

## ВЛИЯНИЕ ГИДРОСТАТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ НА СКОРОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКА В $V$ , $ZrV_2$ И $Ta_{33}Va_{67}$ ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

В.М.Добрянский., В.Ф.Малишевский., Е.Л. Магер  
Белорусский Государственный аграрный технический университет  
З.В.Межевич  
Белорусский Государственный медицинский университет

Интерметаллическое соединение типа фазы Лавеса  $ZrV_2$  в последнее время привлекает внимание не только высокими сверхпроводящими свойствами, но и аномалиями в температурных зависимостях некоторых его физических параметров. В литературе имеется большой разброс в данных о температуре перехода этого соединения в сверхпроводящее состояние ( $T_c = 7 - 8,9$  К). В частности, в отмечено, что поскольку  $ZrV_2$  образуется из фаз, сильно различающихся по составу, то получить однофазный сплав можно только в результате длительной термообработки, для однофазного соединения приводится  $T_c = 8$  К.

Существующие аномалии в области 90-130 К в температурных зависимостях некоторых свойств  $ZrV_2$  объясняются структурным переходом мартенситного типа. Однако о температуре фазового перехода, кристаллической структуре низкотемпературной фазы до недавнего времени существовали противоречивые сведения. Согласно низкотемпературным рентгенодифракционным данным, с понижением температуры решетка остается кубической типа C15, по рентгенодифракционным исследованиям – она переходит в орторомбическую, а по данным нейтрондифракционного анализа – в ромбоэдрическую. Последние результаты недавно подтверждены рентгенографическими исследованиями. Поэтому представляет интерес исследование решеточной неустойчивости  $ZrV_2$ .

В работе исследованы: монокристаллический ванадий, его двойное сверхпроводящие соединения  $ZrV_2$  и твердый раствор  $Ta_{33}Va_{67}$ . Интерес к изучению чистого ванадия во многом определен наличием аномалий на температурных зависимостях ряда физических свойств, а также потому что он является классическим сверхпроводником с  $T_c=5.3$ К. Двойные соединения  $ZrV_2$  представляют собой фазу Лавеса со структурой C-15 (кубическая фаза типа  $MgCu_2$ ).  $ZrV_2$  – соединения стехиометрического состава с  $T_c = 8,8$ К – это одна из самых высоких  $T_c$ , данного класса сверхпроводников. Твердый раствор  $Ta_{33}Va_{67}$  обладает температурой перехода в сверхпроводящее состояние около 3,2К. У двойных соединений типа  $ZrV_2$ ,  $HfV_2$  обнаружен эффект потери устойчивости кристаллической решетки типа при температурах, значительно превышающих критические температуры перехода в сверхпроводящее состояние  $T_c$ . Это открывает возможности для изучения взаимосвязи обоих явлений, а именно: структурной нестабильности и сверхпроводимости.

В работе исследованы упругие свойства указанных материалов при низких температурах 4.2К и высоких гидростатических давлениях до 1ГПа. Упругие свойства универсальны в том отношении, что они позволяют зафиксировать фазовые переходы любой природы.

Представляло интерес исследовать упругие характеристики при низких температурах и высоких давлениях монокристаллического ванадия и его соединения  $ZrV_2$ , которые обнаруживают эффект потери устойчивости кристаллической решетки и твердого раствора  $Ta_{33}V_{67}$ . Проведенные исследования могут позволить в некоторой степени приблизить решение вопроса о существовании корреляции между решеточной неустойчивостью и высокой температурой сверхпроводящего перехода.

Одним из наиболее ярких проявлений решеточной неустойчивости является смягчение модулей упругости при понижении температуры, которое начинается задолго до температуры структурного превращения.

В монокристаллическом ванадии проведены исследования скоростей распространения ультразвука при одновременном воздействии низких температур и высоких давлений до 1 ГПа. Скорости ультразвуковых колебаний в исследуемых материалах определялись эхоимпульсным высокочастотным методом. По температурным зависимостям скоростей распространения продольных и поперечных ультразвуковых волн, рассчитаны упругие модули. Изучение упругих характеристик монокристаллического ванадия в сочетании с измерениями его электросопротивления при низких температурах и высоких давлениях позволяет более полно судить о фазовом превращении. Установлено, что под воздействием гидростатического давления до 0.8 ГПа в температурном интервале 4,2–350 К, характерный излом в температурном ходе электросопротивления смещается в область более низких температур. Наблюдаемое понижение скорости поперечной ультразвуковой волны под давлением в этом диапазоне температур, указывает на понижение симметрии ОЦК решетки.

На температурных зависимостях скоростей распространения продольных и поперечных ультразвуковых волн для  $ZrV_2$  обнаружен характерный излом при температуре 123 К. Зависимость скорости распространения как продольной так и поперечной ультразвуковых волн от температуры имеет аномальный характер. При охлаждении от комнатной температуры до температуры 123 К скорости продольной и поперечной волн при нормальном давлении уменьшаются с понижением температуры, а при дальнейшем охлаждении ниже температуры 123 К – начинают резко возрастать. Поглощение поперечной ультразвуковой волны в области этой температуры так же аномально велико.

Исследование влияния гидростатического давления до 1 ГПа на скорости распространения и затухания ультразвука в  $ZrV_2$ , испытывающем структурное превращение показало, что гидростатическое давление увеличивает скорость распространения продольных ультразвуковых волн, как выше и ниже температуры структурного превращения  $T_M$ . Скорость поперечной волны ниже  $T_M$  практически не изменяется. Увеличение давления смещает температуру структурного превращения в область более низких температур. Повышение гидростатического давления до 0.85 ГПа смещает температуру структурного превращения на  $\Delta T_M = 37$  К в сторону низких температур. Таким же образом воздействует давление и на положение температурного максимума поглощения ультразвука. Полученные результаты свидетельствуют о том, что гидростатическое давление существенно влияет на скорости распространения и затухания ультразвука в соединении  $ZrV_2$ . Установленные закономерности позволяют утверждать о том, что соединение  $ZrV_2$ , испытывает при  $T_M = 123$  К структурное превращение задолго до сверхпроводящего перехода  $T_C = 8.8$  К.

Для  $Ta_{33}V_{67}$  никаких особенностей в температурной зависимости скорости распространения ультразвука не обнаружено. Соединение показывает обычное для металлов усиление жесткости решетки с охлаждением.