



## Current Mode and Voltage Mode Preamplifiers

電圧 / 電流モードプリアンプ

***Judson Technologies LLC***  
株式会社キーストンインターナショナル  
277-0042千葉県柏市逆井13-27黒沢ビル3F

Tel: 04-7175-8810

Fax: 04-7175-5669

E-mail: [key@keystone-intl.co.jp](mailto:key@keystone-intl.co.jp)

<http://www.keystone-intl.co.jp>

# Preamplifiers



## General

以下に、ジャドソン社光起電力型と、光伝導型ディテクターに推薦するプリアンプモジュールについて説明いたします。

## Current Mode Preamplifiers

図50-1に示すインピーダンス変換(カレントモード)プリアンプは、ほとんどの光起電力型ディテクターで1 MHzまでのアプリケーションにお奨めいたします。それは、低い雑音、良好な直線性と広い帯域を提供いたします。

オペアンプ回路の特性は、ダイオードのバイアス電圧をほぼ 0Vに保ちます。ディテクターからのすべての光電流は、本質的にはフィードバック抵抗 $R_F$ を流れます。フィードバックコンデンサー $C_F$ は、利得のピークを制御するために付け加えられます。(図50-2)  
 $C_F$ の値はディテクターのキャパシタンスに依存します。それらは、特定のディテクターモデルと安定したプリアンプ性能を發揮するよう工場にて調整いたします。  
 $R_F$ と $C_F$ の値は、ディテクターの特性 $R_D$ と $C_D$ と共に、システムの総合的な周波数応答を決定します。(図51-2 51-3 53-2 53-3)

Figure 50-1  
Op-amp Circuit for PV Detectors

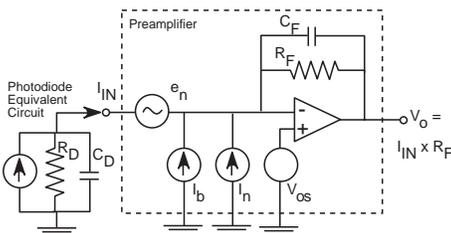
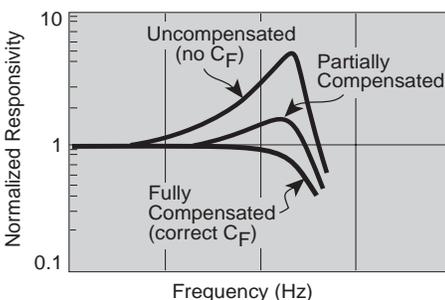


Figure 50-2  
Illustration of Preamp Gain Peaking



## Noise Sources

図50-1は、ディテクター/プリアンプシステムの様々な雑音源を示します。プリアンプ雑音源値 $e_n$ 、 $i_n$ 、 $V_{OS}$ 、 $I_b$ は、各々のジャドソン社の電流モードプリアンプの仕様テーブルに記載されています。

ディテクターの特性と共に、プリアンプの雑音源はシステム雑音を決定します。

ディテクターシステム雑音の完全な分析は、このガイドの目的範囲を超えているため、以下の近似式で様々な雑音源の効果をまとめることができます：

$$\text{Total } e_n(f) \geq \left[ \frac{e_n^2}{Z_D^2} + i_n^2 + \frac{4kT}{R_D} + \frac{4kT}{R_F} \right]^{1/2} Z_F$$

$k$ はボルツマン定数で  $T$ は絶対温度です。

この簡易雑音方程式は、プリアンプ出力での総電圧雑音密度( $V/Hz^{1/2}$ )の良い近似を提供いたします。雑音は、周波数  $f$ に依存し、1Hzの雑音帯域幅にノーマライズされていることに注意して下さい。

括弧の4つの用語は、主な 4つの電流ノイズ源を表します：

- ディテクターのリアクタンス $Z_D$ によって分割されるプリアンプノイズ電圧  
 $e_n$ 、ここで  $Z_D$ は  
 $Z_D = R_D / (1 + (2\pi f)^2 C_D^2 R_D^2)^{1/2}$
- プリアンプ電流ノイズ  $i_n$
- ディテクターのシャント抵抗  $R_D$ からのジョンソン熱電流ノイズ
- プリアンプフィードバック抵抗 $R_F$ からのジョンソン熱電流ノイズ

そして総雑音電流はインピーダンス変換利得  $Z_F$ によって増幅され、ここで  $Z_F$ は、

$$Z_F = R_F / (1 + (2\pi f)^2 C_F^2 R_F^2)^{1/2}$$

簡易ノイズ方程式の分析は以下の通りです：

- $Z_D$ が大きい( $>10k$ )状況下では、プリアンプの電流ノイズ  $i_n$ は電圧ノイズ  $e_n$ より重要になります。一般にこのケースは、中間周波数で高インピーダンスディテクター(InSb、冷却Ge、スモールエリアGe)を使用するとき起こります。 $i_n$ の小さなプリアンプを選択してください。

•  $Z_D$ が小さい( $<1k$ )状況下では、プリアンプ電圧ノイズ  $e_n$ はより重要になります。一般的に、これは低インピーダンスディテクター(InAs、ラージェリアGe)で起こります。

•  $e_n$ が低いプリアンプをお選び下さい。より大きい  $R_F$ は電流ノイズを減らします。最も感度を高めるために、実用的には  $R_F$ は $R_D$ よりも大きい値にして下さい。

## Preamp Noise Figure

プリアンプのノイズ性能を評価するための一般的な方法は、信号/ノイズ比 NFで、システム雑音のどの部分がプリアンプによって引き起こされるのかを示します。

$$NF = 10 \log_{10} \left[ \frac{\text{Total Noise}}{\text{Detector Noise}} \right]$$

完璧なプリアンプは、ノイズファクターは 0dBで、ディテクターノイズと比べ、プリアンプノイズは無視出来ます。0.1~3dBのNFは満足できます。

NFが 3dBを超えるプリアンプは、重大なノイズをシステムに与えることとなります。

図53-1に、1KHzにおけるジャドソン社インピーダンス変換プリアンプのノイズフィギュアを示します。

## DC Applications: Offset Drifting

DCアプリケーションでは、プリアンプ入力バイアス電流 $I_b$ とオフセット電圧 $V_{OS}$ は重要になります。理想的な演算増幅回路では、 $I_b$ と $V_{OS}$ はゼロになります。実際は、これらはゼロになりません。ディテクターの $R_D$ と共に暗電流  $I_D$ を発生します。：

$$I_D = I_b + (V_{OS} / R_D)$$

プリアンプ出力におけるDCオフセット電圧は  $I_D \times R_F$ に等しくなります。

$I_b$ と $R_D$ は温度に対し、それぞれ非線形の依存性を持っています。したがって、プリアンプ出力におけるオフセット電圧は温度変化でドリフトします。

オフセットとドリフトを最小にするために：

- 高インピーダンスディテクターには、低い  $I_b$ のプリアンプをお選び下さい。
- 低インピーダンスディテクターには、低い  $V_{OS}$ のプリアンプをお選び下さい。
- ジャドソン社の組み込み型 TEクラパッケージを使用して、ディテクターの温度を安定させることも考慮して下さい。



**Description**

PA-9プリアンプは、極低温動作のInSbまたは Ge等の、高インピーダンス光起電力型ディテクターの高速度動作に理想的です。

PA-9は、低電流ノイズと、超低電圧ノイズを提供いたします。しかしながら、その比較的高いDCオフセット電圧は、他のジャドソン社プリアンプほどDCアプリケーションには適しません。

PA-9は、固定利得です。ディテクターと共に注文されると、プリアンプ利得と感度はディテクターに合わせて調整出荷されます。代わりに、顧客は利得と最小帯域幅を指定することも出来ます。

帯域幅は、プリアンプ利得と同様ディテクターの抵抗とキャパシタンスに依存します。(図 51-2と51-3)

**Gain Stages**

PA-9には、初段インピーダンス変換利得と、2段目の電圧利得があります。各段からの出力が取り出せます。

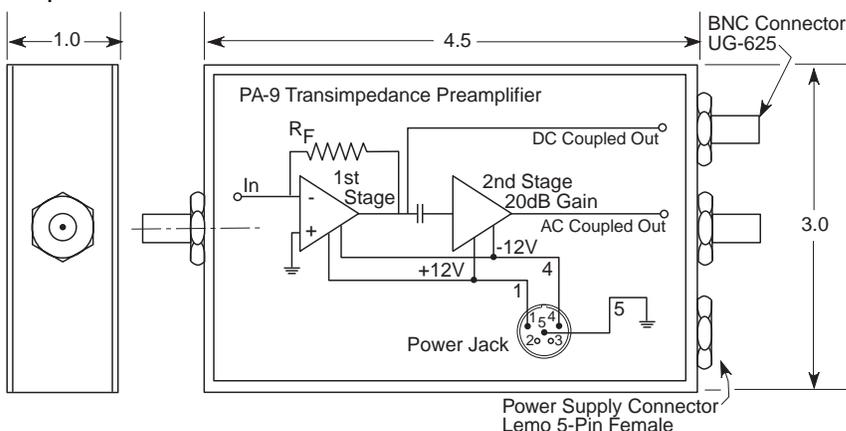
通常、初段利得は $10^7$ ,  $10^6$ ,  $10^5$ または $2.5 \times 10^4$  V/Aです。最もノイズを低くするには、必要な帯域幅で可能な限り最も高い利得を選んで下さい。(注意: InSbディテクターを使う場合初段利得は、バックグラウンド電流 IBGによるDC飽和を避けるために、出来るだけ低くします。

通常2段目は、AC結合 20dBの利得(～10x)です。それは顧客仕様により、DC結合も出来ます。

**Features**

- 速応答性  
500Hz to 1MHz
- 超低電圧ノイズ
- PVディテクター J10D J16D J16TE2  
とのご使用に理想的です。

Figure 51-1  
PA-9 Preamplifier



**Connections**

入出力接続は BNCコネクターです。パワージャックは、5ピン アンフェノール メスコネクターです;相手方アンフェノール オスコネクターは付属します。

Figure 51-3  
PA-9 Bandwidth vs Detector Resistance

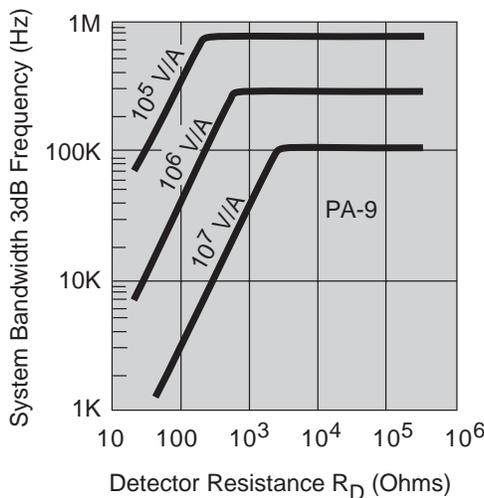
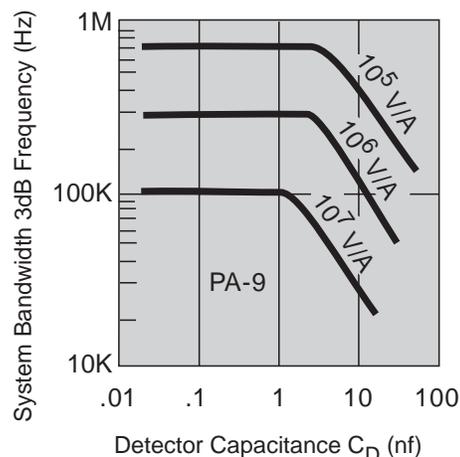


Figure 51-2  
PA-9 Bandwidth vs Detector Capacitance



Gain/Bandwidth Specifications Model PA-9 Preamplifier

Model	1st Stage Gain (V/A)	1st Stage Bandwidth (Maximum) See Figs. 51-2, 51-3
PA-9-70	$10^7$	DC to 100KHz
PA-9-60	$10^6$	DC to 300KHz
PA-9-50	$10^5$	DC to 750KHz
PA-9-44	$2.5 \times 10^4$	DC to 1MHz

Typical Specifications Model PA-9 Preamplifiers

2nd Stage Gain	20	dB
2nd Stage Bandwidth	-5Hz to ~1/2 of 1st Stage Bandwidth	
Voltage Noise Density @ 1KHz	1.5	nV Hz <sup>-1/2</sup>
Voltage Noise from 0.1 to 10 Hz	1.0	μVpp
Current Noise Density @ 1KHz, $10^7$ Gain †	0.04	pA Hz <sup>-1/2</sup>
Input Offset Voltage	± 2	mV
Input Bias Current	± 1	pA
Maximum Output	14	Vpp
Output Impedance	< 50	Ω
Power Requirements	+12 and -12 20	VDC mA

† Lower gain increases Current Noise Density

# Preamplifiers



## General

電流モードプリアンプは、光起電力ディテクター Ge、InAs、またはInSbの電流出力を電圧出力に変換します。それらはオシロスコープ、ロックインアンプ、またはA/Dコンバーターで使用するために十分な信号強度まで増幅します。

ディテクターのタイプと帯域幅条件によって、3つの異なるプリアンプモデルが用意されていて、それぞれ特徴があります。ディテクターリアクタンス機能としてのプリアンプ雑音数値の比較は、図53-1にグラフで表されています。多チャンネルモデルを除いた、全てのユニットには、スイッチ選択可能な利得調整があります。

## PA-7

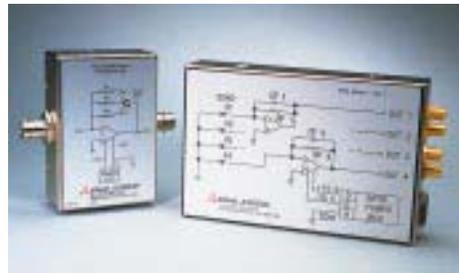
PA-7は、スモールエリア J16 シリーズ Geと、全てのJ16TE2 シリーズ電子冷却 Geを含むほとんどの高シャント抵抗 ( $R_D > 25K$ ) ディテクターにとって、素晴らしい汎用のプリアンプです。それは極度に低い電流ノイズと電流オフセットです。

ほとんどのアプリケーションにとって、 $10^7$  V/Aの高い利得がある PA-7-70は最も良い性能と万能性を提供いたします。しかし  $10^7$  V/A利得が帯域幅とかDC飽和等により使用不可能であるアプリケーションに対しては、PA-760かPA-7-50をお使い下さい。

## PA-6

PA-6は大きいエリア J16シリーズ室温 Geを含む中間的なシャント抵抗ディテクター ( $400 < R_D < 50K$ ) に推薦される汎用のプリアンプです。PA-6は、非常に低い電圧雑音とオフセット電圧で、低周波数ノイズとDCドリフトをかなり減少させることが出来ます。

標準の利得設定は、以下の仕様テーブルに記載されています；カスタム利得設定も可能です。

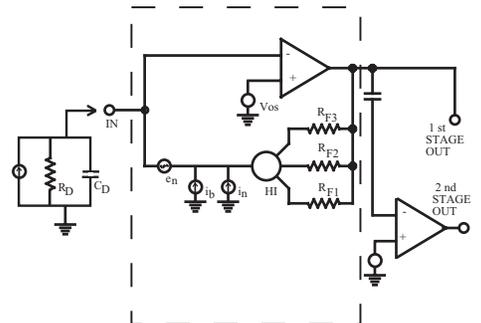


## PA-5

PA-5は J12シリーズ室温 InAs、および J12TE2シリーズ InAsを含む低いインピーダンスディテクター ( $R_D < 400$ ) に向いています。非常にノイズ電圧とオフセット電圧が低いアンプです。しかしノイズ電流とオフセット電流は大きく、高いインピーダンスディテクターにとって不適当にです。

標準の利得は  $10^5$ 、 $10^4$ 、および  $10^3$  V/Aです。(スイッチ選択可能)カスタム利得設定は可能です。

Figure 52-1  
Equivalent Circuit for Transimpedance Preamplifier



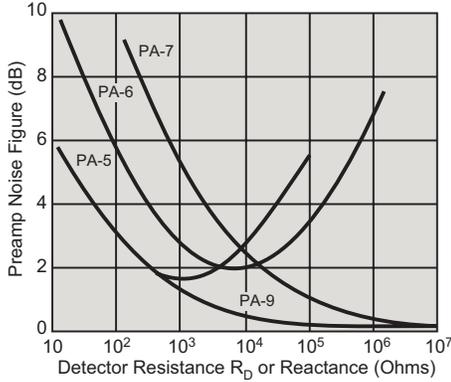
Typical Specifications Model PA-5, PA-6 and PA-7 Current Mode Preamplifiers @25°C

Model	PA-7 Series			PA-6 Series		PA-5	Units
	PA-7-70	PA-7-60	PA-7-50	PA-6-60	PA-6-50	PA-5-50	
Transimpedance Gain:	High	$10^7$	$10^6$	$10^5$	$10^6$	$10^5$	V/A
(Switch Selected)	Med	$10^6$	$10^5$	$2.5 \times 10^4$	$10^5$	$2.5 \times 10^4$	
	Low	$10^5$	$2.5 \times 10^4$	$10^4$	$2.5 \times 10^4$	$10^4$	
Bandwidth	@ High Gain	8	60	150	60	150	KHz
$R_D > 10K\Omega$ , $C_D < 0.2nF$ (See Figs. 53-2, 53-3)	@ Med Gain	60	150	200	150	200	
	@ Low Gain	150	200	200	200	200	
Input Offset Voltage ( $V_{os}$ )		$\pm 250$	$\pm 250$	$\pm 250$	$\pm 100$	$\pm 100$	$\mu V$
Input Bias Current ( $i_b$ )		$\pm 0.001$	$\pm 0.001$	$\pm 0.001$	$\pm 12$	$\pm 12$	nA
Voltage Noise Density ( $e_n$ )@1KHz		12	12	12	4.5	4.5	$nV Hz^{-1/2}$
Voltage Noise from 0.1 to 10Hz		1.5	1.5	1.5	.080	.080	$\mu V_{pp}$
Current Noise Density ( $i_n$ )@1KHz†		.04	.13	.04	.5	.64	$pA Hz^{-1/2}$
Output Impedance		$< 100$					$\Omega$
Maximum Output Voltage		$\pm 10$					V <sub>pp</sub>
Power Requirements		$+12V$ and $-12VDC$ @ 10mA					
Recommended for Detector Series:		J16, J16TE1, J16TE2, J16D, J10D		J16, J12TE2, J12TE3		J12 J12TE2	

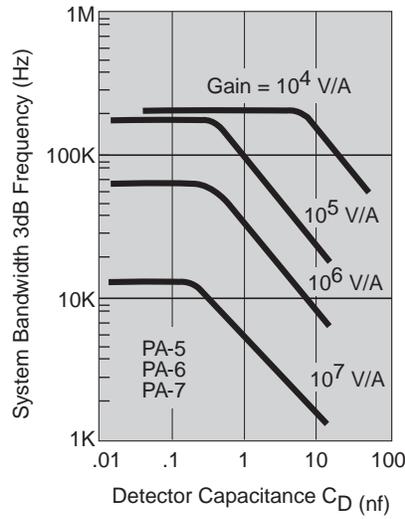
† At High Gain Setting.



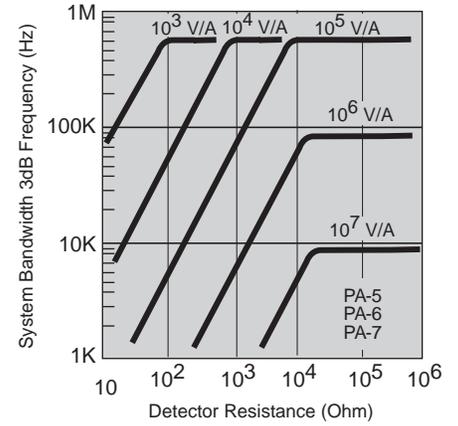
**Figure 53-1**  
Preamplifier Noise Figure @ 1kHz (See page 44)



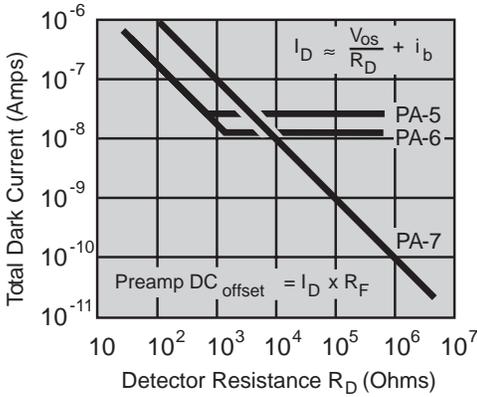
**Figure 53-2**  
System Bandwidth vs Detector Capacitance



**Figure 53-3**  
System Bandwidth vs Detector Resistance



**Figure 53-4**  
Dark Current vs Resistance and Preamp



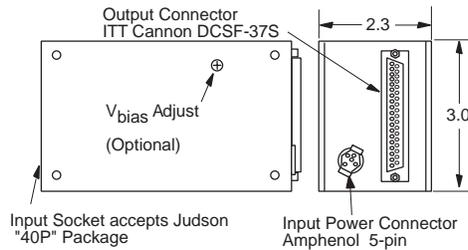
### PA-7:4C, PA-7:16C, and PA-7:32C

#### 多チャンネルプリアンプ

PA-7:4C、PA-7:16C、PA-7:32Cシリーズ多チャンネルプリアンプは、主としてジャドソン社のゲルマニウムアレイと、X-Yセンサーに使用する目的で設計されました。プリアンプ利得は、購入時点で指定値に固定されます。標準の利得設定は、 $10^7$  or  $10^6$  V/Aです。; 他の値のものも注文ベースで可能です。

ほとんどのアプリケーションで、J16Pシリーズアレイにはゼロボルトバイアスをお奨めしますが、オプションにてバイアスが調整出来るプリアンプも利用可能です。フォトダイオードにバイアスをかけることで応答時間と大電力直線性を改良出来ますが、暗電流もまた増加させる結果となります。

**Figure 53-5**  
PA-7:4C, PA-7:16C and PA-7:32C Multi-channel Preamplifier



Typical Specifications Multi-Channel Preamplifiers

Model	# of Channels	Gain (V/A)	Bandwidth (Max) See Figs. 53-2, 53-3
PA-7:4C-70	4	$10^7$	DC to 10KHz
PA-7:16C-70	16		
PA-7:32C-70	32		
PA-7:4C-60	4	$10^7$	DC to 60KHz
PA-7:16C-60	16		
PA-7:32C-60	32		
PA-5:4C-1E3	4	$10^3$	DC to 200KHz

Input Offset Voltage ( $V_{os}$ )	$\pm 200$	$\mu V$
Input Bias Current ( $i_b$ )	$\pm 40$	pA
Voltage Noise Density ( $e_n$ ) @ 1KHz	$18nVHz^{-1/2}$	
Voltage Noise from 0.1 to 10 Hz	2	$\mu Vpp$
Current Noise Density† $i_n$ @ 1KHz	$.01pAHz^{-1/2}$	
Output Impedance	< 100	$\Omega$
Maximum Output Voltage	$\pm 10$	Vpp
Power Requirements	$\pm 15$ VDC	
PA-7:4C (4 channel)	@ 40	ma
PA-7:16C (16 channel)	@ 40	ma
PA-7:32C (32 channel)	@ 80	ma
Use with Detector Series:	Ge Arrays	

† At Gain =  $10^7$  V/A. Lower gains increase Current Noise Density.

# Preamplifiers



## General

電圧モードプリアンプは、光伝導性 HgCdTeか、InAsなどの低インピーダンス光起電力ディテクターと共に使用されるかもしれません。

光伝導性のディテクターは、一定のバイアス電流か、一定のバイアス電圧をディテクター素子にかけます。素子の抵抗は、入射光子に反応して変化し、出力電圧はプリアンプによって増幅されます。

ブロッキングコンデンサーか、DCのオフセット回路は、定電圧DCバイアスをブロックするのに必要です。

光起電力ディテクターでは、ディテクターで発生する光電流は、プリアンプ入力インピーダンスの両端に電圧を発生させます。この電圧は増幅されます。低入力インピーダンスは、一般により速い周波数応答をもたらしますが、より多くのノイズをシステムに発生します。

## PA-101

### HgCdTe Preamplifier (5 Hz - 1 MHz)

モデル PA-101低雑音電圧プリアンプは、全てのJ15シリーズ HgCdTeディテクターにご使用頂けます。

外部バイアス低抗は、PCディテクターの動作に必要な一定のバイアス電流を流すのに使用されます。

ディテクターと一緒に購入されると、プリアンプには最適なディテクターの性能のために、工場にてバイアス低抗を選択し付けてきます。別々にプリアンプを注文したときは、ディテクター抵抗と必要なバイアス電流を指定してください。

モデル PA-101は J12シリーズInAsにバイアスなしで使用することも出来ます。



## PA-8200

### PbS and PbSe Preamplifier

モデル PA-8200低雑音電圧プリアンプは、全てのJ13とJ14 シリーズディテクターにお使い頂けます。負荷低抗は、ディテクターの抵抗に合わせて選択されません。

プリアンプ利得と典型的な帯域幅仕様は、テーブルの反対にリストアップされています。最も良い結果を得るために、なるべく狭い必要な帯域幅のプリアンプモデルを選びプリアンプの雑音を最小に抑えて下さい。

## PA-300

### HgCdTe Preamplifier (DC - 1.0 MHz)

モデル PA-300電圧プリアンプは、J15DシリーズのHgCdTeディテクター用に設計されています。

PA-300は、演算増幅器のフロントエンドにブリッジ回路を使用して、ディテクターに一定バイアス電圧を供給するように設計されています。

PA-300は、FTIRとかレーザモニター等の、ワイドダイナミックレンジなアプリケーションで使用されるディテクターにお使い頂けます。またPA-300には、正帰還低抗のフォームとして、初期オーダー直線性修正回路を持っています。

## PA-070, PA-080, PA-090

### Low Noise, High-Speed Preamplifiers (10 Hz - 50 MHz)

これらのプリアンプは、J15TE3:10またはJ15TE4:10シリーズ電子冷却 HgCdTeディテクターを、高速度用に設計された低雑音電圧プリアンプです。

プリアンプ利得と典型的な帯域幅仕様は、テーブルの反対にリストアップされています。最も良い結果を得るために、なるべく狭い必要な帯域幅のプリアンプモデルを選びプリアンプの雑音を最小に抑えて下さい。

外部バイアス低抗は、PCディテクターの動作に必要な定電流バイアスを設定するのに使用されます。

ディテクターと共に購入されると、バイアス低抗は最適なディテクター性能を得るために工場にて設定いたします。

プリアンプを別に注文される場合は、ディテクターの抵抗と必要なバイアス電流を指定してください。



Typical Specifications EG&G Judson Voltage Mode Preamplifiers

Model	Gain	Bandwidth (Hz)	Input Noise Voltage (nV Hz <sup>-1/2</sup> )	Input Impedance (Ω)	Max. Output (Load ≥ 1KΩ) (Vpp)	Detector Bias	Power Requirement		Case Dimensions  (Excluding Connectors)
							(V <sub>DC</sub> )	(mA)	
PA-101	1st x100 2nd x10	10Hz to 1MHz	1.5	10K	10	Built-in	±15	200	4.125" x 2.5" x 1.75"
PA-300	10, 30, 100	DC to 1.0MHz	1.5	100K	10	Built-in	±15	200	4.125" x 2.5" x 1.75"
PA-8200	12 to 300	10KHz	1.5	50K	10	External	±15	200	2" x 3" x 1"
PA-070	40dB (100x)	10Hz to 10MHz	1.0	100K	1	Built-in	-12	20	2" x 2" x 1"
PA-080	34dB (50x)	10Hz to 20MHz	1.0	100K	1	Built-in	-12	20	2" x 2" x 1"
PA-090	34dB (50x)	10Hz to 50MHz	1.0	100K	1	Built-in	+12	2" x 2" x 1"	

Figure 55-1  
PA-101 Preamp Equivalent Circuit

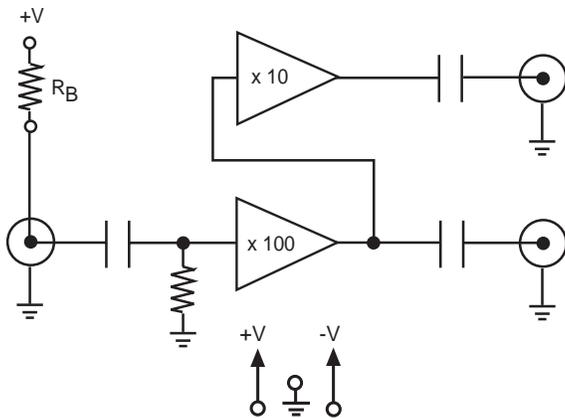


Figure 55-2  
PA-070, 080, 090 Preamp Equivalent Circuit

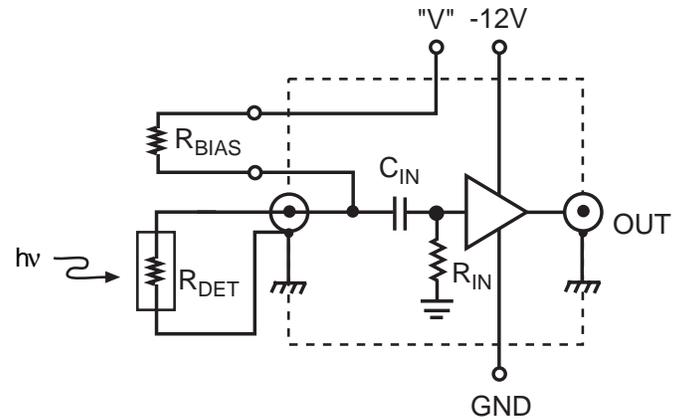


Figure 55-3  
PA-300 Preamp Equivalent Circuit

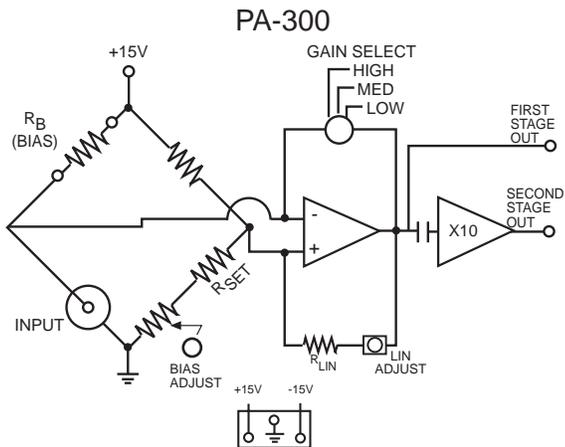
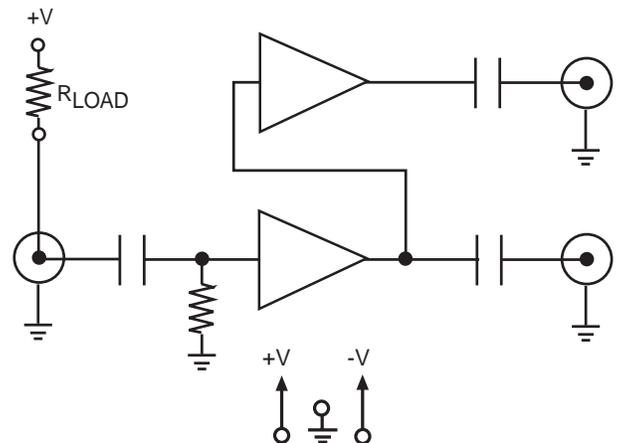


Figure 55-4  
PA-8200 Preamp Equivalent Circuit



ジャドソン社の電流モード / 電圧モードプリアンプは、同社の高性能なディテクターの性能をフルに発揮するよう設計されています。

- ▶ ゲルマニウムディテクター及びアレー
- ▶ InSb ディテクター及びアレー
- ▶ InAs ディテクター及びアレー
- ▶ PbS ディテクター及びアレー
- ▶ PbSe ディテクター及びアレー
- ▶ HgCdTe ディテクター及びアレー
- ▶ デュアー / バックフィル / 真空パッケージ
- ▶ 電子冷却(TE) / ジュールトムソンリニア / ロータリー
- ▶ プリアンプ
- ▶ 温度制御器 / 読み取り表示

日本での製品のお問い合わせは、**(株)キーストンインタナショナル** TEL:04-7175-8810  
FAX:04-7175-5669またはE-mail: [key@keystone-intl.co.jp](mailto:key@keystone-intl.co.jp)までご連絡下さい。

