

Прискорений розпад ізомеру $^{178m2}\text{Hf}$ через електронні переходи при фотоіонізації атомних оболонок низько енергетичними фотонами

В. І. Киришук, М. В. Стрільчук та В. О. Желтоножський

Інститут ядерних досліджень НАН України, 03680, проспект Науки 47, Київ, Україна

Починаючи з 1998 р. було проведено велика кількість експериментів, в результаті яких з достатньо високим рівнем достовірності був зареєстрований прискорений розпад ізомеру $^{178m2}\text{Hf}$ ($T_{1/2} = 31$ рік) при опроміненні мішені низькоенергетичними фотонами [1]. Використання монохроматичних синхротронних джерел дозволило з'ясувати, що стимульована розрядка ізомеру $^{178m2}\text{Hf}$ реєструється при цілій низці енергій фотонів. З найвищою достовірністю таку стимульовану розрядку ізомеру було зафіксовано при енергіях фотонів, близьких до краю L_3 поглинання в Hf. Було висунуте припущення, що серед механізмів, які відповідають за високу ймовірність зареєстрованого ефекту, може бути ядерне збудження через електронні переходи (NEET). В той же час, не вдалося знайти ніякого пояснення тому факту, що прискорений розпад ізомеру $^{178m2}\text{Hf}$ було виявлено при енергії фотонів, яка десь на 6 еВ перевищує енергію іонізації L_3 оболонки в атомі Hf.

Нещодавно при більш детальному вивченні ефекту NEET в ^{197}Au було виявлено, що ядерне збудження відбувається при енергії фотонів, яка приблизно на 40 еВ перевищує енергію іонізації K оболонки в атомі Au, що майже в точності співпадає з різницею енергій відповідних ядерного (між першим збудженим та основним ядерними рівнями) та атомного ($M_1 \rightarrow K$) переходів [2]. Цей експериментально зареєстрований ефект можливо пояснює і прискорений розпад ізомеру $^{178m2}\text{Hf}$ - тобто це може означати, що енергія відповідного ядерного (між ізомерним та збудженим проміжним ядерними рівнями в ^{178}Hf) виявилась приблизно на 6 еВ вище, ніж енергія одного з атомних ($M_x \rightarrow L_3$) переходів. Цікаво, що в обох випадках ця різниця в енергіях знаходиться майже в межах ширини атомної оболонки: K-оболонки в разі Au ($E_K = 52$ еВ) та L_3 -оболонки у випадку Hf ($E_{L_3} = 4.8$ еВ), відповідно.

Більше того, це дає можливість оцінити енергію та квантові характеристики відповідного збудженого проміжного ядерного рівня ^{178}Hf . Дійсно, оскільки найбільш інтенсивним атомним переходом при заповненні дірки в L_3 оболонці є перехід $M_5 \rightarrow L_3$ з енергією 7.899 кеВ (майже на порядок більш інтенсивний, ніж наступний за інтенсивністю атомний перехід $M_4 \rightarrow L_3$ з енергією 7.845 кеВ), тому збуджений рівень, через який іде стимульована розрядка ізомеру $^{178m2}\text{Hf}$, має знаходитись на $(7.899 + 0.006) = 7.905$ кеВ вище ізомерного рівня 16^+ . Що стосується мультипольності такого стимульованого переходу, то відповідно до правил відбору для атомного переходу $M_5 \rightarrow L_3$ це може бути E1, M2, E3 або M4 перехід. Тому квантові характеристики цього збудженого проміжного ядерного рівня ^{178}Hf повинні бути 15^- , 14^+ , 13^- або 12^+ .

Таким чином, NEET як механізм, який забезпечує прискорений розпад ізомеру $^{178m2}\text{Hf}$, в порівнянні з прямим фотозбудженням має декілька переваг. По-перше, ширина NEET значно більша за ширину резонансу фотозбудження, оскільки визначається не ширинами ядерних переходів, а ширинами відповідних атомних переходів. По-друге, вірогідність переходу високої мультипольності при NEET може бути значно вищою, ніж при прямому фотозбудженні.

[1] C.B. Collins, N.C. Zoita, F. Davanloo et al. // *Laser Phys.* – 2004 – Vol. 14 – P. 1.

[2] S. Kishimoto, Y. Yoda, Y. Kobayashi et al. // *Phys. Rev. C* – 2006 – Vol. 74 – P. 031301(R).