

## РЕЗОНАНСНАЯ СТРУКТУРА ПРИ УПРУГОМ РАССЕЙЯНИИ ЭЛЕКТРОНОВ НА $180^\circ$ МОЛЕКУЛАМИ $N_2$ И $N_2O$

*О.Б.Шпеник, Н.И.Романюк, И.В.Чернышева*

Впервые в одном эксперименте изучены полные сечения рассеяния электронов на молекулах  $N_2$  и  $N_2O$  и рассеяние назад (на угол  $180^\circ$ ). Найдена полная корреляция резонансной структуры в азоте в сечении полного рассеяния и упругого рассеяния на угол  $180^\circ$ .

В последнее время большое внимание привлекает изучение полных и дифференциальных сечений рассеяния электронов атомами и молекулами. Богатую информацию о механизме взаимодействия электронов с атомами и молекулами может дать изучение рассеяния электронов на угол  $180^\circ$ . В этом случае в значительной мере уменьшается влияние потенциально-го рассеяния и проявление резонансов можно наблюдать в чистом виде.

Нами была создана установка и разработана методика исследований, позволяющая в одном эксперименте изучать полные сечения рассеяния электронов на атомах и молекулах и рассеяние назад (на угол  $180^\circ$ ). В данном сообщении приводятся результаты исследований рассеяния электронов на молекулах  $N_2$  и  $N_2O$  в области энергий 0,5 – 5 эВ. Это, видимо, первый эксперимент, в котором одновременно изучалось как полное сечение рассеяния электронов, так и рассеяние на угол  $180^\circ$ .

Разработанная методика является дальнейшим развитием метода ловушки электронов, использованной нами ранее для определения полных сечений рассеяния электронов на атомах<sup>1</sup>. Идея метода состоит в следующем. Моноэнергетический пучок электронов формируется в продольном магнитном поле с помощью трохондального электронного монохроматора, ускоряется до необходимой энергии, проходит камеру столкновений и детектируется приемником электронов. На входе и выходе камеры столкновений устанавливаются дополнительные электроды, находящиеся под потенциалом, близким к потенциалу катода, что создает потенциальный барьер, удерживающий рассеянные электроны. Полный сбор рассеянных электронов осуществляется камерой столкновений. В нашем эксперименте трохондальный монохроматор используется не только в качестве диспергирующего элемента, но и как устройство для выделения электронов, рассеянных упруго в небольшом телесном угле с центром  $180^\circ$ . Это достигается за счет того, что в скрещенных электрическом и магнитном полях, помимо направленного движения, электроны испытывают дрейф, направление которого не зависит от вектора скорости электрона. Поэтому рассеянные назад (на угол  $180^\circ$ ) электроны, пройдя область монохроматора (область скрещенных полей) оказываются смещенными на некоторое расстояние относительно первичного пучка. Таким образом, устанавливая коллектор на некотором удалении от оси первичного пучка, можно детектировать электроны, рассеянные назад. Для устранения отраженных электронов, создающих фон, в

нашем приборе в отличие от <sup>2</sup> приняты специальные меры, позволившие свести его к минимуму. К ним относятся высокая однородность аксиального магнитного поля, тщательная обработка поверхностей электродов, непосредственно соприкасающихся с электронным пучком, высокая точность сборки и юстировки электронно-оптической системы, использование особой конструкции приемника первичных и рассеянных электронов. Все это позволило добиться высокой степени пропускания электронной системы (выше 95%) и снизить уровень фона на  $5 \div 10\%$  от величины полезного сигнала.

Спектрометр помещался в вакуумную камеру, изготовленную из нержавеющей стали, откачиваемую паромасляным насосом с заливной азотной ловушкой. В процессе эксплуатации спектрометр прогревался до температуры  $220 - 250^\circ\text{C}$ . Давление газов в камере не превышало  $1 \cdot 10^{-6}$  торр. Напуск спектрально чистого газа в камеру столкновений осуществлялся через дозирующий игольчатый натекаль, а давление контролировалось термопарной лампой. При напуске газа в камеру столкновений до  $\sim 10^{-3}$  торр, давление в вакуумной камере составляло  $5 \div 7 \cdot 10^{-6}$  торр.

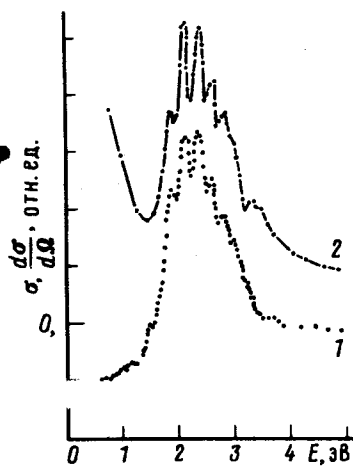


Рис. 1

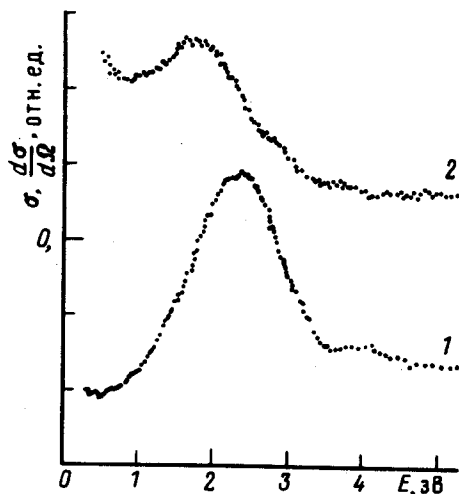


Рис. 2

Рис. 1. Энергетические зависимости полного (кривая 1) и упругого на угол  $180^\circ$  (кривая 2) сечений рассеяния электронов молекулами  $\text{N}_2$ .

Рис. 2. Энергетические зависимости полного (кривая 1) и упругого на угол  $180^\circ$  (кривая 2) сечений рассеяния электронов молекулами  $\text{N}_2\text{O}$ .

Нами изучены энергетические зависимости полных и дифференциальных (на угол  $180^\circ$ ) сечений рассеяния электронов на молекулах  $\text{N}_2$  и  $\text{N}_2\text{O}$ . Выбор этих объектов обусловлен наличием резонансной структуры в полных сечениях рассеяния и намерением проследить корреляцию особенностей в полных сечениях рассеяния и в рассеянии электронов назад. Измерения выполнены при токе падающих электронов  $\sim 5 \cdot 10^{-9}$  А, а полуширина разброса электронов по энергиям не превышала 0,04 эВ. Калибровка энергетической шкалы электронов осуществлялась по пику в сечении полного рассеяния в  $\text{N}_2$  при 2,20 эВ. Точность калибровки энергетической шкалы не хуже  $\pm 0,02$  эВ.

Результаты измерений приведены на рис. 1 и рис. 2. В ряде работ <sup>4, 5</sup> было показано, что процесс упругого, а также неупругого рассеяния на молекулах  $\text{N}_2$  и  $\text{N}_2\text{O}$  в области  $\sim 2$  эВ происходит преимущественно через компаунд-состояния, т. е. образование и распад короткоживущих состояний отрицательных ионов, причем многоканальность их распада приводит к росту сечения упругого рассеяния и возбуждения нижних колебательных уровней.

Сравнение полученных нами энергетических зависимостей полных сечений рассеяния с данными других работ <sup>3, 4</sup> показывает хорошее совпадение кривых, включая и резонансную структуру. Однако в случае  $N_2$  резонансная структура в сечении рассеяния назад проявляется значительно лучше (см. рис. 1), что связано с меньшим влиянием при этих углах потенциального рассеяния и большей вероятностью резонансного рассеяния на угол  $180^\circ$ . Такая анизотропия, связанная с образованием и распадом  $^2\Pi_g^-$ -состояния  $N_2^-$ , была найдена и в теоретических расчетах при энергиях налетающих электронов, близких к положению наблюдаемой резонансной структуры <sup>5</sup>.

Что касается  $N_2O$ , значительная вероятность упругого рассеяния назад ограничивается энергетической областью 1,0 – 2,5 эВ при отсутствии корреляции с полным сечением рассеяния (рис. 2), где наблюдается широкий максимум при 2,3 эВ. Такое поведение указывает на возможность того, что основной вклад в полное сечение, вносят возбужденные состояния нижнего электронного состояния молекулы, а различное энергетическое положение максимумов является проявлением различных состояний  $^2\Pi$  и  $^2\Sigma^+$  отрицательного иона  $N_2O^-$ , расположенных в этой области энергий <sup>4</sup>.

Наконец отметим, что резкий рост сечений упругого рассеяния назад для исследованных молекул при энергиях ниже 1 эВ обусловлен увеличением углового акцептанса детектора рассеянных электронов при уменьшении энергии налетающих электронов. Кроме этого, в случае  $N_2O$ , возможно такой рост сечения связан также с наличием почти связанного состояния  $N_2O^-$  с  $l = 0$ . Ранее наличие такого состояния, приводящего к резкому росту сечения при малых энергиях, было установлено для молекулы  $CO_2$ , изoeлектронной с  $N_2O$  <sup>6</sup>.

Авторы выражают благодарность профессору И.П.Запесочному за неизменный интерес к работе.

#### Литература

1. Романюк Н.И., Шпенник О.Б., Жуков А.И., Запесочный И.П. Письма в ЖТФ, 1980, 6, №14, 877.
2. Burrow P.D., Sanche L. Phys. Rev. Lett., 1972, 28, 333.
3. Kennerly R.E. Phys. Rev. A, 1980, 21, №6, 1876.
4. Zecca A., Lazzizzera I. J. Chem. Phys., 1974, 61, №11, 4560.
5. Chandra N., Temkin A. Phys. Rev. A, 1976, 13, №1, 188.
6. Ferch J., Masche C., Raith W. J. Phys. B., 1981, 14, L97.

Ужгородское отделение

Института ядерных исследований  
Академии наук Украинской ССР

Поступила в редакцию  
5 апреля 1985г.