

3 MV 20 mA 高频高压电子加速器研制进展

李民熙 沙振元 赖伟全 李焯焯

(中国科学院上海原子核研究所 上海 201800)

摘要 高频高压电子加速器提供高能电子束,以实现工业规模的射线技术应用.上海原子核所研制成了 3MV 20mA 高频高压加速器,并已推广至国内若干家电缆工厂.本文简要介绍了该辐射加工装置的原理、性能和研制中采取的技术措施.目前,该加速器正在作进一步的改进.

关键词 高频高压电子加速器, 辐射加工, 电缆工业.

1 引言

高频高压电子加速器也称地那米加速器,提供的电子束是工业生产用的辐射源.它主要由高压倍加系统,高频振荡器,加速管,

电子枪,引出扫描系统,真空系统, SF₆ 气体处理系统,辐照防护监测系统和控制系统等设备组成.它的原理图如图 1 所示.

高频振荡器由高频振荡管、高频变压器和 高频电极及其对钢筒、倍压芯柱之间形成的分布电容组成.它在两个高频电极之间产生 300kV 以上的高频电压,这一高频电压通过高频电极与芯柱上半圆电晕环间的分布电容和芯柱内的整流硅堆组成并联耦合级联倍压系统,在高压电极上产生极高的直流电压.与高压电极处在等电位的电子枪所产生的电子流在此负极性电压作用下通过加速管时得到加速.从加速管中出来的高能电子束由磁扫描器在水平方向进行扫描,然后穿过钛窗对产品进行辐射加工.高气压钢筒内充以 SF₆ 气体以保证加速器的高电位梯度.

在高压电极上产生的直流高压值为

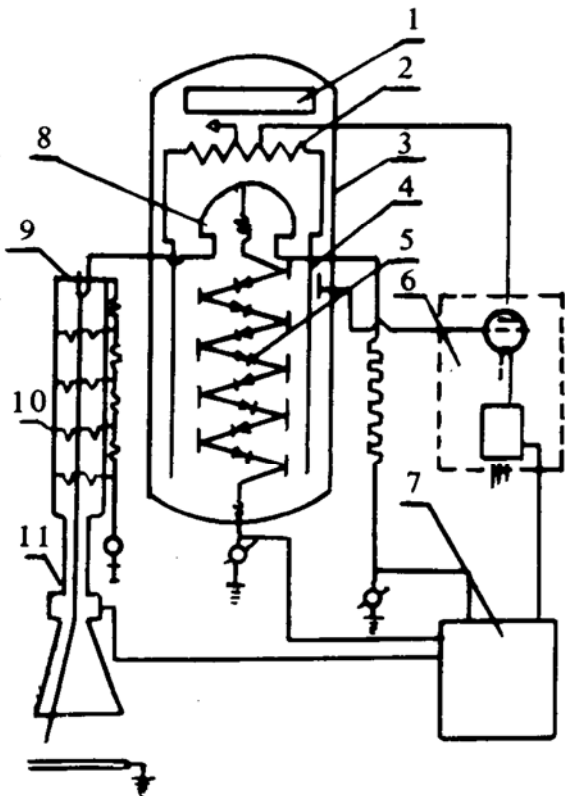
$$E = NE_0 = E_r(N/K) - NI/(fKC_{se})$$

式中, N 为整流硅堆的级数, E_0 为每一级硅堆上产生的直流电压, E_r 为高频变压器输出峰的峰电压, I 为输出电子束强度, C_{se} 为每一半圆电晕环与高频电极间的分布电容, f 为高频振荡频率, K 为耦合系数.

$$K = 1 + 4C_{ac}/C_{se}$$

式中, C_{ac} 为每一整流硅堆阳极至阴极的总电容.

我们设计研制的 3MV 20mA 高频高压加速器中 N 值取 60, f 值为 118kHz 左右, K 值约等于 6.



- | | | |
|---------|----------|--------|
| 1. 冷阱 | 2. 高频变压器 | 3. 钢筒 |
| 4. 高频电极 | 5. 硅堆组件 | 6. 高频机 |
| 7. 控制系统 | 8. 高压电机 | 9. 电子枪 |
| 10. 加速管 | 11. 扫描器 | |

图 1 高频高压加速器原理图

2 主要性能指标

本所从 1991 年 12 月起开始研制 3MV 20mA 高频高压加速器, 1994 年 3 月在江苏省常熟电缆厂经调试达到设计指标, 1994 年 5 月通过由中科院组织的专家鉴定. 该加速器稳定工作的能量范围为 1~3MeV, 在 1.5~3.0MeV 范围内的束流强度为 20mA, 低于 1.5MeV 时束流强度为 15mA. 这是目前我国自行制造用于工业辐照的加速器中能量最高、功率最大、能量调节范围最宽的电子辐照加速器.

测试结果表明, 该加速器的能量和束流稳定度均好于 $\pm 2\%$, 扫描宽度为 500~900mm, 扫描均匀度好于 $\pm 10\%$, 运行真空度好于 7×10^{-5} Pa, 加速器的功率转换效率(束流功率与振荡管输入直流功率比)达到 57% (3MeV 20mA 情况下). 其主要性能已达到同类加速器的国际先进水平.

3 重要技术措施

3.1 整流硅堆

高频高压硅堆是高频倍压系统中的整流部件. 加速器中共有 60 只硅堆组件, 每只整流硅堆由近 500 只小的硅二极管串联而成, 每只二极管都并联一只 270Pf 的电容器, 这些元件分别焊在 168 块印刷电路板上, 然后组装在由 7 单元组成的铝合金外壳内.

为使整流硅堆工作时有较高稳定的耐电压性能, 我们在元件选定和筛选方面进行了大量细致的工作, 特别在印刷板的焊接工艺等方面进行了科学的质量检测. 在组件绝缘材料的选定、加工工艺中, 采用了机械强度和抗辐照性能均比较高的材料, 并确保了加工精度. 另外, 铝合金外壳的加工精度也是极为重要的. 这些措施保证了整流硅堆在额定电子束能量和电子束强度的情况下不产生击穿放电, 并提高了耐浪涌冲击的能力.

3.2 高频系统

高频系统是加速器的动力系统. 在研制中改进了高频变压器的关键结构与尺寸, 机械部件的强度也有所提高. 高频机的部件进一步国产化, 其心脏部件高频振荡管采用了国产大功率电子管. 由于振荡管更换, 对高频机其它部件也作了相应的调整.

3.3 电子枪供电电源

电子枪阴极供电, 由半圆电晕环与高频电极耦合产生. 电子枪电源电压随加速器工作电压变化而改变, 采用稳压管保证提供电子枪灯丝以恒定电压. 调节电子枪灯丝变压器初级回路的两电位器, 可获合适的阴极加热电流, 从而改变加速器的束流强度. 上述两电位器由步进马达驱动, 调整精度较高, 操作也较方便.

在 1.0~3.0MeV 能区内, 电子枪灯丝加热均安全可靠, 需调整电子枪供电电源从高频振荡回路耦合中所获高频电压, 以使加速电压较低时耦合电压适当提高, 反之则应相应降低.

3.4 主体机械系统

改进主体机械系统的制造工艺, 提高了半圆电晕环和高频电极的加工精度、表面光洁度和装配精度, 从而保证了电场的均匀度, 提高了整个芯柱的耐电压能力.

加速器的扫描芯管采用了高强度、高电阻率材料, 机械强度高. 涡流损耗低, 以利于工作于较高扫描频率.

加速器的束流挡板设计作了较大修改, 提高了束挡板的工作稳定性, 缩短了束流挡板最低点离钛窗的距离, 亦即减小了电子束穿过钛窗后到达被辐照物的距离.

3.5 其它

加速管制造工艺采用陶瓷—钛电极焊接. 加速管均压电阻和高压测量电阻的焊接, 采用了可靠简便的焊接工艺.

真空系统为分子泵和离子溅射泵并用. SF₆ 气体处理系统进一步 (下转 8 页)

Quantum Manifestation of Some Chaotic Behavior in Nuclear Model

Fu Deji Liu Guimin Zhu Zhiyuan Xu Gongou

(Shanghai Institute of Nuclear Research, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 201800)

Abstract The fundamental aspects of Gaussian orthogonal ensemble (GOE) level statistics and the asymptotic behavior of time dependent quantum chaotic system are described. It is shown that performing a decoupled transformation and taking an effective hamiltonian are the key points to elucidate the foundation of statistic description. The asymptotic behavior of quantum chaotic system can be described quantitatively by the statistical well.

Key Words GOE, asymptotic behavior of quantum chaos.

(上接 58 页)

小型化,减少和调整了一些部件,既缩小占地面积,又有利于系统的操作运行。

4 进一步的改进

第二台加速器已在江苏省溧阳电缆厂完

成安装调试工作,性能已达到设计指标。同时,还为其它用户制造这种加速器。此外,将进一步完善和改进这种加速器。束流扫描频率将由目前的 50Hz 提高到 100Hz,束流强度 20mA 将逐步提高到 30mA 以上。这些改进将可大大提高辐照加工效率。

Progress of 3 MV 20 mA Dynamitron Project

Li Minxi Sha Zhenyuan Lai Weiquan Li Yeye

(Shanghai Institute of Nuclear Research, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 201800)

Abstract Dynamitrons provide high energy electron beams for industrial applications. SINR succeeded in developing a 3MV, 20mA dynamitron, which has been installed in several cable factories in China. The paper describes in brief its principles of acceleration, specifications of the system, and the technical approaches in constructing the machine. Efforts are being made to upgrade the module.

Key Words Dynamitron, radiation—processing, cable industry.