

迴旋加速器离子束的脈冲調制*

申青鶴 蔣崧生 顧以藩

使用迴旋加速器离子束的脈冲調制，可以扩大加速器的物理应用范围。最早在迴旋加速器上离子束的脈冲調制是采用脈冲調制D形盒电压的方法，这种調制只能用于較长的脈冲寬度、較低的重复頻率。以后，采用了脈冲調制离子源电弧和調制D形盒高频电压相結合的方法，成为到目前为止迴旋加速器离子束脈冲調制的常用方法。在我国1.2米迴旋加速器上采用了这种方法。在靶上得到的离子束寬度可以达到 $\sim 1-2$ 微秒，重复頻率 $\sim 0.2-1000$ 周。下面我們將这部分工作作一簡單介紹。

基 本 原 理

脈冲調制离子源电弧和調制D形盒高频电压相結合的方法要求进行两方面的調制：
1) 电弧的脈冲調制；2) 高频电压的脈冲調制。

电弧脈冲調制原理 在低压电弧离子源中，离子源是否供給受加速的离子决定于下列几个因素：1) 灯絲(阴极)的温度；2) 气体的流量；3) 电弧电压的大小。由加热的阴极

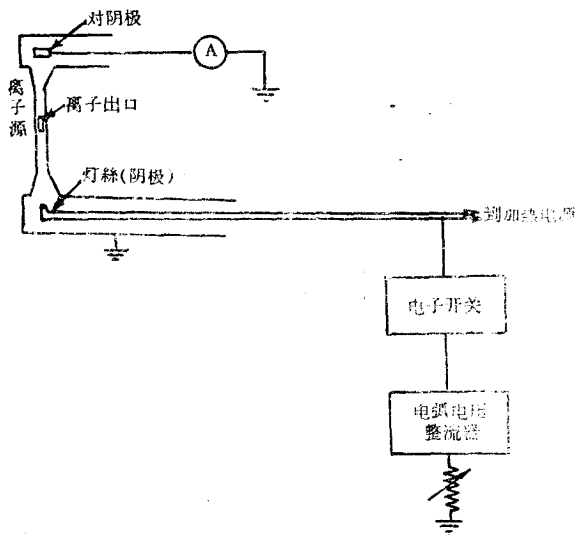


图1 离子源电弧电压調制原理

发射出来的电子，在強大的磁場中，被弧电压所加速，电子在它运动的路程中碰撞气体分子，并使后者电离，产生离子。阴极由于热惰性，无法在极短的时间內工作，源内的气体也不能很快地关断及送入，唯一可能使离子脉冲地产生的方法是用一种开关来控制电弧电压。这种动作极快的开关只有电子管才能胜任，我們把它叫做电子开关。它串联在电弧电压整流器和灯絲之間(图1)，在接通电弧电压的瞬间产生的离子受高频电压加速。这样就能够得到具有一定寬度、一定重复頻率的离子束来轰击靶。

高频电压調制原理 在脈冲調制离子源电弧时，为了避免高频发生器的不必要損耗，提出这样的要求：1) 离子源产生离子时，立刻能被D形盒高频电压加速；2) 离子束到达靶后就关闭高频发生器。由于D形盒

* 1959年12月28日收到。

高 Q 值的影响,电压的上升时间和下降时间很长,在 D 形盒上建立起电压额定值需要相当长的时间(約 150 微秒);为了满足提出的要求,必須在离子源产生离子以前(大于 150 微秒)开启高频发生器。相反,离子在 D 形盒内加速的时间(約 8 微秒)和 D 形盒高频电压的下降时间相比很小,沒有必要在关闭电弧电压后延滞一段时间再关闭高频发生器。

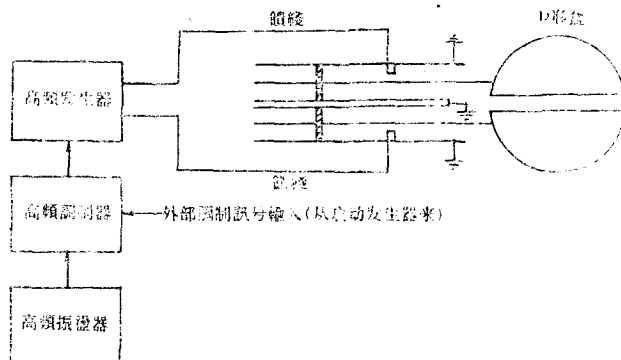
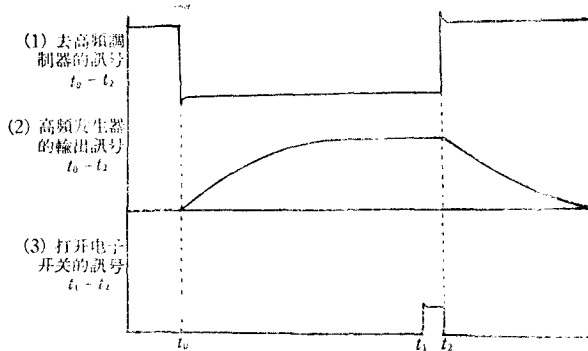


图2 D形盒高频电压脉冲调制原理

高频发生器和高频调制器是加速器原有的装置(图2)、高频调制器可以处于外部调制的工作状态,外来信号可以控制高频电压的宽度和重复频率。

图3 基本时间 t_0, t_1, t_2 的关系

为了使上述两种调制结合起来,需要建立三个基本时间: t_0, t_1, t_2 (图3)。

t_0 为开启高频发生器的时间,从这个时间起, D 形盒开始加上电压。在 D 形盒上的高频电压达到额定值后,给出 t_1 信号,它启动电子开关,接通电弧电压,离子源开始产生离子。达到预定的时间给出 t_2 信号,将电弧电压切断,

离子源也就停止产生离子,同时高频发生器被关闭。这样就完成了加速器的一个脉冲工作周期。

线路的一般介绍

由上面的要求来看,需要建立得到基本时间 t_0, t_1, t_2 的装置(这部分装置我们称它为启动发生器),以及建立控制电弧电压的电子开关。此外,为了使电弧电压除去后,离子源能更快地停止工作,减少本底影响,在灯丝与地之间加了一个与电弧电压极性相反的电压,这部分装置称为反电压电源。为了避免离子源可能由高频感应电压形成本底,在灯丝与地之间接了一个串联谐振电路,称它为槽路,它是由一个电感和一个可变电容器组成的。这样,整套离子束的脉冲调制装置共有四个组成部分。其方框图见图4。下面我们比较详细地叙述启动发生器及电子开关的工作原理。

启动发生器 包括的主要线路元件有:主振发生器、双稳态触发电路、时滞电路、单稳态触发电路、锯齿波发生器、振幅鉴别器、信号成形器及长度成形器。

主振发生器是用闸流管作成的张弛振荡器,用来得到脉冲信号 t_0 可以处于自振,也可以处于等待的工作状态。

离子束宽度的测量结果

利用 128 道时间分析器测量经过调制的氘束打在铍靶上产生的 γ 射线, 可以确定离子 (氘离子) 束的宽度, 时间分析器由启动发生器的讯号 t_1 来启动, 时间分析器的道宽 2 微秒, 弧电压脉冲的宽度相应选择为 2 微秒, 得到了分辨率曲线 (图 5), γ 脉冲束宽度等于三角形底边宽度减去时间分析器道宽。

由图 5 的结果看到, 分辨率曲线底宽 4 微秒, 减去时间分析器道宽 2 微秒, 离子束宽度 (γ 射线宽度) 为 2 微秒, 它和调制电弧电压的脉冲宽度一致, 但是在脉冲电弧电压的振幅比较大, 得到的束流比较强时, 离子束的宽度比脉冲电弧电压的宽度加大并拖有“尾巴”, 这方面的改进工作目前正在进行。

本工作是在何泽慧先生指导下完成的, 迴旋加速器实验室的工作同志和黄映月同志也曾参加工作。

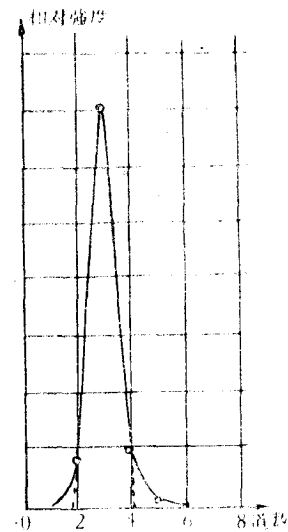


图 5 分辨率曲线

参 考 文 献

- [1] Miscellaneous Physical and Chemical Techniques of the Los Alamos Project (National Nuclear Energy Series V-3), IV, Modulation and Other Techniques Used With Ion Accelerators, p. 196.

PULSED MODULATION OF CYCLOTRON ION BEAM

SEN CHING-HOU CHANG SOON-SUN GU YEE-IAN

ABSTRACT

A combination of ion source modulation and modulation of the accelerating voltage is employed for a 1.2 metre cyclotron to obtain pulsed ion beam. The minimum pulse duration is about 1—2 microseconds; the frequency can be varied continuously from about 0.2 to 1000 cycles.