

02; 07

© 1993

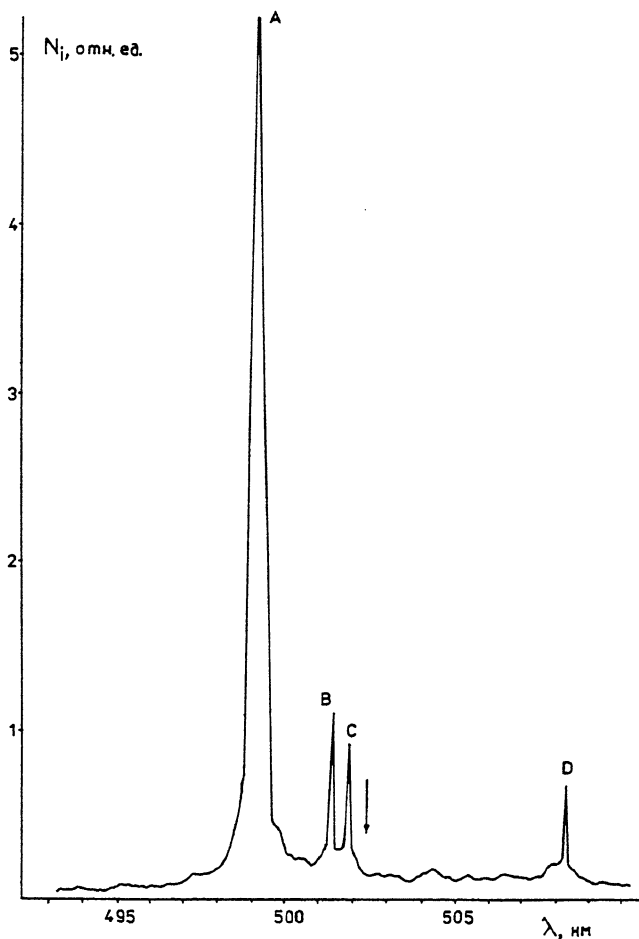
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ НАБЛЮДЕНИЕ ДВУХФОТОННЫХ РЕЗОНАНСОВ ПРИ ТРЕХФОТОННОЙ ИОНИЗАЦИИ АТОМА ИТТЕРБИЯ

А.И. Г о м о н а й

В работе впервые изучен процесс трехфотонной ионизации атома иттербия в области длин волн 493–510 нм. Исследования проводились в пересекающихся лазерном и атомном пучках. Ионы, образованные в результате трехфотонной ионизации, вытягивались из области пересечения пучков постоянным электрическим полем, разделялись по массе и заряду во времяпролетном масс-спектрометре и детектировались вторичным электронным умножителем. В качестве источника ионизирующего излучения использовался импульсный перестраиваемый лазер на красителе с шириной спектра генерации $\sim 0.5 \text{ см}^{-1}$. Исследования проводились в условиях линейной поляризации лазерного излучения и напряженности поля в области пересечения пучков, равной $\sim 4 \cdot 10^4 \text{ В/см}$.

В ходе эксперимента измерялась зависимость выхода ионов иттербия от длины волны лазерного излучения $N_i(\lambda)$. Соответствующие данные представлены на рисунке. Как видно, характерным для полученной зависимости $N_i(\lambda)$ является наличие немонотонностей, проявляющихся в виде ярко выраженных четырех максимумов резонансного типа. Среди них особенно выделяется максимум А, амплитуда которого примерно в 5 раз превышает амплитуды остальных трех максимумов. Проведенный нами предварительный анализ полученных результатов и имеющихся данных о спектре атома иттербия [1, 2] позволяет заключить, что максимумы А и С обусловлены двухфотонным возбуждением соответственно синглетного и триплетного состояний одной электронной конфигурации $6s6d$. Амплитуда максимума С, соответствующего интеркомбинационному переходу, как уже отмечалось, в 5 раз меньше амплитуды максимума А, откуда следует очевидный вывод, что возбуждение триплетного состояния $6s6d \ ^3D_2$ происходит менее эффективно, чем синглетного $6s6d \ ^1D_2$. Сравнение соотношения амплитуд максимумов, обусловленных возбуждением триплетного и синглетного состояний $A_T/A_S \sim 0.2$ с аналогичными результатами [3] для атомов Ca ($A_T/A_S \sim 0.1$), Sr ($A_T/A_S \sim 0.5$) и Ba ($A_T/A_S \sim 0.6$) показывает, что интеркомбинационный переход $6s^2 \ ^1S_0 \rightarrow 6s6d \ ^3D_2$ в атоме иттербия относительно более интенсивный, чем в атоме Ca , но менее интенсивный, чем в атомах Sr и Ba .

Следует отметить, что в область энергии двух квантов, соответствующих положению резонансного максимума С попадает также



Зависимость выхода ионов Yb^+ от длины волны лазерного излучения.

триpletное состояние $6s6d^3D_1$ (на рисунке отмечено стрелкой). Однако резонансный максимум, который бы отвечал интеркомбинационному переходу в это состояние, в полученной нами зависимости $N_i(\lambda)$ не наблюдался.

Перейдем теперь к рассмотрению природы происхождения максимума В. Как показал анализ спектра атома иттербия [1, 2], этот резонансный максимум обусловлен двухфотонным возбуждением

состояния $f^{13}5d6s6p(7/2, 3/2)_2$. Это качественно отличает его от вышерассмотренных максимумов А и С, так как он связан, во-первых, с возбуждением более глубокой $4f^{14}$ - подоболочки и, во-вторых, с одновременным возбуждением сразу двух электронов. Этими обстоятельствами, по-видимому, и объясняется его малая амплитуда, которая сравнима с амплитудой максимума С, обусловленного интеркомбинационным переходом.

Наконец, в зависимости $N_i(\lambda)$ наблюдался также максимум D , который нам не удалось отождествить ни с переходами в спектре связанных с [1], ни с переходами в спектре автоионизационных состояний [2] атома Yb . Его амплитуда сравнима с амплитудой максимумов В, С и существенно меньше амплитуды максимума А, а ширина примерно такая же, как и у максимумов В и С. Мы предполагаем, что максимум D связан с возбуждением $4f^{14}$ -подоболочки и обусловлен двухфотонным переходом из основного в некоторое возбужденное, неизвестное в настоящее время, состояние, энергия которого $\sim 39339 \text{ см}^{-1}$. Это может быть, например, состояние $f^{13}6s^26p_{3/2}(7/2, 3/2)_2$ с полным орбитальным моментом возбужденных электронов $L = 3,4$, которое должно попадать в указанную область энергий и данные о котором в [1] отсутствуют.

Следует также отметить, что в исследуемую область длин волн попадает ряд автоионизационных состояний [2], которые могут возбуждаться тремя фотонами. Однако ни одно из них не проявляется в виде резонансных максимумов. Причина отсутствия таких максимумов в настоящее время неясна.

Таким образом, полученные в данной работе результаты свидетельствуют о том, что в исследуемой области длин волн вероятность двухфотонного интеркомбинационного перехода ($6s^2 1S_0 \rightarrow 6s6d^3 D_2$) в атоме Yb в несколько раз ниже вероятности двухфотонного возбуждения синглетного состояния $6s6d^1 D_2$. С другой стороны, вероятность двухфотонного возбуждения одного из электронов внутренней $4f^{14}$ -подоболочки сравнима с вероятностью двухфотонного интеркомбинационного перехода и существенно ниже вероятности двухфотонного перехода в синглетное состояние $6s6d^1 D_2$, связанного с возбуждением одного из электронов внешней $6s^2$ -подоболочки.

В заключение автор выражает благодарность И.П. Запесочному за полезное обсуждение результатов настоящей работы.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Martin W.C., Zalubas R., Hagan L. // Atomic Energy Levels. NSRDS-NBS-60. 1978. P. 373-391.
- [2] К о з л о в М.Г. Спектры поглощения паров металлов в вакуумном ультрафиолете. М.: Наука, 1981. 263 с.
- [3] А л и м о в Д.Т., Б о н д а р ь И.И., И л ь к о в Ф.А. // Изв. АН СССР. Сер. физ. 1988. Т. 52. С. 1124-1128.

Институт электронной физики
АН Украины, Ужгород

Поступило в Редакцию
6 мая 1993 г.