

文章编号: 1007-4627(2004)04-0419-03

氘通量在钚中引发的异常核现象*

李兴中, 刘 斌, 魏清明

(清华大学物理系, 北京 100084)

摘 要: 以氘产生、氘通量在钚中引发的核嬗变和热流为例介绍凝聚态核科学(冷聚变)研究动态.

关键词: 凝聚态核科学; 氘通量; 异常核现象

中图分类号: O571.44 文献标识码: A

1 有氘而无中子的核反应

1989 年 11 月美国能源部匆匆抛出一个有关冷聚变研究的 ERAB 报告, 现在看来是一个失误. 因为当时对已经出现的实验现象, 不是抱着一种探索的开放态度, 而是硬要把新的实验现象纳入固有的理论框架之中. 在实验与理论之间出现矛盾的时候, 不是去发展理论, 而是用固有的理论去否定实验事实. 难怪当时的评估小组的两组长之一 N. F. Ramsey(诺贝尔奖获得者)拒绝签字, 除非在结论中加入“有报导说在电解池中观察到过量的氘, 值得用进一步的研究加以检验”. 15 年来的七项实验事实证明 N. F. Ramsey 是正确的. 在充氘的钚中, 一再测到了氘. 在冷聚变研究所被迫关闭后 3 年, 所长 Will^[1]正式发表了当年在冷聚变研究所测氘的工作. 在氘硫酸(D_2SO_4)作电解液, 钚阴极电解实验中, 每次都测到了氘(共 4 次), 用氢硫酸(H_2SO_4)作电解液做对照实验, 则没有测到氘. 对 150 个钚样品事先进行了测试, 证明其中并无氘的污染. 而在实验中测到的氘浓度最高达本底的 50 倍, 是测量仪器灵敏度的 180 倍. 还将氘衰变的电子能谱与氘的标样作了比对, 谱形及谱峰的位置都符合. 但就是没有测到中子. 当初, J. O'M. Bockris 如实报告了“有氘无中子”的实验结果却招来了“学生作弊掺氘”或“钚中本来就有氘污染”等“莫须有”的诬陷. 如今, 不仅在电解实验中有氘, 在气态充氘实验中也测到氘, 甚至在钚中测出了氘衰变的

产物(3He)的空间分布. 难道说, 就因为“有氘无中子”而否定这一系列实验事实吗?

当时怀疑冷聚变的另一个原因是实验的“可重复性”不高, 经过 15 年的努力, 终于在实验的“可重复性”上也有了明显提高.

2 氘通量引发的核嬗变

15 年来, 实验方面也确实走了一段弯路. 前 5 年, 一直把提高“充氘率”当作主攻目标, 后 10 年, 慢慢醒悟到“氘通量”的重要, 特别是最近 4 年, 借助于“氘通量”, 终于有一些实验的结果是可以重复出现的. 值得首先介绍的是日本三菱重工(高技术研究所)用氘通量引发核嬗变的工作^[2]. 1994 年, 三菱重工才开始进入冷聚变研究, 但他们一开始就注意到让氘气透过钚片的重要性. 他们也不固执于测中子, 而转向测其它核反应产物. 从而发现了氘通量引发的核嬗变. 图 1 左侧是三菱公司使用的实验装置示意图. 钚片的左侧灌以氘气, 钚片的右侧抽成真空. 在适当的温度下, 就会出现穿透钚片的氘通量. 钚片的左侧表面先镀上一层钚-氧化钙……钚的交替复合镀层以增加氘通量, 然后, 再镀上一层铯膜($\approx 500 \text{ \AA}$). 采用 X 光照射左侧表面, 测量 X 光激发的光电子的能谱, 可以随时测定左侧表面的核素成分. 随着氘通量不断地透过钚片, 居然发现: 铯在慢慢减少, 同时出现了一种新的核素(锆), 4 天以后, 锆的数量竟超过了铯. 图 1 右方显

收稿日期: 2004 - 08 - 16

* 基金项目: 国家科技部基础研究司资助项目; 国家自然科学基金委专项资助项目(10145004); 清华大学基础研究基金资助项目(985-1)

作者简介: 李兴中(1939-), 男(汉族), 上海人, 教授, 从事聚变物理及凝聚态核科学理论和实验研究,
E-mail: lxz-dr1p@tsinghua.edu.cn

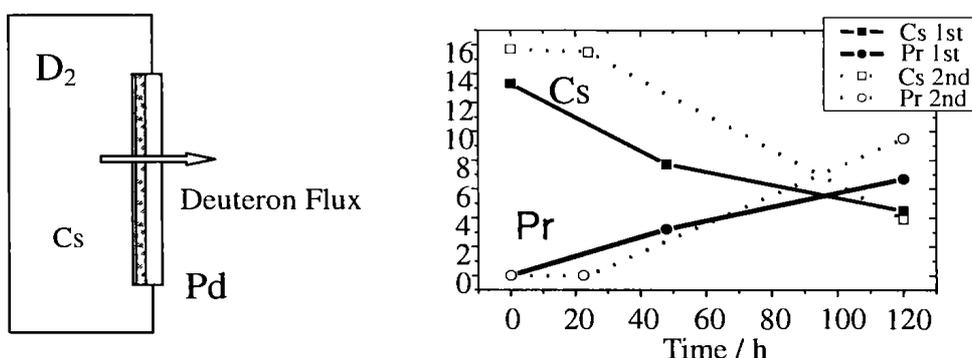


图 1 氘通量引发的核嬗变(右图纵轴的单位是 $10^{14}/\text{cm}^2$)

示了铯和镨的数量随时间变化的曲线. 实线和虚线分别代表两组实验结果. 第二组实验基本上重现了第一组实验的趋势. 为了排除杂质在钯片中移动浓集的可能性, 又用二次离子质谱仪(SIMS)在实验前后对钯片表面进行逐层分析. 图 2 中空心圆表示实验前铯集中在表层约 500 \AA 的薄层内, 而镨(空心方框)则几乎为零. 在实验后, 表面 60 \AA 内的铯(实心圆)急剧下降, 镨(实心方块)则明显增加. 在上述实验中将铯换成锶, 在氘通量穿过后, 锶竟然变成了钼. 为了排除环境污染的可能性, 将样品送到法国, 用飞行时间法进行同位素丰度测定. 在天然的钼中, 本来有 7 种同位素, 最高的是 ^{96}Mo , 但是经过氘通量处理 15 天后的三个样品中都出现了 ^{96}Mo 的高峰(见图 3).

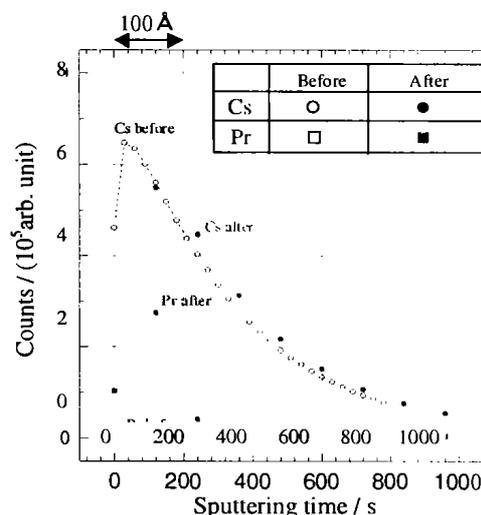


图 2 钯表面在实验后, 铯和镨含量的变化

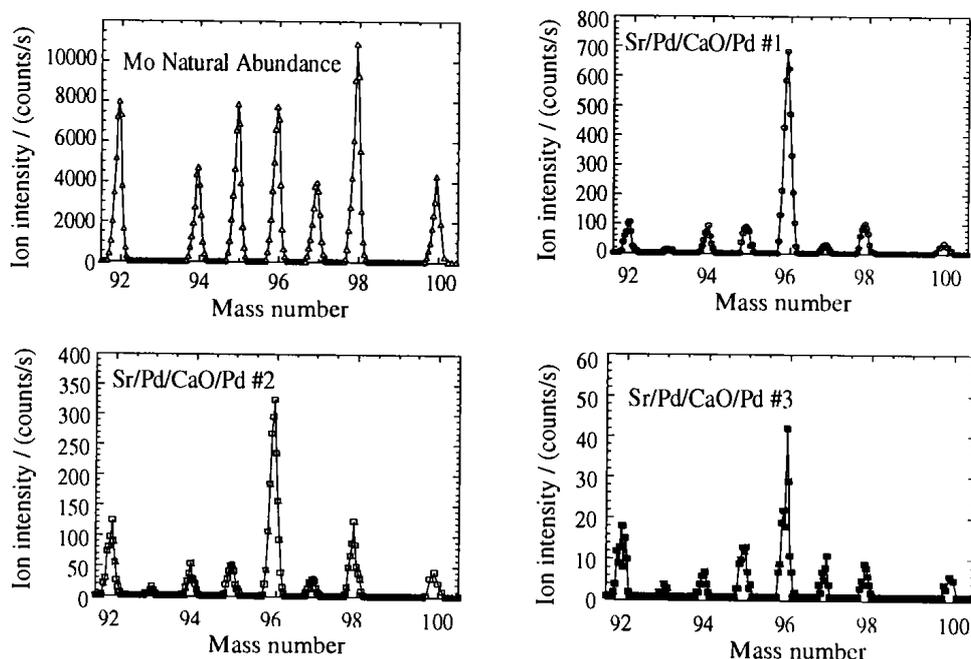


图 3 钼同位素丰度在三轮实验中都发生了变化

2000年以来,三菱公司以认真、细致的实验证明了:氘通量可以引发核嬗变!2003年日本大阪大学加速器实验室证明:三菱公司的实验可以重复,而且用中子活化法再次确认:钯变成了镨.2004年美国海军研究实验室(NRL)用痕量元素加速器质谱仪(TEAMS)也验证了三菱公司的实验结果.

3 重新评估,势在必行

2002年5月在清华大学召开的第九届冷聚变国际会议上正式提议成立“国际凝聚态核科学学

会”,2004年3月国际学会在意大利正式成立,并选举了学会的办事机构.2004年4月美国物理学会的Physics Today发表“能源部对冷聚变态度转暖”,透露了要重新评估的消息^[3].其实,15年来积累的实验事实至少也有九个方面.其中包括清华大学用高精度量热计测定了氘通量引发的热流,平均每个氘原子贡献能量120 eV以上,排除了化学热源的可能性^[4].种种新的实验观察必将冲破层层堵截,迎来重新评估后的新时期.

参 考 文 献:

- [1] Will F G. J Electroanal Chem 1993, **360**, 161. [3] Feder T. Physics Today, April 2004, 27.
[2] Iwamura Y, Sakano M, Itoh T. Jpn J Appl Phys, 2002, **41**, 4 642. [4] Li X Z, Liu B, Tian J, *et al.* J of Physics D: Applied Physics 2003, **36**, 3 095.

Anomalous Nuclear Phenomena Induced by Deuterium Flux inside Pd*

LI Xing-zhong, LIU Bin, WEI Qing-ming

(Department of Physics, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: Tritium production and the nuclear transmutation induced by deuterium flux inside Pd are described in order to illustrate the condensed matter nuclear science.

Key words: condensed matter nuclear science; deuterium flux; anomalous nuclear phenomena

* Foundation item: Ministry of Science and Technology; National Natural Science Foundation of China(10145004); Tsinghua University (985-I)