

⑧ 237 — 242

HIRFL 能区与 CSR 能区高能 γ 实验*

文方信 靳根明 王素芳

(中国科学院近代物理研究所 兰州 730000)

0571.2

摘 要 介绍了在兰州重离子加速器装置(HIRFL)上开展的原子核巨共振实验研究,并对以后在 HIRFL 与冷却储存环 CSR 上可以开展的一些高能 γ 实验,如双声子态实验、韧致辐射实验、集体运动消失与相变关系等作了一些讨论.

关键词 原子核巨共振 韧致辐射 多声子态

分类号 O571.2

高能 γ 实验 CSR HIRFL

1 引言

中国科学院近代物理研究所拥有兰州重离子加速器装置(HIRFL),并将在未来五年内建成冷却储存环装置(CSR),这些装置为我国原子核物理、原子物理、生物物理、材料科学等学科的研究提供了良好的条件和机遇.国际上也只有美国、德国、法国、日本、意大利等国家拥有此类装置,人们对这些装置寄予厚望,期待做出重要的物理成果.一个核物理实验能否获得理想的结果,取决于高品质的加速器、高性能的探测器以及新颖的物理思想.由于缺乏经费,我们无法像国外同类型实验室那样制作性能非常先进的探测器,如高分辨 4π 带电粒子探测系统、 γ 球、中子球等,而且现有的探测器质量和数量也不尽人意,但还是初步开展了高能 γ 的实验研究工作,并取得了较好的结果.我们还立足于可能的探测条件与 HIRFL 和 CSR 的加速能力,探讨了未来可以开展的高能 γ 实验.

BGO 晶体 γ 探测器试测了高能 γ 射线,北京大学技术物理系江栋兴、叶沿林等也在 HIRFL 装置上使用两组 $\phi 75$ BGO 晶体 γ 探测器研究热核偶极巨共振(GDR)衰变 γ . 1995 年近物所开始利用 GDR γ 多重性和带电粒子多重性研究裂变延迟,1996 年完成了相关实验,同时也完成了一个热核 GDR 实验.实验采用 4 套 $\phi 100$ NaI 晶体探测器和由江栋兴、叶沿林提供的两组 $\phi 75$ BGO 晶体探测器测量高能(>4 MeV) γ .

2.1 裂变动力学系统性研究

实验目的在于利用 GDR γ 多重性和带电粒子多重性研究裂变延迟并提取裂变时标.一些融合裂变实验结果表明,裂前的中子多重性^[1,2]、带电粒子多重性^[3,4]以及 GDR γ 多重性^[5]均高于统计蒸发模型所给出的计算结果.这说明裂变延迟了,复合核有充足的时间发射更多的中子、带电粒子和 γ . 裂变延迟也可以解释为由于摩擦,裂变系统越过裂变位垒的时间增加了,或者说是由于摩擦或粘滞性造成大范围的质量扩散引起的.扩散过程造成质量通量在位垒处折射回来,裂变宽度由于质量扩散或粘滞性而减小,裂变寿命延长.以前实验分别利用中子多重性、带电粒子多重性或 γ 多重性来研究裂变延迟.由

2 近物所 GDR 实验概况

自从 1988 年 HIRFL 装置出束后,近物所就尝试在一些中能重离子反应(如二分裂、三分裂以及四分裂实验)中利用六组 $\phi 10$

收稿日期: 1999 - 03 - 6.

* 国家自然科学基金(项目号 19805012、19775054)、中国科学院留学回国基金和中国科学院九五重大项目共同资助.

于实验条件不尽相同, 分析模型互有差异, 实验结果也不尽相同. 鉴于此, 我们利用现有条件, 同时测量带电粒子和 γ , 设法使用同一模型分析实验数据, 以便对裂变延迟作综合分析. 近来 Hinde 等人用同时测量带电粒子多重性和中子多重性方法研究裂变延迟. 考虑延迟后, 裂变寿命一般为 10^{-3} s, 而准裂变的寿命为 10^{-20} s^[6].

现已完成一个裂变延迟实验. 实验用 HIRFL 提供的 136 MeV ^{16}O 轰击 ^{197}Au 靶, 6 块 PPAC 用于测量裂变碎片, 4 套 $\phi 100$ NaI 晶体探测器和 2 套 $\phi 75$ BGO 晶体探测器测量高能 γ , 6 组半导体测量轻粒子. 高能 γ 探测器放置在垂直于束流方向的平面内, 以便使多普勒效应最小. 对 γ 实验数据的分析结果表明, 反应系统不存在裂变延迟. 由于我们实验的入射能比 Hinde 和 Paul 等人的低, 这说明裂变延迟只是在激发能增高到一定程度后才出现的. 我们将进一步改变入射能, 以便能够系统地研究裂变随激发能的演化, 特别是研究裂变延迟如何随激发能变化, 对原子核的粘滞性有更多的了解, 对于复合核或热核在退激过程中各种衰变道之间的竞争, 如 γ 、n、p、轻的带电粒子发射以及裂变等, 有进一步的认识.

为此, 需要编写一个蒸发裂变模型程序, 考虑轻粒子、 γ 、裂变等衰变道, 以及裂变碎片的进一步退激发, 以便能够同时分析带电粒子多重性与 GDR γ 多重性并提取裂变时标.

2.2 热核 GDR 实验

与上述裂变延迟实验不同, 高温 ($T \approx 5$ MeV) GDR 实验着重研究重离子核反应中布居于高温热核上的 GDR 性质随激发能或核温度的变化. 在裂变延迟实验中, 测量裂片 + 轻粒子、裂片 + γ 的符合事件, 而在热核 GDR 实验中则测量余核 + γ 及余核 + 轻带电粒子符合事件. 实验选取的反应系统为 25 MeV $^{40}\text{Ar} + ^{93}\text{Nb}$, 在擦边角附近放置了两块

平行板雪崩电离室 (PPAC) 测量余核, 探测高能 γ 的两套 $\phi 75$ BGO 和 4 套 $\phi 100$ NaI 放置在垂直于束流方向的平面内, 另有若干组半导体探测器探测轻带电粒子, 分离扇加速器高频 (RF) 作为起始信号. 实验结果已发表^[7]. 根据线动量转移 LMT 对融合核质量作出选择并得到相应的符合 γ 能谱, 采用统计蒸发模型程序 CASCADE^[8] 拟合分析实验数据. 我们也发现模型不能很好地解释热核巨共振实验结果, 这一点与 GANIL 的 GDR 实验相同^[9]. 若固定 GDR 宽度, 则不能得到较好的拟合, 若假定激发能高于 250 MeV 时无 GDR γ 发射^[9], 则可得到较好的拟合^[7]. 实验显示激发能很高 (> 250 MeV) 时, GDR γ 发射几率变得很小.

2.3 复杂粒子发射对热核巨共振性质的影响

问题的提出基于这样一个考虑, 即理论模型不能很好地解释高温热核巨共振实验结果. 事实上, 激发能较低时 ($T < 3$ MeV), 统计蒸发模型能够较好地解释复合核衰变实验数据, 包括 GDR γ 能谱. 随着激发能增加, 模型计算结果逐渐偏离实验数据. 从衰变机制考虑, 在低能核反应中, 复合核仅通过发射 γ 、轻粒子及发生裂变等方式退激发, 仅考虑这些退激方式的统计蒸发模型程序就能很好地解释实验现象, 也能成功地解释巨共振实验数据. 相比之下, 热核衰变要复杂一些. 高温热核不仅要发射 n、p、d、t、 α 等轻粒子, 还要发射其它复杂粒子, 甚至发生多重碎裂, GDR γ 衰变只是其中的一个衰变道, 而且激发能越高, 复杂粒子发射几率越大. 然而, 在分析高温热核 GDR γ 能谱时, 统计蒸发模型的程序 CASCADE 并未考虑复杂粒子 ($Z > 2$) 发射, 这可能是造成计算结果偏离实验结果的一个原因. 要较好地解释这一问题, 需要从理论与实验两方面着手. 实验上除测量余核 + γ 符合事件外, 还需要同时测量余核 + 带电粒子包括与复杂粒子的符合事件, 这样才有可能研究复杂粒子发射对高温

热核 GDR 性质,特别是对巨共振宽度的影响,理论上还需要在模型程序中加入复杂粒子发射机制(无须考虑裂变的竞争),另外也需要讨论影响 GDR 宽度的其它因素及其机制。

热核的激发能与温度需要独立测量,热核质量数的确定也需要提高精度,复杂粒子能谱与 γ 能谱的统计性要高,这些对带电粒子探测器与 γ 探测器的质量与数量都提出了很高的要求,我们谋求与国内其它单位以及国外实验室合作,共同完成这一实验。

3 未来 GDR 实验

3.1 GDR 消失与原子核相变

GDR 是原子核的一种集体运动模式,需要一定时间方能形成并有一定的寿命,热核寿命随激发能增加而缩短,当热核寿命比 GDR 形成时间还要短时,意味着 GDR 将消失,如果 GDR 形成时间也随激发能增高而缩短,GDR 很可能在原子核发生相变前就已形成,也可能在相变或碎裂发生之前还来不及衰变,因此,对具有很高激发能的热核而言,GDR 的消失可能意味着多重碎裂或相变发生,理论上则可将多重碎裂、相变与集体运动消失及混沌状态联系在一起。

实验首先要求反应系统的激发能不断提高,使反应系统状态从液态发展到相变,实验不仅需要 HIRFL 能够提供产生高温热核的束流,也能提供产生相变的更高能量的束流。以 ^{40}Ar 为例,要求束流能量达到 100 MeV/u,以 GDR 为探针实验研究原子核相变,要求带电粒子探测器与 γ 探测器所覆盖的立体角都尽可能要大,由于高能 γ 的来源比低能反应时复杂得多,因此实验数据的分析处理同样会遇到困难,在理论方面需要作一些必要的准备。总之,这一实验相当复杂,需要更先进的探测分析设备,但其结果具有

更重要的意义。

3.2 GDR 对同位旋的依赖性

放射性束为研究各种同位旋效应提供了有力工具,无论核反应截面对同位旋自由度的依赖,还是 GDR 性质或其它模式的巨共振如 Gamov-Teller 巨共振对同位旋自由度的依赖,都能够提供核力对同位旋自由度依赖信息。拟议建造的法国 PIAFE 项目^[12],将 GDR 对同位旋自由度的依赖作为一个主要物理目标,HIRFL 开展这方面的实验研究也是可能的,目前可以通过两种途径来实现,一种是利用稳定核束流,选择可以实现的极端丰中子或缺中子弹靶组合,以便形成质量数在一定范围的极端丰中子或缺中子的复合核或类熔合核。这种方法的主要优点是束流强度大、能量发散小,而缺点是所形成的复合核或类熔合核的中质比变化范围不大,另一种方法是利用次级束装置完成实验,反应形成的复合核或类熔合核的中质比变化范围较大,但是次级束流强较小,能量发散也比较大。

研究结果表明 GDR 能量随质量数 A 规律性变化,但对同位旋的依赖不大,一些计算表明同位旋对 GDR 能量的影响不大,GDR 对同位旋的依赖很可能体现在巨共振宽度上,这需要通过研究系统平衡态时的 GDR 性质对同位旋自由度的依赖关系加以验证。因此,最初的实验以选择低能复合核反应为宜,一方面反应机制比较简单,另一方面预平衡粒子发射少,复合核或熔合核仍基本保持原有的中质比,这样可以集中研究 GDR 的同位旋效应。这类实验比较精细,粒子鉴别与余核质量数的确定都需要有较高的精度,对探测器的质量要求很高。

4 CSR 能区高能 γ 实验

正在建设中的兰州重离子加速器冷却储存环(CSR),设计加速能量为 400~900 MeV/u 的全离子,利用 CSR 能够开展多学

科的实验研究. 在原子核物理方面, 物理目标主要锁定于放射性束物理. 利用放射性束能够对不稳定核的性质以及由不稳定核引起的核反应, 诸如天体演化过程中的一些尚未完全了解的关键性核反应进行研究. 同时还可以利用 CSR 放射性束和普通束开展一些重要的高能 γ 实验.

4.1 轫致辐射与核内核子相互作用

从经典电动力学知道, 荷电粒子只要有加速度, 就会产生电磁辐射. 轫致辐射 (Bremsstrahlung) 就是荷电粒子因 减速产生的电磁辐射. 中高能核反应中轫致辐射 γ 产生于核碰撞早期阶段的核子-核子碰撞, 主要来自 n-p 碰撞^[13]. 轫致辐射 γ 光子能量很高, 一般在 30 到几百 MeV 之间. 我们认为研究核反应轫致辐射至少有益于对两个问题的认识. (1) 核力性质, 轫致辐射来源于核子-核子碰撞, 它能够提供介质中核子-核子相互作用的直接信息. 核力是强相互作用, 而强相互作用是自然界中唯一尚未完全了解的相互作用. (2) 非平衡态演化, 轫致辐射发生在核碰撞的早期阶段, 反应系统尚处于非平衡状态, 因此也能够提供非平衡态演化的信息.

德国 GSI 已经对核反应轫致辐射作了一些研究. 巨共振和轫致辐射是荷兰 KVI 新建的超导回旋加速器 AGOR 的主要物理目标^[14]. KVI 目前拥有两套测量高能 γ 谱仪, 即 SALAD (Small-angle Large-acceptance Detector) 和 TAPS (Two-arm Photon Spectrometer), 前者结构稍微简单一些, 由 KVI 独家制作, 后者由 GANIL (Caen)、GSI (Darmstadt)、KVI (Groningen)、IFIC (Valencia)、NPI (Rez)、PIG (Univ. Gissen) 等合作研制, 并在欧洲一些实验室流动使用. 意大利 Catania 南方实验室的 MEDEA 4π 探测器也用于研究轫致辐射. MEDEA 曾用于 27 MeV/u $^{36}\text{Ar} + ^{20}\text{Zr}$ 热核巨共振实验^[9].

HIRFL + CSR 覆盖单核子能量数十 MeV 到数百 MeV 的能区, 是研究轫致辐射

比较理想的设备. 我们可以先考虑简单的弹靶组合系统的轫致辐射, 如用 ^{12}C 轰击碳氢靶, 然后再研究复杂的弹靶组合系统. 覆盖较大立体角的高能 γ 探测器是实验的关键, 制作一个高性能的 $4\pi\gamma$ 探测器是必要的.

4.2 原子核多声子态

原子核巨共振模式很多^[16], 一般根据极性 (ΔL)、自旋取向 (电的 $\Delta S=0$ 及磁的 $\Delta S=1$)、同位旋性质 (同位旋矢量 $\Delta T=1$, 同位旋标量 $\Delta T=0$) 分类. 通常所说的 GDR 就是电的同位旋矢量偶极巨共振 (Electric isovector giant dipole resonance, IVGDR, $\Delta S=0$, $\Delta T=1$, $\Delta L=1$). 实验已发现了单极巨共振 GMR、GDR、四极巨共振 GQR, Gamov-Teller 巨共振 GTR 等巨共振模式. 实验证实 Brink-Alex 假设^[16]是正确的, 即巨共振可以建立在原子核任何状态上. 巨共振不仅能够建立在原子核基态上, 还可以建立在原子核激发态上, 如热核 GDR, 甚至还能够建立在其它巨共振态上, 如 $\text{GDR} \otimes \text{GDR}$ 及 $\text{GQR} \otimes \text{GQR}$. 在微观模型中, 巨共振通常描述为众多彼此靠近的 $1p-1h$ 激发态的相干态. 单阶巨共振也可理解为单声子激发态, 相应地多阶巨共振理解为多个声子的共同激发, 即为多声子激发态.

最早的 $\text{GDR} \otimes \text{GDR}$ 是在 π 介子双电荷交换反应中观察到的^[17]. π 介子束是次级束, 流强和束流品质要差一些, 但 π 介子有三种电荷态, 仍不失为研究同位旋矢量巨共振的有效手段. GANIL 和 GSI 分别利用 γ 谱仪 TAPS 对 $\text{GDR} \otimes \text{GDR}$ 进行了研究. SIS/GSI 在 1 GeV/u $^{209}\text{Bi} + ^{208}\text{Pb}$ ^[18] 及 0.7 GeV/u $^{208}\text{Pb} + ^{208}\text{Pb}$ ^[19] 反应中观测到了由于库仑激发使 ^{208}Pb 处于 $\text{GDR} \otimes \text{GDR}$ 激发态. 也有实验观测到了 $\text{GQR} \otimes \text{GQR}$ ^[20]. $\text{GDR} \otimes \text{GDR}$ 的共振能量为 GDR 能量的 2 倍, 而宽度则是 $\sqrt{2}$ 倍, 这一点理论与实验一致^[21]. 理论也探讨了其它双声子态的性质, 如 $\text{GDR} \otimes \text{GQR}$ 、 $\text{GDR} \otimes \text{GMR}$ 等^[22, 23]. 库仑激发与 π 介子电

荷交换反应都是研究双声子态的有效手段。

在 CSR 能区, 既可利用单核子能量为几百 MeV 的普通束通过库仑激发产生双声子态, 也可利用 CSR 产生的 π 介子次级束来实现双声子激发。

5 GDR 宽度

GDR 宽度仍将是巨共振理论与实验研究的一个重要内容。巨共振能量相对于质量数而言具有很强的规律性, 也基本不随核温度变化^[24~26], 而宽度则不然, 随温度增大而增大, 随后又出现饱和^[25]。其实, 即便是基态巨共振的宽度也未认识清楚。巨共振态是众多 $1p1h$ 激发态的相干态, 其宽度是各 $1p1h$ 激发态相干叠加后形成的包络线的宽度, 因此与这些 $1p1h$ 激发态的分散程度有关。巨共振宽度又可分为逃逸宽度 Γ^{\uparrow} 与展宽宽度 Γ^{\downarrow} 两部分。前者是 $1p1h$ 与连续态耦合的结果, 它是轻核巨共振宽度的主要成分。后者是 $1p1h$ 与一些多粒子多孔穴 $np-nh$ 激发态耦合的结果, 造成粒子蒸发, 接近于统计或蒸发宽度。影响巨共振宽度变化的因素很多, 以下列举几个主要方面。

(1) 基态形状对宽度影响明显。基态 GDR 能量不存在壳效应, 但宽度与壳效应有关, 确切地讲, 与基态形状有关, 轻核尤为明显。球形核 GDR 宽度比变形核的要小, 变形核巨共振有两个成分, 造成了强度展宽。

(2) 形状涨落是决定热核 GDR 宽度的主要因素。GDR 宽度随核温度先是增大继而饱和, 一些理论将其解释为由于角动量饱和

所致^[25,27]。角动量与形状有相互联系, 因此, 上述现象也可以理解为形变饱和造成的。热核 GDR 实验只关联测量余核与 γ 的符合事件, 排除了裂变事件, 所涉及到的最大形变就是鞍点形变, 此时也对应于 GDR 两个成分的最大分离, 即对应于 GDR 的最大宽度。

(3) 热核 GDR 实验本身的原因。热核 GDR 实验都采用线动量转移 LMT 分段方法确定热核质量 A , 这样 A 就有一定的变化范围, 10% 的质量数变化将造成 GDR 宽度展宽约 1 MeV。理论可以只讨论布居于确定核 (核质量数、激发能、角动量等) 上 GDR 的性质, 而实验结果则是一定范围内的平均。

总之, 无论对于基态还是高激发态, 影响巨共振宽度变化的物理机制都是未完全解决的问题, 有待实验和理论继续探讨。

6 结束语

本文介绍了近物所已开展的巨共振实验研究和正在进行的相关研究, 并探讨了未来在 HIRFL 和 CSR 能区所能开展的一些高能 γ 实验。巨共振和韧致辐射仍然是核物理研究比较活跃的研究领域, 国外一些大型核物理实验室都在开展相关的实验研究。未来在 HIRFL 和 CSR 对巨共振与韧致辐射有可能, 也有必要开展一些比较深入的研究工作。高能 γ 实验可以与探测带电粒子或中性粒子为手段的其它核物理实验互为补充, 共同为研究原子核的性质与核反应机制发挥重要作用。

参 考 文 献

- 1 Hinde D J, Charity R J, Fotte G S *et al.* Neutron Multiplicities in Heavy-ion-induced Fission: Timescale of fusion-fission. *Nucl Phys.* 1986, A452: 550~572
- 2 Hinde D J, Hilscher D, Rossner H *et al.* Neutron Emission as a Probe of Fusion-fission and Quasifission Dynamics. *Phys Rev.* 1992, C45: 1 229~1 259
- 3 Lestone J P, Leigh J R, Newton J O *et al.* Fission Time Scales from Precision Charged-particle Multiplicities. *Phys Rev Lett.* 1991, 67: 1 087~1 091
- 4 Lestone J P. Determination of the Time Evolution of Fission from Particle Emission. *Phys Rev Lett.* 1993, 70: 2 245~2 248
- 5 Paul P. Fission Time Scales from Giant Dipole Resonances. *Ann Rev Nucl Part Sci.* 1994, 44: 45~109

- 6 Butsch R, Hofman D J, Montoya C P *et al.* Time Scales for Fusion-fission and Quasifission from Giant Dipole Resonance decay. *Phys Rev*, 1991, C44, 1 515~1 527
- 7 张保国, 王素芳, 段利敏等. 25 MeV/u $^{40}\text{Ar}+^{53}\text{Nb}$ 反应中热核巨共振研究. *高能物理与核物理*, 1998, 22, 795~802
- 8 Puhlhofer F. On the Interpretation of Evaporation Residue Mass Distributions in Heavy-ion Induced Fusion Reactions. *Nucl Phys*, 1977, A280, 267~284
- 9 Suomijärvi T, Blumenfeld Y, Piattelli P *et al.* Giant Dipole Resonance in Very Hot Nuclei of Mass $A \approx 115$. *Phys Rev*, 1996, C53, 2 258~2 272
- 10 Laou J H, Suomijärvi T, Blumenfeld Y *et al.* Towards Limiting Temperatures in Nuclei: The behavior of collective motion. *Phys Rev Lett*, 1994, 72, 3 321~3 324
- 11 Wen W, Hau Hou-Tai P, Lacroix D *et al.* Quantal and Statistical Fluctuations in Dynamical Symmetry Breaking. *Nucl Phys*, 1998, A637, 15~27
- 12 Koster U, Pinston J A. PIAFE Project Report, 1998
- 13 Nifenecker H, Pinston J A. High Energy Photon Production in Nuclear Reactions. *Ann Rep Nucl Part Sci*, 1990, 40, 113~143
- 14 Harakeh M N, Huisman H, Volkerts M. Experimental Nuclear Physics; Reaction dynamics. KVI Ann Rep. 1997, 11~34
- 15 Speth J. Electric and Magnetic Giant Resonances in Nuclei. World Scientific, Singapore, 1991, 1~300
- 16 Axel P. Electric Ground-state Transition Width Strength Function and 7 MeV Photon Interactions. *Phys Rev*, 1962, 126, 671~683
- 17 Mordechai S. Isospin Splitting of the Giant Dipole Built on the Isobaric Analog State. *Phys Rev*, 1988, C38, 2 709~2 715
- 18 Ritman J, Berg F D, Kuhn W *et al.* First Observation of the Coulomb-excited Double Giant Dipole Resonance in ^{208}Pb via Double- γ Decay. *Phys Rev Lett*, 1993, 70, 533~536
- 19 Schmidt R, Blaich Th, Else Th W *et al.* Electromagnetic Excitation of the Double Giant Resonance in ^{136}Xe . *Phys Rev Lett*, 1993, 70, 1 767~1 770
- 20 Frascaria N. Multiphonon Excitations in Nuclei Built with Giant Resonances. *Nucl Phys*, 1994, A569, 111c~122c
- 21 Chomaz Ph, Frascaria N. Multiple Phonon Excitation in Nuclei. *Phys Rep*, 1995, 275, 275~405
- 22 Volpe A, Catara F, Chomaz Ph *et al.* Anaharmonicities and Non-linearities in the Excitation of Double Giant Resonances. *Nucl Phys*, 1995, A589, 521~534
- 23 Volpe A, Chomaz Ph, Catara F *et al.* Are Giant Resonances Harmonic Vibrations? *Nucl Phys*, 1996, A599, 347c~382c
- 24 Snover K A. Giant Resonances in Excited Nuclei. *Ann Rev Nucl Part Sci*, 1986, 36, 545~603
- 25 Gaardhoje J J. Nuclear Structure at High Excitation Energy Studied with Giant Resonances. *Ann Rev Nucl Part Sci*, 1992, 42, 483~536
- 26 Wen W, Dai G, Jin G. Thermal Effects on Isoscalar Giant Resonance Energies. *Phys Rev*, 1995, C52, 187~190
- 27 Bracco, Camera A F, Mattiuzzi M *et al.* Increase in Width of the Giant Dipole Resonance in Hot Nuclei: Shape change or collisional damping? *Phys Rev Lett*, 1995, 74, 3 748~3 751

High Energy Gamma Experiments at HIRFL and CSR

Wen Wanxin Jin Genming Wang Sufang

(Institute of Modern Physics, the Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000)

Abstract The experiments on giant dipole resonance performed at HIRFL of the Institute of Modern Physics are reviewed. At HIRFL and CSR the prospective high energy gamma experiments on double phonon state, Bremstrahlung, the connection between disappearance of collective motion and phase transition, and so on, are also discussed.

Key words giant dipole resonance Bremstrahlung double phonon state

Classifying number O571.2