

～ 1psrms以下の超低ジッタ～

高周波基準信号送受信システム

J-PARC リニアック 向け

WSL-1

(Laser Source)

WRM-2

(Optical Receiver)

NIM規格
対応可能

納入実績:高エネルギー加速器研究機構、他

■概要

J-PARC 陽子リニアックでは、RF 基準信号972MHzを光伝送によって各クライストロン駆動ステーションへと分配します。

加速電場 (972MHz) の位相は $\pm 1^\circ$ 以内、振幅変動は $\pm 1\%$ 以内が要求されるため、基準信号に求められる安定度は非常に厳しく、リニアック300m間、約60ヶ所にも及ぶステーション間の位相変動は $\pm 0.3^\circ$ (972MHzで約 $\pm 0.9ps$) 以下の仕様を満たす装置が必要です。そこで、温度特性に優れ、伝送ジッターを極限まで抑えた光コンポーネントシステム (E/O_Module & O/E_Module) の開発を行い製作しました。

【主な特長】 ●ペルチェ内蔵型DFBLレーザー (パタフライ型 LD) を搭載

送信側:WSL-1 (出力1ch)



W430mm, D260, H44
(EIA-1Uサイズ)

送信側:WSL-16 (出力16ch)

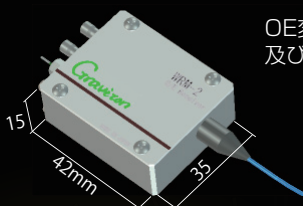


●WSL-16はWSL-1 (出力1ch) の16ch版 (カプラ分岐)

W430mm, D360, H88
(EIA-2Uサイズ)

【主な特長】 ●WRM-2 (3Gbps O/E Receiver Module)

受信側:WRM-2

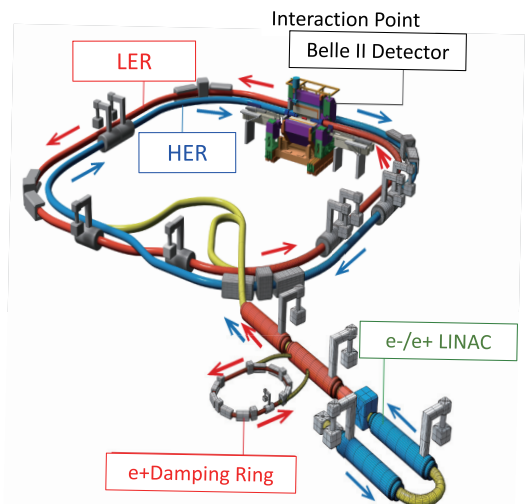


OE変換方式:トランスインピーダンスアンプ
及び2値検出方式リミッティングアンプ搭載

【機能UP情報】
ペルチェ付きも製作可能です。

J-PARC (Japan Proton Accelerator Research Complex) とは素粒子物理、原子核物理、物質科学、生命科学、原子力など幅広い分野の最先端研究を行うための陽子加速器群と実験施設群の呼称です。

© KEK: 高エネルギー加速器研究機構



画像提供: 高エネルギー加速器研究機構

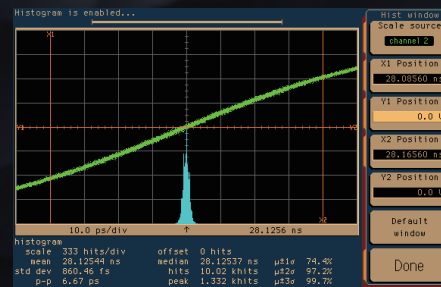
超低ジッター基準信号光伝送システム

■概要: WSL-1 (Wavelength Stabilized Laser Source)
WSL-1は、波長安定化変調機能付きレーザー光源です。ペルチェ内蔵型DFBレーザーを搭載し、レーザー駆動電流変調による直接変調方式を採用、機器内部で矩形波への波形整形を行う超低ジッターの光源です。

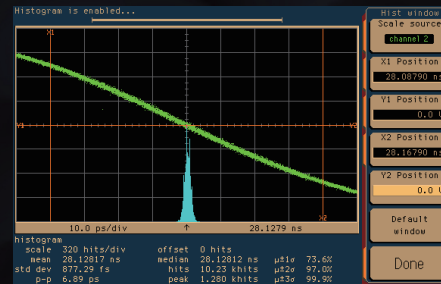
■概要: WRM-2 (Wavelength O/E Receiver Module)
WRM-2は、トランスインピーダンスアンプ及び2値検出方式リミッティングアンプを搭載したO/E Receiver Moduleです。

■低ジッターシステムとして
相手方となる発光Module (WSL-1) と組み合わせ使用することにより、1ps以下の低ジッターを実現しました。(右図の「実例」を参照)

960MHz変調時ジッターの測定結果 (実例)



HPRR101G.GIF
非反転出力端子からの
960MHz変調光入力時の
立ち上がりジッター測定
RMSジッター: **860.46fs**
(測定系ジッター
746.49fs含む)



HPRR101H.GIF
非反転出力端子からの
960MHz変調光入力時の
立ち下がりジッター測定
RMSジッター: **877.29fs**
(測定系ジッター
741.47fs含む)

概略仕様 WSL-1

項目	内容	備考
機種名称	WSL-1	
機能	波長安定化変調機能付きレーザー光源	
発光素子	ペルチェ内蔵型DFBレーザー (パタフライ型LDモジュール)	
発光波長	1550nm	
発光スペクトル幅	10MHz以下	
波長安定度	±0.1nm以下	
発光素子数	1個	
光出力チャンネル数	1チャンネル	
光出力レベル	0dBm	
適応ファイバ	シングルモード石英ファイバ	
光出力コネクタ	フロントパネル上のFCリセプタクル	
光強度変調方式	レーザー駆動電流変調による直接変調方式	機器内部で矩形波への波形整形を行う
変調立ち上がり時間	200ps以下 (10%~90%)	
変調周波数帯域	100kHzから2GHz	
変調入力レベル	800mVp-p程度を推奨 (100mVp-pから1Vp-p)	
変調入力インピーダンス	50Ω、0[V]終端、ACカップリング	
変調入力コネクタ	フロントパネル上のSMAリセプタクル	
変調信号の極性	変調入力信号の電圧立ち下がりで光強度が増加、電圧立ち上がりで光強度が減少	
光変調の消光比	7dB以上 (2.5GbpsのPRBSでの変調時)	
出力安定化方式	レーザー素子内蔵のモニタPD電流監視による、レーザー駆動電流へのフィードバック制御	
変調信号モニタ	変調入力端子への入力信号を波形整形後、外部へモニタとして出力する端子を1チャンネル用意	使用しない場合は、50Ωターミネータで終端が必要
モニタ信号極性	変調入力信号と逆位相	
変調モニタ信号出力インピーダンス	50Ω、ACカップリング	
変調モニタ信号出力レベル	400mVp-p以上	50Ω終端時
変調モニタ信号出力コネクタ	フロントパネル上のSMAリセプタクル	
レーザー温度安定化方式	レーザー素子内蔵のサーミスタとペルチェ素子によるフィードバック制御とともに、内蔵レーザーモジュール全体の温度制御も行う、ダブルペルチェ方式	

(WSL-1 概略仕様の続き)

レーザー設定温度	30℃	
温度制御可能な外気温度範囲	20~40℃ (レーザー設定温度が30℃の時)	
電源電圧、電流	AC100V、最大500mA	
外形寸法	幅430mm、奥行260mm、高さ44mm (EIA-1Uサイズ)	コネクタ、ブラケット、ゴム足などの突起物を含まない寸法

概略仕様 WRM-2

項目	内容	備考
機種名称	WRM-2	
機能	3Gbps O/E Receiver Module	
受光素子	InGaAs PINフォトダイオード	
定格受光波長	1550nm	
受光波長範囲	1000nm~1650nm	
受光レベル範囲	+1dBm~-20dBm	-3dBmを標準とする
受光素子数	1個	
適応ファイバ	シングルモード石英ファイバ	
光入力コネクタ	FCプラグ付きビグテイル、長さ1m	
OE変換方式	トランスインピーダンスアンプ及びリミッティングアンプによる2値検出方式	
変換周波数帯域	100kHz~2GHz	Duty50%時
信号出力レベル	400mVp-p以上	50Ω終端時
出力立ち上がり時間	200ps以下 (10%~90%)	
変換出力インピーダンス	50Ω、0[V]終端、ACカップリング	
変換出力チャンネル数	2チャンネル	ふたつの出力は互いに逆相
変換出力コネクタ	SMBタイプリセプタクル	
電源電圧	+5V	
電源電流	150mA以下	
OEモジュール部の外形寸法	幅42mm、奥行き35mm、高さ15mm	ネジ、コネクタ等の突起物を含まず

～ 1psrms以下の超低ジッタ～

高周波基準信号送受信システム

J-PARC リニアック & SuperKEKB 向け

WSM-NIM-1

(Wavelength Stabilized Laser Module)

WRU-NIM-1

(3Gbps O/E Receiver Unit with Pertie)

NIM規格
対応製品

納入実績：高エネルギー加速器研究機構、他

■ 概要

J-PARC 陽子リニアックでは、RF 基準信号972MHzを光伝送によって各クライストロン駆動ステーションへと分配します。加速電場（972MHz）の位相は±1°以内、振幅変動は±1%以内が要求されるため、基準信号に求められる安定度は非常に厳しく、リニアック300m間、約60ヶ所にも及び各ステーション間の位相変動は±0.3°（972MHzで約±0.9ps）以下の仕様を満たす装置が必要です。

J-PARC (Japan Proton Accelerator Research Complex) とは素粒子物理、原子核物理、物質科学、生命科学、原子力など幅広い分野の最先端研究を行うための陽子加速器群と実験施設群の呼称です。

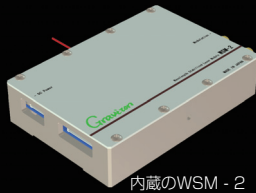
日本加速器学会の Proceedings of the 10th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan (August 3-5, 2013, Nagoya, Japan) SUP 094 _ P.1161～1162 より、以下抜粋しました。

「J-PARCリニアックのRF基準信号分配用に開発された光送受信機(E/O, O/E)をSuperKEKBでも採用する。このE/O, O/Eはペルチェにより温度が安定化されている。本E/O, O/Eではリミットアンプを内蔵し、パルス整形することで光強度や消光比の変化には影響しないようになっている。」

WSM-NIM-1とWRU-NIM-1は、上記の厳しい要求に対応するため、温度特性に優れ、伝送ジッターを極限まで抑えた光コンポーネントシステム(E/O_Module & O/E_Module)のNIM規格適合版です。

【主な特長】 ●送信側：Wavelength Stabilized Laser Module

WSM-NIM-1は、リニアック加速空洞への基準信号伝送装置の発光モジュールとして開発された、弊社製E/O_Module WSM-2を内蔵したNIM規格適合版です。このE/O_Moduleは、弊社製O/E_Module、WRU-NIM-1と組み合わせて使用し、1ps rms以下の低ジッターを達成しました。



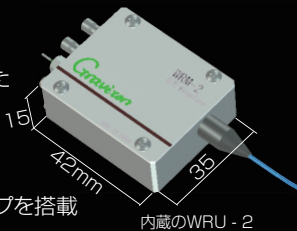
内蔵のWSM-2

- 発光素子 : ペルチェ内蔵型DFBLレーザー(パタフライ型LDモジュール)
- 出力安定化方式 : レーザー素子内蔵のモニタPD電流監視による、レーザー駆動電流へのフィードバック制御
- 変調信号モニタ : 変調入力端子への入力信号を波形整形後、外部へモニタとして出力する端子を1チャンネル用意

【主な特長】 ●受信側：3Gbps O/E Receiver Module with Pertie

受信側のWRU-NIM-1は弊社製WRU-2を内蔵したNIM規格適合版です。

- 受光素子 : InGaAs PINフォトダイオード
- 温度制御方式 : ペルチェ素子とサーミスタを用いたアナログPIDサーボ制御方式
- 受光波長範囲 : 1000nm～1650nm
- 受光レベル範囲 : +1dBm～-20dBm
- 変換方式 : トランスインピーダンスアンプ
2値検出方式リミッティングアンプを搭載



内蔵のWRU-2

SuperKEKB におけるRF基準信号の伝送経路

画像提供：高エネルギー加速器研究機構

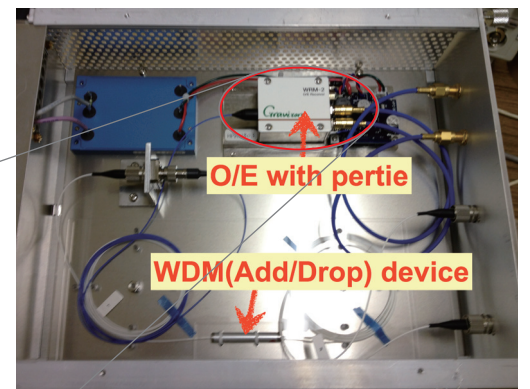
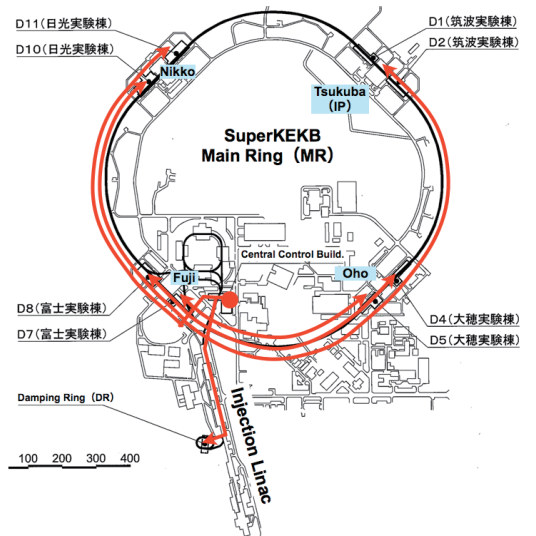


Photo of the low-noise E/O unit equipped with thermal stabilizer and the WDM device, which are assembled as a NIM module.