

О кинетике аномального мюония в кремнии

И. Г. Ивантер, Е. П. Красноперов¹⁾, Б. А. Никольский, А. Н. Пономарев, В. Н. Дугинов⁺, У. Циммерманн^{*2)}

РНИЦ “Курчатовский Институт”, 123182 Москва, Россия

⁺Объединенный институт ядерных исследований, 141980 Дубна, Московская обл., Россия

^{*}Paul Scherrer Institut, CH-5232 Villigen PSI, Switzerland

Поступила в редакцию 6 декабря 2002 г.

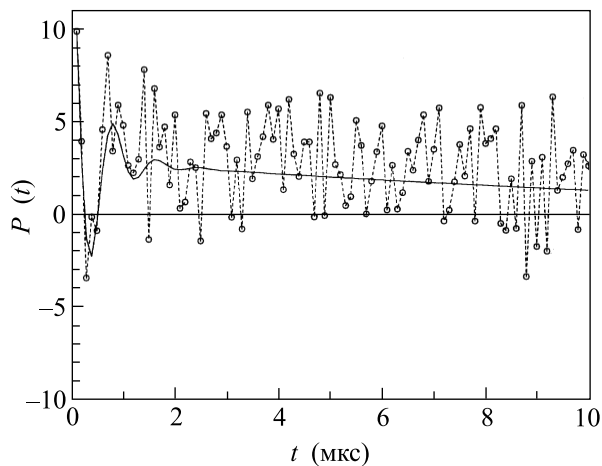
Измерена скорость релаксации спина аномального мюония в монокристалле кремния в продольном магнитном поле. Результаты интерпретируются как диффузия аномального мюония по кристаллу кремния.

PACS: 76.75.+i

Работа посвящена исследованию взаимодействий аномального мюония Mu^* в кремнии при температуре $T = (150 - 175)$ К в продольном магнитном поле $H = 3.1$ кЭ. Использованный образец кремния представлял собой монокристалл высокой чистоты с числом примесей $\leq 10^{12}$ см⁻³, кристаллическая ось [111] которого с точностью $\sim 2^\circ$ была ориентирована по направлению пучка продольно поляризованных мюонов. Местоположение аномального мюония в кристалле кремния изучалось в ряде работ (см. ссылки в [1]). Было показано, что Mu^* локализуется на пространственной диагонали кристалла между двумя атомами кремния, один из которых находится в вершине базисного куба кристаллической решетки, а другой смещен в направлении этой диагонали на четверть ее длины. Магнитное поле $H\mu$ на мюоне аномального мюония зависит от ориентации кристалла кремния и величины внешнего магнитного поля. Согласно [2], при ориентации кристаллической оси [111] кремния по направлению внешнего поля $H = 3.1$ кЭ, на мюон будет действовать локальное магнитное поле $H\mu = 878$ Гс, одинаковое по величине для Mu^* , локализованных на диагоналях $[-111]$, $[1-11]$, $[-1-11]$, и $H\mu = 2480$ Гс при локализации Mu^* на диагонали [111]. На указанных трех диагоналях локальное поле $H\mu = 878$ Гс направлено перпендикулярно внешнему полю H и приводит к характерной прецессии аномального мюония. Направление локального поля $H\mu = 2480$ Гс на главной диагонали [111] совпадает по направлению с внешним полем H .

Эксперимент выполнялся на мюонном пучке ускорителя PSI (Виллиген, Швейцария). Временная зависимость поляризации мюонов $P(t)$ определя-

лась с помощью сцинтилляционных счетчиков, регистрирующих позитроны $\mu^+ \rightarrow e^+$ распада, вылетающие по направлению пучка поляризованных мюонов. Полученная экспериментальная зависимость $P(t)_{\text{эксп}}$ поляризации мюона аномального мюония в продольном магнитном поле $H = 3.1$ кЭ при температуре $T = 170$ К изображена на рисунке. Из этого рисунка видно, что зависимость $P(t)_{\text{эксп}}$



Временная зависимость $P(t)$ поляризации аномального мюония в кремнии в продольном магнитном поле $H = 3.1$ кЭ при температуре $T = 170$ К. Плавная кривая представляет собой аппроксимирующую зависимость (1), нормированную на $P(t = 0) = 1$

может быть представлена двумя процессами: быстро затухающей прецессией и медленной деполаризацией спина мюона, которые можно записать в виде

$$P(t)_{\text{эксп}} = a_1 e^{-\lambda_1 t} \cos \omega t + a_2 e^{-\lambda_2 t}. \quad (1)$$

Здесь первое слагаемое описывает затухающую прецессию Mu^* , второе — происходящую по экспоненци-

¹⁾e-mail: KEP@issph.Kiae.ru

²⁾U. Zimmermann.

альному закону, деполяризацию спина мюона. Частота ω в выражении (1) соответствует частоте прецессии аномального мюония в кремнии. Экспериментальные значения параметров a_1 , λ_1 и a_2 , λ_2 в выражении (1) приведены в таблице.

Экспериментальные значения параметров a_1 , λ_1 и a_2 , λ_2 в выражении (1) при $T = (150-175) \text{ К}$

$T, \text{ К}$	a_1	$\lambda_1, \text{ мкс}^{-1}$	a_2	$\lambda_2, \text{ мкс}^{-1}$
150	0.84 (14)	5.8 (1.5)	0.18 (6)	0.8 (6)
160	0.65 (14)	6.5 (1.8)	0.24 (4)	1.4 (5)
165	0.77 (14)	9.4 (2.1)	0.20 (6)	0.5 (3)
170	0.90 (28)	21.7 (7.0)	0.22 (4)	0.7 (3)
175	0.67 (22)	14.4 (6.0)	0.37 (8)	0.6 (3)

Указанные особенности релаксационного процесса (1) $P(t)_{\text{эксп}}$ аномального мюония в кремнии могут быть описаны следующим образом. Мы полагаем, что быстрое $\lambda_1 \sim 10 \text{ мкс}^{-1}$ затухание амплитуды a_1 прецессии аномального мюония вызывается некогерентным возбуждением Mu^* , происходящим при

сохранении осевой симметрии мюония. Такой процесс не влияет на продольную (вдоль направления оси [111]) релаксацию Mu^* , локализующихся на диагонали [111], а наблюдаемую на эксперименте медленную $\lambda_2 \sim 1 \text{ мкс}^{-1}$ продольную релаксацию спина мюона мы интерпретируем как процесс диффузионного перескока Mu^* с диагонали [111] на одну из диагоналей [11-1], [1-11] и [1-1-1] с последующей быстрой деполяризацией. С таким объяснением согласуется совпадение экспериментальной величины отношения

$$(a_2/a_1)_{\text{эксп}} = 0.30 \pm 0.08 \quad (2)$$

с теоретическим значением $a_2/a_1 = 1/3$, которое следует из рассмотренной выше модели релаксации Mu^* на различных диагоналях кристаллической решетки кремния.

1. B. D. Patterson, Rev. Mod. Phys. **60**, 69 (1988).
2. K. H. Chow, R. L. Lichti, R. F. Kieff et. al., Phys. Rev. **B50**, 8918 (1994).