

高ゲインアバランシェフォトダイオードディテクタ、SPMシリーズ

Avalanche Photodiode Detectors, High Gain, SPM Series



- コンパクトかつ頑丈で安定に優れ、内蔵電源とTEクーラ (-30) を備えたディテクタ
- PMTと同クラスの検出機能を実現する高ゲイン (106)
- 余分な周囲光を防ぐために分解できない構造になっています
- 低いバイアス電圧 (30V)
- 低ダークカウント速度 (通常10 - 100 KHz/mm²)
- 9 mm²までの広面積

SPMシリーズ高ゲインアバランシェフォトダイオード (APD) は、シリコン光電子増倍管 (SPM) と呼ばれ、光電子増倍管 (PMT) にとって代わる新しいテクノロジーです。新しいアバランシェディテクターは高いゲイン (10⁶) とPMTの高い光量子効果を併せ持ち、また、コンパクト、低電圧、汎用性、信頼性、磁場に影響されないなどのシリコンの利点をも備えています。加えて、斬新な設計により高いシグナル・ノイズ比と極めて早いパルス応答を実現しています。SPMシリーズは広波長域、ベンチトップ装置から高度な実験室用分析装置など多様な用途に渡って、既存のディテクタプラットフォームよりもはるかに大きな利点をもたらします。

このディテクタはアレイ構造をしたガイガーモード・アバランシェフォトダイオード (APD) から構成され、個々のフォトダイオードが急冷回路と結合されています。このディテクタは一般にシリコン光電子増倍管 (SPM) と呼ばれています。ガイガーモードAPDは極めて高い内部増幅率を持つことから、室温で一個の光子を検出できる能力を備えています。

ガイガーモードAPDは検出した1個の光子ごとに一定の固定された電荷量、すなわちパルスを出力します。ガイガーモードAPDをアレイ状に並列接続すると、全体を加算した出力はガイガーモードパルスの総数に比例し、入射した光子流束に比例することになります。アレイ全体が一樣な高ゲインを持つことからピークを光子1個ごとに明瞭に分離することができ、光子単位での検出と正確な光子数の割り出しが可能になります。

SPMシリーズのAPDはアクティブ面積1×1 mm²、3×3 mm²のタイプを取り揃えております。どちらも密封されたTO8缶に内蔵され、2ステージ型のペルチェクーラにマウントされています。通常、ディテクタは-20°Cへ冷却された状態で動作します。冷却することで室温動作に比べてダークカウントが1桁低下するため、より高い性能を引き出すことができます。

Newportの他のディテクタもあわせてご参照してください。PCDシリーズのフォトンカウンティングデバイス (P1232) やHRTMシリーズの高分解フォトンタイミングモジュール (P1234) もございます。

シリコン光電子増倍管 (SPMまたはSiPM) 技術

SPMの検出領域は、アレイ構造をしたガイガーモード・アバランシェフォトダイオード (APD) または個々に急冷集積回路に接続されたマイクロセルから構成されています。このディテクタは一般にシリコン光電子増倍管 (SPMまたはSiPM) と呼ばれています。これらのマイクロセルは極めて高い内部増幅率をもつことから、室温状態で一個の光子を検出できる能力を備えています。各マイクロセルは、検出した1個の光子ごとに一定の固定された電荷量、すなわちパルスを出力します。SPMでは、マイクロセルをアレイ状に並列接続しており、全体を加算した出力がガイガーモードパルスの総数に比例し、入射した光子流束に比例することになります。アレイ全体が一樣な高いゲインをもつことから、ピークを光電子1個ごとに明瞭に分離することができ、光子単位での検出と正確な光子数の割り出しが可能になります。

代表的なPMTとAPDとの比較

以下の表では、SPMシリーズのディテクタ、代表的なPMT、代表的なAPDの重要な仕様を比較しています。研究者がSPM技術をより高く評価する理由は明らかです。

量子効率 (QE) を高めたモデルとダイナミックレンジ (DR) 性能を高めたモデル

2種類のガイガーモードマイクロセルサイズを提供しております。35 μmのモデルは、より大きなサイズとすることで、フォトンを検出する確率を高め、量子効率を最適化しています。20 μmのモデルはダイナミックレンジ要件を最適化しています。

光パワー& エネルギーメータ
光学ディテクタ
汎用ディテクタ
ハイスピードディテクタ& レジパ
ビームプロファイラ
微弱ディテクタおよびセンサ
ビームポジションディテクタ
ディテクションエレクトロニクス
自己相関器
オートバランスディテクタ
ラジオメータ

	代表的なPMT	代表的なAPD	SPM
センサ面積 (mm ²)	> 50	< 10	1 or 9
動作電圧 (V)	1000s	100s	30
周辺光/過剰光	損傷あり	損傷あり	影響なし
磁場	歪みあり	影響なし	影響なし
ダイナミックレンジ (次数)	4~5	4~5	3~4 (SPM) 4~5 (SPM)
スペクトル応答(nm)	300 - 600	400 - 950	450 - 850
ゲイン	1~5 x 10 ⁶	100	>1.5 x 10 ⁶
立ち上がり時間 (nsec)	1	Varies	5 - 10
コスト	高	低	中

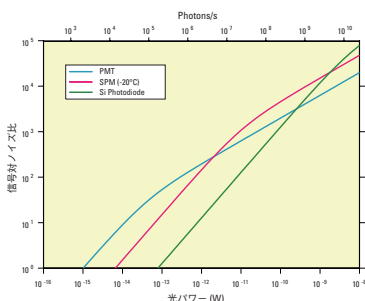
トランスインピーダンスアンプ

SPMに固有の高ゲインを考慮して、低ゲインのプリアンプを使用できます。トランスインピーダンスプリアンプは、SPMからの電流を電圧に変換することができます。トランスインピーダンスアンプオプションの代表的なゲインは、3 mm装置の場合の470V/Aと、1 mm装置の場合の2,200です。この基板は、連続信号を検出して、ある時間幅で積分する必要のある用途に理想的です。アプリケーションの例としては、セルイメージングやDNAマイクロアレイのように、サンプルからの光信号を1 μsから1ms程度の時間で積分する用途があげられます。

信号対ノイズ比

PMT、Siフォトダイオード、およびSPM 1 mmシリーズの光パワーの関数としての信号対ノイズ比です。グラフには、PMTが低信号レベルではより感度が高いディテクタですが、10 pWを超える領域ではSPMの方がPMTよりも優れた信号対ノイズ比をもっていることを示しています。これは、SPMのはるかに低い雑音指数に起因しています。

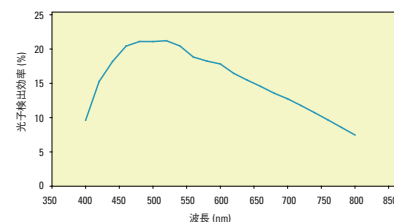
SNRおよび光子検出効率



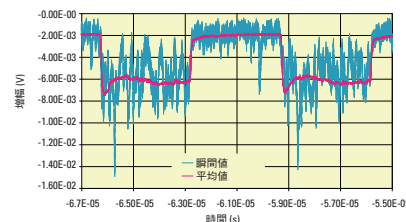
SPMの信号対ノイズ比は、SPM技術の優れた過剰ノイズのために、多くの用途でPMTとフォトダイオードよりも優れています。

単一光電子スペクトル

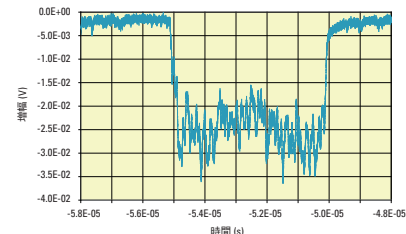
SPMに入射する低レベルの光の繰り返される光速パルスに応えるADC出力のヒストグラムは、ピークが十分に分解された光電子スペクトルを生じさせます。このようなスペクトルは、ガイガーモードAPDの低ノイズと、一様で安定したゲインを示しています。多くの場合ペDESTALと呼ばれるスペクトルの最初のピークは、システム (ディテクタ+電子回路) におけるノイズの評価基準であり、ゲート時間中にパルスが記録されなかったケースに相当します。スペクトルの第2のピーク、つまり第1光電子ピークは、単一のピクセルレッドのケースに相当し、このピークはペDESTALピークから十分に分離されています。



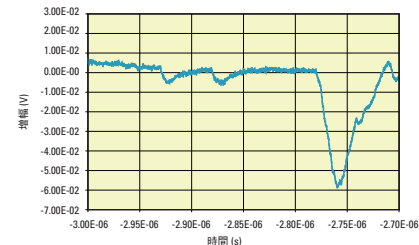
SPMの光子検出効率対波長



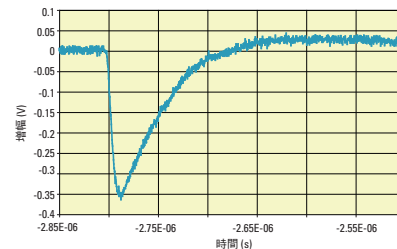
小さな光信号に対するトランスインピーダンスアンプの応答



大きな光信号に対するトランスインピーダンスアンプの応答



小さな光信号に対するパルスアンプの応答



大きな光信号に対するパルスアンプの応答



帯域幅

帯域幅はSPM 1 mmシリーズディテクタの、相対的に大きな周波数変調をされた光信号に対する応答（ピーク出力電圧）の測定値です。このディテクタ応答は、光信号の周波数の関数として記録されました。アンプが測定に影響を及ぼさないように、高帯域幅のアンプが使用されました。結果は、ディテクタに数十MHzの帯域幅があることを示しています。

レンジングアプリケーションやシンチレーション実験等の信号がパルス入力である状況では、パルス増幅プリアンプオプションが最高の選択です。これによって、ディテクタの高速立ち上がり時間を利用することが可能になり、最も簡単な方法でユーザにパルス情報を正確に与えることができるようになります。SPMは、内部ゲイン20を使用する高速パルスプリアンプに結合されます。次に、この信号はDCブロッキングコンデンサを介してユーザに出力され、SPMで発生したパルス情報を伝えます。

Cマウントアダプタオプション

T08の回りのカラーに取り付け、フィルタとレンズを含む多様な標準Cマウントの付属品の取付けを容易にするACマウントアダプタのオプションをご用意しています。これは、集光レンズの取付けに理想的なソリューションです。

ファイバークラップオプション

Newportでは、ソースからの光信号をMMガラスファイバーを介してすべてのモジュールに結合するためのピグテールレンズスタイルのフォトダイオードを提供しています。

アプリケーションの要件に応じたさまざまなファイバタイプと仕様を可能にするSPMモジュールのカラーの上にはユニバーサルレセプタクルがマウントされます。ディテクタに対するファイバ出力ファセットの先端には、ディテクタへの最適な結合を可能にする焦点レンズが付いています。この手法は、どのようなタイプのファイバにも「プラグアンドプレイ」ソリューションを提供します。このソリューションは、ご注文を頂くときにご指定頂けます。ファイバ仕様の詳細は、Newportウェブサイトの製品オプションでご覧頂けます。

SPMシリーズ高ゲインアバランシェフォトダイオードの各機種は、「微弱光検出の専門メーカーである」SensL (Cork, Ireland) によってNewport向けに開発されました。SensLは、ガイガーモード・フォトダイオード技術をベースとする微弱光検出とイメージングシステム開発に特化した企業です。

アプリケーション

- 蛍光寿命の測定
- バイオロジカルセンサ
- マイクロアレイのスキャニング
- DNAバイオチップ配列
- プロテオミクス/蛋白バイオチップ
- バイオ試薬の検出
- 供焦点顕微鏡
- 環境モニタリング
- 国防関連
- フローサイトメトリー
- 毛細血管の電気泳動
- 距離測定

エナルジーメータ

光学ディテクタ

汎用ディテクタ

ハイスピードディテクタ&レーザーパ

ビームプロファイラ

微弱光ディテクタおよびセンサ

ビームポジションディテクタ

ディテクションエレクトロニクス

自己相関器

オートバランスディテクタ

ラジオメータ

仕様

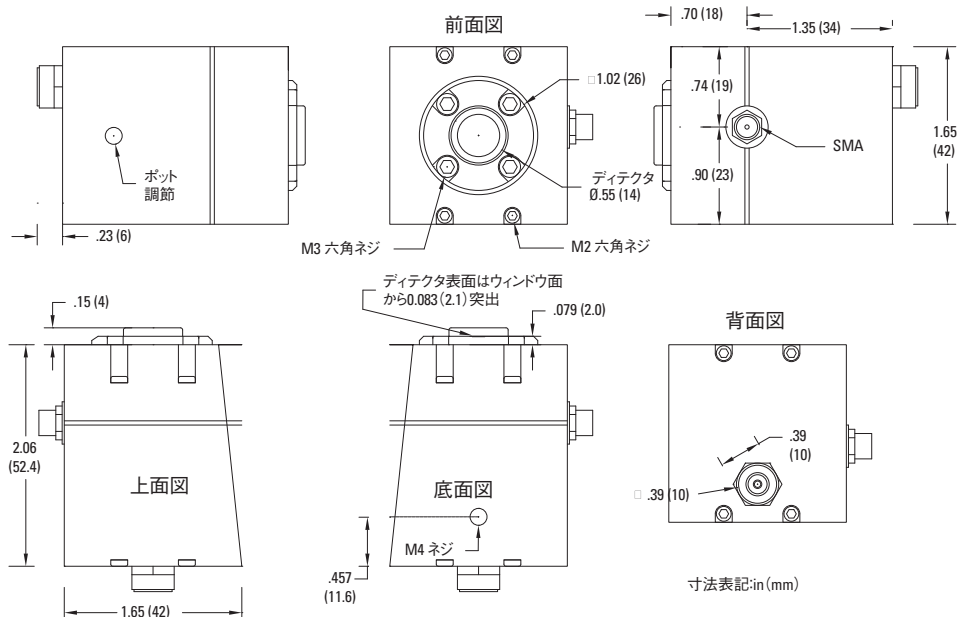
モデル	SPM1D-T	SPM1Q-T	SPM3D-T	SPM3Q-T	Test Conditions
波長範囲 (μm)			0.4-1.1		ピーク波長520 nm
チップ面積 (mm ²)	1 (diameter)			3x3	-
有効面積 (mm ²)	1			3x3	-
動作電圧 (代表値) (V)	28.8			28.5	ブレイクダウン+2V、λ=520 nm
応答性 (A/W)	40K	40K	35K A/W	35K A/W	ブレイクダウン+2V、λ=520 nm
ピクセルゲイン					-
プリアンプゲイン	1x10 ⁶ ピクセルゲイン、470プリアンプゲイン	1x10 ⁶ ピクセルゲイン、470プリアンプゲイン	1x10 ⁶ ピクセルゲイン、470プリアンプゲイン	1x10 ⁶ ピクセルゲイン、470プリアンプゲイン	50Ω 負荷
ダイナミックレンジ (V)			2		50Ω 負荷
NEP (pW/√Hz)	0.0065		0.0584		ブレイクダウン+4V、λ=520 nm
最大出力電圧 (V)		10 ³		>10 ³	-
カットオフ周波数 (MHz)	1	1	1	1	-
出力キャパシタンス (pF)			130		-
出力インピーダンス(Ω)			50		-
フォトン検出効率 (%)	9-21	13-30	9-21	13-30	λ=520 nm, at +1 to +4V
シングルフォトンパルス-立上りエッジ (ns)	-	-	-	-	代表値
シングルフォトンパルス-立下りエッジ (ns)	-	-	-	-	代表値
入力電圧 (V)			5.0		-
TEC冷却時間 (s)			10		室温から冷却
動作温度範囲 (°C)			-20 to 40		-
保管温度範囲 (°C)			-30 to 85		-

発注のご案内

モデル	内容	Price
SPM1Q-T	シリコン光電子増倍管 (高ゲインAPD)、1 mm×1 mm QE最適化ディテクタ、トランスインピー	¥472,000
SPM1D-T	シリコン光電子増倍管 (高ゲインAPD)、1 mm×1 mm DR最適化ディテクタ、トランスインピー	¥472,000
SPM3Q-T	シリコン光電子増倍管 (高ゲインAPD)、3 mm×3 mm QE最適化ディテクタ、トランスインピー	¥531,000
SPM3D-T	シリコン光電子増倍管 (高ゲインAPD)、3 mm×3 mm DR最適化ディテクタ、トランスインピー	¥531,000
SPM-CM	Cマウントアダプタ	¥36,900
SPM-F	光ファイバカップリング用FCアダプタ	¥48,700

APD = アバランシェフォトダイオード
 QE = 量子効率
 DR = ダイナミックレンジ

寸法



寸法表記: in (mm)