

文章编号: 1007-4627(2004)03-0207-03

质量数 $A \approx 125$ 的热核 GDR 特性的研究*

范红梅¹, D. Santonocito², Y. Blumenfeld⁴, P. Piattelli², C. Agodi², R. Alba²,
G. Bellia³, R. Coniglione², F. Delaunay⁴, A. Del Zoppo², P. Finocchiaro²,
N. Frascaria⁴, V. Lima⁴, C. Maiolino², E. Migneco^{2, 3}, P. Sapienza²

(1 中国科学院近代物理研究所 甘肃 兰州 730000;

2 INFN-LNS, 44 Via S. Sofia, I-95123 Catania, Italy;

3 Dipartimento di Fisica dell'Università di Catania, Italy;

4 Institute de Physique Nucleaire, N2P3-CNRS-F-91046 Orsay, France)

摘要: 简单介绍了利用 LNS 的回旋加速器产生的¹¹⁶Sn 束轰击¹²C 和²⁴Mg 靶的实验装置以及实验过程. 该实验通过 MEDEA 探测器测量了由全熔合与非全熔合反应产生的较低激发能区(160—300 MeV)质量数 $A \approx 125$ 的热核的巨偶极共振特性, 比较了不同靶子、不同束流能量时巨偶极共振的 γ 产额的变化.

关键词: 熔合反应; 巨偶极共振 γ 产额; BaF₂ 晶体

中图分类号: O571.42 **文献标识码:** A

1 引言

利用 γ 衰变对热核巨偶极共振(GDR)特性的研究, 可使人们对高激发能时核物质的集体行为有更深入的理解, 并为鉴别可能发生的核物质的相变提供有用的信息, 因此世界上多个实验室都投入大量的人力和财力从事该方向的研究. 法国的 GANIL 和意大利的 LNS 等实验室都花巨资先后建造了性能优良的探测器装置. GANIL 曾经利用 27 MeV/u 的³⁶Ar 束轰击⁹⁰Zr 靶, 在 MEDEA (Multi Element Detector Array) 探测装置上对通过非全熔合反应产生的激发能在 350—500 MeV、质量数在 115 附近热核的 GDR 特性进行了系统性的研究^[1], 该项研究表明在高激发能区时热核 GDR 的 γ 产额保持恒量. 到目前为至, 对中等质量区质量数在 115 附近热核的 GDR 特性已经进行了系统性的研究, 实验结果详细阐述了作为激发能函数的 GDR 参数演变的很多特征. 尤其是观察到了激发能一直增加到 250 MeV 时 γ 多重性的演变以及更高激发能时 γ 产额的饱和现象等. 不同的理论模型也预言了在高激发能区时热核 GDR γ 发射的饱和性, 但对在较

低激发能区时 GDR γ 发射的演变过程, 不同理论模型的预言略有区别. 因此为了研究较低激发能区质量数在 125 附近热核的 GDR 特性并且得出作为激发能函数的 GDR γ 发射的变化情况, 意大利的 LNS 实验室在性能优良、覆盖立体角大、能够开展余核与 γ 及轻粒子符合测量的 MEDEA 探测装置上进行了一组实验. 该组实验共选择了 3 个反应, 通过全熔合和非全熔合反应研究较低激发能区(160—300 MeV)质量数 $A \approx 125$ 附近的热核的 GDR 特性, 并比较了不同靶子和不同束流能量时 GDR γ 产额的变化.

2 实验装置

本实验在意大利 LNS 的超导回旋加速器上完成. 利用 17 MeV/u 的¹¹⁶Sn 分别轰击¹²C 和²⁴Mg 靶以及 23 MeV/u 的¹¹⁶Sn 轰击¹²C 靶, ¹²C 和²⁴Mg 靶的厚度分别为 0.5 mg/cm² 和 1.0 mg/cm². 实验装置主要由 3 大部分组成: 进行 γ 及轻带电粒子 ($Z=1, 2$) 测量的 MEDEA; 将类熔合余核聚焦到焦平面

收稿日期: 2004 - 02 - 16; 修改日期: 2004 - 04 - 07

* 基金项目: 国家自然科学基金资助项目(10275082)

作者简介: 范红梅(1966—), 女(汉族), 甘肃平凉人, 副研, 从事核物理实验研究.

的强度为 3 T 的超导螺旋管 SOLE(The Superconducting Solenoid); 置于焦平面上进行类熔合余核飞行时间、能量 E 和能损 ΔE 测量的 MACISTE (Mass and Charged Identification Spectrometry with Telescope) 系统.

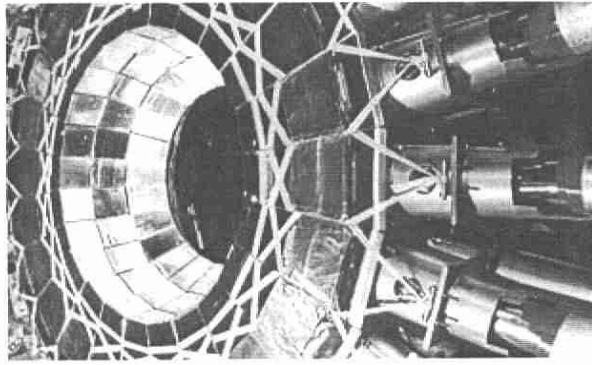


图 1 MEDEA 中 BaF₂ 探测器示意图

MEDEA^[2] 装置由 180 个 BaF₂ 探测器和 120 个闪烁探测器组成, 内侧为球型, 用球形极坐标系统来描述探测器的排列, 从极角 (θ 角) 30° 到 170° 范围内为 BaF₂ 探测器, 距靶子的距离为 22 cm, 所有 BaF₂ 晶体在同一个 θ 角范围内呈环状分布, 如图 1 所示. 从极角 (θ 角) 10° 到 30° 范围内为闪烁探测器, 它是由 2 mm 厚的快塑料闪烁体 (NE102A, 光衰减时间 2.4 ns) 和 30 cm 厚的慢塑料闪烁体 (NE115A, 光衰减时间 230 ns) 通过硅油耦合而成, 距靶子的距离为 55 cm, 在同一个 θ 角范围内亦呈环状分布. MACISTE^[3] 探测器则是由 4 个 70 cm ×

70 cm 的望远镜组成, 中间有一个束流传输孔, 每个望远镜的有效面积为 30 cm × 40 cm, 并分成两部分. 每一部分又依次分为用于能损测量的漂移室、碰撞位置和飞行时间测量的多丝室以及进行能量测量的塑料闪烁体 3 部分.

3 实验数据分析及初步结果

本实验选用 4.43 MeV 的 AmBe 源和 6.13 MeV 的 PuC 源刻度 BaF₂ 探测器. 关于粒子的鉴别, 对于低能部分, 利用飞行时间的不同, 轻易将 γ 、轻粒子以及中子分开; 而对于高能部分, 则利用 BaF₂ 探测器本身的特性加以区分. 对于 BaF₂ 晶体探测器而言, 其光输出对入射粒子比较敏感, 快慢成分强度比与粒子的种类有关. 相对而言, 快慢成分之比对 γ 最大, 对其他粒子则随着 Z 的增大而减少, 所以利用它的这个特点通过谱形分析法可鉴别 γ 以及轻带电粒子等^[4].

对于类熔合余核利用飞行时间的不同来鉴别. 飞行时间以回旋加速器 RF 信号为起点, 以 MACISTE 系统的一个望远镜和至少一个 BaF₂ 探测器的符合作为触发条件. 图 2 为用 MACISTE 系统所测 3 个反应的余核的飞行时间谱. 由于不同的线性动量转移而使谱展宽. 选择大质量转移形成的近全熔合事件, 即质心系速度的 $\pm 3\%$ (深色部分) 之内的事件作为研究对象, 表 1 所示为其相应的质量转移和相应的激发能.

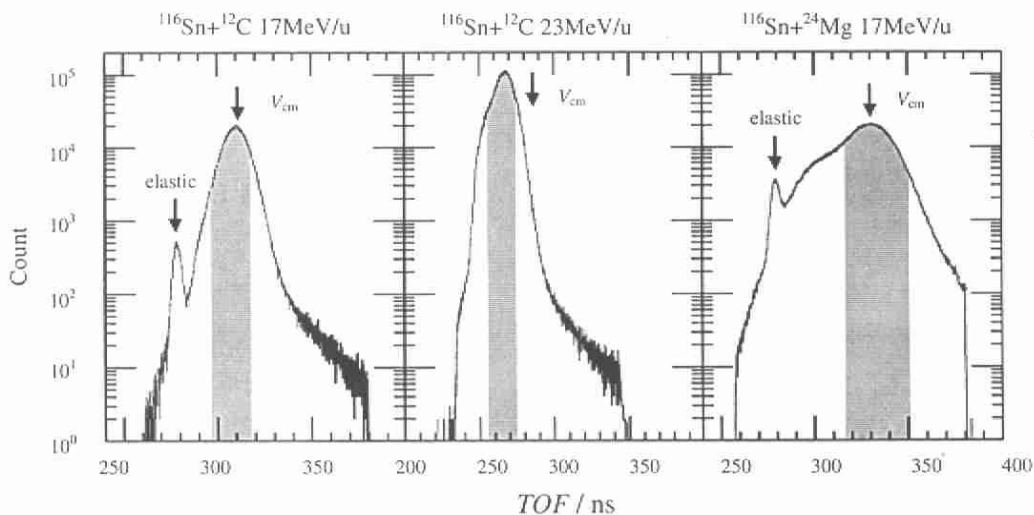


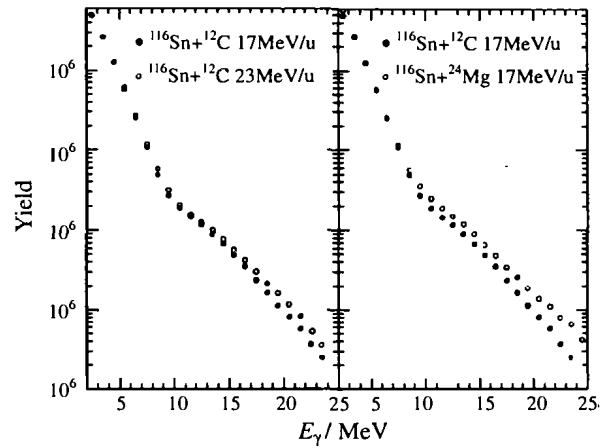
图 2 用 MACISTE 系统所测的 3 个反应的类熔合余核的飞行时间谱

表 1 3 个反应的质量转移和相应的激发能

	$^{116}\text{Sn}+^{12}\text{C}$	$^{116}\text{Sn}+^{12}\text{C}$	$^{116}\text{Sn}+^{24}\text{Mg}$
	(17 MeV/u)	(23 MeV/u)	(17 MeV/u)
A	8—12	8—12	16—24
E^*/MeV	125—180	170—250	240—340

图 3 为 MEDEA 探测器在 90° 方向所测 3 个不同反应的 γ 谱. γ 谱是通过与飞行时间谱(见图 2)中深色部分所对应的余核符合得到的, 所有数据用低能部分进行了归一. 17 MeV/u 的 ^{116}Sn 轰击 ^{12}C 靶相对于其他两个反应来讲对应的是较低的激发能, 由谱可以看出 GDR 的 γ 产额也最低. 当束流能量由 17 MeV/u 提高到 23 MeV/u 时, 对应的是较高的激发能, 也显示出较高的 γ 产额. 将 ^{12}C 靶换成 ^{24}Mg 靶后, GDR 的 γ 产额也有相当的增加, 但是相对于 23 MeV/u ^{116}Sn 轰击 ^{12}C 靶而言, 只是略有增加. 因此通过本次实验得到在较低激发能区

不同束流能量以及不同靶子时 GDR 的 γ 产额的变化情况, 为研究不同激发能时 GDR 的特性以及产额的演变情况提供了实验数据.

图 3 90° 方向所测 3 个反应的同类熔合余核符合的 γ 谱

参 考 文 献:

- [1] Saumijarvi T, Blumenfeld Y, Piattelli P, *et al.* Phys Rev, 1996, C53(5): 2 258.
 [2] Migneco E, Agodi C, Alba R, *et al.* Nucl Instr and Meth, 1992, A314: 31.
 [3] Bellia G, Finocchiaro P, Loukachine K, *et al.* IEEE Transactions on Nuclear Science, 1996, 43(3): 1 737.
 [4] Agodi C, Alba R, Bellia G, *et al.* Nucl Instr and Meth, 1988, A269: 595.

Study of GDR Properties in Hot Nuclei of Mass $A \approx 125$ *

FAN Hong-mei¹, D. Santonocito², Y. Blumenfeld⁴, P. Piattelli², C. Agodi², R. Alba²,
 G. Bellia³, R. Coniglione², F. Delaunay⁴, A. Del Zoppo², P. Finocchiaro²,
 N. Frascaria⁴, V. Lima⁴, C. Maiolino², E. Migneco^{2,3}, P. Sapienza²

(1 Institute of Modern Physics, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China;

2 INFN-LNS, 44 Via S. Sofia, I-95123 Catania, Italy;

3 Dipartimento di Fisica dell'Università di Catania, Italy;

4 Institute de Physique Nucleaire, N2P3-CNRS-F-91046 Orsay, France)

Abstract: The experiment was carried out at the National Laboratory of South in Italy using ^{116}Sn beam of 17 and 23 MeV/u delivered from the Superconducting Cyclotron impinging on ^{12}C and ^{24}Mg targets. The hot nuclei have been formed by complete and incomplete fusion reactions. The characteristics of the giant dipole resonance(GDR) in hot nuclei of mass $A \approx 125$ at lower excitation energies between 160 and 300 MeV have been measured with the multi element detector array (MEDEA) detector. A comparison of GDR yield for three reactions is presented.

Key words: fusion reaction; giant dipole resonance γ yield; BaF_2 crystal

* Foundation item: National Natural Science Foundation of China(10275082)