

МНОГОФОТОННАЯ ИОНИЗАЦИЯ АТОМА КСЕНОНА В ПОЛЕ
ЦИРКУЛЯРНО-ПОЛЯРИЗОВАННОГО СВЕТА

И. Т. АЛЯМОВ

УДК 621.375.82

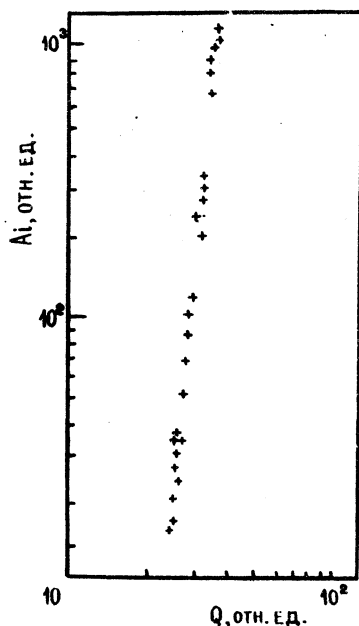
Обнаружено, что в электрическом поле $\mathcal{E} \approx 5 \cdot 10^7$ в.см⁻¹ в диапазоне изменения частоты излучения неодимового лазера 9380-9465 см⁻¹ при циркулярной поляризации света характер процесса многофотонной ионизации атома ксенона не зависит от частоты излучения, процесс ионизации носит прямой характер, резонансы с промежуточными связанными состояниями электрона в атоме не возникают.

Процесс ионизации атома ксенона излучением неодимового лазера наблюдается при напряженности электрического поля $\mathcal{E} \approx 5 \cdot 10^7$ в.см⁻¹ /1/, что соответствует параметру адиабатичности $\gamma \approx 5$, то есть промежуточной области между случаем многофотонной ионизации ($\gamma \gg 1$) и туннельного эффекта в переменном поле ($\gamma \ll 1$) /2/. Эксперименты /3/ по ионизации атома ксенона, проведенные в поле линейно-поляризованного излучения, показали, что в интервале частот 9405 - 9455 см⁻¹ характер процесса ионизации существенно зависит от частоты излучения. Незменность функциональной зависимости вероятности ионизации от интенсивности излучения, наблюдаемая в интервале частот 9405 - 9425 см⁻¹, явилась указанием на прямой характер процесса ионизации. Резкое изменение этой зависимости в диапазоне частот 9425 - 9455 см⁻¹ было интерпретировано, как возникновение промежуточного резонанса между энергией нескольких квантов и энергией промежуточного связанного состояния электрона в атоме.

В данной работе излагаются результаты аналогичных исследований в поле циркулярно поляризованного света.

Конструкция неодимового лазера позволяла изменять частоту излучения в диапазоне 85 см⁻¹, от 9380 см⁻¹ до 9465 см⁻¹, при полуширине спектра в несколько см⁻¹. Излучение лазера было стро-

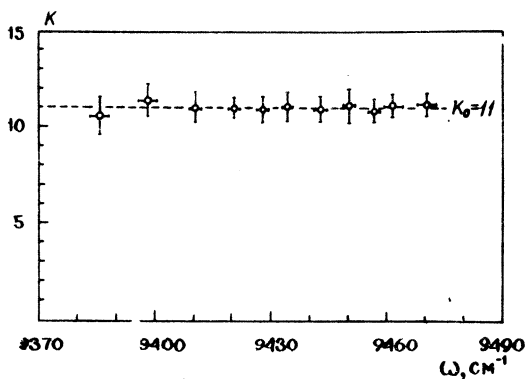
го линейно-поляризовано. Анизотропная пластинка, помещенная в пучок света от лазера, позволяла получить циркулярно-поляризованное излучение. Циркулярность света устанавливалась с точностью $2 \pm 3\%$.



Р и с. 1. Типичный результат эксперимента — зависимость амплитуды ионного сигнала A_i от энергии излучения Q

В эксперименте определялась зависимость вероятности процесса ионизации w от интенсивности излучения F для ряда частот ω . При каждом фиксированном значении частоты излучения в указанном выше интервале измерялась зависимость амплитуды ионного сигнала A_i от энергии Q , прошедшей через мишень. Специальными контрольными опытами проверялось, что изменяемая зависимость $A_i(Q)$ была эквивалентна зависимости $w(F)$ /4/. Экспериментальные данные аппроксимировались степенным законом $A_i \sim Q^K$. Типичный результат эксперимента показан на рис. 1. Численное значение величины K определялось методом наименьших квадратов. Собо-

крупность величин K , измеренных для ряда частот излучения, представлена на рис.2, из которого видно, что в указанном диапазоне частот функциональная зависимость $w(\nu)$ не изменяется при изменении частоты лазерного излучения. Абсолютная величина $K = \partial \lg A_1 / \partial \lg Q = 11 \pm 1 = K_0$, то есть число квантов, поглощение



Р и с.2. Зависимость величины $K = \partial \lg A_1 / \partial \lg Q$ от частоты излучения ω

которых необходимо с точки зрения закона сохранения энергии. Это дает нам основание утверждать, что в исследованном диапазоне частот процесс ионизации в поле циркулярно-поляризованного излучения носит прямой характер, промежуточные резонансы со связанными состояниями электрона в атоме не возникают.

Тот факт, что при циркулярной поляризации излучения резонансный процесс многофотонной ионизации не наблюдается, может быть следствием законов сохранения энергии и импульса. Известно, что спектры атомов благородных газов имеют специфическое строение — первые возбужденные состояния расположены гораздо ближе к границе ионизации, чем к основному состоянию. В атоме ксенона для реализации многофотонного резонанса необходимо поглощение большого числа квантов (9 или 10). В поле циркулярно-поляризованного излучения с поглощением каждого кванта орбитальный момент оптического электрона увеличивается на единицу. Если исходить из невозмущенного спектра атома ксенона, то можно видеть, что уровни с орбитальными моментами $l = 9, 10$ расположены очень близко к грани-

це непрерывного спектра и имеют энергии, которые на тысячи см^{-1} превышают энергию $10h\nu$.

Как известно /2/, степенная зависимость $W \sim F^K$ с показателем $K = K_0$ характеризует процесс ионизации при $\gamma \gg 1$, а при $\gamma \sim 1$ зависимость $W(F)$ имеет более сложный вид и уже не описывается степенным законом. Расчет этой зависимости $W(F)$, проведенный по соотношению, полученному в работе /5/ в квазиклассическом приближении, показал, что при $\gamma \approx 5$ в малом интервале изменения интенсивности, реализованном в наших опытах, аппроксимация зависимости $W(F)$ степенным законом дает величину $K = 10,6$. Эта величина в пределах точности согласуется с экспериментальными данными.

В заключение выражаю глубокую благодарность Н. Б. Делоне, Б. А. Зону и В. И. Ритусу, принимавшим активное участие в исследованиях.

Поступила в редакцию
31 января 1975 года.

Л и т е р а т у р а

1. Т. М. Бархударова, Г. С. Воронов, Г. А. Делоне, Н. Б. Делоне, Н. К. Мартакова. Proc. 8 Int. Conf. Phen. Ionis. Gases, Wien, p. 226, 1967.
P. Agostini, G. Barjot, G. Maingray, C. Manus, Y. Thebaunt. IEEE JQE, QE-6, 782 (1970).
2. Л. В. Келдыш. ЖЭТФ, 47, 1945 (1964).
3. Д. Т. Аллимов, Н. Б. Делоне. Краткие сообщения по физике ФИАН, № 2, 24 (1974).
4. Д. Т. Аллимов, Н. Б. Делоне, Э. А. Зон, Б. Г. Кацнельсон. Препринт ФИАН № 191, 1973 г.
5. А. И. Никишев, В. И. Ритус. ЖЭТФ, 52, 223 (1967).