

文章编号: 1007- 4627(2000)01-0056-02

重离子周边碰撞和中心碰撞引起的 不同裂变行为*

邬恩九, 郑纪文, 肖志刚, 张 纯, 谭继廉, 尹淑芝,
王素芳, 靳根明, 殷 旭, 宋明涛, 金卫阳,
朋兴平, 李祖玉, 吴和宇, 贺智勇
(中国科学院近代物理研究所, 甘肃 兰州 730000)

江栋兴, 钱 兴

(北京大学技术物理系, 北京 100871)

摘 要: 本实验同时研究了 $^{40}\text{Ar} + ^{209}\text{Bi}$ 反应中周边碰撞和中心碰撞两者产生的关联裂变碎片, 以及其与 α 粒子的再关联. 对裂变碎片质量分布和能量分布随热裂变核初始温度演化的系统分析, 发现中心碰撞和周边碰撞所形成的热核存在着不同的裂变行为.

关键词: 中能重离子反应; 热核裂变; 高激发态核衰变

中图分类号: O571.4、O571.43

文献标识码: A

自发现核裂变至今 60 年来, 已对低激发能裂变开展了广泛的研究, 并取得了丰硕的成果. 中能重离子碰撞为进一步研究高激发能裂变现象提供了新的可能性. 对中能区重系统(如 $\text{Ar} + \text{Au}$, Th , U 等)的裂变, 虽有不少实验报导, 但以往的工作多是应用低激发能时的已知特性, 把裂变作为一种测量手段来确定系统的线性动量转移(LMT)和能量耗散, 而对裂变性随激发能的演化很少做专门研究. 有鉴于此, 本工作的目的在于研究裂变过程本身, 着重于探求核-核碰撞从低 LMT 转向高 LMT 时裂变行为是否发生变化? 如果是, 又发生了何种变化? 我们认为, 裂变核从低激发能至高激发能的演化, 以及其裂变位垒高度和鞍点至断点跃迁时间的相应变化, 将影响裂变碎片的质量分布和能量分布. 从而预期会出现不同的裂变行为.

实验是在中国科学院近代物理研究所的重离子研究装置 HIRFL 上完成的^[1]. 用 $25 \text{ MeV/u } ^{40}\text{Ar}$

轰击 ^{209}Bi 靶, 通过对裂变碎片的折迭角分布、轻粒子能谱及中等质量碎片的测量和分析证实反应中形成了核温度达 $5\sim 6 \text{ MeV}$, 激发能约为 600 MeV 的高温热核. 实验中同时测量了该反应的周边碰撞和中心碰撞两者产生的关联裂变碎片, 以及其与 α 粒子的三重关联. 应用运动源模型, 从测量的 α 粒子多重性提取了其断裂前和断裂后的贡献. 从断后粒子多重性计算出断点激发能为 172.5 MeV , 从断前粒子多重性计算得裂变平均寿命为 $4 \times 10^{-21} \text{ s}$, 这相应于快裂变或准裂变的特征时间. 进一步对裂变碎片质量分布和能量分布随热裂变核初始温度的演化所做的系统研究发现: 对周边碰撞(低 LMT), 裂变碎片能量分布和质量分布宽度与裂变核温度仅呈弱相关性. 如图(1)所示, 图中的虚线是 Nix 对 ^{213}At 复合核计算的质量分布方均宽度 σ_A^2 值^[2], 在低核温度端的方形实心点是中子引起裂变反应的实验结果^[3]. 在图中, 周边碰撞的实验数据用空心点

收稿日期: 1999 -09 -3

* 基金项目: 国家自然科学基金资助项目(19235011)

作者简介: 邬恩九(1934-), 男, 研究员, 从事重离子核物理研究.

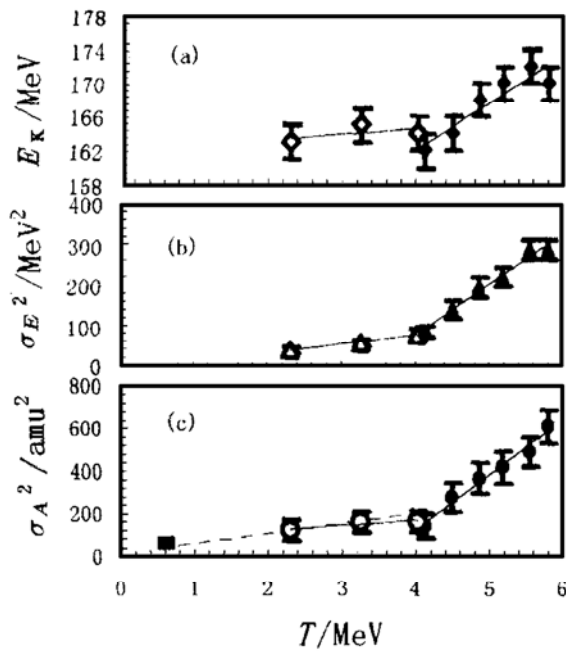


图 1 (a) 裂变碎片的最可几总动能 E_K 、(b) 总动能分布方均宽度 σ_E^2 和 (c) 单个裂变碎片的质量分布方均宽度 σ_A^2 与周边碰撞和中心碰撞中形成的热核初始温度的关系

表示, 中心碰撞用实心点表示, 实线是对实验结果的最佳线性符合. 由图可见, 我们的实验数据与核裂变液滴模型理论预言是一致的. 这说明: 周边碰撞引起的裂变属常规复合核裂变. 对于中心碰撞 (高 LMT), 这些分布均随核温度的增加而变宽, 特别是观测到质量分布方均宽度 σ_A^2 值的急剧增加. 这表明: 随着 LMT 的增加, 与周边碰撞相关的常规复合核裂变已被另一种裂变机制——其质量分布宽度具有极大温度相关性的异常裂变所取代.

实验结果的综合分析表明: 实验中观测到的与周边碰撞和中心碰撞相应的不同裂变特征, 反映了热核裂变随激发能演化时的不同裂变过程, 即常规裂变和异常裂变 (如快裂变或/和准裂变). 对 25 MeV/u $^{40}\text{Ar} + ^{209}\text{Bi}$ 反应, 实验数据显示这种裂变行为的变化发生于核温度 $T \approx 4$ MeV.

参 考 文 献

- [1] Wu Enjiu, Jin Genming, Zheng Jiwen *et al.* Production and Characterization of Hot Nuclei in Ar Induced Reactions at 25 MeV/u. *Chin J Nucl Phys*, 1996, 18 (3): 145~ 152.
 [2] Nix J R. Further Studies in the Liquid-drop Theory of

- Nuclear Fission. *Nucl Phys*, 1969, A130: 241~ 292.
 [3] Harar S. Entrance Channel Influence on the Formation and Decay of Hot Nuclei. *Nucl Phys*, 1987, A471: 205c~ 224c.

Different Fission Behavior Induced by Heavy Ion Central and Peripheral Collisions*

WU En-jiu, ZHENG Ji-wen, XIAO Zhi-gang, ZHANG Chun, TAN Ji-lian, YIN Shu-zhi, WANG Su-fang, JIN Gen-ming, YIN Xu, SONG Ming-tao, JIN Wei-yang, PENG Xing-ping, LI Zu-yu, WU He-yu, HE Zhi-yong
 (Institute of Modern Physics, the Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China)
 JIANG Dong-xing, QIAN Xing
 (Department of Technical Physics, Peking University, Beijing 100871, China)

Abstract: Correlated fission fragments from the $^{40}\text{Ar} + ^{209}\text{Bi}$ reaction and their further correlation with α particles have been studied for peripheral and central collisions simultaneously. The existence of different fission behavior of hot nuclei formed in central and peripheral collisions was found from the systematic analysis of the mass and energy distributions of fission fragments as a function of the initial temperature of hot fissioning nuclei.

Key words: intermediate energy heavy ion reactions; hot nuclei fission; highly excited nuclei decay