

Development of Wire Position Monitor for STF Cryomodule

Naoko Sato^{A)}, Masato Higuchi^{A)}, Hitoshi Hayano^{B)}

^{A)} Tohoku Gakuin University

1-13-1 Thuo, Tagajo-shi, Miyagi-ken, 985-8537

^{B)} High Energy Accelerator Research Organization(KEK)

1-1 Oho, Tsukuba-shi, Ibaraki-ken, 305-0801

Abstract

The ILC superconducting acceleration cavities are required to be set up in the transverse position by an accuracy of $\pm 200 \mu\text{m}$. To measure a positional displacement of each cavity, we are developing Wire Position Monitor (WPM) in the cryomodule of the Superconducting RF Test Facility (STF). The design of WPM and details of the WPM performance measured at room temperature(23°C) are reported. The WPM will be installed into the cryomodule in this year.

STF クライオモジュール内に使用するワイヤー位置モニターの開発

1. はじめに

ILC(国際リニアコライダー)計画の超伝導主リニアックでは、超伝導加速空洞や超伝導 Q マグネットを極低温(2K)に保つクライオモジュールが使用される。その中の加速空洞は、ビーム横方向に「 $\pm 200 \mu\text{m}$ 」以下の精度で据え付けられていることが要求されている。いったん空洞がクライオスタットの中に設置され、真空にひかれ、極低温に冷やされると、各空洞の位置測定や調整が困難である。そこで、クライオスタットの外から極低温下の各空洞の位置測定を行うワイヤー位置モニター(WPM)の開発が重要である。そのモニターに要求される精度は、必要設置精度の10分の1以下である $\pm 20 \mu\text{m}$ 以下の分解能が必要である。現在、超伝導 RF 試験設備 (STF) では WPM 装置を開発中である。開発は、いまのところ室温下(23°C)で行われており、140MHz の RF 信号(CW)を通して行った位置測定の安定性と分解能、マッピングによるリニアリティ等の性能測定を行っている最中である。

図1は、STF クライオモジュールの断面図で、WPM の配置図を示してある。

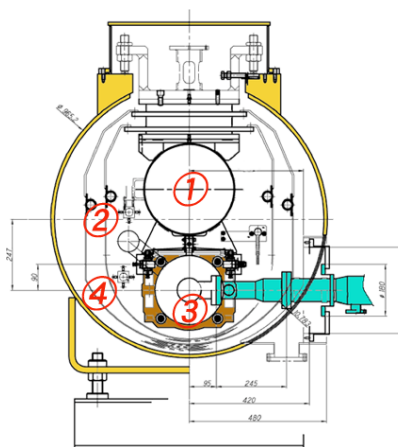


図1：クライオモジュール内の WPM 配置図

| | |
|------------------|------------|
| ①ガスリターンパイプ (GRP) | ②GRP 用 WPM |
| ③空洞 | ④空洞用 WPM |

2. WPM の原理及び構成と STF クライオモジュール内の WPM 装置

WPM は、中に張ってあるワイヤーに 140MHz RF 信号(CW)を通し、WPM 内の4つのストリップライン電極板から誘起信号を受信する方式である。張ってあるワイヤーを基準とし、WPM の動きを検出することで空洞などの動きを測定する。

長さ13mのSTFクライオモジュール内には、WPM

をガスリターンパイプ(GRP)に 10 台、空洞に 16 台、計 26 台組み込む予定である。使用するワイヤーは金メッキタングステン($\phi 0.07\text{mm}$)で、張力をつける重りは 500g を使用する。そのとき中央でのたるみは、計算上 1mm 以下になる。

図 2 は、STF クライオモジュール内への WPM 組み込み予定図で、図 1 を側面から見た図である。

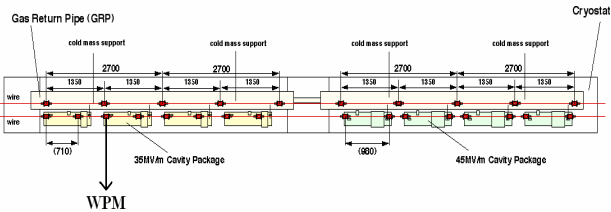


図 2 : STF クライオモジュールへの WPM 組み込み予定図

3. WPM の試験装置

室温下では以下の 3 つの試験を目的とし、試験装置を製作して試験を行った。

- ① マッピングによるリニアリティの測定
- ② 分解能測定 (10 μm ステップ変化の識別)
- ③ 検出(回路)安定性の測定

試験装置は 1 つの WPM 応答を読み取るもので、WPM を 2 軸(x 軸・z 軸)ステージ上で移動させる。ステージの可動範囲はおおよそ $\pm 4\text{mm}$ 程度の反復が可能で、WPM に取り付けられるワイヤーの長さは 550mm である。重りはおおよそ 100g で、中央でのたるみは計算上 30 μm 以下になる。ワイヤー部分は、ノイズがはいらないようにするために金属パイプで囲っており、つなぎ目部分はアルミ箔で接続しシールドしてある。信号検出や、ステージの移動制御と測定は VEE プログラムで行っている。図 3 は、WPM 試験装置の構成図である。

WPM の 4 つの電極から受信した信号を、ログアンプ変換器により直流対数電圧に変換し、電圧計で値を読む構成をとっている。①~③の測定結果を算出する際には、あらかじめ測定してあるログアンプ変換器のチャンネルの特性を考慮した逆変換計算により行っている。

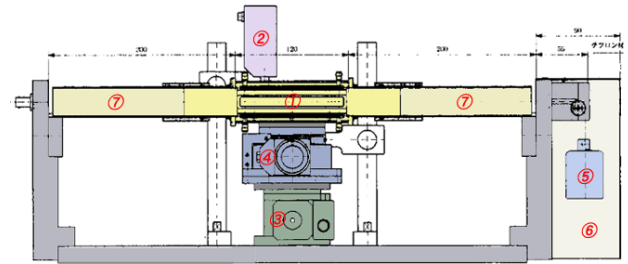


図 3 : WPM 試験装置構成図

| | |
|------------|-----------|
| ① WPM 試験装置 | ② リニアゲージ |
| ③ z 軸ムーバー | ④ x 軸ムーバー |
| ⑤ 重り(100g) | ⑥ アルミカバー |
| ⑦ 金属パイプ | |

各試験の結果を以下の図 4 に示す。マッピングと分解能測定では、ワイヤーへの信号ラインは、WPM とログアンプ変換器の間にアッテネーター 0dB(直流出力電圧がおおよそ 4.5V)で実験を行っている。安定性の測定ではアッテネーター 0dB に加え、10dB(4V)、20dB(3.4V)、30dB(2.7V)を使用した測定も行った。マッピング測定は $\pm 1\text{mm}$ の範囲を 200 μm ステップで測定した。また、分解能測定時には 10 μm ステップでワイヤーを動かし、検出できるかどうかを見た。そして回路安定性試験では、ワイヤーを固定したまま 120 分間の測定ではあるが約 1 分毎に連続的に測定を行った。

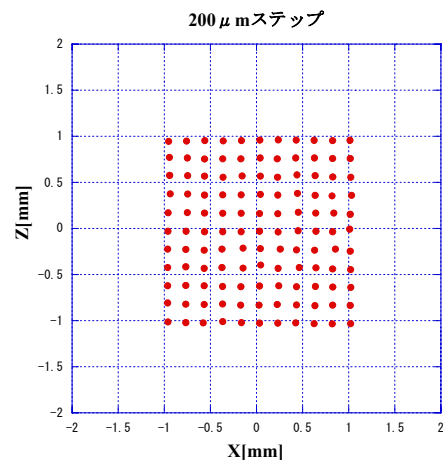


図 4-① マッピング

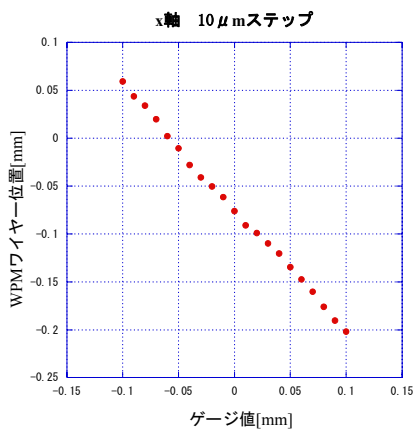


図 4-② 分解能～x 軸～

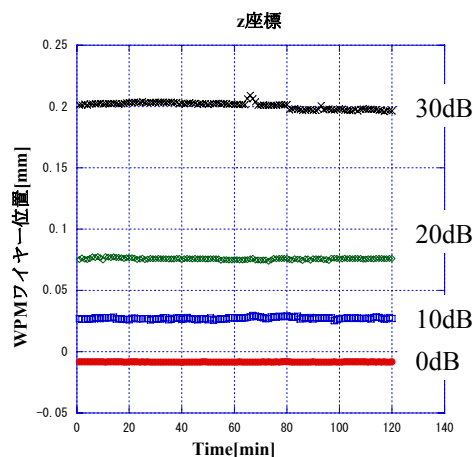


図 4-③ 検出安定性～z 軸～

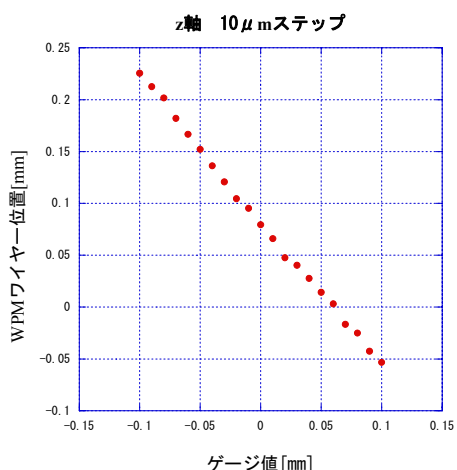


図 4-② 分解能～z 軸～

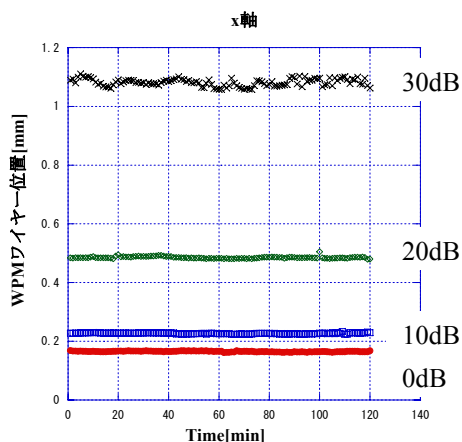


図 4-③ 検出安定性～x 軸～

4. 試験装置での性能評価結果

マッピングについては、今回の結果から測定範囲 $\pm 1 \text{ mm}$ にて $50 \mu\text{m}$ 以下の歪みである事がわかった。分解能は $10 \mu\text{m}$ 以下で、測定安定度については大きな入力振幅信号 (0dB で直流出力電圧が 4.5V) でワイヤー位置が $10 \mu\text{m}$ 以下の回路安定性が確認できた。

5. 結論

現在、室温下で試験をしている WPM 装置は、分解能 $10 \mu\text{m}$ 以下が期待でき、マッピングの正方性から中心付近 $\pm 1 \text{ mm}$ において $50 \mu\text{m}$ 以下の直線性で検出できることがわかった。このことから、現在試験している WPM は STF クライオモジュール内に組み込んで使用できることが確認された。

6. 今後の予定

今計測中の WPM が 2K においても同様の性能を持つ事を検証する必要がある。また、クライオモジュールに実際に組み込んで ILC の要求精度「 $\pm 200 \mu\text{m}$ 以下」を満たしているかどうかを検証する必要がある。12 月を目標に、その準備を進める予定である。

参考文献

- [1] D.Giove, et al., "A WIRE POSITION MONITOR(WPM) SYSTEM TO CONTROL THE COLD MASS MOVEMENT INSIDE THE TTF CRYOMODULE"
- [2] D.Give, et al., "ANALYSIS OF THE COLD MASS DISPLACEMENTS AT THE TTF" Proc.EAPC.2004