

- [1] Долуденко В.Г., Яковенко Н.А. // ЖТФ. 1992. Т. 62. Вып. 6. С. 151-168.
 [2] Lagu R.K., Ramaswamy R.V. // J. Light Wave Techn. 1986. Vol. LT-4. N 12. P. 176-181.

02;12
 © 1994 г.

Журнал технической физики, т. 64, в. 7, 1994

ОБ УГЛОВОЙ РАСХОДИМОСТИ АТОМНОГО ПУЧКА, ВЫХОДЯЩЕГО ИЗ КАНАЛА НАГРЕТОГО ТИГЛЯ

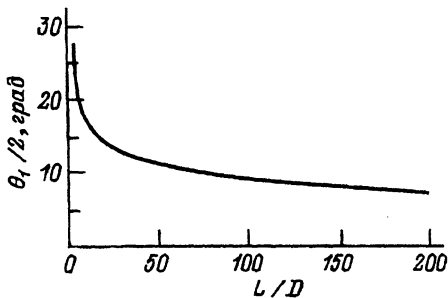
А.А.Тарасов, А.Л.Толстик

Научно-исследовательский институт ядерных проблем при Белорусском государственном университете, 220050, Минск
 (Поступило в Редакцию 25 октября 1993 г.)

Вопрос о направленности атомного пучка, выходящего из канала тигля, изучался в ряде работ [1-5], начиная с 30-х годов, как теоретически, так и экспериментально в связи с развитием методов пучковой спектроскопии, атомной физики и др. Ранее выполняемые расчеты основывались либо на использовании заданного потока рассеянных на стенках канала частиц [1-4], либо на вычислении интегралов рассеяния, описывающих выход частиц через отверстие тигля после многократного соударения со стенками канала [5]. Такой подход при всей его наглядности сопряжен с большими трудностями при получении численных данных для длинного узкого канала ($L \gg D$, где L и D — длина и диаметр канала), так как требует либо использования приближенной функции распределения плотности атомов вдоль канала [3], либо учета большого числа рассеяний, возрастающего по мере увеличения отношения L/D . В упомянутых выше работах авторы обычно ограничивались случаем $L \leq 10D$. В то же время наибольший практический интерес представляет случай $L \geq 10D$, так как при этом увеличивается интенсивность пучка в осевом направлении, что требуется в большинстве экспериментов.

В настоящей работе с использованием метода Монте-Карло рассчитано угловое распределение атомного пучка, образованного испарением частиц из нагретого тигля, для случая длинного узкого канала.

Расчет проведен в приближениях, соответствующих условиям формирования пучка в фотоионизационном масс-спектрометре, основанном на термическом испарении и атомизации пробы в вакууме и резонансной лазерной ионизации искомого элемента в пучке [5,6]. Атомы испаряются со дна цилиндрического тигля. Проба распределена по дну равномерно. Вылет частиц со дна и рассеяние их на стенках канала носят диффузный характер. Поглощение частиц не учитывается из-за незначительности адсорбции на горячих стенках. Длина свободного пробега атомов значительно больше размеров тигля L и D , поэтому столкновениями частиц между собой можно пренебречь и рассматривать только рассеяние на стенках.



Зависимость расходимости пучка от параметров канала.

Задача решалась путем имитации физического процесса. В соответствии с методом Монте-Карло углы вылета частиц со дна тигля и рассеяния их на стенках рассматривались как непрерывные случайные величины, распределенные согласно диффузному характеру вылета и рассеяния. Моделирование случайных величин осуществлялось методом обратной функции [7]. Для достижения приемлемой точности расчетов рассматривалось испарение 10^5 атомов.

В связи с цилиндрической симметрией угловое распределение пучка, выходящего из канала, удобно характеризовать углом θ между осью тигля и направлением вылета. На рисунке представлен график зависимости угла $\theta_1/2$, в пределах которого находится половина всех вылетающих из канала частиц, от отношения длины канала L к его диаметру D . Приведенные результаты находятся в согласии с уже опубликованными в работах [1–5] теоретическими и экспериментальными данными, однако позволяют проанализировать угловую расходимость пучка для канала с L/D , значительно большим 10. Видно, что скорость уменьшения угла $\theta_1/2$ с ростом L/D падает. Это связано с тем, что основная доля атомов вылетает из канала с части стенки, которая находится вблизи выхода, и, таким образом, дальнейшее удлинение канала незначительно сказывается на результирующей диаграмме направленности атомного пучка. Поэтому для получения направленного пучка частиц представляется целесообразным использовать тигли с величиной $L/D \approx 20$. Дальнейшее десятикратное увеличение отношения L/D , значительно усложняя изготовление тигля, приводит к уменьшению угла $\theta_1/2$ только в 2 раза.

Список литературы

- [1] Clausing P. // Zs. f Phys. 1930. Bd 66. S. 471–476.
- [2] Рамзей Н. Молекулярные пучки. М.: ИЛ, 1960. 411 с.
- [3] Троицкий В.С. // ЖТФ. 1962. Т. 32. Вып. 4. С. 488–502.
- [4] Александров М.Л. Газодинамические молекулярные, ионные и кластеризованные пучки. Л.: Наука, 1989. 270 с.
- [5] Патомов Д.Ю., Курский А.Н. // ЖПС. 1989. Т. 51. N 2. С. 198–203.
- [6] Летохов В.С. Лазерная фотоионизационная спектроскопия. М.: Наука, 1987. 320 с.
- [7] Соболев И.М. Численные методы Монте-Карло. М.: Наука, 1973. 311 с.