

02;05;10;11;12

Распыление золота ионами криптона в неупругой области потерь энергии

© Г.И. Акапьев, А.Н. Балабаев, Н.А. Васильев, С.В. Латышев,
 В.М. Назаров, А.Р. Пиуто, И.В. Рудской, Ю.Н. Чеблуков

Институт теоретической и экспериментальной физики,
 117259 Москва, Россия

(Поступило в Редакцию 11 ноября 1996 г.)

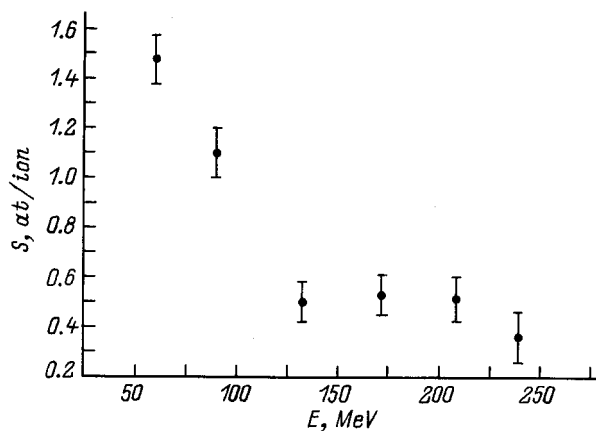
Экспериментально получена зависимость коэффициента распыления золота от энергии падающих ионов криптона в неупругой области потерь энергии. Показано, что эта зависимость не отличается от предсказаний каскадной теории. Работа выполнена на пучке циклотрона У-400 ОИЯИ.

Отклонение от предсказаний каскадной теории коэффициента распыления металлов многозарядными ионами, для которых неупругие потери энергии $(dE/dx)_e$ значительно преобладают над упругими потерями при атомных столкновениях, по-видимому, впервые было обнаружено в [1]. Коэффициент распыления S крупнозернистого золота ионами урана с энергией 5.5 MeV/nucleon оказался равным (12 ± 2) at/ion. Оценка S при этой энергии ионов урана при учете только лишь упругих взаимодействий дает $S \sim 1$. Этот экспериментальный результат стимулировал более тщательное исследование распыления металлов в неупругой области потерь энергии на тяжелоионных пучках циклотрона У-400 ОИЯИ.

В настоящей работе представлена экспериментально полученная зависимость коэффициента распыления S золота от энергии E падающих ионов криптона (см. рисунок). Для получения этой зависимости был использован метод сбора распыленного золота с использованием специальной мишени, состоящей из многих чередующихся слоев золотых, углеродных и алюминиевых фольг. Углеродные фольги собирали распыленные атомы золота, а алюминиевые фольги использовались для изменения энергии ионов криптона. Золотые фольги толщиной 0.2 мкм предварительно отжигались в вакуумной печи при температуре 400°C для исключения возможного присутствия мелкозернистой структуры. Такая конструкция позволила получить коэффициент распыления золота при различных энергиях ионов криптона за время однократной экспозиции мишени в моноэнергетическом пучке. Количество распыленного золота на углеродных коллекторах определялось при помощи активационного анализа. За мишенью находился цилиндр Фарадея для измерения количества ионов, прошедших через многослойную мишень. Для чистоты поверхности золотых фольг во время эксперимента мишень была нагрета до температуры $\sim 200^\circ\text{C}$.

Согласно ранее предложенной модели распыления металла быстрыми многозарядными ионами [2], вблизи траектории иона образуется горячий электронный газ с температурой 20–25 eV, которая превышает потенциалы ионизации ионов решетки. На границе металла с

вакуумом из-за высокого давления внутри горячего электронного газа пространственное распределение электронов не совпадает с профилем плотности ионов, что приводит к образованию двойного электрического слоя. Поверхностный ион металла, который выше некоторой критической температуры электронного газа имеет нулевую энергию связи [2], ускоряется двойным электрическим слоем без ограничения возвращающей силой. Если находящийся в горячем пятне поверхностный ион успевает при остывании электронного газа до критической температуры набрать энергию, большую, чем энергия связи, то ион покинет металл и даст вклад в распыление. Поэтому процесс распыления носит пороговый характер. Пользуясь результатами работы [2], можно показать, что для ионов криптона с энергией ~ 100 MeV пороговая величина неупругих потерь в золоте $(dE/dx)_i \approx 2.1$ keV/Å. Потери энергии ионов криптона с энергией ~ 100 MeV в золоте $(dE/dx)_e \approx 2.7$ keV/Å [3] превышают пороговую величину. Как видно из рисунка, какого-либо отклонения от каскадной теории в экспериментально снятой зависимости не наблюдается. Ионы криптона в исследованной области энергии (см. рисунок) близки по параметрам к осколкам деления, поэтому на коэффициент распыления



Зависимость коэффициента распыления золота от энергии падающих ионов криптона. E — энергия ионов криптона, S — коэффициент распыления.

золота осколками не могут влиять неупругие потери, как предполагали авторы [2,4], сравнивая теоретический коэффициент распыления с экспериментально измеренным.

На наш взгляд, для окончательного подтверждения влияния неупругих потерь энергии на процесс распыления металлов необходимо экспериментально получить энергетическую зависимость коэффициента распыления золота ионами урана от 100 до 500 MeV, где энергетические потери ионов урана $(dE/dx)_e$ резко растут и значительны. Этот эксперимент планируется на пучке циклотрона У-400 ОИЯИ.

Авторы признательны Ю.Ц. Оганесяну и В.А. Щеголеву за поддержку экспериментов, Ю.Н. Явлинскому за обсуждение результатов.

Список литературы

- [1] *Cheblikov Yu.N., Koshkarev D.G. et al. // Particle Accelerators. 1992. Vol. 37–38. P. 351–353.*
- [2] *Мартыненко Ю.В., Явлинский Ю.Н. // ЖТФ. 1988. Т. 58. Вып. 6. С. 1164–1167.*
- [3] *Nuclear Data Tables. 1970. Vol. 7. N 3–4.*
- [4] *Баранов И.А. и др. // УФН. 1988. Т. 156. Вып. 3. С. 477–511.*