

ОСЦИЛЛЯЦИИ СКОРОСТИ УЛЬТРАЗВУКА ПРИ НАГРЕВЕ В ЖИДКОМ ГАЛЛИИ

В.М. Глазов, С.Г. Ким

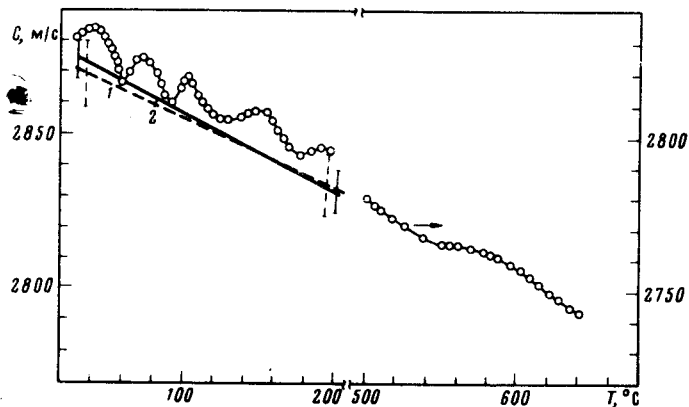
Высокочувствительными измерениями выявлены осцилляции скорости ультразвука по температуре в жидком галлии. Обнаруженное явление трактуется как „эффект осцилляции сжимаемости” и связывается с характером взаимодействия между микрообластями с частично сохранившейся структурой кристалла и средой.

По методике, описанной в ¹, было предпринято исследование температурной зависимости скорости распространения ультразвука в жидком галлии. Измерения проводились в атмосфере спектрально чистого аргона. Образцы галлия чистотой не хуже 99,999 % Ga отбирались и загружались в ячейку с соблюдением мер предосторожностей, исключающих их окисление. Ячейка и звукопроводы были изготовлены из плавленого кварца. В ходе исследования были отмечены регулярные осциллирующие аномалии в температурной зависимости скорости ультразвука.

Поскольку предмет исследования достаточно тонкое проявление свойств объекта, в данном случае сжимаемости и теплового расширения, в методике эксперимента основное внимание уделялось повышению чувствительности. Модернизацией тепловой части установки, обеспечившей максимальную жесткость конструкции, специальной методикой фиксирования фазы ультразвуковой волны и получением устойчивого акустического контакта при помощи хорошо „просветляющих” слоев борного ангидрида мы достигли чувствительности измерения не хуже 1 м/с. Погрешность, обусловленная дифракционными явлениями, доводилась до пренебрежимой величины выбором достаточной акустической базы (около 20 мм). Средняя величина абсолютной случайной погрешности двадцати измерений при фиксированной температуре составляла $\pm 1,5$ м/с.

Проведенные эксперименты с разными образцами, причем подвергнутыми различной степени тепловой обработки, заключавшейся в циклических нагревах и охлаждениях, отчетливо выявили осцилляции скорости ультразвука по температуре. Амплитуда осцилляций достигала 8 м/с в начале температурного интервала исследования и 3 м/с — в конце. Конечная, по совокупности двадцати экспериментов, кривая температурной зависимости скорости ультразвука в жидком галлии представлена на рисунке. Для сравнения пунктирной и сплошной прямыми показаны данные ^{2, 3}. Вертикальными линиями отмечены интервалы погрешностей указанных работ. Из рисунка видно, что наблюдавшиеся нами осцилляции могли быть отнесены другими исследователями на счет погрешностей измерений из-за недостаточной чувствительности использованных ими методик.

При гидродинамическом подходе скорость распределения упругих волн в жидкой среде зависит от сжимаемости и плотности последней. Поскольку кривая температурной зависимости плотности жидкого галлия осциллирующих аномалий не имеет и кроме того, спад скорости ультразвука при нагревании согласно гидродинамическому соотношению $C = (\beta \rho)^{0,5}$, где ρ — плотность, β — сжимаемость, противоречит наблюдаемому изменению плотности, то можно предполагать, что осцилляции скорости ультразвука обусловлены осцилляциями сжимаемости. Поэтому обнаруженное явление имеет смысл называть „эффектом осцилляции сжимаемости”. Причина явления, очевидно, заложена в структуре жидкого галлия, и обусловлена особенностями взаимодействия составляющих структуры. Расплавы полуметаллов и полупроводников характеризуются наличием микрообластей с частично сохранившейся структурой кристаллов. Существование твердоподобных микрообластей при сравнительно небольших перегревах после плавления независимо подтверждаются экспериментами по внутреннему трению, эффекту Холла, акустике ультракоротких упругих волн и тепловому расширению ⁴.



Температурная зависимость скорости ультразвука в жидком галлии. Кружки – экспериментальные данные, полученные в настоящей работе. (Диаметр кружков соответствует интервалу абсолютной погрешности.) Прямые 1 и 2 – данные работ ² и ³ соответственно

Непосредственно по жидкому галлию существование твердоподобных микрообластей в расплаве и при существенных перегревах подтверждается прямыми дифракционными исследованиями ^{5,6}. При нагревании расплава галлия происходит растворение твердоподобных микрообластей. Однако по-видимому, полностью они не уничтожаются, а одновременно с растворением претерпевают превращения, приводящие к термически более устойчивым формам. По всей вероятности, именно растворение и превращения во все более высокотемпературные формы твердоподобных микрообластей и проявляются в эффекте осцилляции сжимаемости.

Авторы выражают благодарность В.И.Тимошенко и А.В.Шишкину за полезную дискуссию.

Литература

1. Глазов В.М., Ким С.Г. ФТП, 1981, 15, 2267.
2. Гитис М.Б., Михайлов И.Г. Акуст. ж., 1966, 12, 17.
3. Конюченко Г.В. Изв. высш. уч. зав., серия Физика, 1969, № 10, 151.
4. Регель А.Р., Глазов В.М. Закономерности формирования структуры электронных расплавов, 1982, М.
5. Романова А.В., Мельник В.А. Изв. АН СССР, Металлы, 1969, № 4, 76.
6. Bisid A. J. de Chim. Phys., 1980, 77, 779.