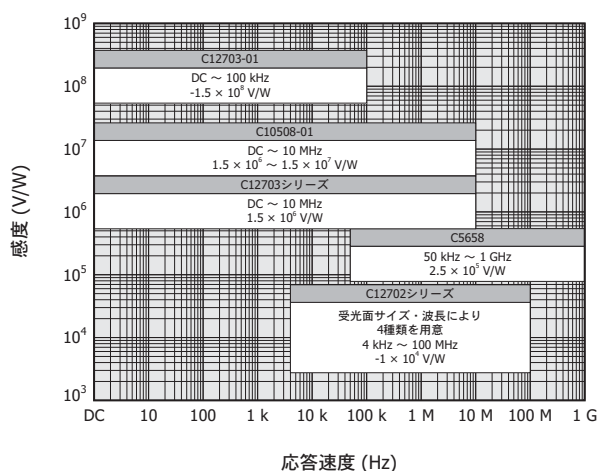


APDモジュール

APDモジュールは、APD（アバランシェ・フォトダイオード）、温度補償バイアス回路、I/V変換回路を一体化した高感度の光検出器です。温度補償バイアス回路は、周囲温度の変化に応じてAPDのバイアス電圧を制御してAPDの増倍率をほぼ一定に保ちます。I/V変換回路は、高速・低ノイズのバイポーラトランジスタやオペアンプなどを使用した回路構成で、APDの信号読み出しに適しています。APDモジュールは低リップルノイズの電圧制御部を搭載しており、高感度の光検出が可能です。なおAPDモジュールには、短波長タイプまたは近赤外タイプのSi APDを内蔵しています。

APDモジュールは取り扱いが容易で、外部からDC電圧を供給するのみで動作します。

【図1】 感度-応答速度



KACCB03553A

1 特長

▶ 温度変動に対して安定した動作

APDは高い逆電圧を印加することにより、一般的なSiフォトダイオードと比べて感度を高くすることができます。しかし、周囲温度が変化すると、同じ逆電圧を印加しても感度が変化します。APDの感度を一定に保つ方法としては、周囲温度に応じてAPDへ印加する逆電圧を変化させる温度補償型と、APDの温度自体を強制的に一定に保つ電子冷却型があります。

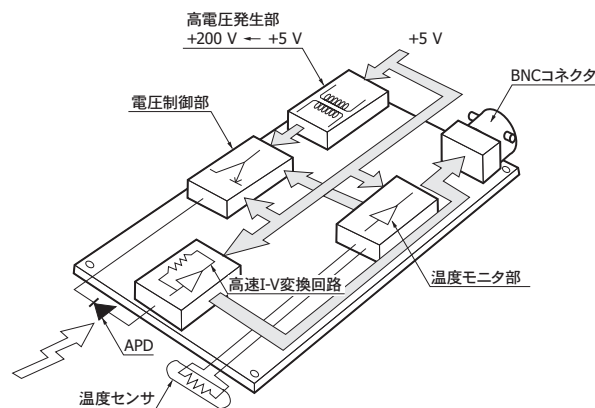
温度補償型APDモジュールの場合、APDの間近に高

精度の温度センサを配置してAPDの温度を正確にとらえ、温度に応じた適切な逆電圧を加えて増倍率を高安定に保ちます。また、マイコンを用いてAPDの温度補償をさらに高精度に行うデジタル温度補償型APDモジュールも用意しています。デジタル温度補償型APDモジュールは、広い温度範囲で高い増倍率（250倍）を高安定に維持します。

電子冷却型APDモジュールは、電子冷却素子上にAPDチップをマウントして、電子冷却素子の温度を維持するための温度制御回路を採用しており、高安定な増倍率を実現しています。

- ▶ 低ノイズ
- ▶ 小型、軽量

【図2】 ブロック図 (C12702シリーズ)



KACCC00133C

2 構成

▶ APD

APD（アバランシェ・フォトダイオード）は、逆電圧を印加することにより光電流が増倍される高速・高感度のフォトダイオードです。アバランシェ増倍と呼ばれる内部増倍機能により、高い受光感度を実現し微弱な信号の測定が可能です。信号を増倍することによりノイズの影響を低減でき、PINフォトダイオードに比べ高いS/Nが得られ、優れた直線性をもっています。

APDモジュールは、近赤外タイプまたは短波長タイプのAPDを内蔵しています。

》 I/V変換回路

入射光量や増倍率によってAPDの光電流は微小になるため、高S/Nに増幅するI/V変換回路が必要です。APDモジュールには、それぞれのタイプに合ったI/V増幅回路を内蔵しています。

》 温度補償バイアス回路

温度補償バイアス回路は、高電圧発生部・温度センサ・電圧制御部から構成されています。高電圧発生部は、APDモジュールに印加した電圧をAPDに必要とされるバイアス電圧（+200 V程度以上）まで昇圧します。周囲温度の変化に対してAPDの増倍率を安定化するために、APD近くの温度センサの温度情報をもとに電圧制御部はバイアス電圧を制御して、増倍率の温度安定性を実現します。

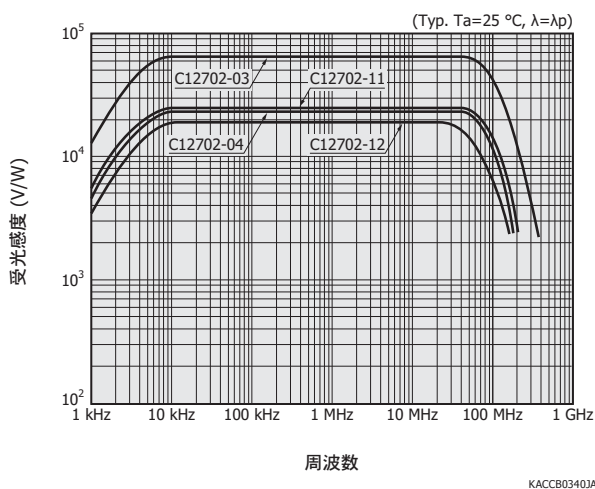
3 特性

》 周波数特性

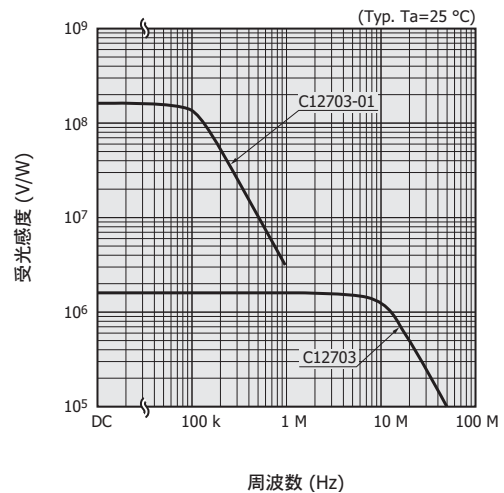
周波数特性を図3に示します。ネットワークアナライザを使い光源からの光を正弦波変調し、その変調光をAPDモジュールに照射します。そのときの出力信号を取得して、周波数特性を測定します。受光感度が平坦な領域から-3 dBまで減少するときの周波数を低域遮断周波数または高域遮断周波数と定義します。

[図3] 周波数特性

(a) C12702シリーズ



(b) C12703シリーズ

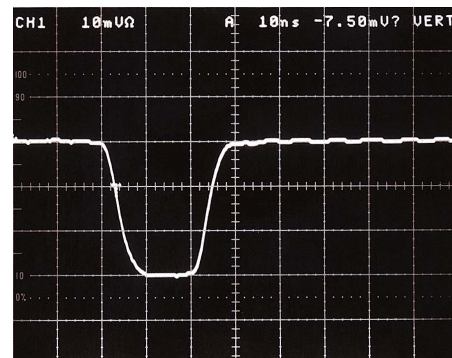


》 パルス光の応答特性

パルス光を照射したときの出力波形例を図4に示します。C12702-03は負極性で、C12703は正極性です。

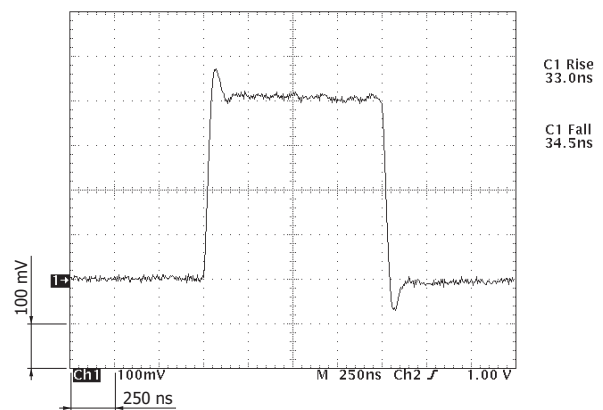
[図4] ステップ光に対する出力波形例

(a) C12702-03



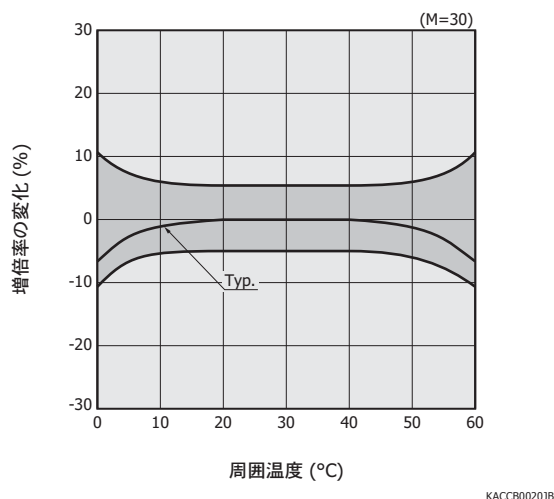
Ta=25 °C, 増倍率=30, 入射パルス幅=20 ns
X軸: 10 ns/div., Y軸: 10 mV/div.

(b) C12703



Ta=25 °C, 増倍率=30, 入射パルス幅=1 μs
X軸: 250 ns/div., Y軸: 100 mV/div.

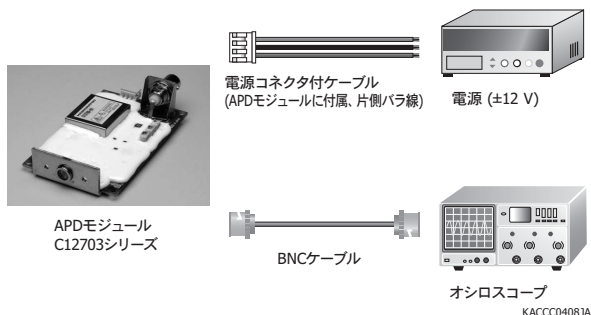
[図5] 増倍率の温度特性 (C12703シリーズ)



4 使い方

APDモジュールに付属している専用ケーブルを用いて、モジュール本体とDC電源を接続します (C5658を除く)。出力は同軸コネクタになっているため、オシロスコープなど計測装置に接続するだけで測定することができます。C5658には、電源コネクタ (D-sub) が付属されています。この電源コネクタにケーブルをはんだ付けします (ケーブルは付属していません)。なお、C5658の出力はSMAコネクタです。

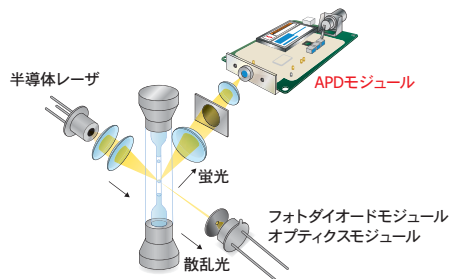
[図6] 接続例 (C12703シリーズ)



5 応用例

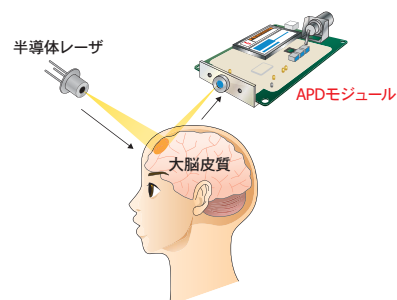
》フローサイトメトリー

細胞の種類・数・核酸 (DNA, RNA)などを検出するために、細胞を含んだ溶液を高速に流して、レーザ光を照射します。それにより発生する微弱な蛍光をとらえます。



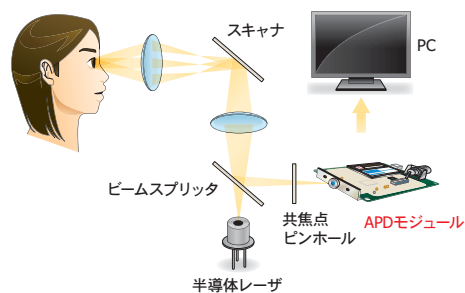
》光トポグラフィ

大脳皮質の血液量の変化を観察するために、近赤外線を頭皮上から照射してAPDモジュールが散乱光を検出することによって、血液中のヘモグロビン濃度の変化をとらえます。



》走査型レーザ検眼鏡 (SLO: Scanning Laser Ophthalmoscope)

眼底検査においては、眼球に照射するレーザ光は安全面から制限されるため低光量になります。APDモジュールは、眼球からの微弱な反射光を優れた解像度・コントラストで検出するために利用されます。



❖ 出力振幅電圧を教えてください。

出荷時の設定値は以下のようになります。

型名	出力振幅電圧
C12703	約+10 V
C12703-01	約-10 V
C12702シリーズ	約-0.4~-0.3 V
C10508-01	約+3 V
C5658	約+0.7~+0.8 V

❖ 最大入射光量について教えてください。

最大入射光量は、出力振幅電圧 [V] ÷ 光電変換感度 [V/W] でタイプごとに算出されます。ちなみに破壊に至る入射光量は数mW程度と考えられますので、実際に光を入射する際には十分に注意してください。

❖ うまく動作しないのですが。

以下の点について確認をしてください。

- ・電源が正常に接続されているか。
- ・終端抵抗は以下の適正な値か。

型名	終端抵抗
C12703シリーズ	10 kΩ以上
C10508-01	
C12702シリーズ	50 Ω
C5658	

- ・最大入射光量を超えていないか。
- ・増倍率を過剰に上げていないか (C12702/C12703シリーズ)。

増倍率が高すぎると、APDの暗電流が増加したり、APD特有の過剰ノイズが増加して、S/Nが低下します。

❖ 出力にノイズ信号が重畳してしまうのですが。

APDに外乱光が入射すると外乱光に伴うノイズが出力に現れる場合があります。特に蛍光灯下などで使用されている場合、商用電源ノイズが出力信号に重畳することがあります。できるだけ暗中で使用を推奨します。また電源はスイッチング電源ではなく、リップルノイズの小さいシリーズ電源を使用してください。なお、改善されない場合には、使用環境についてお近くの営業所までご連絡ください。

❖ 光ファイバの接続は可能ですか？

C12702/C12703シリーズ、C10508-01は光ファイバの取り付け用として、FC型・SMA型の光ファイバアダプタ (別売) を用意しており、光ファイバの接続が可能です。推奨する光ファイバは、石英コア、コア径 50 μm、クラッド径 125 μmのGI型マルチモード光ファイバです。C5658は、光ファイバの接続はできません。接続できるようにするためには、カスタム対応が必要です。

❖ 推奨する電源を教えてください。

使用されるAPDモジュールに適した市販の安定化電源を紹介します。お近くの営業所までお問い合わせください。

❖ 推奨する光源を教えてください。

APDモジュールの感度波長に合わせたLD・LEDなどの光源を使用してください。なお事前にAPDへ入射する光量を把握するために、パワーモニターで光量測定することを推奨します。

❖ A/Dコンバータを直接接続することは可能ですか？

直接接続することはお勧めしません。A/Dコンバータの入力インピーダンスの影響を受けて、APDモジュールの特性を発揮できない可能性があります。

❖ APDモジュールの電気的特性は変更できますか？

カスタム対応によって、搭載するAPD、帯域や感度などの電気的特性を変更をすることができます (有償)。

❖ APDモジュールの増倍率を変えることはできますか？

C12702/C12703シリーズにおいては、増倍率調整用トリマにてAPDの増倍率を変更することが可能です。ただし、このトリマには目盛りやストッパー機構がなく、何回転でも回せますので、回す前に基準光を入射して、その出力を把握しておいて初期状態に戻せるようにしておくことを推奨します。なお、増倍率調整用トリマで調整できる増倍率の範囲は、1倍からブレイクダウンする数百倍以上までです。

⚙️ APDモジュールの上昇時間、下降時間を教えてください。

APDモジュールの上昇時間、下降時間は、式 (1)に示す通り、高域遮断周波数 (-3 dB)から求められます (パルス幅が短いパルス光を照射した場合)。

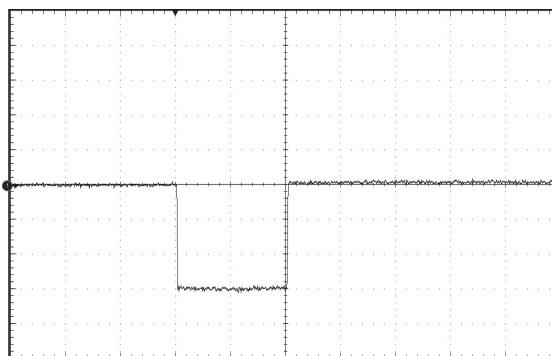
上昇時間または下降時間 = $0.35 \div$ 高域遮断周波数…(1)

注) 上昇時間、下降時間: パルス光照射時、出力波高値ピークに対して10～90%または90～10%に推移する時間。

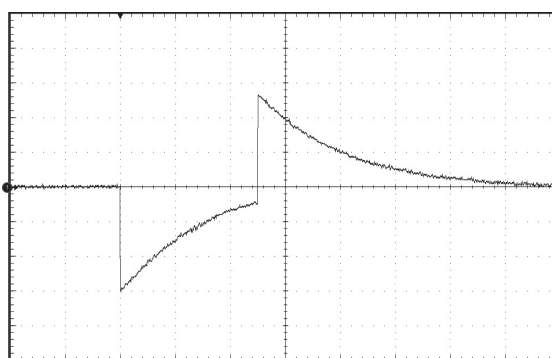
パルス光をC12702-03へ照射した場合の出力波形を示します。

[図7] 出力波形例 (C12702-03)

(a) パルス幅: 1 μ s



(b) パルス幅: 50 μ s



本資料の記載内容は、平成29年12月現在のものです。

製品の仕様は、改良などのため予告なく変更することがあります。本資料は正確を期するため慎重に作成されたものですが、まれに誤記などによる誤りがある場合があります。本製品を使用する際には、必ず納入仕様書をご用命の上、最新の仕様をご確認ください。

本製品の保証は、納入後1年以内に瑕疵が発見され、かつ弊社に通知された場合、本製品の修理または代品の納入を限度とします。ただし、保証期間内であっても、天災および不適切な使用に起因する損害については、弊社はその責を負いません。

本資料の記載内容について、弊社の許諾なしに転載または複製することを禁じます。

浜松ホトニクス株式会社

www.hamamatsu.com

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)	TEL (022) 267-0121	FAX (022) 267-0135
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)	TEL (029) 848-5080	FAX (029) 855-1135
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)	TEL (03) 3436-0491	FAX (03) 3433-6997
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)	TEL (053) 459-1112	FAX (053) 459-1114
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)	TEL (06) 6271-0441	FAX (06) 6271-0450
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 (092) 482-0390	FAX (092) 482-0550

固体営業推進部 〒435-8558 浜松市東区市野町1126-1 TEL (053) 434-3311 FAX (053) 434-5184