

Damped Structure for JLC Main Linac

T.Taniuchi, M.Yamamoto*, K.Kubo, T.Higo and K.Takata

National Laboratory for High Energy Physics (KEK)

Oho1-1, Tsukuba-shi, Ibaraki-ken, 305 Japan

* The Graduate University for Advanced Studies

Abstract

Strong long-range wake fields among 10 to 20 bunches in the Japan Linear Collider will easily make the emittance large and lower the luminosity. One of the ways to cure this problem is a damped structure. The external Q value of the TM110 type mode in a crossed waveguide structure was found to be well below the required Q value 15, though sacrificing the Q value of the accelerating mode. The structure is a good starting point towards a realistic design.

リニアコライダの主ライナックに用いる減衰構造

1. はじめに

JLC (Japan Linear Collider)では、ルミノシティを上げるためにマルチバンチモードで運転することが検討されている[1]。この場合、主ライナックとなるXバンドの加速管では先行バンチの通過により空洞内に誘起される long-range wake fieldが後続バンチに与える影響が問題となる。longitudinal wake fieldはバンチのエネルギーを変えるので、最終収束系のアクセプタンスが問題となる一方、transverse wake fieldはエミッタンスを増大させ、ルミノシティを低下させる。wake fieldに対する対策の一つとして考えられるのが減衰構造の加速管である。これは先行バンチによって誘起されたwake fieldを後続バンチが来るまでに十分減衰させてしまうものである。JLC主ライナックで考えられるwake fieldで一番厳しいと考えられているTM110モードに対して必要とされるQ値は15程度であり[2]、他のモードもこれに準ずる。そこで、ここでは、TM110モードに限って、可能な候補について述べる。

2. 減衰構造

減衰構造としてはまず、シングルモード空洞[3]が考えられるが、ビームパイプの径が大きいために加速モードのインピーダンスが低く、またwake fieldの逃げ場が同様のセルで埋められているマルチセルの加速管を必要とするリニアコライダの加速管には向かないと考えられる。また、TM11モード等の transverse mode に対しては、影山の考案した十字型ビームパイプ方式[4]が非常に効果的であるが、longitudinal mode に効かないことやマルチセルの加速管には向かないことから採用できない。

一方、TM11モードのダンピングに主眼をおいて、ディスクにスロットをきる構造[5]が考えられた。この構造は、KEK-Bファクトリー[6]等で積極的に研究されているが、リニアコライダの主加速管のようにビームホールの大きい加速管では、ダンピングの程度が構造に非常に敏感なので好ましくないと判断された[7]。

次に、加速セルにダンピング用の導波管をつなぎこみ、磁場のカップリングを介して先行バンチの作ったwake fieldをビームパイプ外に取り出すことが考えられるが[7,8]、この場合は、かなり大きな導波管が必要であり、その大きなカップリングホールの影響で加速モードのフィールドも乱れることが予想されるので、加速モードのR/QやQ値等を保存しながらいかにダンピングを実現させるかが課題となる。ここでは、この方式に限って、TM110モードのダンピングの状況と加速モードの特性について調べる。

3. Crossed Waveguide 型構造

高次モードを全て減衰させるために図1に示す3種類の構造を試みた。各加速セルには4方向、計8ヶ所に断面2×11mmのダンピングポートがある。ポート幅11mmは、TE10モードのカットオフ周波数が13.5GHzで、一番低い周波数の高次モードで16GHz近辺にあると考えられるTM110モードも有効にダンピングするように選んだ。セル中央の2mmしきり板は、特にTM011やTM111等のモードのように、セル中央でノードをうつモードに対しても効果のあるように挿入してある。また、セル長は計算の都合上、8mmに選んだ。

電磁場計算は全て、三次元コードMAFIA^[9]を用いて解析を行った。TM010モードでセル間の位相差ゼロのモードのQ値を、加速モードのQ値を代表するものとした。また、TM110モードのQ値は、磁場カップリングする方向のみダンピングポートのショート面を変えて、チューニングカーブをとり、図2のようなKroll^[10]流のプロットを行うことによって評価した。ここで、モードaのQ値 $Q_{ex a}$ は

$$\frac{\Phi}{\pi} = \frac{2}{\lambda_g} (d-d_0) - n = \frac{1}{\pi} \text{Arctan} \sum_a \frac{1}{\frac{\omega}{\omega_a} - \frac{\omega_a}{\omega}}$$

から得られる。但し、d, d0はショート面及びショート面の原点の空洞中心からの距離、nはダンピングポート内でのノード数を表す番号、 ω_a はモードの角周波数である。計算結果を表1に示した。比較のため、ダンピングポートが無い通常の構造をコラム(d)に掲げた。構造(a)のように11mmのダンピングポートのみだと、加速モードのQ値の低下がはげしいが、構造(c)のように、6mm程度までカップリングホールをしぼると、10%程度の低下で済むようになる。ところが、これではTM110モードのQ値は30程度であり、JLCの条件を満たさない。そこでカップリングホールを8mmまであけた構造(b)にすると、TM110モードのQ値は10以下になりスペックを満たすが、加速モードのQ値の若干の低下は免れない。今後、構造(b)近辺で最適化を行うことが必要である。

表1

単位 (mm)

構造	(a)	(b)	(c)	(d)
セル径	8	9.5	10	10.5
ダンピングポート幅	11	11	11	0
アイリス幅	full	8	6	
アイリス厚さ	0	0.88	0.46	
TM110モードQ値	<<10	<10	~30	∞
導波管長さ原点位置(空洞中心より)	0	5	8	
TM010モード周波数(GHz)	12.1	11.8	11.6	11.3
TM010モードQ値	3860	5510	6060	6390

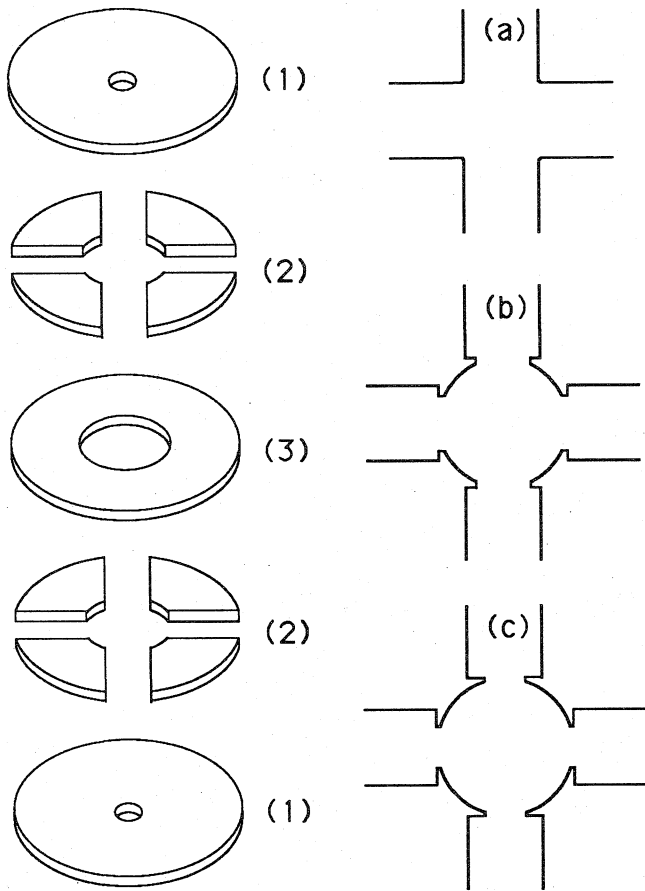


図1 (1),(2),(3),(2),(1)の順にスタックしたもので加速セル1セル分を構成する。(a),(b),(c)はパーツ(2)における3種類のダンピングポート構造。

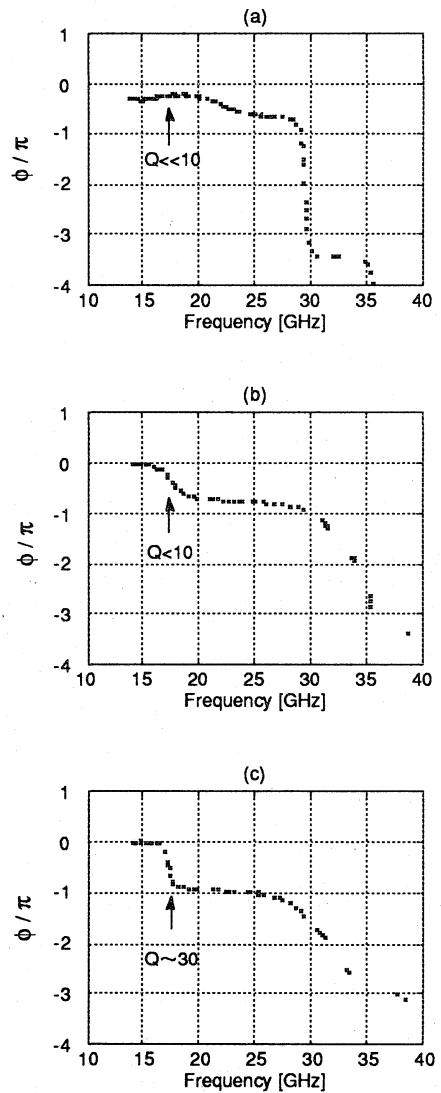


図2 3種類のダンピングポート構造に対するチューニングカーブ。↑はTM110モードの位置を示す。

参考文献

- [1] K. Takata, Proc. of the 1990 Linear Accelerator Conference, Albuquerque, 1990.
- [2] K. Yokoya, Proc. of the First Workshop on Japan Linear Collider (JLC), KEK, 1989.
- [3] T. Weiland, DESY 83-073, 1983.
- [4] T. Kageyama, Proc. of the 15th Linear Accelerator Meeting, Japan, 1990.
- [5] R. B. Palmer, SLAC-PUB-4542 (1989).
- [6] M. Suetake, Accelerator Design of the KEK B-factory, KEK Report 90-24, 1991.
- [7] T. Higo et al., Proc. of the 1991 IEEE Particle Accelerator Conference, San Francisco, KEK-Preprint 91-32.
- [8] H. Deruyter et al., SLAC-PUB-5322 (1990).
- [9] K. Klatt et al., Proc. of the 1986 Linear Accelerator Conf., SLAC-Report-303, 1986, p276-278.
- [10] N. Kroll, private communication.