

ЗАТУХАНИЕ ЗВУКА,
СВЯЗАННОЕ С РАСПАДОМ КОГЕРЕНТНЫХ
КОНЦЕНТРАЦИОННЫХ ВОЛН
В РАСТВОРЕ НИОБИЙ — ВОДОРОД

*В.А.Мелик-Шахназаров, И.А.Наскидашвили,
Н.Л.Арабаджян*

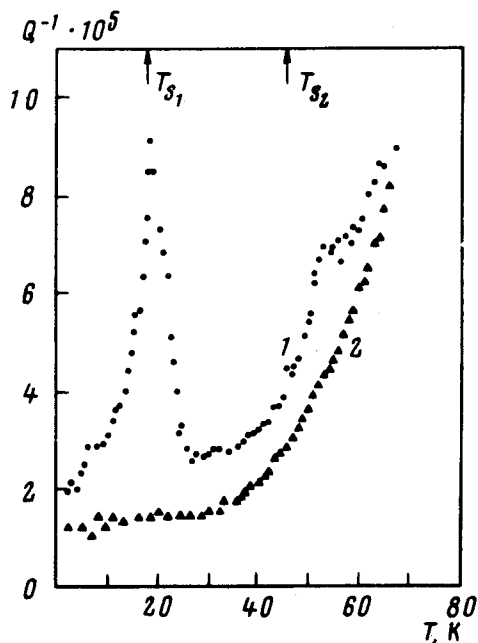
Обнаружены максимумы затухания низкочастотного (~ 1 кГц) звука вблизи точек потери устойчивости твердого раствора $\text{NbH}_{0,04}$ относительно образования концентрационных волн. Получена оценка коэффициента диффузии водорода $D \gtrsim 10^{-11}$ см²/сек для $T \sim 20$ К. Это значение, несмотря на высокую концентрацию водорода, на три — пять порядков выше определенных другими способами.

В [1] впервые было показано, что при определенных условиях распад твердых растворов происходит путем образования периодических модулированных структур. Подробно это явление, оказавшееся достаточно широко распространенным, было исследовано в ряде работ (см. монографию [2]). Специфика распада твердых растворов металл — во-

дород [3, 4] заключается в образовании плоских концентрационных волн двух типов, макроскопических, с длиной волны λ порядка размера образца d , и микроскопических с $\lambda \ll d$.

В [5] методом рассеяния холодных нейтронов были определены границы устойчивости коротковолновых концентрационных волн в растворе Nb — H. Оказалось, что для концентраций водорода в растворе $c_H < 0,18$ двум различным ориентациям волнового вектора $\vec{\kappa}$: $\vec{\kappa} \parallel [110]$ и $\vec{\kappa} \parallel [111]$ соответствуют две спинодали, лежащие при $T < 80$ K.

В данной работе измерялось затухание низкочастотного (~ 1 кГц) звука в твердом растворе NbH_{0,04} в температурном интервале 1,5 — 80 K, включающем температуры спинодалей T_{s_1} и T_{s_2} для использованного состава. Образцы представляли собой пластинки² размерами $10 \times 3 \times 0,3$ мм³, в которых возбуждалась поперечная четвертьволновая мода колебаний. Измерения проводились с помощью акустического спектрометра, работающего в регенеративном режиме [6]. Использовался поликристаллический ниобий зонной плавки; насыщение образца водородом производилось при $T \approx 850$ K в кварцевой ампуле, заполненной чистым газом, полученным путем термического разложения гидрида.



Температурная зависимость затухания звука (в единицах обратной добротности акустического вибратора Q^{-1}) представлена на рисунке (кривая 1). На кривой наблюдается максимум затухания при $T \approx 18$ K, а также максимум при $T \approx 55$ K, замаскированный фоновым затуханием. В качестве фоновой на рисунке представлена кривая 2, полученная при значительно меньшем содержании водорода в растворе ($c_H \approx 0,005$).

На рисунке стрелками указаны температуры спинодалей T_{s_1} и T_{s_2} для твердого раствора NbH_{0,04} согласно [5]. Видно, что температурное положение обнаруженных максимумов соответствует величинам T_{s_1} и T_{s_2} . Это позволяет заключить, что наблюдаемые максимумы

поглощения связаны с потерей устойчивости концентрационных волн, поляризованных в направлениях [110] и [111].

Поскольку вблизи температуры когерентной спинодали T_s и температуры фазового перехода второго рода с термодинамической точки зрения системы аналогичны, для описания затухания звука вблизи от T_s могут быть использованы соотношения, полученные впервые в [7] применительно к λ -точке в He^4 (и, как оказалось, справедливые для фазовых переходов второго рода в твердых телах). В рамках теории самосогласованного поля [7] релаксационное поглощение звука определяется выражением:

$$\delta \sim \omega\tau / (1 + \omega^2\tau^2) \quad (1)$$

$$\tau \sim (T_c - T)^{-1}.$$

Здесь δ — логарифмический декремент затухания, ω — частота колебаний образца, T_c — температура фазового перехода, τ — время релаксации параметра порядка. Вблизи от температуры спинодали затухание звука также как при фазовых переходах второго рода вызывается "критическим замедлением" — время релаксации в данном случае определяется следующим выражением [8]:

$$\tau \approx \frac{\lambda^2}{\pi^2 D} \frac{T_s}{T_s - T} \quad (2)$$

Здесь λ — длина концентрационной волны, D — коэффициент диффузии водорода.

Отметим, что в данных экспериментах, по-видимому, впервые температура спинодали получена непосредственно, а не экстраполяцией из области однородного раствора.

Наблюдение максимумов поглощения звука вблизи T_{s_1} и T_{s_2} , являющихся точками потери устойчивости плоских концентрационных волн, позволило получить граничную оценку коэффициента диффузии водорода для $T \sim 20$ К. Поскольку в максимуме затухания звука $\tau \sim 1/\omega$, при $T \ll T_s$ из (2) следует $D \gtrsim \omega\lambda^2/\pi^2$. Подставив $\omega \sim 10^4$ сек $^{-1}$ и $\lambda \sim 10$ Å, получаем оценку

$$D \gtrsim 10^{-11} \text{ см}^2/\text{сек}$$

Это значение коэффициента диффузии оказалось неожиданно большим в сравнении с известными данными. Так, для слабых растворов Н в Nb коэффициент диффузии, определенный по переориентации связанных пар О — Н [9] при $T \sim 40$ К равен $\sim 10^{-16}$ см 2 /сек, а по скорости выпадения водорода из пересыщенного раствора при $T \sim 34$ К $\sim 10^{-14}$ см 2 /сек [10].

В заключение следует подчеркнуть следующее важное обстоятельство. Несмотря на то, что в наших экспериментах количество водорода в растворе было значительно больше, чем в [9, 10], полученное значе-

ние D намного выше, хотя, с другой стороны, известно [11, 12], что с ростом концентрации частиц коэффициент подбарьерной диффузии должен уменьшаться.

Институт физики
Академии наук Грузинской ССР

Поступила в редакцию
15 июля 1981 г.

Литература

- [1] *Sahn J.W., Hillard J.E.* J. Chem. Phys., 1959, 31, 688.
 - [2] *Хачатурян А.Г.* Теория фазовых превращений и структура твердых растворов. М.: Наука, 1974.
 - [3] *Wagner H., Horner H.* Adv. Phys., 1974, 23, 587.
 - [4] *Bausch R., Horner H., Wagner H.* J. Phys. 1975, C8, 2559.
 - [5] *Konrad H., Bauer G., Alefeld G., Springer T., Schmatz W.* Z. Phys., 1974, 266, 259.
 - [6] *Мелик-Шахназаров В.А., Наскидашвили И.А.* ПТЭ, 1967, №1, 181.
 - [7] *Ландау Л.Д., Халатников И.М.* ДАН СССР, 1954, 96, 469.
 - [8] *Janssen H.-K.* Z. Phys., 1976, B23, 245.
 - [9] *Chen C.G., Birnbaum H.K.* Phys. stat. sol., 1976, A36, 687.
 - [10] *Engelhard J.* J. Phys., 1979, F9, 2217.
 - [11] *Андреев А.Ф.* УФН, 1976, 118, 251.
 - [12] *Калан Ю., Максимов Л.А.* ЖЭТФ, 1973, 65, 622.
-