

① 99, 19(增刊/10月) 1-3

第19卷 增刊
1999年10月

真空科学与技术
VACUUM SCIENCE AND TECHNOLOGY(CHINA)

1-260

1

1999/10/27/089/1-3
小体积大抽速多蒸发源钛升华泵

Lollo, V

姚达毛 V. Lollo 何云

(中国科学院等离子体物理研究所 合肥 230031 INFN-LNF, 意大利)

TB752.4

Small Sized, High Pumping Speed
Ti-Sublimation Pump with Multi-sources

Yao Damao, V. Lollo, He Yun

(Institute of Plasma Physics, Chinese Academy of Science, Hefei, 230031; INFN-LNF, Italy)

Abstract A new type of Ti sublimation pump, with new features including small size, high pumping speed and many Ti sources, has been introduced. The pump operates well in pumping down carbon monoxide in ultra high vacuum. Its design considerations, its structures and some testing results were discussed.

Keywords Ti-sublimation pump, Evaporation source, Absorption area

摘要 介绍使用在超高真空下,被抽气体主要为 CO 的小体积、大抽速、多蒸发源钛升华泵的设计思想、结构特点和部分测试结果。

关键词 钛升华泵 蒸发源 吸气面积

超高真空

在以铝合金为真空室基材的电子回旋加速器上,以离子泵为主抽泵,在一般运行条件下,真空室维持在工作真空度 1.33×10^{-7} Pa。当电子束电流达到 5.5 A,电子的能量为 0.51 GeV 时,产生的同步辐射光对真空室壁的照射引起大量放气(主要成分为 CO),使主泵不能维持正常工作真空度,这时需要投入大抽速的泵来抽除这些气体。钛升华泵是大抽速泵中无油、结构简单且运行费用最低的泵,用钛升华泵作为辅抽泵使得在整个加速器环上投入较低的费用就能解决高能运行时真空度变差的问题。

1 设计思想

根据 D. J. Harra 等人提出的估算,钛升华泵抽速的公式为:

$$S = \frac{\sigma AK}{1 + \sigma AKBG_p/R} \quad (1)$$

在超高真空下 $\sigma AKBG_p/R \ll 1$, 则此时 $S \approx \sigma AK$ (σ 为吸气面的最大粘着系数; A 为吸气面的面积; K 为泻流系数)。也就是说对于特定的气体,当蒸发源的升华率足够大时,钛升华泵的抽速主要取决于泵的吸气面积的大小。为了获得大的抽速,传统的方法是将泵的几何尺寸做得足够大来得到大的吸气面积。但随着泵的几何尺寸的增大,吸气面的利用率减小,泵的成本上升。而且有时因安装空间的限制,要求泵的体积小而抽速大。基于这种考虑,设计了一种在不增大泵的体积的前提下而使泵的吸气面积大大增加的特殊结构。

蒸发源的设计要求有足够大的升华率,足够长的工作寿命,且能够使钛均匀沉积在泵腔的表面。钛球的含钛量大,使用寿命长,而且能将其升华率做得足够大。不过以钛球为蒸发源的泵其泵腔最好是球面,而球面泵腔在工艺上实现的难度很大,常常以圆筒泵腔来代替,球形蒸发源在圆筒形泵腔内不能充分发挥全部吸气面的抽气作用。用钛丝代替钛球可以使钛在圆筒形泵腔上蒸着均匀,但钛丝的含钛量小,单根钛丝的升华率小,限制了泵的抽速和蒸发源的工作寿命。同时若泵腔较长,钛丝也要相应地做得长,其材质缺陷暴露的几率增大,可能造成钛丝很快被烧断。于是研制了一种蒸发源,钛丝的长度较短,由多根钛丝组成,有几根钛丝同时投入工作来提高升华率,而且钛丝分批投入工作,以减小蒸发源更换的频率。

2 结构特点

为不增大泵的体积而要使泵腔的内表面积尽可能大,在这里采用类似波纹管表面的设计,如图1所示。这种泵腔的内表面积是直圆柱泵腔表面积的2.5倍。为能有效地利用这些抽气面积,希望蒸发源能使钛尽可能均匀蒸着在整个泵腔表面上,于是蒸发源的长度要接近泵腔的长度,且保证钛丝处在泵腔圆柱的中心轴上,或均匀分布在与泵腔同轴的小圆柱的表面上。图2是蒸发源的结构图。这种蒸发源共有12根钛丝,分成前后两级各6根均匀分布在直径为60 mm的圆柱面上。钛丝的净长度为泵腔长度的83%。12根钛丝分成两组,每组6根,前后级各3根且全部并联。两组钛丝可分批投入工作,使蒸发源的工作寿命大大延长。

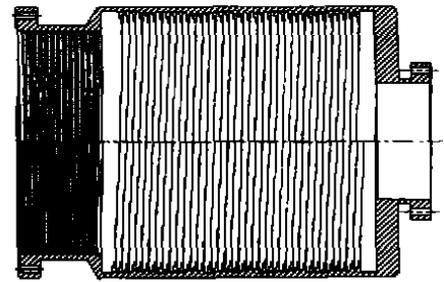


图1 泵体

Fig.1 Schematics of the pump body

3 测试结果

采用图3所示的测试系统对钛泵进行抽速、蒸发源升华率和蒸发源寿命的测试。在系统中假定离子泵的抽气量占15%,钛泵的抽气量占85%。先用离子泵将系统抽到 1.33×10^{-7} Pa的真空度,然后通入CO气体,测得不同阶段钛泵的抽速与抽除气体量的关系曲线如图4所示。对于钛泵的蒸发源其烘烤电流为30~38 A,工作电流为44~48 A,最大加热电流不得超过50 A。图5为钛丝的升华率与加热电流的关系曲线。单根钛丝的最大升华率为 9×10^{-2} g/h,每根钛丝的可蒸发钛量约为1.2 g,在全电流下钛丝连续升华寿命约12 h。在实际工作时钛丝是间断工作的,其工作寿命比12 h要长得多。蒸发源的升华率不一样,泵的抽速也不同,但在较高的真空度下,升华率大到一定的程度,泵的抽速就不随着升华率的增加而增加,图6给出了不同升华率下泵的抽速。

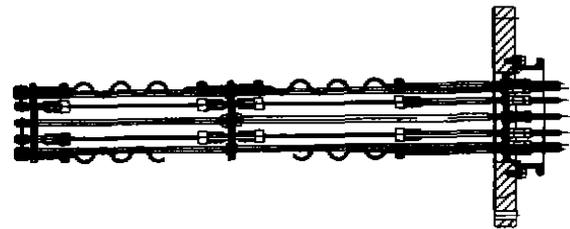


图2 蒸发源结构

Fig.2 Structures of evaporation source

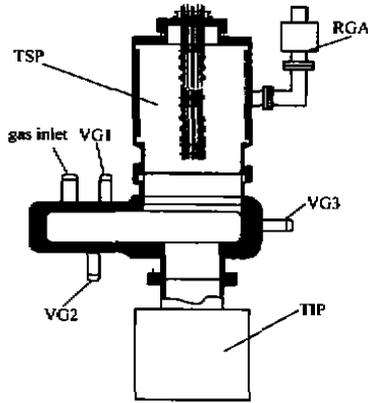


图3 测试台

Fig.3 Schematics of the measurement set-up

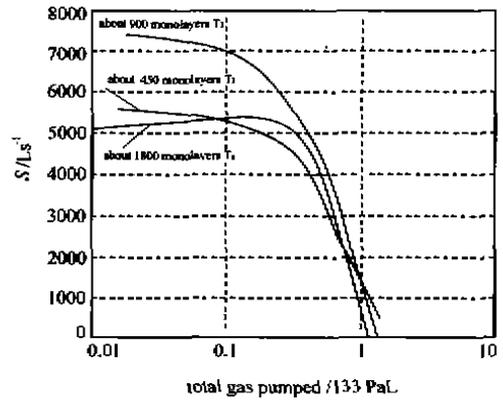


图4 抽速与抽气量的关系

Fig.4 The relationship of pumping speed versus pumping capacity

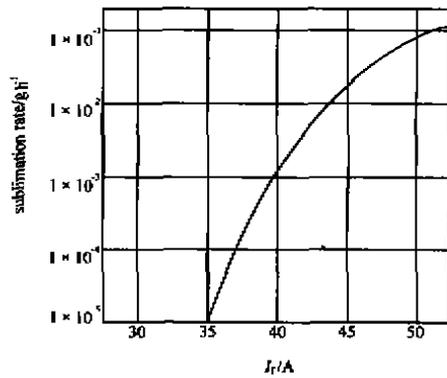


图5 升华率与加热电流的关系

Fig.5 Dependence of sublimation rate on heating current

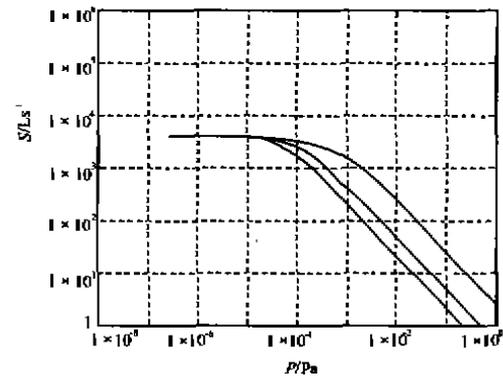


图6 抽速与真空度的关系

Fig.6 The relationship of pumping speed versus pressure

4 结论

这种结构的钛升华泵,外形尺寸为 $\phi 346 \text{ mm} \times 448 \text{ mm}$,且不加冷却,在真空度为 $1.33 \times 10^{-5} \sim 1.33 \times 10^{-7} \text{ Pa}$ 范围内,其抽速可达 6000 L/s (按 $T = 300 \text{ K}$ 时 $\sigma = 0.2$ 计算)。按照加速器的要求,蒸发源的升华率达到 $9 \times 10^{-2} \text{ g/h}$ 已能满足抽除真空室放气的要求。这样按每根钛丝可蒸发 1.2 g 钛计算,蒸发源连续蒸发的寿命大于 150 h 。加速器要求钛升华泵每星期工作 1 h ,则蒸发源的工作寿命为 $2 \sim 3$ 年。实际上蒸发源断续工作,其寿命还要长得多。泵体的特殊结构给加工带来一定的困难,但 CAM 技术的应用使问题得到解决。蒸发源的结构也使电源要相应地变得复杂,从得失关系来考虑还是值得的。

参 考 文 献

- 1 杨乃恒主编.真空获得设备
- 2 Chimenti V. DAΦNE VACUUM SYSTEM
- 3 DAΦNE 4th Revue