

РЕЛАКСАЦИЯ СПИНА МЮОНА В КРИСТАЛЛИЧЕСКОМ И АМОРФНОМ СОСТОЯНИЯХ $Cu_{10}Zr_7$

*С.Г.Барсов, А.Л.Геталов, В.Г.Гребинник, В.А.Гордеев,
И.И.Гуревич, В.А.Жуков, Б.Ф.Кириллов, А.И.Климов,
С.П.Круглов, Л.А.Кузьмин, А.Б.Лазарев, С.М.Микиртычьянц,
Б.П. Михайлов, Б.А.Никольский, А.В.Пирогов, А.Н.Пономарев,
В.И.Селиванов, В.А.Суетин, С.Н.Шилов, Г.В.Щербаков*

Показана возможность использования мюонного метода для изучения аморфных металлов. Выполненное мюонным методом исследование сплава $Cu_{10}Zr_7$ указывает на примерно одинаковую структуру ближнего порядка аморфного и кристаллического состояний этого сплава.

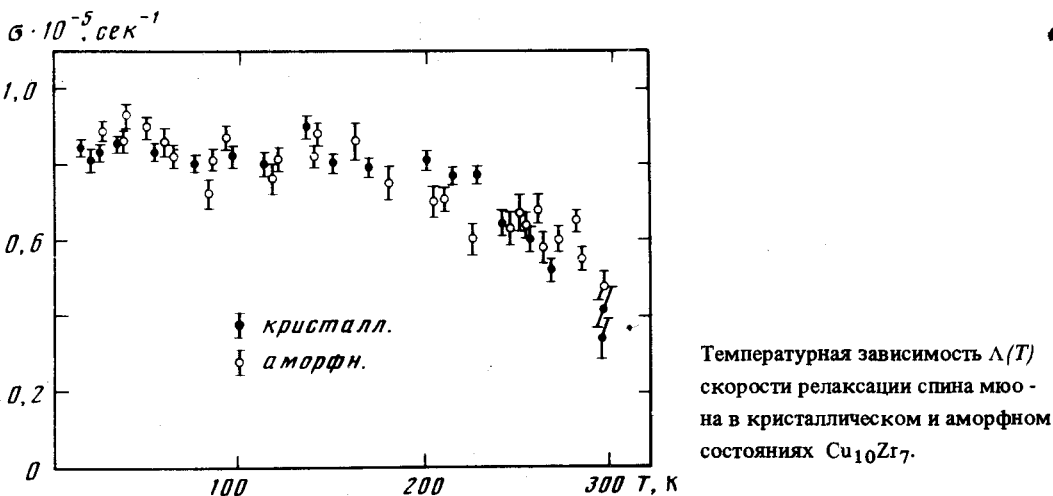
Сравнение релаксации спина положительного мюона в кристаллическом и аморфном состояниях металла позволяет получить ценную информацию об атомной структуре аморфного состояния. Экспериментально измеряемая скорость релаксации Λ в немагнитном металле определяется дипольными взаимодействиями магнитных моментов мюона и окружающих ядер. Практически величина Λ зависит только от ближайших к мюону атомов

металла, так как при дипольных взаимодействиях $\Lambda \sim 1/R^3$, где R — расстояние между мюоном и взаимодействующим ядром. Поэтому измерение Λ в кристаллическом и аморфном состояниях исследуемого металла позволяет судить о различии расположения ближайших атомов тех междоузлий, где в этих состояниях локализуется мюон. Мюонный метод существенно дополняет другие методы изучения структуры ближнего порядка аморфного состояния, такие как дифракция нейтронов и рентгеновских лучей. Измеряемое мюонным методом магнитное поле на локализованном и диффундирующем мюоне является информативной характеристикой аморфного состояния металла.

В настоящей работе мюонным методом исследовалось аморфное состояние сплава $\text{Cu}_{10}\text{Zr}_7$. В кристаллическом состоянии этот сплав представляет собой фазу, которая наряду с фазами CuZr и CuZr_2 допускает закалку в аморфное состояние. Ряд свойств аморфного состояния сплава медь-цирконий исследовались в работах ¹⁻⁴.

Для получения кристаллического образца $\text{Cu}_{10}\text{Zr}_7$ использовался метод электродуговой плавки в атмосфере аргона. Суммарное количество примесей в исходных металлах было $\sim 10^{-2}$ ат. %. Аморфная лента $\text{Cu}_{10}\text{Zr}_7$ шириной ~ 5 мм и толщиной ~ 20 мкм была получена при закалке расплава на вращающийся медный цилиндр в атмосфере гелия.

Аморфность полученного таким образом металла была проверена методом дифракции рентгеновских лучей. Образцы имели форму дисков толщиной ~ 5 мм и диаметром 60 мм. Аморфный образец был выполнен из ленты в виде плотно скрученной спирали общим весом 300 г. Направление внешнего магнитного поля $B = 100$ Э было параллельно плоскости диска и перпендикулярно к направлению поляризации мюонов. Эксперимент проводился на поляризованном мюонном пучке синхроциклотрона ЛИЯФ в Гатчине.



Скорость релаксации Λ в кристаллическом и аморфном состояниях сплава $\text{Cu}_{10}\text{Zr}_7$ измерялась в предположении гауссовской зависимости $P(t) = e^{-\Lambda^2 t^2}$ поляризации мюонов от времени. Полученные таким образом температурные зависимости $\Lambda(T)$ приведены на рисунке. Из рисунка видно, что с точностью до ошибок эксперимента величины Λ для кристаллического и аморфного состояний $\text{Cu}_{10}\text{Zr}_7$ совпадают во всем исследованном интервале температур. Наблюдаемое для кристаллического и аморфного состояний уменьшение Λ с возрастанием температуры связано с увеличением скорости диффузии мюонов при повышении температуры.

Совпадение величин Λ в широком интервале температур означает, что ядерные магнитные поля на мюоне, т. е. в междоузлиях кристаллического и аморфного состояний одинаковы. Одинаковыми являются и скорости диффузии мюонов. Эти закономерности естественно объясняются, если предположить, что аморфный сплав $\text{Cu}_{10}\text{Zr}_7$ состоит из класте-

ров, атомная структура которых мало отличается от структуры кристаллического состояния. Предполагается, что размер кластера не превышает нескольких кристаллических ячеек. Диффундирующий в таком кластере мюон за наблюдаемое время не выйдет за пределы кластера и характеризующая его диффузию величина Λ останется той же, что и в кристаллическом образце.

Следует, однако, иметь в виду сложность кристаллической структуры сплава $\text{Cu}_{10}\text{Zr}_7$, элементарная ячейка которого содержит 68 атомов и большое количество междоузлий различной симметрии. Может случайно оказаться, что величина Λ для локализованного и диффундирующего мюона в этом кристалле примерно такие же, как и в аморфном состоянии с хаотическим расположением атомов. Для получения более детальной информации о структуре ближнего порядка аморфного состояния $\text{Cu}_{10}\text{Zr}_7$ следует увеличить точность определения величин Λ для кристаллического и аморфного состояний и сравнить эти величины в возможно более широком интервале температур.

В любом случае, показанное на рис. 1 совпадение величин Λ для кристаллического и аморфного состояний $\text{Cu}_{10}\text{Zr}_7$ указывает на примерно одинаковую структуру ближнего порядка в этих состояниях. В этой связи представляет интерес работа ⁴, в которой было найдено, что теплоемкости кристаллического и аморфного сплавов $\text{Cu}_{10}\text{Zr}_7$ совпадают в интервале температур $T = 0,3 - 10\text{K}$, в то время как для пяти медь-циркониевых сплавов другого состава эти теплоемкости резко различны.

Авторы благодарны О.И.Сумбаеву и А.А.Воробьеву за содействие и поддержку этой работы, М.Т.Березову, А.Ф.Бурцеву, А.Н.Заикаеву, Ю.А.Скакову, В.Г.Ольшевскому, В.Н.Душнову за помощь в работе, В.Г.Ваксу за полезные обсуждения.

Литература

1. Kudo T., Mizoguchi T., Watanabe N., Nilmura N., Misawa M., Suzuki K. J. Phys. Soc. Japan, 1978, 45, 1773.
2. Chen H.S., Waseda Y. Phys. Stat. So. . . (a), 1979, 51, 593.
3. Kubler J. Bennemann K.H., Lapka R., Rösel F., Olehafen P., Guntherödt H.-J. Phys. Rev. B, 1981, 23, 5176.
4. Garoche P., Bigot J. Phys. Rev. B, 1983, 28, 6886.

Институт ядерной физики
им. Б.П.Константинова
Академии наук СССР

Институт атомной энергии
им. И.В.Курчатова

Объединенный институт ядерных исследований

Поступила в редакцию
10 июля 1985г.