

重离子聚变的SITAR储存环实验

对重离子储存环SITAR (Schwer-Ionen-Test-Akkumulator-Ring) 的初步方案进行了研究, 这一方案是为1985—90期间德国重离子聚变计划的第二阶段的一个可能的主实验而制定的。SITAR的科学目标是发展重离子高流强的储存环物理和技术, 并探索重离子的电子冷却效率。高流强实验是为回答一些重要问题, 这些问题对重离子聚变加速器说, 无论在下一步高温靶实验¹的水准上说, 还是在反应堆规模的驱动加速器的水准上说, 都是关键的。对储存的重离子进行电子冷却的兴趣是双重的: 这既可以显著改善高温靶实验的性能, 又打开了GSI的原子物理和核物理研究领域的新天地。

设计的限制条件

SITAR初步的晶格状设计是基于高流强和电子冷却的要求, 把此环用于原子物理和核物理的计划还会导致附加要求, 多半是较高的磁刚度伴随有较大半径和较高的重复周期数。要求是:

1. 最大磁刚度为5Tm。
2. 至少要有四个长直线段, 用于注入、引出及安放高频腔和冷却装置。
3. 为有效的冷却在直线段上要有零色散。
4. 工作区域应没有小于等于五次的系统共振。
5. 横向色差应很小, 以使工作区域被空间电荷所支配。
6. 直线段上要有小的束流发散(“温度”)以减小冷却时间。
7. 横向接受度为 $100 \times 25 \cdot \pi \cdot \text{mm} \cdot \text{mrad}$ 。

实验计划

1. 高流强运行

以Unilac做注入器, 轻离子 (P, He^+, Ne^{2+}) 可在储存环中达到高流极限, 通过观察第一个 Wideröe 室内的空间电荷极限 ($0.375 \times A/q \text{ mA}$) 可知道这点。假设纵向发射度为 $1 \text{ nsec} \times \%$, 则用多圈注入可达到研究纵向微波不稳定性所需的流强。全部问题开列如下:

(a) 注入期间直线加速器束流的散束; 由于空间电荷而致的动量展宽的测量及把其减到最小的方法的试验。

(b) 多圈注入期间相空间稀释的控制; 把稀释和束流损失减到最小的注入方案的计算机模拟试验。

(c) 注入期间容许的空间电荷调谐漂移是多少 (超过 $\Delta Q = 0.25$?)

(d) 横向电阻性壁的不稳定性的反馈控制。

(e) 通过测量高频频谱和动量分布 (Schottky扫描) 诊断惯性滑行束流和聚束束流的纵向微波不稳定性; 对选中的非线性自稳定机构进行计算机模拟预测实验。

(f) 在高频相位稳定区被纵向空间电荷所决定的条件下, 稳定地保持高流强聚束束流。

(g) 以显著超过0.25的常规限的 ΔQ 快速压缩束团; 越过共振对束流发射度的影响?

(h) 通过转换到较低的高频谐波数把几个束团合并为一个单一束团 (对靶实验)。

2. 电子冷却

第一组实验是当接近储存环的高流极限时试验质子的电子冷却效率(不稳定性,共振等)。除了我们要求最大的质子强度外,其它要求与在其它实验室已成功地完成了的质子的电子冷却实验差不多。

第二组实验是就如下几方面探索部分剥离的重离子的寿命问题:

(a) 剩余气体游离(如果压力达到 10^{-11} mbar,则冷却期间的剩余气体游离可以忽略)。

(b) 束流内部的电荷交换碰撞(如果 $\sigma < 10^{-16}$ cm²,则是可接受的)。

(c) 与冷却电子再结合。

对(b)和(c)的截面不是很清楚,所以在提议的部分实验中来测量。(c)的一个简单模型能使再结合时间比冷却时间长 10^2-10^3 倍。

3. 靶实验

在完成这一研究期间,也认识到高流运

行及电子冷却的成功实现会导致足够高的束流相空间密度,从而保证第一步的靶实验的实现。显然,具有较高的磁刚度因而有较高的最大动能的储存环将会保证甚至更高的靶温度。尤其是我们发现,向SIS-18同步加速器再注入可以提高容积的温度,使加热到感兴趣的20—30电子伏的状态。如计算机模型所预言的那样¹,如果圆柱状的内向爆炸被运用,可以期望达到超过100电子伏的温度。这开辟了重离子聚变所需要的靶物理领域,特别是有可能测量热而密的等离子体中重离子的制动(区域缩短?),并试验圆柱形内向爆炸期间的流体力学的运动,这意味着像惯性聚变靶的临界发射那样研究冲击波和流体力学稳定性。

参考文献(略)

(乔庆文译自GSI Nachrichten 3—84)

(上接8页)

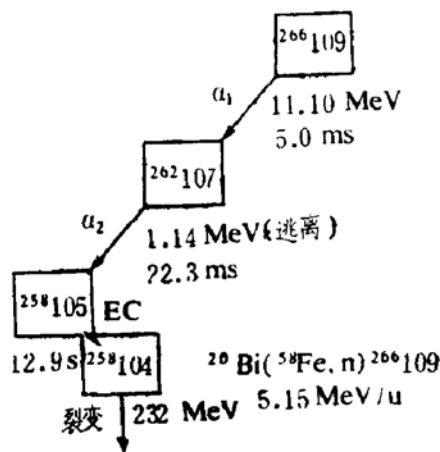


图5 观察到的衰变过程及其解释

解释,因为:a)这究竟是 γ 射线的全能光电峰的一部分还是只是康普顿散射,b)这是瞬时发射的,还是第二个 α 粒子后发射的,这些都不太清楚。因此,我们对观察到的 γ 射线不再作进一步的讨论,只是想指出,对这些非常重的奇Z元素核,一般说来谱是十分复杂的,观察到的 α 衰变有低能态(< 0.5 MeV)。这一点在文献^[4]中的 $^{262}107$ 的10.38MeV的衰变已很明显了。裂变事件也有符合的 γ 射线发射。实际上,这对真的裂变事件是意料之中的事。在类似的实验中,对我们的装置来说观察到裂变— γ 符合的几率接近于1^[21],因为裂变中的 γ 多重性远远大于1。

最后,图5也给出了我们认为对观察到的事件链的最可几的解释。下一节里我们将详细讨论使我们能作出这样解释的理由。

(未完待续)

[译自 Z. Phys. A 315 (1984) 145, 诸永泰、范国英译校]

的。裂变和发射的二个 α 粒子是在两个束流脉冲的间隔内产生的,这时本底特别低。

图中我们没有给出瞬发的 γ 射线。与1.14 MeV信号相符合的有一个能量为382.9keV的 γ 射线。将这瞬发 γ 看作本底的几率小于 10^{-3} 。但对一个符合 γ 的产生不能作确定的