

第1 アーク部 CSR ポートの準備

本田 洋介*

2016/1/25

概要

第1 アーク出口の CSR ポートについて、運転モードに応じて、適切な測定方法を選択することが出来るように、遠隔自動ステージのセットアップを行った。

1 はじめに

cERL では、バンチ圧縮して短バンチビームを生成し、コヒーレント放射による THz 領域の光源としての利用が検討されている。第1 アーク部の最後の偏向電磁石には、22.5 度接線方向の取り出しポートがあり、CSR(コヒーレントシンクロトロン放射) による THz 光を観測することが出来る。

CTR と比べて CSR は、放射スペクトルが平坦では無い、取り出しポートから光源が遠く集光が難しい、アーク部の調整の自由度が無くビームサイズの影響がある、発光点が定まらずモニタも無い、本来知りたい直線部のビームでは無い、など、ビーム診断の目的には不利な点が多い。しかし、CSR は非破壊で信号が得られるので、大電流 CW 運転時にも測定が可能である。ともかく平均強度があるテラヘルツ光源として利用するには適していると考えられる。

既存の第1 アーク CSR ポートで、ビームの運転モードに応じて測定ができるように、遠隔ステージにより切り替えが出来る測定セットアップを準備した。

2 運転モードと検出器

2.1 運転モード

cERL の運転モードは3種類ある。(1) ビーム調整用の時間幅 $1\mu\text{s}$ のバーストモード、(2) CW モード、(3) CW モードと基本は同じだが時間幅 1ms のロングパルスモード、である。CTR の場合はビームを破壊するので、バーストモードでしか測定が出来ない。それにたいして、CSR の場合はいずれのモードでも測定が可能である。ただし、モードによって適するセットアップが異なる。

2.2 検出器

3種類の検出器を用意した。

ダイオード検出器は、電場を検出するので、時間応答が良い。短いビーム時間幅に区切って検出すると、ノイズを制限出来、感度が高い。バーストモードで観測が可能である。また、放射線によっては信号が出ないので、ビーム調整中の損失の大きな時でも測定がやりやすい。ともかく、最初に信号を確認するのに有効と思われる。現状では、AC カップルの増幅器を用いているので、CW モードでの DC 信号は測定できない。

*yosuke@post.kek.jp

表 1: 考えられるパターン

Beam mode	Shutter	Detector	Comment
Burst	Open	Diode	信号確認とビーム調整
Burst	Open	Pyro	検出可能なら望ましい (パンチ圧縮で信号が強くなることに期待)
Long pulse	Open	Pyro	周波数特性の良い焦電センサで
CW	Chopper	Pyro	CW 運転時のモニタ
CW	Chopper	Camera	カメラ自体の確認

焦電 (パイロ) 検出器は、熱エネルギーを検出する。熱を測るので周波数特性が良い (平坦) と考えられる。時間応答が 1ms 程度で、この時間幅内で積分したエネルギーが測定される。バーストモードではそのうちの $1\mu\text{s}$ だけに信号があるのにたいして、アンプの電気ノイズは 1ms 分が積分される為、必然的に S/N が悪い。バーストモードでの測定には向かない (以前は検出出来なかった)。ロングパルスモードでは、応答時間内での信号量が増えるので、検出可能である。ロングパルスモードに一番向いていると思われる。AC カップルの増幅器を用いているので、そのままでは CW モードでは測定できない。しかし、CW モードでは、チョッパーによって信号をオンオフさせ、変動の振幅を測定する方法が有効である [1]。

THz カメラ [2] は、マイクロボロメータの配列によって画像検出を行う。完成した製品になっていて、信号波形を確認したりとかは出来ず、ブラックボックスとして使用するほかない。一旦信号が見えれば、プロファイルの測定が瞬時に出来るので、今後アライメントの確認などに利用できるはずである。フレームレートは最大 30Hz なので、応答時間は 10ms 程度と思われる。応答時間が遅いゆえ、CW モードが一番検出に向いている。ゼロ点がドリフトするので、安定で感度の高い測定の為には、オンオフを繰り返してその差分を取り出す方法 (ロックイン) が必要である。チョッパーを使用する必要がある。

あと、He 冷却型の Si ボロメータ [3] を借りる計画もある。これは、熱検出型で 1ms 程度の時間応答の検出器であるから、基本的には焦電センサと同じような扱いになる。ただし、大きいので今回準備したセットアップと同時にテーブルに乗らない。

ビーム運転モードと検出器のセットアップについて、表 1 にまとめる。

3 セットアップ

3.1 レイアウト

CSR ポート周辺の様子を図 1 に示す。隙間が狭く、ポート近辺に検出器等を置くスペースを作るのが難しい (しかも、サポートを作る程度のちょっとした予算も無い)。そこで、手持ちのテーブルを足場に、検出器等を設置するベースプレートを伸ばした。ベースプレートからビーム軸の高さは 110mm である。

図 2 のようなセットアップを準備した。遠隔自動ステージを 2 台とそのコントローラを拾ってきた。これらを利用して、ポートの開け閉めと、検出器の切り替えを行う。

3.2 ポートの開け閉め

CSR ポートは、3 つのパターンを切り替えたい。(1) 開、(2) チョッパー、(3) 閉 (電磁波吸収材)。これを、自動 X ステージ (Stage-1) で行う。閉は、見ているものが確かにポートから出てきている電磁波



図 1: レイアウト写真

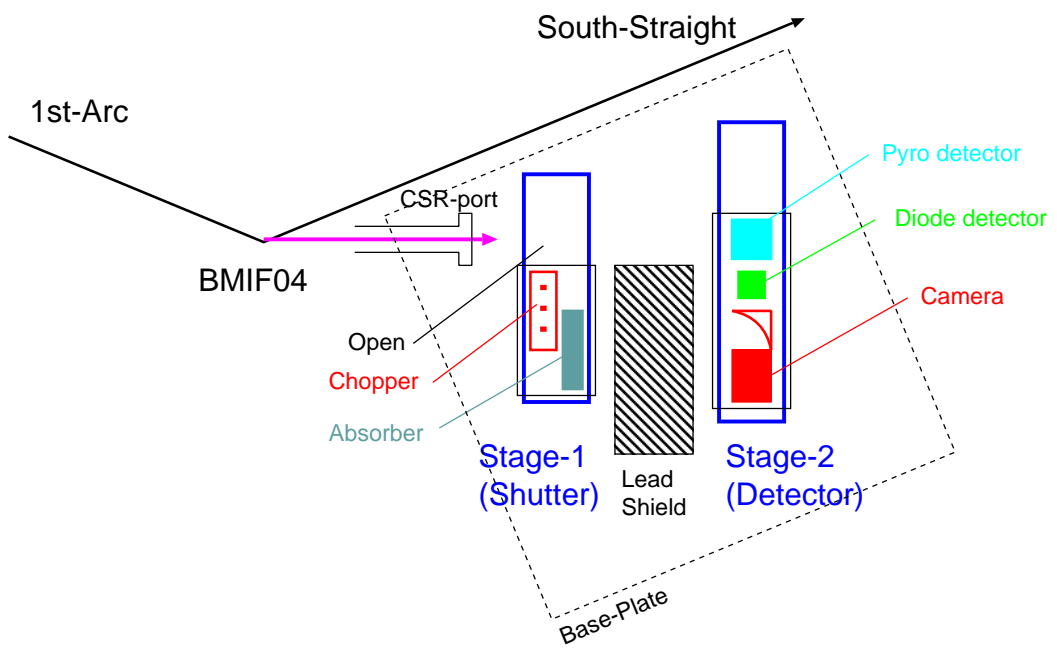


図 2: セットアップ

信号であることを確認するために必要である。3 パターンの様子を図 3 に示す。ステージのレンジに余裕が無く、ギリギリではある。

3.3 検出器の切り替え

検出器も、自動 X ステージで 3 パターンを切り替える。(1) 焦電検出器、(2) ダイオード検出器、(3) THz カメラ。3 パターンの様子を図 4 に示す。カメラは非常に高価なので放射線のシールドが欲しい、という要求がある [4]。そこで、カメラは常に鉛ブロックの影に隠れる配置にし、ミラーで反射したものを測定することにした。ここでは強度を稼ぐために、パラボラミラーで集光するようにしている。ステージのレンジも、直線部のビームダクトとの隙間も余裕がなく、配置はギリギリである。

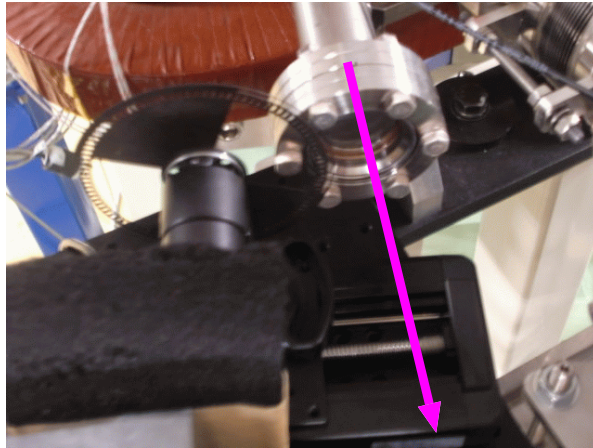
4 まとめ

第 1 アーク出口の CSR ポートについて、装置の取り外しをせずに、ポートの開閉およびチョッパーの導入、検出器 2 種類とカメラの切り替え、に対応できるように、遠隔自動ステージのセットアップを行った。運転モードに応じて、適切な測定方法を選択することが出来る。

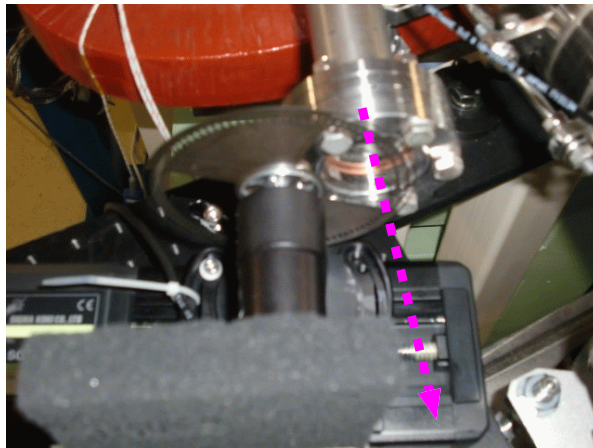
参考文献

- [1] 本田洋介, "熱光源による THz 検出器の試験" 2016/1/14
- [2] 本田洋介, "熱光源を用いた THz カメラの動作確認" 2016/1/19
- [3] 木村真一
- [4] アリシェフアレクサンダー

[OPEN]



[Chopper]



[Close]

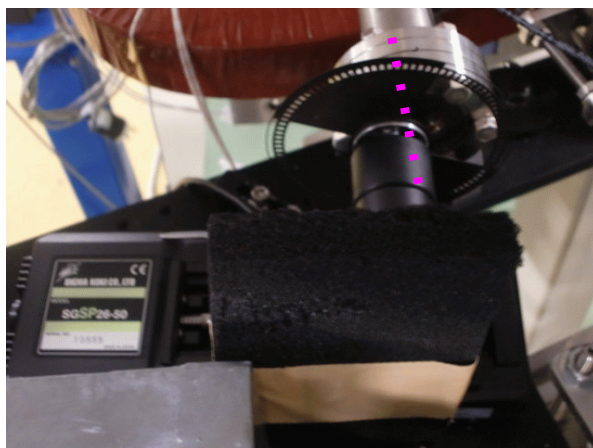
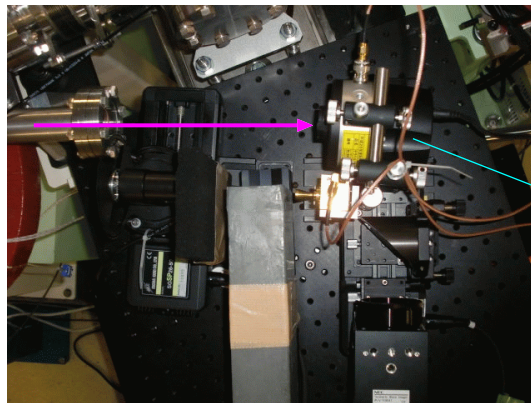


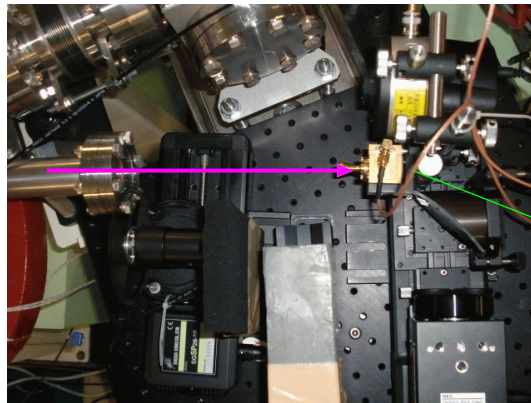
図 3: シャッター用のステージ

[Pyro detector]



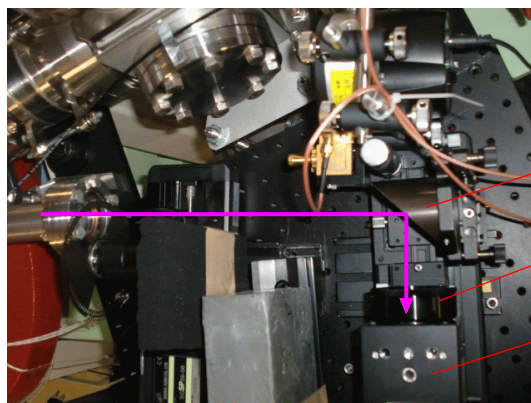
Pyro

[Diode detector]



Diode

[THz camera]



Parabola mirror

IR-block filter

Camera

図 4: 検出器用のステージ