

ПОЗИТРОНИЕПОДОБНЫЕ СОСТОЯНИЯ В МЕТАЛЛАХ.

*И.Я.Дехтяр, Э.Г.Мадамова, В.И.Силантьев,
В.Т.Адонкин, С.П.Лихторович, Ш.А.Рустамов.*

В работе впервые наблюдаются позитрониеподобные состояния в металлических кристаллах Mo в области температур жидкого гелия и жидкого азота. Результаты свидетельствуют о том, что в определенных условиях и в металлах образуется делокализованный позитроний (Ps), движение которого может осуществляться посредством квантового туннелирования.

Как известно образование позитронов в металлах теоретически запрещено, а экспериментально до сих пор не наблюдалось.

Действительно, в работе [1] развита теория из которой следует, что вероятность образования в металле квазисвязанного состояния аналогичного позитронию определяется критерием, при котором параметр

$\tau_0 = 2/\pi a_H R_F > 2,85$, где a_H — боровский радиус, R_F — фермиевский волновой вектор. Поскольку реальные электронные плотности металлов, определяемые параметром $r_s = r_0/a_H$ (r_0 радиус единичной электронной сферы) таковы, что $2 \ll r_s \leq 5,5$, то даже для металлов с малой электронной плотностью (большие значения r_s) указанный критерий не выполняется. Учитывая соотношение $R_F = 1,917/a_H r_s$, получаем для реальных электронных плотностей металлов условие $0,667 < \tau_0 < 1,825$. Таким образом, критерий $\tau_0 > 2,85$ представляет своего рода запрет образованию и существованию позитрония в объеме металла.

В другой работе [2] предлагается энергетический критерий образования P_s в металлах, который приводит к отрицанию такой возможности.

Тем не менее, результаты полученные в работе [3] показали наличие явления аномального прохождения позитронов через сравнительно толстые кристаллы кремния, которое выражается в том, что эти кристаллы являются в определенной степени прозрачными для позитронов ^{22}Na с максимальной энергией $\sim 0,54 \text{ Мэв}$. Результаты указывали и на то, что частицы прошедшие, через кристаллы кремния (толщина $0,3 - 0,6 \text{ мм}$) представляют собой атомы P_s .

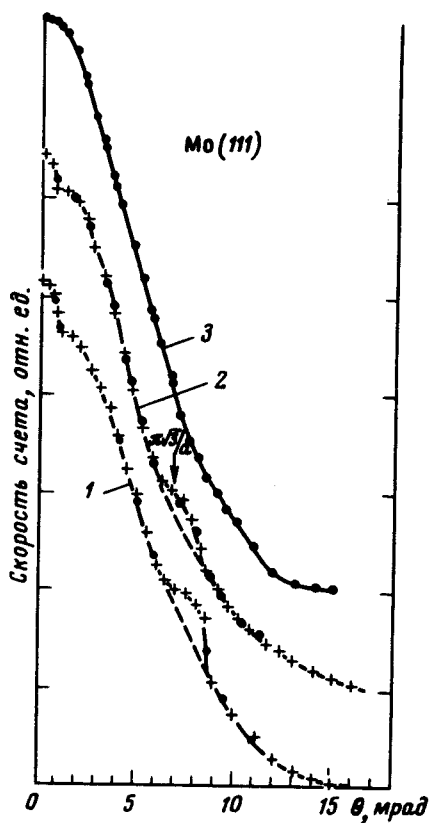
Исследования, проведенные в последнее время однозначно показали, что при определенных условиях можно наблюдать аннигиляцию позитронов из позитрониеподобных состояний, возникающих в объеме кристаллов кремния¹⁾. При низких температурах на кривых углового распределения аннигиляционных фотонов (УРАФ) наблюдается узкая компонента, свидетельствующая об аннигиляции позитронов из p - P_s состояния. Кроме p - P_s на кривых УРАФ наблюдаются и периодически повторяющиеся боковые сателлиты. Температурная зависимость скорости счета совпадений в пике кривой УРАФ — $N(\theta=0)$ характеризуется наличием последовательно расположенных максимумов и минимумов, связанных с переходом P_s из делокализованного (максимум на кривой $N(0) - T$) в локализованное состояние. В настоящей работе сообщается о результатах, полученных при исследовании взаимодействия позитронов с электронами в монокристаллах Mo при комнатной и низких температурах.

На рисунке приведены кривые УРАФ для монокристалла Mo с гранью (111) при $300,8 \text{ К}$ и $7,6 \text{ К}$. Кристалл помещался в спектрометре УА-64 с гелиевым криостатом таким образом, что Z -компонента импульсного распределения соответствовала нормали к указанной грани кристалла. Угловое разрешение составляло $0,8 \text{ мрад}$, а статистическая погрешности $\sim 1\%$.

При низких температурах на кривых УРАФ четко видна узкая компонента и боковые сателлиты. В то же время при 300 К на кривых УРАФ указанных особенностей не видно. Это свидетельствует, как и в упомянутой работе с кремнием, о том, что позитроны в кристаллах Mo обладают состояниями, зависящими от температуры. Узкая компонента при низких температурах свидетельствует об аннигиляции позитрона из парапозитрониевого состояния. Сателлитные пики наблюдаются

¹⁾ Сообщение направлено в журнал "Письма в ЖЭТФ".

в положениях, соответствующих проекциям векторов обратной решетки на направление измеряемого момента системы.



Нормализованные кривые УРАФ для монокристалла Мо при 300К(1), 81К (2) и 76К (3). Стрелкой отмечено положение сателлита, соответствующего проекции вектора обратной решетки на направление измеряемого импульса

Такая картина для металлов наблюдается здесь впервые. Приведенные факты свидетельствуют о том, что при низких температурах и в металлах можно наблюдать p - P_s в делокализованном состоянии движения его центра-массы, которое может быть описано блоховской волновой функцией. Следовательно, и в данном случае применима модель [4], основанная на неразличимости электрона в P_s и остальных электронов в кристалле. Согласно указанной модели боковые сателлиты (компоненты больших моментов) в аннигиляционном спектре возникают как результат ортогонализации волновых функций P_s и валентных электронов кристаллов. Это наблюдалось нами в металлических кристаллах Мо. Отсутствие указанных особенностей при 300К свидетельствует о том, что делокализация P_s имеет место в совершенных об-

ластях решетки только при соответствующих низких температурах. В других условиях P_s может локализоваться, например, на дефектах решетки. С другой стороны, в условиях делокализации P_s в металле, он может рассматриваться как принадлежащий кристаллу в целом, а его движение подобно движению газа квазичастиц, что соответствует квантовомеханическому туннелированию примесонов [5]. Проводятся дальнейшие эксперименты для выяснения характера движения P_s в металлах.

Институт металлофизики
Академии наук Украинской ССР

Поступила в редакцию
8 июля 1977 г.

Литература

- [1] A.Held, S.Kahana. *Canad. J.Phys.*, **42**, 1908, 1964.
 - [2] H.Kanazawa, Y.Ohtsuki, S.Yonagawa. *Phys. Rev.*, **138A**, 1155, 1965.
 - [3] И. Я. Дехтяр, Э.Г.Мадатова, В.И.Силантьев, В.Т.Адонкин. Письма в ЖЭТФ, **23**, 691, 1976.
 - [4] C.H.Hodges, McKee B.T.A., W.Triftshäuser, A.T.Stewart. *Canad. J. Phys.*, **50**, 103, 1972.
 - [5] А.Ф.Андреев. УФН, **118**, 251, 1976.
-