

DEVELOPMENT OF STF BASELINE SUPERCONDUCTING CAVITY SYSTEM

Shuichi Noguchi^{1, A)}, Eiji Kako^{A)}, Toshio Shishido^{A)}, Ken Watanabe^{A)}, Katsuya Sennyu^{B)},

^{A)} KEK, High Energy Accelerator Research Organization

1-1 Oho, Tsukuba, Ibaraki, 305-0801, JAPAN

^{B)} MHI, Mitsubishi Heavy Industry, Kobe Shipyard and Machinery Works

1-1 Wadasaki -cho, Hyogo-ku, Kobe, 652-8585, JAPAN

Abstract

Following the ITRP Recommendation to adopt superconducting cavity to the main LINAC of ILC, KEK has started the construction of STF. In the 2 years Phase-I starting in this year, a cryomodule containing 8-9cell 1.3GHz cavities is constructed, which will accelerate the beam by the end of the next year. 4 cavities are TTF type, aiming at 35MV/m operation. The other 4 are high gradient type, aiming at 45MV/m operation. In this paper, the design of TTF type STF baseline cavities and other components are reported.

STF用ベースライン超伝導空洞システムの開発

1. はじめに

ILC (International Linear Collider) の主リニアックに超伝導技術を採用すべしという、ITRPの勧告を受け、KEKでも超伝導リニアックの試験施設、STF (Superconducting Cryomodule Test Facility) を建設することが決った。今年度から始まった Phase-I では8台の1.3GHz 9-セル空洞を製作し、来年末にはビーム加速を行う予定である。STF 建設の目的は以下の3点に要約できる。

1: アジアの研究開発拠点を構築し、超伝導空洞の製作、運転に習熟する。

2: 企業との協力により、コスト評価、工程の最適化、品質管理等、工業化に資する。

3: 来年末に完成を目標にしているCDRに改善設計を盛り込む。

施設のキーコンポーネントである空洞は、2種類各4台で、DESYのTTF (TESLA Test Facility) 空洞とほぼ同じもの (ベースライン)、及び高電界を最大限目指しアイリス直径を10mm小さくし60mmとしたもの (高電界) である。2種の空洞は大電力入力カプラー、周波数チューナーも違うものを設計しており、試験結果をみて選択されることになる。本論文では、35MV/mでの運転を目指すベースライン空洞について報告する。

2. TTF 空洞の問題点とSTF ベースライン空洞の改良点

ILCでの運転加速電界は今後の開発の様子をみて決定される事になるが、コストの点から35MV/m程度が目標になると思われる。現在稼働中のILCの

ベースライン候補はDESYのTTF空洞であるが、カプラー、チューナーには決定版がない。更に、35MV/mの運転電界ではローレンツディチューニングが空洞のバンド幅 (約300Hz) の3倍程度になり、ピエゾチューナーによる速い補正が難しくなり、クライストロンの必要マージンも大きくなる。これは、空洞の全長を拘束している、ジャケット、チューナー系の剛性を大きくすることで軽減できる。チューナーには改善の余地があるばかりでなく、動的部品であるモーター、ピエゾ素子の交換がトンネル内でできないという決定的な欠点がある。又、入力カプラーは、35MV/mの運転ではマージンが小さくなるし、ILCではそもそもビームローディングをルーチン的に変える予定はないからカップリングをチューナブルにする必要はない。表1にTTFとSTFベースラインの比較、改良点をまとめた。

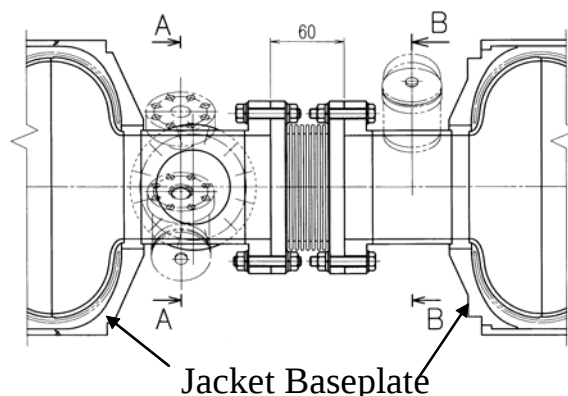


図1. 高剛性ジャケットベースプレート

表 1 . STFベースライン空洞とTTF空洞の違い

STF ベースライン空洞とTTF空洞の違い				
空洞タイプ	TTF		STF ベースライン	特徴
運転加速電界	24MV/m XFEL, TESLA500	35MV/m TESLA800	35MV/m	
空洞形状	アイリス径70mm ビームパイプ径78mm セルテーパ13度	同左	アイリス径70mm ビームパイプ径84mm セルテーパ10度	高周波性能及び ビーム加速性能 はほぼ同じ
空洞拘束系の剛性	~ 4万N/mm	同左	11万N/mm	チューナー及び ジャケットベースの 剛性増強
ローレンツ ディチューン量	- 450Hz	- 900Hz	- 600Hz	共振の半値半幅 ~ 300Hz
ローレンツ ディチューン補正量	+ 150Hz	+ 600Hz	+ 300Hz	+ 300Hz オフセット
補正に必要な ピエゾストローク	1 μ m	4 μ m	1.5 μ m	短いピエゾ、正確な補正 クライストロンマージン少
周波数チューナー	レバーアーム方式 ビームパイプ上	ブレード + レバーアーム ジャケット胴部	スライドジャッキ ジャケット胴部	シンプル、高剛性 モーター真空槽外部 トンネル内でピエゾ交換可能
RF入力カップラー	TTF-III	? TTF-IV	TRISTAN タイプ	シンプル
カップラーポートの 大きさ	直径40mm 70 Ω	直径60mm 70 Ω	直径60mm 50 Ω	大電力に対応
運転電力	250kW	350kW	350kW	
セラミック窓	同軸円筒型	同軸円筒型	同軸円板型	多くの実績 TRISTAN, KEKB, SNS, ADS

3 . 超伝導空洞

3.1 空洞

前節で述べた様に、ジャケットの剛性を上げる為にジャケットのベースプレートの厚みを増やした(図1)。このため入力カップリングポート位置がセルから離れ、必要なカップリングを取るためにはビームパイプの径を増やす必要がある。これは、カップリングポートの径を増やすのにも好都合であり高調波モードのダンピングもやりやすい。一方、電界の滲みだしが大きくなるため、幾何学的シャントインピーダンスが小さくなるのでセル形状も多少の変更を加えた。TTF空洞との相違は、セルのテーパ角を急にし(13度→10度)、外径部の円弧の半径を少し大きくした程度で、高周波特性には殆ど差はない。

3.2 チューナー(図2)

オフセット用ローチューナーにスライドジャッキを、ローレンツディチューニング補正用にピエゾスタックチューナー1個を直列に配置した。ジャケットフランジの対角に置かれたスライドジャッキは、真空槽外部より1本のドライブシャフ

トで駆動され、空洞中心軸をずらす事無く、空洞長を調整する。ストロークは3mm,周波数可変量は1.3MHzである。ピエゾスタックは室温でのストロークが40 μ mのものをを使う。低温ではストロークが落ちるが、4 μ mが必要量である。5Hzのパルス毎にドライブされ最も寿命が心配な部品であるため、真空槽の入力カップラーポートより交換できるように配置してある。

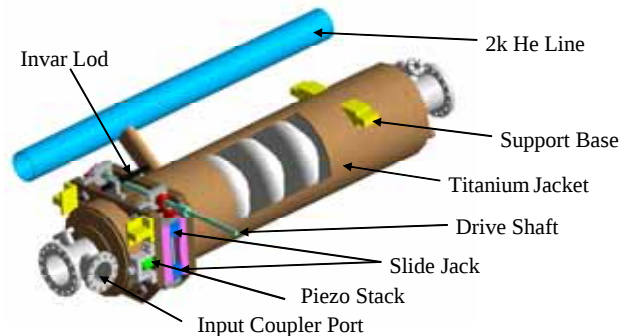


図2 . ジャケットおよびチューナー

3.3 入力カプラー（図3）

入力カプラーは低温部同軸カプラー、室温部同軸カプラー及びドアノブ型同軸導波管変換器からなる。低温部カプラーはクリーンルーム内で空洞に取付けられ、室温部カプラーはクライオスタット外部から接続される。真空窓には経験、実績のある、TRISTAN型の同軸円板セラミック窓を採用した。KEKB, SNS, ADS [1]用に使われ、パルス運転では2.1MWの記録を持ち、低温部カプラーでも0.5MWは充分扱えと期待している。低温部カプラーの大きな問題は外部からの熱侵入である。窓部を80K、カップリングポート部を5Kに冷却するが、1mmのステンレスに5 μ mの極薄い銅メッキをした場合でも5Kへの熱伝導負荷は1Wとなる。350kW入力時の高周波損失分は0.4Wでバランスの悪いことになっているが、上手い方法は見つかっていない。

4．まとめ

TTF空洞の問題点を改善し、更に、35MV/mでの運転にも対応出来るSTFベースライン空洞システムを設計した。空洞、入力カプラーは、年内の試験開始を目指し製作中である。来年度早々にクライオモジュールへの組み込みを行い、来年末にはビーム加速試験を予定している。

参考文献

- [1] 加古永治、他、「J-PARC超伝導空洞用入力結合器の大電力試験」、第28回リニアック技術研究会プロシーディング、東海村（2003）p324.

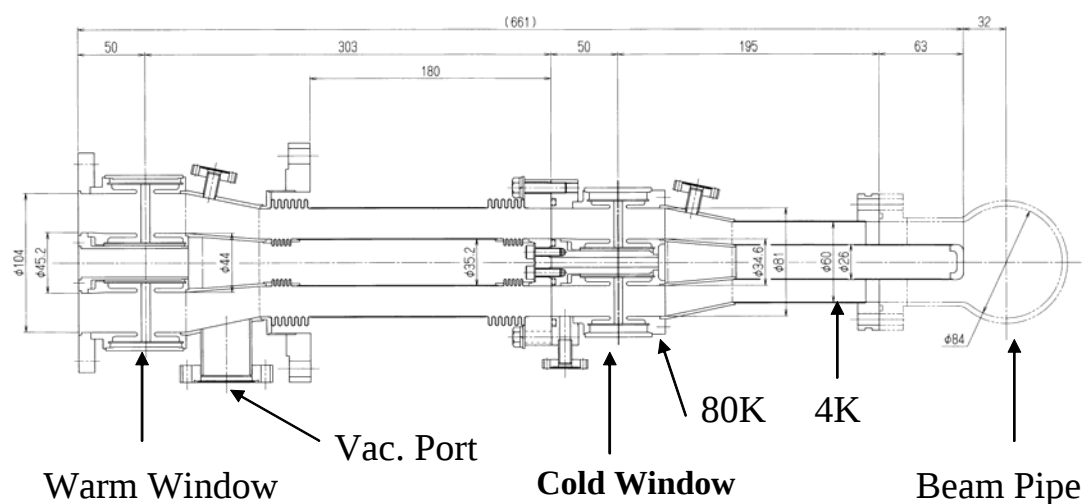


図3．高周波入力カップラー