倍管ユニット H12694-25/-45/-75	▶ P19				●	●					●
光電子増倍管アクセサリ	アンプユニット C6438-02	▶ P20				●	●					●
イオン検出器	小型MCPアッセンブリ F12395-11, F12396-11	▶ P20	●	●	●	●	●					●

● システム製品

			メ ディ カル	ライ フ	創 薬	計 測	分 析	半 導 体	セ キュ リティ	産 業	非 破 壊	学 術 研 究
光学系	イメージスプリッティング光学系 W-VIEW GEMINI A12801-01	▶ P21		●								●
カメラ	X線TDIカメラ C12200シリーズ	▶ P21				●				●	●	

● レーザ製品

			メ ディ カル	ライ フ	創 薬	計 測	分 析	半 導 体	セ キュ リティ	産 業	非 破 壊	学 術 研 究
半導体レーザ応用製品	LD照射光源 SPOLD L11785シリーズ、L12333シリーズ	▶ P22				●		●		●		●
	LD加熱光源 LD-HEATER (L10060-4xxxx, L10060-5xxxx, L10060-6xxxx)	▶ P23				●		●		●		●
半導体レーザ	量子カスケードレーザシリーズ	▶ P24				●	●					●

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
- 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

NEW

指先サイズのFTIRエンジンを内蔵した
小型赤外分光器

MEMS-FTIR(Fourier Transform Infrared Spectroscopy)は、片手で持ち運びで
きる、小型で安価なフーリエ変換型赤外分光器です。PCとUSB接続することで、スペクト
ル測定や吸光度測定が可能になります。



超小型FTIRエンジン

NEW

MEMS 技術とイメージセンサ技術を融合した
指先大の分光器ヘッド

マイクロ分光器は、イメージセンサ技術とMEMS 技術を用いて実現した超小型の分光器ヘッドです。
ハーメチックパッケージを採用することによって、湿度に対して高い信頼性を実現しています。感度波
長範囲は 340 ～ 780 nm で、可視域用として使用されます。本製品は、ハンディ型カラーモニタや
プリンタの色管理など、各種装置への組み込みに適しています。

従来品との相違点

従来のMSシリーズC10988MA-01に比べて
1/2以下の体積を実現した超小型サイズの分光器
ヘッドです。



MEMS応用製品

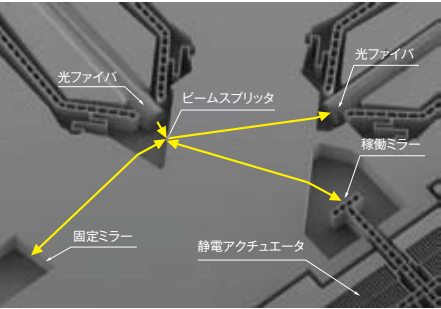
ライフ 計測 分析 産業

MEMS-FTIR C12606シリーズ

項目	記号	C12606-01	C12606-02	単位
感度波長範囲	λ	1.15 ～ 1.65	1.15 ～ 2.05	μm
波長分解能(半値幅) ^{※1}	$\Delta\lambda$	8(λ =1.65 μm)	12(λ =2.05 μm)	nm
SNR ^{※2}	25 ℃	30	29	dB
	40 ℃	29	25	
スキャン速度 ^{※3}	—	5		ms/回
外形寸法(W × D × H)	—	100 × 75 × 27		mm

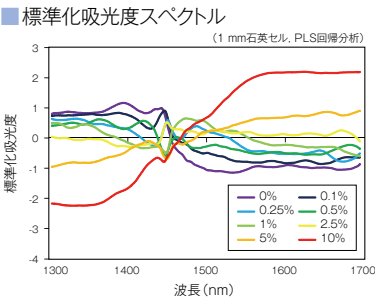
※1 波数は約29 cm⁻¹
※2 ϕ 200 μm 、NA=0.2のファイバで約600 μW の白色光を入力し、積算時間1秒の場合
※3 一回の分光スペクトルが取得可能な時間(ミラー片側動作時間)、測定周波数200 Hz

【マイケルソン干渉計のSEM画像】

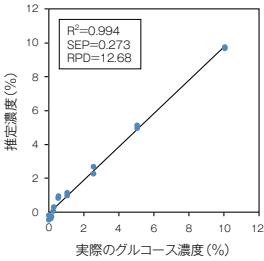


【グルコース水溶液の計測例】

グルコースの濃度を高精度に推定



■推定結果



MEMS応用技術

計測 分析 産業

マイクロ分光器 C12666MA

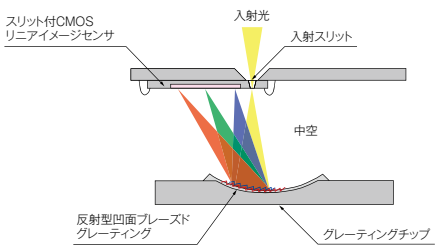
特 長

- 指先サイズ: 20.1 × 12.5 × 10.1 mm
- 質量: 5 g
- ハーメチックパッケージ: 温度に対して高信頼性を実現
- モバイル測定機器への組み込み用
- スマートフォンやタブレットなどの携帯端末との組み合わせに適している

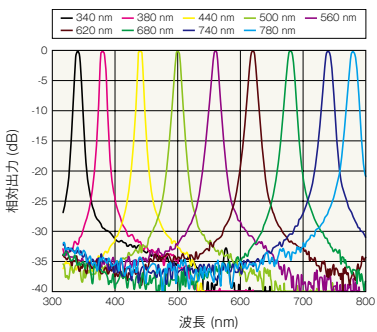
項目	仕様	単位
感度波長範囲	340 ～ 780	nm
波長分解能(半値幅)	15 max.	nm
輝線迷光*	-25	dB
スリット(H × V)	50 × 750	μm
NA	0.22	—
画素数	256	画素
画素サイズ(H × V)	12.5 × 1000	μm
外形寸法(W × D × H)	20.1 × 12.5 × 10.1	mm

※ 輝線迷光=10 × log(Tl/Th)
Th: ある波長の輝線を入力したときに測定されるカウント
Tl: その波長の±40 nmで測定されるカウント

【断面構造】



【輝線スペクトルの測定例】



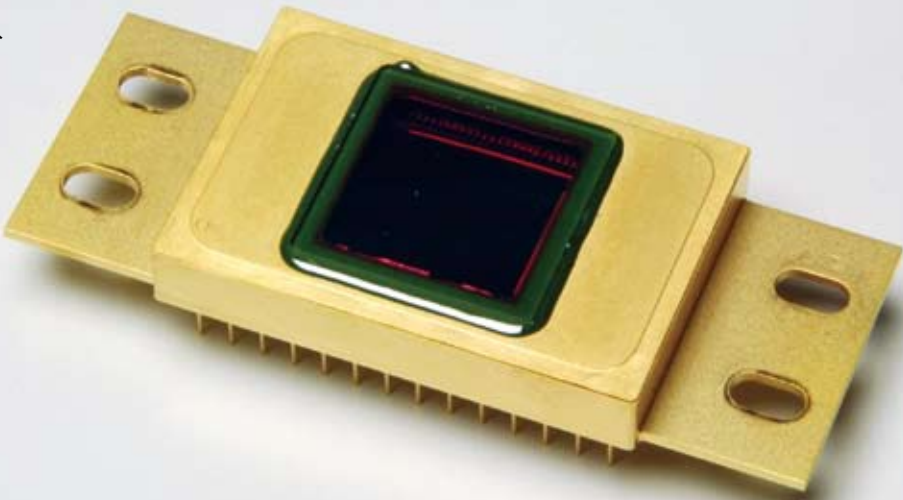
NEW

NIR（近赤外線）を簡単に画像化できる
2次元InGaAsイメージセンサ

G12242-0909Wは、近赤外線を簡単に画像化できるInGaAsイメージセンサです。受光部の各画素はROICと接続され、シフトレジスタで順次読み出されます。ROICにはタイミング発生器が内蔵されており、簡単なデジタル入力でビデオ出力が得られます。また、受光部の温度を安定させるため電子冷却素子とサーミスタが内蔵されており、外部からの制御で温度を一定に保つことができます。

従来品との相違点

多チャンネル（640×512画素）
構造により、広範囲の微弱光を高分解能で検出することが可能です。



イメージセンサ

計測 半導体 セキュリティ 産業 非破壊

● InGaAsエリアイメージセンサ G12242-0909W

特 長

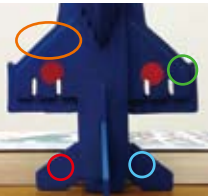
- 感度波長範囲: 0.95 ~ 1.7 μm
- 多チャンネル: 640 × 512画素
- 2段電子冷却型
- マルチチャンネル検出器ヘッド(C12376)を用意

用 途

- 半導体ウエハの不良解析
- 視界不良の環境下における人物認識
- 近赤外イメージング

項目	記号	仕様	単位
画素数	—	640 × 512	画素
画素ピッチ	—	20	μm
最大感度波長	λp	1.55	μm
フレームレート	—	30	frames/s
変換効率	CE	2	$\mu\text{V}/\text{e}^-$
飽和電荷量	Qsat	560	ke^-
飽和出力電圧	Vsat	1.0	V
感度不均一性	PRNU	±10	%
暗電圧	V_0	20	V/s

【近赤外線画像例】



可視画像



近赤外線画像

カラーペイントされた木造の飛行機のおもちゃを近赤外線を用いて見ると、亀裂、樹脂の跡、文字など下地加工を確認することが可能です。

NEW

感度波長範囲8 μm 帯を達成した
高感度InAsSbフォトダイオード

弊社独自の結晶成長技術と裏面入射構造を採用してレンズを搭載することにより8 μm 帯で高感度を実現した赤外線検出素子です。InAsSb光起電力素子はPN接合を採用しているため、高速応答・高信頼性を実現しています。NO、NO₂、N₂Oなどのガス分析への応用に適しています。また、コンパクトなTO-8パッケージを採用することで液体窒素が不要となり、使いやすくなっています。

従来品との相違点

従来品（P11120-201）に比べて
感度波長範囲を8 μm まで延ばしています。



赤外線検出素子

計測 分析 セキュリティ 産業

● InAsSbフォトダイオード P12691-201

特 長

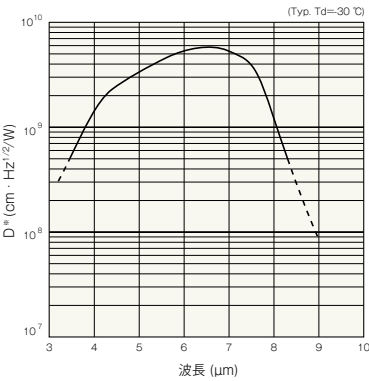
- 高速応答: 10 ns max.
- 高感度
- 高信頼性
- コンパクトなTO-8パッケージの電子冷却型
- InAsSbを採用しておりRoHS適合
- QCLとの組み合わせでモジュール化が可能

用 途

- ガス分析
- 放射温度計
- サーマルイメージング
- リモートセンシング
- FTIR
- 分光光度計

項目	条件	Min.	Typ.	Max.	単位
受光部サイズ		$\phi 1.0$			mm
最大感度波長		—	6.7	—	μm
カットオフ波長		8.2	8.3	—	μm
受光感度	$\lambda=\lambda\text{p}$	0.8	1.2	—	A/W
並列抵抗	$V_{\text{R}}=10\text{ mV}$	13	40	—	Ω
比検出効率	$(\lambda\text{p}, 600, 1)$	4.0×10^9	6.0×10^9	—	$\text{cm}\cdot\text{Hz}^{1/2}/\text{W}$
等価雑音電力	$\lambda=\lambda\text{p}$	—	1.5×10^{-11}	2.3×10^{-11}	$\text{W}/\text{Hz}^{1/2}$
上昇時間	$V_{\text{R}}=0\text{ V}$, $R_{\text{L}}=50\ \Omega$ 0~63 %	—	—	10	ns

【分光感度特性】



SERS基板

計測分析

SERS基板 J12853



特長

- 安定した表面活性構造
ラマン散乱光の増強を行うアクティブエリアの活性表面構造には金を用いており、ナノインプリント技術を応用して微細なパターンを形成することで、安定した構造を実現しています。
- アクティブエリアの保護に配慮した構造
SERS基板の能力を効果的に発揮させるため、アクティブエリアへの異物付着を防ぐ構造を採用しています。
- 溶液の測定が容易
ウェル構造を持つため、溶液の測定を容易に行うことができます。また幅広い種類の試料を測定できるように、基板の材質には薬品耐性に優れたポリプロピレンを使用しています。

高感度なラマンスペクトル分析に利用可能

SERS*基板は、ナノインプリント技術を応用した使い捨てタイプの基板です。被測定分子のラマン散乱光を増強させることが可能で、高感度なラマンスペクトル分析を容易にします。

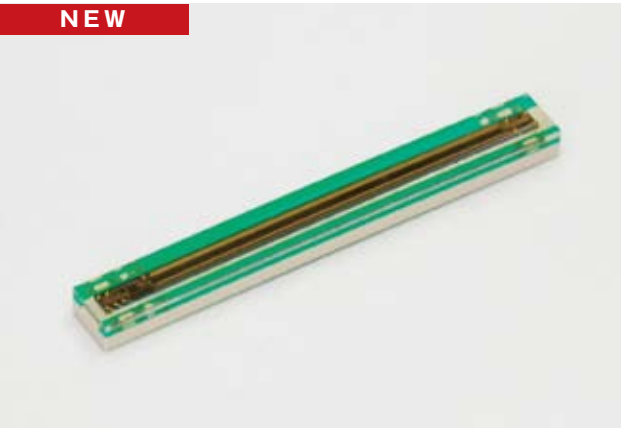
※Surface Enhanced Raman Spectroscopy: 表面増強ラマン分光

項目	仕様	単位
基板サイズ	76 x 26 x 3.6	mm
SERSチップサイズ	4 x 4	mm
アクティブエリア	2.7 x 2.7	mm
ウェル構造容量	6	μL
活性表面構造	金ナノ構造	—
基板材質	ポリプロピレン	—
ラマン励起波長 (推奨)	785	nm

イメージセンサ

計測産業

CMOSリニアイメージセンサ S12443



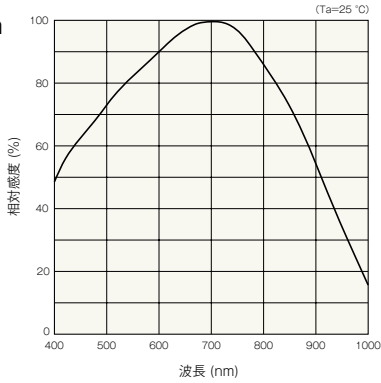
特長

- 小型: 2.7 x 22.9 x 1.6 mm
- 3.3 V単一電源動作
- 低消費電力
- ビデオデータレート: 10 MHz max.

用途

- バーコードリーダ
- 位置検出
- エンコーダ
- 各種イメージ読み取り

[分光感度特性 (代表例)]



CSP (Chip Size Package) タイプの CMOSリニアイメージセンサ

バーコードリーダ、エンコーダ、各種読み取り用に開発されたCSPタイプのCMOSリニアイメージセンサです。CMOSプロセスを使用しており、CLK・STの2つのデジタル信号で動作可能です。入力端子容量が5 pFと小さいため、デジタル信号駆動用ICの消費電力が小さく、高速化が容易です。

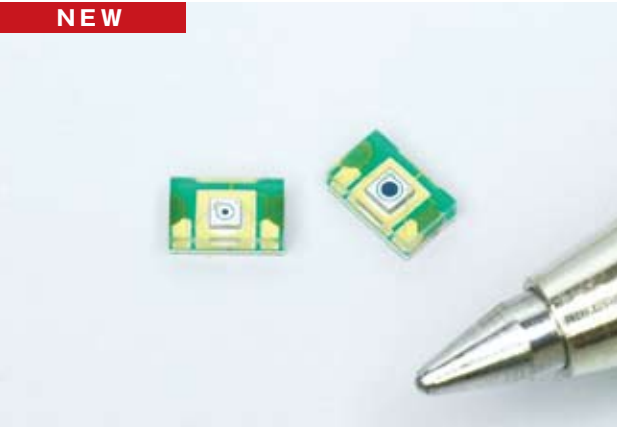
従来品との相違点 多画素 (2496画素) タイプを新たにラインアップに追加しました。

項目	仕様	単位
画素数	2496	画素
画素ピッチ	7	μm
画素高さ	125	μm
有効受光面長	17.472	mm
感度波長範囲	400 ~ 1000	nm

Si APD

計測セキュリティ産業

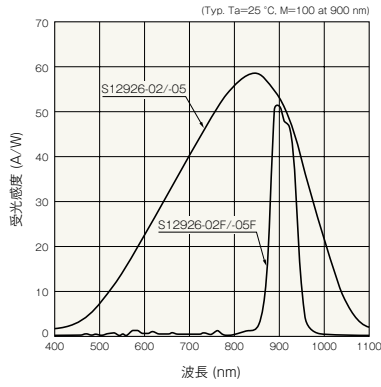
Si APD S12926シリーズ



特長

- 小型: 1.8 x 3.1 x 1.0 mm
- 低バイアス動作
(降伏電圧=200 V max.)
- 高速応答:
遮断周波数=700 MHz
(S12926-02/-02F)
- 低価格
- 900 nm帯バンドパスフィルタ付き
(S12926-02F/-05F)

[分光感度特性]



用途

- 光波距離計

900 nm帯バンドパスフィルタ付き 光波距離計用小型Si APD

光波距離計に広く使用されている900 nm帯光源の光検出用/バンドパスフィルタ付Si APDです。小型の表面実装型パッケージで、低バイアス動作が可能なため、ハンディタイプの距離計などの用途に適しています。

従来品との相違点

900 nm帯光源を使用した光波距離計に適した低価格の小型APDです。バンドパスフィルタ付きも用意しています。

(Ta=25 °C)				
項目	条件	S12926-02/-02F	S12926-05/-05F	単位
受光面サイズ		φ0.2	φ0.5	mm
感度波長範囲	M=1 S12926-02/-05	400~1100		nm
受光感度	M=100, λ=900 nm	50		A/W
降伏電圧 max.	I _b =100 μA	200		V
降伏電圧の温度係数		1.1		V/°C
遮断周波数	R _L =50 Ω, -3 dB M=100, λ=900 nm	700	600	MHz
端子間容量	M=100, f=1 MHz	0.7	1.3	pF
フィルタ中心波長	S12926-02F/-05F	905		nm
フィルタ半値幅		60		



H12402シリーズ

H12403シリーズ

12 mm

38 mm

34 mm

15 mm

30 mm

38 mm

NEW

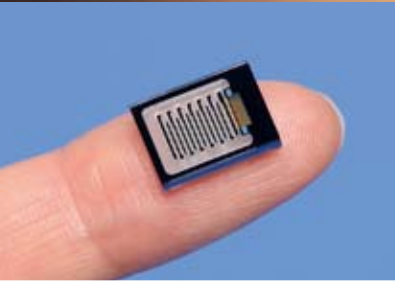
世界最小・最薄・最軽量のマイクロPMT[※]を内蔵した初のモジュール

マイクロPMT、電圧分割回路、高圧電源回路を内蔵したケーブル出力のモジュールです。2種類の光電面・形状から選択いただけます。

※2012年12月現在。弊社調べ。

従来品との相違点
メタルパッケージ光電子増倍管タイプより小型です。

micro **μPMT[®]**
HAMAMATSU



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

○ マイクロPMTモジュール H12402/H12403シリーズ

特長

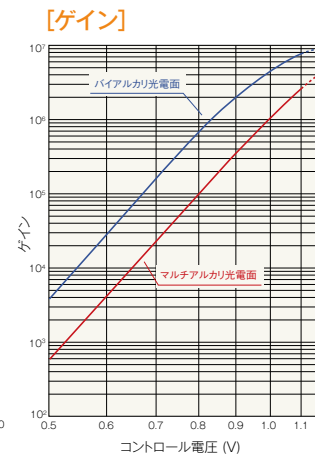
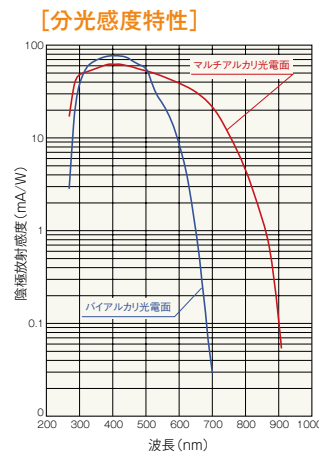
- 小型
- 低電圧(+5 V)入力で動作可能

用途

- 小型・高感度装置
 - ポータブル医療装置
 - ポータブル環境測定装置
 - 衛生モニタ など

項目	内容・値		単位
サフィックス	なし	-01	—
感度波長範囲	300 ~ 650	300 ~ 850	nm
光電面タイプ	バイアルカリ	マルチアルカリ	—
有効光電面サイズ(X x Y)	3 x 1		mm
入力電圧	+4.5 ~ +5.5		V
推奨コントロール電圧調整範囲	+0.5 ~ +1.0	+0.5 ~ +1.1	V
陰極ルーズン感度 (typ.)	80	200	μA/lm
陽極暗電流 (typ.) ^{※1※2}	0.3		nA
上昇時間 ^{※1}	1.2		ns

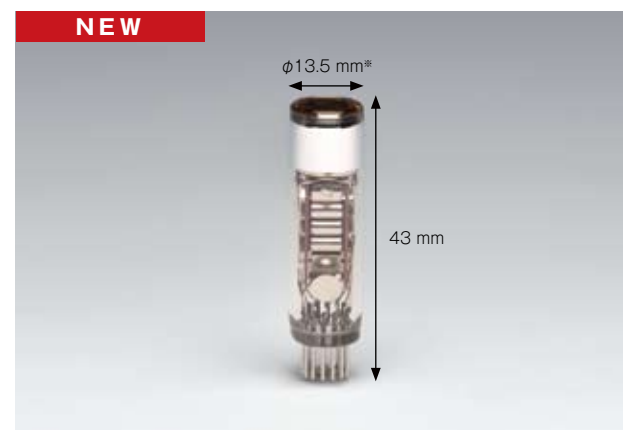
※1 コントロール電圧 +0.9 V, at 25 °C
 ※2 暗中で30分放置後測定



光検出器

メディカル ライフ 計測 分析

○ ヘッドオン型光電子増倍管 R12421/P



コンパクト、低ダークカウント

φ13 mm (1/2インチ) ヘッドオン型光電子増倍管です。新設計の電極により従来品 (R647) に比べ収集効率が上がり、全長は71 mm から43 mmと短くなりました。R12421Pは、R12421より低ダークカウントで磁気シールド付きです。

※R12421Pはφ14.3 mm。写真はR12421。

従来品との相違点

従来品 (R647) に比べ検出効率が上がり、全長は短くなり、装置の高性能化・小型化・軽量化に貢献します。

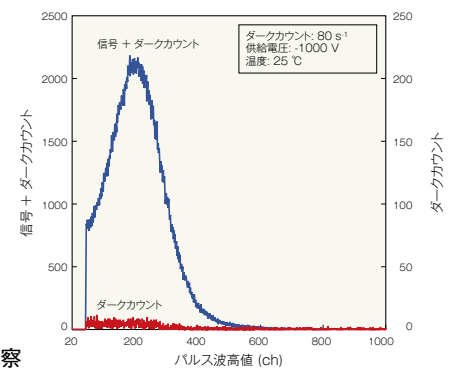
特長

- コンパクト
- 低ダークカウント
- 優れたPHDとプラトー特性

用途

- フォトンカウンティング
 - 衛生モニタ
 - 臨床検査
 - 蛍光/生物発光観察
- シンチレーションカウンティング
 - サーベイメータ
 - PM2.5モニタ

[シングルフォトンPHD (パルス波高分布)]



項目	内容・値	単位
感度波長範囲	300 ~ 650	nm
光電面タイプ	バイアルカリ	—
有効光電面サイズ	φ10	mm
ゲイン (typ.) [*]	2 x 10 ⁶	—
ダークカウント (typ.) [*]	80 (R12421) 40 (R12421P)	s ⁻¹

※供給電圧 1000 V, at 25 °C

光検出器

計測 産業 非破壊

○ 高温・耐振用光電子増倍管アッセンブリ R8874-01



特長

- 高温動作: 最大 +175 °C
- 高耐振: 500 m/s²
- 高ゲイン

用途

- 資源探査
 - 石油
 - 天然ガス など

石油探査用の高耐振 500 m/s² 定格電圧 1500 V動作可能

セラミック側管で従来のガラス側管の電極構造を使用可能とし、高耐振・高ゲインによる信頼性の向上・低消費電力を実現しました。従来の高耐振タイプ (R5473-02) は定格電圧が2000 Vと高く、高圧電源などの制約で使用が限定されましたが、R8874-01は1500 Vと、従来のガラス側管製品と同等の電圧での動作が可能となります。

従来品との相違点

従来品 (R5473-02) の定格電圧2000 Vから1500 Vとなり使いやすくなりました。

項目	内容・値	単位
動作・保存周囲温度	-30 ~ +175	°C
耐振性 (正弦波)	500	m/s ²
耐衝撃性 (正弦波)	10000	m/s ²
ゲイン (typ.) ^{※1}	5.0 x 10 ⁵	—
供給電圧	1500	V
有効光電面サイズ	φ14	mm
外形寸法	φ19 x 50	mm

※供給電圧 1500 V, at 25 °C

光検出器

メディカル ライフ 創薬 計測 分析 学術研究

マルチアノード光電子増倍管アッセンブリ H12445-100/-200, H12428-100/-200



広い有効面積、高収集効率、コンパクトな光電子増倍管

メタルチャンネルダイノード内蔵の1インチ角型メタルパッケージ光電子増倍管です。新設計の電極を採用し、従来品（H8711、H7546）に比べ有効面積は約1.6倍拡大し、収集効率も75 %から85 %（電子軌道シミュレーションによる）と高くなりました。全長は45 mmから39 mmと短くなり、装置を小型、軽量にすることができます。

従来品との相違点
検出効率が向上し、全長は短くなり、装置の高性能化・小型化・軽量化に貢献します。

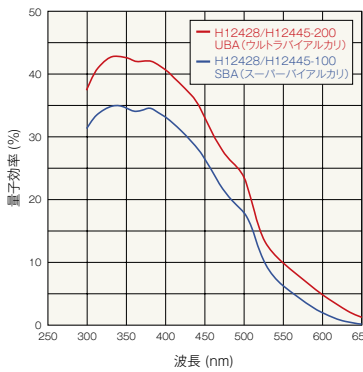
特長

- 有効光電面サイズ拡大: 23 mm x 23 mm
- 高量子効率、高収集効率
- 高速応答

用途

- 高エネルギー物理学実験
- 画像診断機器（PET、ガンマカメラなど）
- 放射線計測

【量子効率】



項目	H12445	H12428	単位
有効光電面サイズ	23 x 23		mm
感度波長範囲	300 ~ 650*1		nm
光電面タイプ	SBA(サフィックス: -100) UBA(サフィックス: -200)		—
アノードタイプ	マトリックス	マトリックス	—
	4 x 4 (16 ch)	8 x 8 (64 ch)	—
TTS(FWHM) (typ.) *2	0.34	0.35	ns
外形寸法(W x H x D)	30 x 39 x 30		mm

*1 UVガラスタイプもあります。サフィックス: SBAが-103、UBAが-203。感度波長範囲: 185 nm~650 nm
*2 1チャンネル当たり

光検出器

計測 分析 学術研究

近赤外光電子増倍管ユニット H12694-25/-45/-75



空冷式電子冷却、ゲート機能付き

小型近赤外光電子増倍管を真空封止切りハウジングに収めたユニットです。空冷式電子冷却により低暗電流を実現しています。ゲート機能も加わり、高速ゲート動作で背景光を避け必要な信号のみを選択して測定することが可能となりました。

従来品との相違点
ゲート機能を追加し、高速ゲート動作で背景光を避け必要な信号のみを測定できるようになりました。

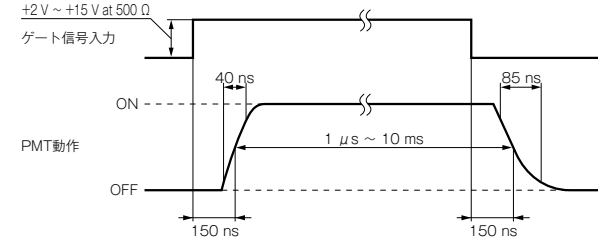
特長

- 高ゲイン
- ゲート機能付き（常時OFF）
- 高速応答
- 空冷式電子冷却による低ノイズ

用途

- 気象用LIDAR（レーザレーダ）

【ゲートタイミングチャート】



項目	H12694-25	H12694-45	H12694-75	単位
感度波長範囲	950 ~ 1200	950 ~ 1400	950 ~ 1700	nm
光電面材質	InP/InGaAsP	InP/InGaAsP	InP/InGaAs	—
ゲート幅	1 μs ~ 10 ms			—
TTS(FWHM) (typ.)	0.4			ns
繰り返し周波数 (max.)	10			kHz
ゲイン (typ.) *	1 x 10 ⁶			—

※供給電圧 -800 V, at 25 °C

光電子増倍管アクセサリ

計測 分析 学術研究

アンプユニット C6438-02



出力信号極性の切り替え可能、周波数帯域 DC ~ 50 MHz

入力信号を反転／非反転増幅させて出力する電流／電圧変換アンプユニットです。出力信号極性はスイッチで切り替えできます。

従来品との相違点
出力信号極性（±）を選択できます。

特長

- 出力信号極性切替スイッチ付
- 周波数帯域: DC~50 MHz
- 電流電圧変換係数: 5 mV/μA

用途

- 光電子増倍管、フォトダイオードの出力信号読み出し

項目	内容・値	単位
電源電圧	±5	V
周波数帯域 (-3 dB)	DC~50 MHz	—
電流電圧変換係数	5	mV/μA
最大出力信号電圧 (50Ω負荷時)	±1.3	V
最大出力雑音電圧	2	mV rms

イオン検出器

メディカル ライフ 創薬 計測 分析 学術研究

小型MCPアッセンブリ F12395-11, F12396-11



小型、薄型でメンテナンス軽減

一般的なイオン検出からTOF-MS (Time of flight mass spectrometry) で使える小型MCPアッセンブリです。従来品より薄く、装置で要求される最小限のスペースに取り付けることができます。また、配線接続を2箇所へ減らし、メンテナンスが簡単になります。

従来品との相違点
同シリーズF12334-11の有効サイズφ20 mmに対しφ27 mm、φ42 mmの拡大タイプです。

特長

- 2箇所の配線接続で簡単メンテナンス
- 耐環境性に優れたMCP採用
- 小型・薄型
- 出力端子: SMAコネクタ

用途

- イオン検出（TOF-MSなど）
- 電子線検出
- X線検出
- 真空紫外光検出

項目	F12395-11	F12369-11	単位
外形寸法(W x H x D)	41 x 61 x 15.1	52 x 72 x 15.1	mm
有効サイズ	φ27	φ42	mm
ゲイン (min.) *1	1 x 10 ⁶		—
パルス幅(FWHM)	1.5		ns

※1 at HV: -2.1 kV

◎ イメージスプリッティング光学系 W-VIEW GEMINI A12801-01

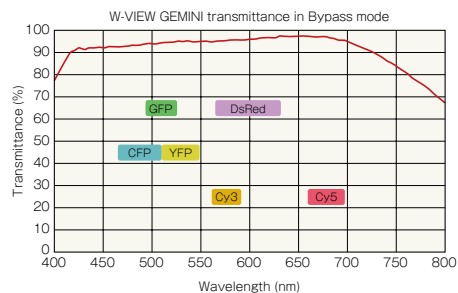
NEW



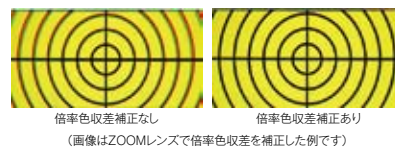
特長

- 高い透過率を実現
- 広視野カメラに対応
- 市販のダイクロイックミラーが使用可能
- 色収差補正機構を搭載
- 重心バランスが良く正立顕微鏡でも安心

400 nm ~ 800 nm
の波長域において
高い透過率を実現



倍率色収差補正
機構の搭載により、
フォーカスと倍率の
合った品質の良い
画像が得られます



(画像はZOOMレンズで倍率色収差を補正した例です)

2波長画像の同時取得を実現！

入射光を2波長に分光し、1台のカメラに結像させる顕微鏡用イメージスプリッティング光学系です。2波長の画像を1画面で同時に観察することができます。

◎ X線TDIカメラ C12200シリーズ

NEW



特長

- 高S/N: 12 bit 出力(-321) / 16 bit 出力(-461)
- Camera Linkインターフェース(Base Configuration)
- 単電源(15 V)駆動
- リアルタイム暗電流補正・シェーディング補正機能搭載
- エリア読み出しモード搭載(初期調整用)

用途

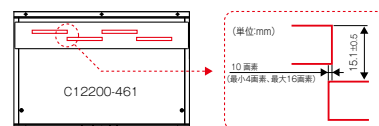
- プリント基板検査
- 実装部品検査
- リチウムイオン電池検査
- 構造物内部検査

約3倍の高速読み出しを実現した 高速ライン対応のX線TDIカメラ

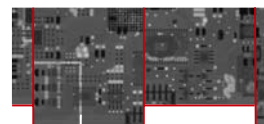
TDI技術を用いて、広域エリアでの高速・高感度・高解像度読み出しを同時に実現し、高精度なインラインX線内部検査を可能にしたカメラです。C12200シリーズは、スタンダードタイプ(C10650シリーズ)に比べ、読み出し速度が約3倍に向上し、高速な検査ラインに対応します。このたび、293 mmの検出エリアを隙間なく撮影可能なC12200-461を新たにラインアップに加えました。

幅広い検出エリアを不感帯なく撮影(C12200-461)

C12200-461は、複数の検出器の検出範囲を重ねて交互に配置することにより、不感帯をなくし幅広い範囲での検出を実現しています。



C12200-461測定例



NEW

空冷方式のコンパクトなレーザ照射光源

ファイバ出力型レーザダイオードモジュールと駆動回路およびペルチェ式冷却機構をコンパクトにまとめたレーザ照射光源です。
照射ユニットの選択により、ご希望のビーム径およびビームプロファイルのレーザ光を照射できます。

従来品との相違点

- ・照射ユニットを8倍まで標準ラインアップ。
- ・ビームプロファイルをLD加熱光源 (LD-HEATER) と共通化



L11785 シリーズ



L12333 シリーズ

半導体レーザ応用製品

計測 半導体 産業 学術研究

LD照射光源 SPOLD L11785シリーズ、L12333シリーズ

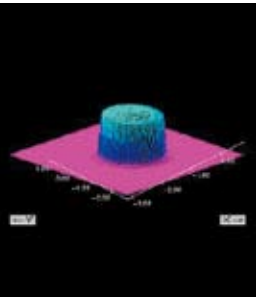
特長

- 小型、軽量
- ペルチェ空冷方式
- 外部制御可能
- 各種照射ユニット装着可能

用途

- 樹脂溶着
- はんだ付け (ボンディング)
- ガラスの気密封止 (防水シール)
- 着剤等の熱硬化
- 塗装の乾燥 等

[ビームプロファイル例]



出力30 W、同軸照射ユニット2倍使用時

※本データは一例であり、納入する全ての製品の特性を保証するものではありません。

[単軸照射ユニット A12803シリーズ]



ビームプロファイルを改善したSPOLD用照射ユニット。8倍まで標準ラインアップしております。光源本体、伝送ファイバ、照射ユニットの組み合わせでφ0.2 mm ~ φ6.4 mmまでの提案が可能です。

項目	L11785-41	L11785-51	L12333-411	L12333-421	L12333-511	L12333-521
レーザ種類	半導体レーザ (LD)					
発振形式	連続 (CW)					
発振波長 (25 ℃)	915 nm		940 nm	808 nm	940 nm	808 nm
最大出力 (標準ファイバ射出端)	9 W	15 W	30 W		75 W	60 W
赤色ガイド光	無	有				
標準ファイバコア径	φ200 μm	φ400 μm	φ400 μm		φ800 μm	
外形寸法 (W × H × D)	約280 mm × 約100 mm × 約300 mm (突起部除く)			約360 mm × 約150 mm × 約360 mm (突起部除く)		

NEW

加工点温度モニタリング機能内蔵の スポット加熱光源

LD加熱光源(LD-HEATER)はファイバ出力型LDモジュール、駆動回路、冷却機構、加工点の温度モニタリング機能を搭載したコンパクトで高機能なスポット加熱光源です。

従来品との相違点

ビームプロファイル改善、水冷タイプを従来の150 Wから200 Wにバージョンアップしました。



半導体レーザ応用製品

計測 半導体 産業 学術研究

LD加熱光源 LD-HEATER (L10060-4xxxx, L10060-5xxxx, L10060-6xxxx)

特長

- 高信頼性
レーザ加熱用途に合わせて設計された長寿命ファイバ出力型LDモジュール内蔵
- 高機能性
温度モニタリング機能を内蔵し、再現性の高い安定した加工／計測が可能

応用

- 樹脂溶着
- はんだ付け(ボンディング)
- ガラスの気密封止(防水シール)
- 接着剤等の熱硬化
- 塗装の乾燥 等

項目	L10060-4xxxx	L10060-5xxxx	L10060-6xxxx
発振形式	連続(CW)		
発振波長	940 nm		
伝送光ファイバ出射端光出力	30 W	70 W	200 W
照射ユニット出射端光出力	27 W	63 W	180 W
集光スポット径	φ0.8 mm ~ φ6.4 mm (ファイバコア径と集光倍率による)		
冷却方式	空冷		水冷

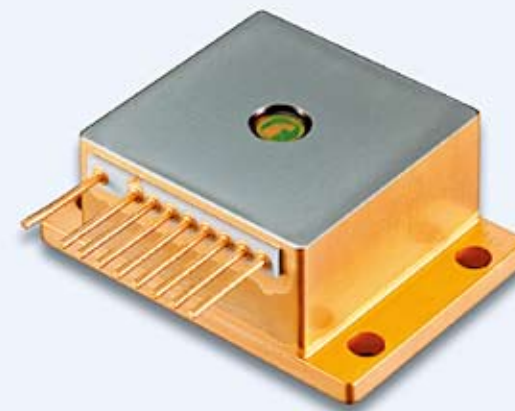
NEW

環境ガス計測に最適な 分光分析用中赤外半導体レーザ

量子カスケードレーザ(QCL:Quantum Cascade Laser)は中赤外(4 μm~10 μm)に発振波長を持つ半導体レーザで、中赤外の新しいレーザとして注目されています。

従来品との相違点

- ・DFB-CW駆動型QCLは短波長品の開発を行いました。
- ・DFB-パルス駆動型QCLは長波長品の開発を行いました。



CW 駆動型：HHL パッケージ



パルス駆動型：TO-8 パッケージ

半導体レーザ

計測 分析 学術研究

量子カスケードレーザシリーズ

特長

- 中赤外(4 μm~10 μm)レーザ光源
- 小型可搬

用途

- 極微量ガス分析(NH₃)

DFB-CW駆動型QCL

型名	波長	波数	ターゲットガス
PRELIMINARY L12004-2310H-C	4.33 μm	2310 cm ⁻¹	CO ₂ , CO ₂ 同位体
NEW L12004-2209H-C	4.53 μm	2209 cm ⁻¹	N ₂ O
L12004-2190H-C	4.57 μm	2190 cm ⁻¹	N ₂ O, CO
L12005-1900H-C	5.26 μm	1900 cm ⁻¹	NO
L12006-1631H-C	6.13 μm	1631 cm ⁻¹	NO ₂
L12007-1294H-C	7.73 μm	1294 cm ⁻¹	CH ₄

DFB-パルス駆動型QCL

型名	波長	波数	ターゲットガス
L12014-2231T-C	4.48 μm	2231 cm ⁻¹	CO, CO ₂
L12015-1901T-C	5.26 μm	1901 cm ⁻¹	NO
L12016-1630T-C	6.13 μm	1630 cm ⁻¹	NO ₂
L12017-1278T-C	7.82 μm	1278 cm ⁻¹	CH ₄ , N ₂ O
PRELIMINARY L12020-0993T-C	10.07 μm	993 cm ⁻¹	NH ₃

量子ホトニクスの世界

解説／浜松ホトニクス 中央研究所 材料研究室 枝村 忠孝

前回の連載では量子の世界を記述するために生まれた量子力学の概要と、光や電子を量子の概念でとらえ、電子遷移に伴う光の放出での関係性を説明しました。今回は光子について詳しく取り上げます。

光子 (Photon) とその性質

「光子」について考えてみましょう。光子とは、光を粒子として見たものであり、一般的には量子力学などで概念的に扱うものです。光子は素粒子の一種であり、質量0、電荷0、スピン1という特徴があります。スピンが整数ですのでボース粒子^{※1}となります。ちなみに別の素粒子である「電子」は質量 $9.10938291 \times 10^{-31}$ kg、電荷 $1.602176565 \times 10^{-19}$ C、スピン $\pm 1/2$ のフェルミ粒子^{※1}です。古典半径は 2.81794×10^{-15} mとなっており、非常に小さいながらも実際の粒子として存在している実感を持つことができます。一方、光は目には見えますが、質量0、電荷0の粒子ですから、果たして捕らえることは可能なのでしょうか？ これに関しては前回少し触れましたが光電子増倍管を用いたフォトン

光子の質量

光子のエネルギーEはプランク定数h^{※3}と振動数νを用いて $E=h\nu$ と表されます。また光子の運動量pは同じくhと波長λを用いて $p=\frac{h}{\lambda}$ と表されます。質量が0なのに光子はエネルギーと運動量を持った粒子ということになり、少々奇妙な感じがしますが、相対性理論の要請^{※4}から質量は0と考えます。質量が軽い粒子ほど小さなエネルギーで光速近くまで加速できますので、その極限として光、すなわち光子は質量0です。仮に光速を超えたとしたら質量は虚数になってしまうので今のところそのようなものは存在しないと考えられています。

カウンティングにより光子を1個2個……と捕らえることが可能です。では光子の大きさはどれくらいなのでしょう？ 残念ながら光子には大きさはないと考えられていますので、「エネルギーと運動量を持ったただの点」です。素粒子の大きさはクォーク^{※2}から構成されている内部構造を持っているかどうかで定義されますので、クォークから構成されていない光子に大きさはありません。

※1 ボース粒子とフェルミ粒子:ボース粒子はボース統計に従う粒子であり素粒子間の相互作用を担う粒子である。一方、フェルミ粒子はフェルミ統計に従う粒子であり、物質を構成する粒子である。

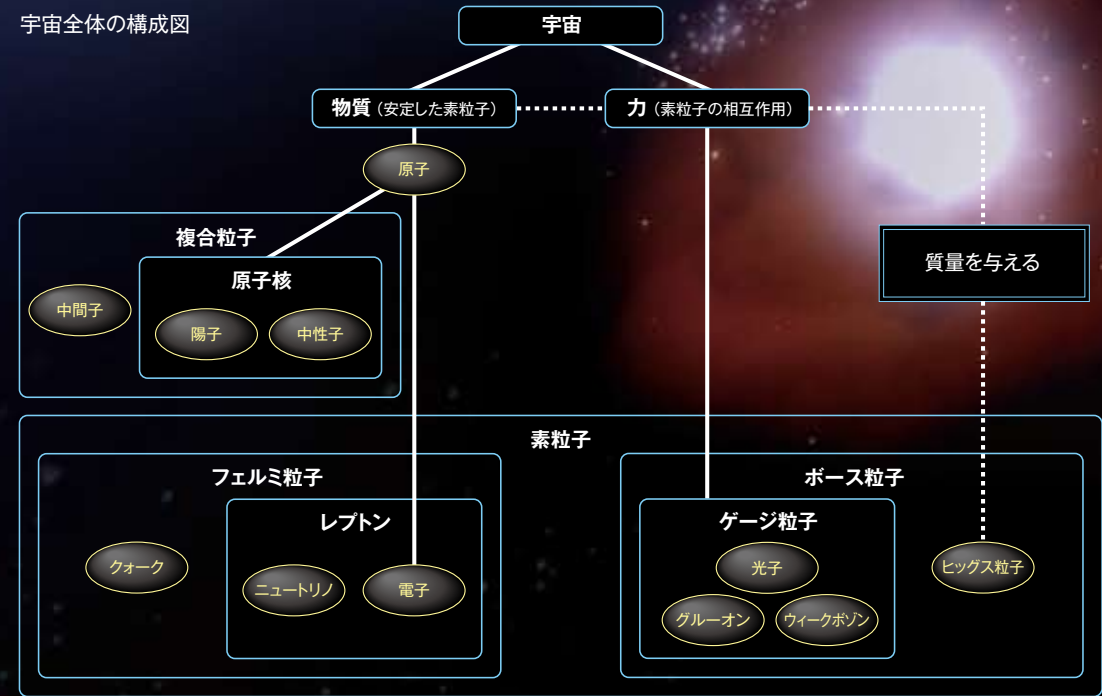
※2 クォーク:物質の基本的な構成要素となる素粒子。フェルミ粒子に分類される。

話題のヒッグス粒子(2013/10/8付、ノーベル財団発表素粒子が質量を持つしくみの理論について、欧州原子核研究機構(CERN)における実験でヒッグス粒子が発見されたことにより、ベルギーのフランソワ・アングレール氏とイギリスのピーター・ヒッグス氏へノーベル物理学賞を授与)による質量獲得理論においても光子はヒッグス粒子と反応しない(質量を獲得しない)ため、質量は依然として0のままです。

※3 プランク定数:光子の持つエネルギーの比例定数。光子の持つエネルギー(E)は振動数(ν)に比例し、その比例定数がプランク定数(h)と定義される。

※4 光子の質量:もしも光子に質量があるとなると、真空中で光速にまで加速されることがない。相対性理論では光速は常に一定であり、光速で移動するエネルギーを持つ物質はすべて質量が0であると考ええる。

宇宙全体の構成図



光子の電荷とスピン

次に電荷0についてはどうでしょうか。ゲージ理論^{※5}では素粒子間においてゲージ粒子が交換されることにより力が生じるとしています。光子は電磁気力を伝えるゲージ粒子^{※5}ということになります。「電荷に対して作用するのに光子自身は電荷を持っていない」、「電荷がないので電磁場の影響は受けない?」、「そもそも電荷とは何だ?」と次々に疑問が湧いてきます。残念ながら粒子がなぜ電荷を持つのか、持たないのかは不明のようです。

ではスピンはどうでしょうか。スピンとは素粒子の固有回転角運動のことで、多くの場合コマのような自転でイメージされます。スピンは粒子が持つ内部自由度として導入されました。

これは数学的なテクニックというよりはディラック方程式(相対論を満足するようなシュレーディンガー方程式^{※6})により自然に導出されます。ところがその物理的解釈となると、「そうすると実験事実をうまく説明できる」程度にしか説明できません。ちなみに光子の場合、スピンは2つの円偏光の状態に対応しています。

※5 ゲージ理論とゲージ粒子:素粒子間の相互作用(力)を伝える際に用いる理論。時空の点ごとに「ゲージ」(ものさし)を与え、時空の点が変わっても、理論が変わらないようにしている。電磁気学や量子力学の理論を記述する際に用いられる。ゲージ粒子はゲージ理論で用いられるボース粒子を指す。

※6 シュレーディンガー方程式:量子力学で粒子のふるまいを説明するための方程式。古典力学における運動方程式にあたる。

前回、「光の粒子性と波動性は量子力学の発展に伴い矛盾なく理解されるようになった」と説明しましたが、光子に対して湧き出る疑問を羅列してみると、すっきりしないことがたくさん出てきます。このように21世紀になっても、光について人類の知らないことが山ほどあります。これは研究対象として光もしくは光子にはまだ手付かずの荒野が広がっているということでもあり、私

たちは、光技術は無限の可能性を秘めているという信念のもと研究開発活動を進めています。

次回では私たちが今、研究開発を進めている光デバイスの一例として、量子カスケードレーザ(Quantum Cascade Laser; QCL)について紹介します。

営業品目

光半導体製品

- ☐ Siフォトダイオード
- ☐ APD
- ☐ MPPC
- ☐ フォトリソ
- ☐ 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
- ☐ 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・水銀キセノンランプ
- ☐ 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・画像計測装置
- ☐ X線関連製品
- ☐ ライフサイエンス分野製品
- ☐ 医療分野製品
- ☐ 半導体故障解析装置
- ☐ FPD/LEDの特性評価装置
- ☐ 分光計測・光計測装置

レーザ製品

- ☐ 半導体レーザ及び応用製品
- ☐ 固体レーザ

※  は、浜松ホトニクス(株)の登録商標です。

※この資料の内容は、2014年3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 〒980-0011 仙台市青葉区上杉1-6-11 (日本生命仙台勾当台ビル2階)
筑 波 営 業 所 〒305-0817 茨城県つくば市研究学園D6街区8画地 (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4階)
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 (竹山博多ビル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. XPRD1011J03
Mar. 2014 AW
Printed in Japan(6000)