

ILC 用 MPGD-TPC の開発におけるレーザービームの使用について

IPNS ILC 測定器グループ(TPC)

LC TPC 日本グループ

2013 年 8 月 30 日

IPNS の ILC 測定器グループ(責任者藤井恵介)の TPC グループは、LC-TPC コラボレーションの日本グループの一員として ILC の実験コンセプトである ILD 実験の主飛跡検出器の大型 MPGD TPC の開発を進めている。

具体的には、ILD TPC の全体設計や物理及び測定器シミュレーションを進める一方、ILD TPC の端部検出器となる MPGD(GEM)モジュールのプロトタイプを制作し、DESY の試験ビームエリアに設置した TPC 大型プロトタイプ(LP)ビーム試験施設を使用してビーム試験を行うほか、国内においては宇宙線や紫外線レーザービーム等によるプロトタイプの試験や小型プロトタイプによるより基礎的試験を進めている。

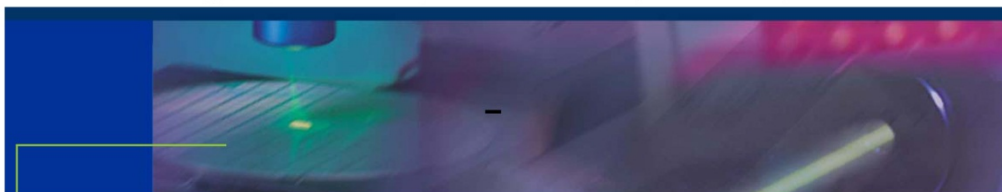
紫外線レーザービームによる試験は日本の TPC グループでは東京農工大学等で従来から行われていたが、最近、レーザーによる試験が MPGD モジュールの電場不整合による粒子軌跡の歪みの測定に有効であることがわかり、現在、この紫外線レーザービームによる試験セットアップを KEK に移して行うべく準備中である。この移設に際して、従来は個別の光学素子を組み合わせて構成していたレーザー光学系をコンパクトな一体化システムとして操作性安全性を強化するべく後述する光量手動調整機能付コリメーターを制作した。以下ではこの紫外線レーザービームによる MPGD モジュールプロトタイプの試験の概要と、紫外線レーザービーム使用における安全対策について述べる。

I. 紫外線レーザービームによる ILC-TPC 用 MPGD モジュールプロトタイプ試験の概要:

MPGD モジュールのレーザービーム試験では、直径 0.8 mm 程度の紫外線(266nm)レーザービームをモジュール試験ボックスの TPC ドリフト領域に入射し、レーザービームによる TPC ガスのイオン化によって生じるレーザービーム飛跡を記録する。MPGD モジュールの読み出しパッドに発生する信号は TPC 用エレクトロニク ALTRO で読みだして記録する。従来の経験から必要なレーザービームの強度はパルス当たり $50 \mu\text{J}$ (パルス幅 3-4ns)程度である。ビーム繰り返しは ALTRO エレクトロニクの読み出し速度に対応して数 Hz である。

表1-1 Polaris II の一般仕様

(本試験で使用する発振器は266nm発振に限定： 本文参照)



Polaris Products

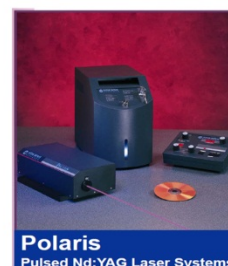
		1064 nm	532 nm	355 nm	266 nm
Pulse Energy ^{1,2} (mJ)	Polaris II	50	30	7	5
	Polaris III	90	50	11	10
Beam Diameter ⁴ (mm)	Polaris II	3	2.75	2.5	2.5
	Polaris III	4	3.75	3.5	3.5
Pulse Width ³ (ns)		4-5	3-4	3-4	3-4
Beam Divergence (mrad)	Polaris II	<4.5	<3.5	<2.5	<2.5
	Polaris III	<5	<4	<3	<3
Pulse to Pulse Stability ² (±%)		3	4	5	6
Jitter (±ns)		1	1	1	1
Repetition Rate (Hz)	Polaris II	20 or 30			
	Polaris III	10 or 20			
Beam Pointing (urad)		< 100	< 200	<250	< 250
IR Beam Quality ⁵ (TDS)		6	--	--	--

- Optical losses due to optional attenuator will reduce maximum energy by 10%
- Pulse-to-pulse for 98% of shots after 30 minute warm up

- Full width half maximum
- Full angle for 86% of the energy, at 1/e² point
- Times diffraction limited, at 1/e² point

Physical Characteristics

	Laser Head	Power Supply	Control Panel
Length	11.7" / 297 mm	14.5" / 368 mm	6.0" / 152 mm
Width	5.7" / 146 mm	7.65" / 194 mm	8.1" / 206 mm
Height	3.0" / 75 mm	10.9" / 277 mm	3.5" / 89 mm
Weight	10 lb. / 4.5 kg	30 lb. / 13.6 kg	5 lb. / 2.3 kg
Length Umbilical	8 ft / 2.4 m		10 ft / 3 m



Operating Requirements

Temperature	70° ± 10° F (21° ± 5° C)
Relative Humidity	20—80% non-condensing
Voltage	100—240 VAC, 50/60 Hz
Power	250 watts



www.new-wave.com

USA

New Wave Research, Inc.
48660 Kato Road
Fremont CA 94538-7339
Tel: 510-249-1550
Tel: 800-566-1743
Fax: 510-249-1551
Email: Lasers@new-wave.com

Japan

New Wave Research, KK
5F Chojya Building, 1-36-4,
Shinjuku-ku, Shinjuku
Tokyo, 160-0022 Japan
Tel: +81-3-3351-0131
Fax: +81-3-3351-0121
Email: NewWaveKK@new-wave.com

Taiwan

New Wave Research G. C. Co., Ltd.
2Fl, No. 118, Shinhu 3 Rd.,
Naihu Dist., Taipei
Taiwan 114
Tel: 886-2-8792-7585
Fax: 886-2-8792-7584
Email: NewWaveGC@new-wave.com

Europe

New Wave Research Co. Ltd.
Suite B Oak Park Business Centre
Arlington Road
Eynesbury, St Neots
Cambs PE19 6WA, England, UK
Tel: 44-(0)1480 403325
Fax: 44-(0)1480 476899
Email: NewWaveEU@new-wave.com

Shanghai

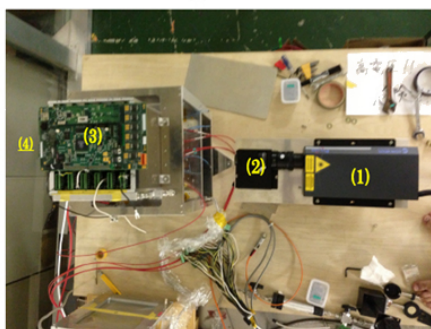
Room 606, Dragon Pearl Complex
2123, Pudong Road, Pudong, Shanghai,
China
Tel: 86-21-5860-9889
Fax: 86-21-5860-0424



レーザービーム発生にはNd:YAG 小型レーザー発振器 Polaris-II(工学院大学所有)を使用する：http://www.upc.edu/pct/documents/equipament/d_209_id-498.pdf このレーザー発振器の一般的な仕様を表 1-1 に示す。Polaris II 発振器本体は安全クラス4に相当する。今回使用する発信器は 266nm 紫外線レーザーのみを射出する設定とされているので、1064nm、532nm 及び 355nm のレーザー光は射出されない。しかし、532nm ビームの射出を抑制する Daichroic mirror の汚れのためか、532nm のレーザー光が部分的に出ているので可視光吸収フィルターで除く。発振器から出るレーザービームは直径約 2.5 mm 径である。発振器からのレーザービームを光量手動調整機能付コリメーター(特注;シグマ光機)のビーム・エクステンダー(光路を逆にとり、ビームサイズのリデューサーとして使用する)を通して直径約 0.8 mm 程度のビームに絞り、同コリメーターの手動可変減衰器(減衰率 2-88%可変)と ND フィルター(透過率 10%)でレーザー光の強度を約1% (パルス当たり 50 μ J 程度)に落とす。減衰器通過後に残っている可視光を可視光吸収フィルターで除いて MPGD モジュール試験ボックスに入射する。試験ボックスを通過したレーザービームはビームダンパーで吸収する。

レーザー試験全体のレイアウトの写真(仮置き)と計画図面を図 1-1 及び図 1-2 に示す。試験セットアップは富士実験室地下 4 階エレベーター側側室にある TPC クリーンハウス(大型ビニールハウス)内の定盤上に設置する(図1-3)。

図 1-1

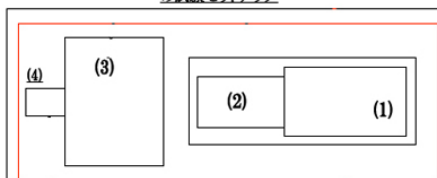


紫外線レーザービームによるMPGDモジュールプロトタイプ
の試験セットアップ(仮置き)

- (1)レーザー発振器(POLARIS II)
- (2) 光量手動調整機能付コリメーター
- (3)MPGDモジュール試験ボックスとALTROエレクトロニクス
- (4) レーザービームダンパー(隠れて見えない)

図 1-2

紫外線レーザービームによるMPGDモジュールプロトタイプ
の試験セットアップ



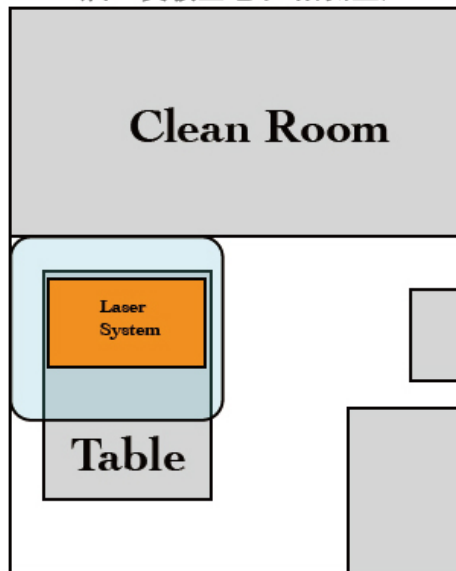
- (1)レーザー発振器(Polaris II)
- (2) 光量手動調整機能付コリメーター
- (3)MPGDモジュール試験ボックスとALTROエレクトロニクス
- (4) レーザービームダンパー

赤線は予定している遮光用ブラックボックス。上部から被せる構造とし、このブラックボックスの設置はレーザービームの入射ロック入力とする。

(1)-(4)の機器の間の隙間は(フレキシブル)パイプで遮光する。

定盤

図 1-3
TPCクリーンハウス(大型ビニールハウス)
(富士実験室地下4階側室)



 : Control Area

Separated by a shielding curtain.
No roof but 2.5m high.

II 安全対策

Polaris II 発振器はレーザー発振器としてはもっとも危険な安全クラス4に該当する。

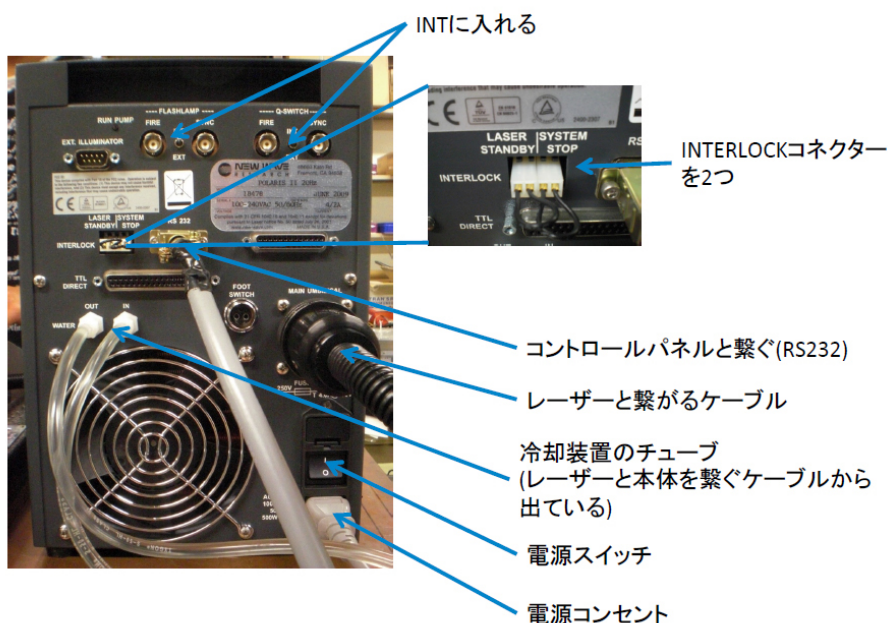
本件では発信器からのビームの強度を約1%に落として使用するとは言え、手動によるビーム強度調整の過程やその他の不測の理由で強いレーザービームが射出される可能性が無いとは言えないので、十分な安全対策をとる必要がある。安全管理者は ILC 測定器グループ責任者の藤井恵介とする。

安全対策としては以下の処置を行う。

(1) 一次遮光: レーザー発振器、光量手動調整機能付コリメーター、試験ボックス、及びビームダンプ間で遮光されていない部分は遮光用パイプ等を挿入して遮光(一次遮光)する。レーザー発振器と光量手動調整機能付コリメーターは共通の台座上に設置する。

(2) 2次遮光とインターロック: レーザー発振器、光量手動調整機能付コリメーター、試験ボックス、及びビームダンブからなる試験セットアップ全体を不燃性ブラックボックス(黒塗装のアルミ製)で覆い遮光(2次遮光)、ブラックボックスが正しく設置されない状態でのレーザー発振器からのビーム射出を禁止するインターロックを設置する。Polaris-II の電源部のインターロック信号入力部を図 2-1 に示す。

図2-1 Polaris II 電源部背面 (インターロック信号入力)



なお、MPGD モジュールの試験ボックスの ALTRO エレクトロニクスからは多数のケーブルや冷却用の空気パイプが出るので、この ALTRO エレクトロニクスはブラックボックスの上面に突き出る形とし、ブラックボックスは設置の便宜上2分割とする。これらの接合部におけるレーザー反射光の漏れの防止には十分に考慮する。

(3) 管理区域とレーザー遮光カーテン: 安全クラス4のレーザー機器の使用においては安全管理区域の設定が要請されている。現行の狭いTPCクリーンテント(大型ビニールハウス)の全領域を管理区域とすることは、実験遂行上必要なレーザー機器以外の機器の操作等が困難となる。そこで、(2)の安全対策を前提として、定盤の近辺を管理区域として、定盤から高さ 2.5mまでのレーザー遮光カーテン(3次遮光)を設置して管理区域を定義し(図 1-3 参照)、遮光用カーテンの開閉もレーザービーム射出を禁止するインターロック入力とする。

(4) 手動によるレーザービーム光軸調整などの止むを得ない場合: 数名の作業者がレーザー用ゴーグルや肌を覆う衣類等による十分な防護を行い、上記管理区域のレーザー遮光カーテン内で

ブラックボックス(の片側)を外して作業を行う。この場合は臨時に、図 1-3 のクリーンテント全体を作業者以外立ち入り禁止とする。

(5) 非常停止： Polaris-II のリモートコントロール(有線)のビーム停止ボタン(STOP)を使用する(図 2-2)。リモートコントロールは定盤上で管理区域のレーザー遮光カーテン外の定まった位置に固定する。



図2-2 Polaris-IIのリモートコントローラー(有線)

(6) 警告用パイロットランプと危険表示： 管理区域には定められた警告用パイロットランプを設置し、定められた危険表示を掲げる。TPCクリーンテント入り口にも注意喚起の危険表示を行う。その他、KEK 安全ガイドブックの規定等のそう安全管理を行う。

(以上： 2013 年 8 月 31日訂正—TM)