

ЭФФЕКТ МЕССБАУЭРА В ТЕЛЛУРЕ ПРИ ДАВЛЕНИИ ДО 100 кбар

И.В. Берман, Н.Б. Брандт, Р.Н. Кузьмин, А.А. Опаленко, С.С. Слободчиков

Изучение влияния высоких давлений p на параметры мессбауэровского спектра – вероятность резонансного поглощения (испускания) γ -квантов ядрами в кристаллах f , изомерный сдвиг, величину сверхтонкого расщепления – может дать дополнительную информацию об электронной структуре твердого тела и о природе фазовых переходов.

Исследование теллура под давлением представляет интерес в связи с тем, что он, являясь полупроводником при нормальных условиях, при повышении давления становится металлом.

На рис. 1 представлена фазовая $p - T$ -диаграмма теллура, построенная на основе работ [1–5]. Первый фазовый переход происходит при давлении 15–20 кбар, при этом цепочечная структура теллура A8 переходит в слоистую ромбоэдрическую структуру типа A7 (структура мышьяка). Переход TeII-TeIII наблюдается при 45 кбар, при этом теллур становится металлом, однако структура фазы TeIII не установлена.

Некоторыми авторами отмечается переход TeIII-TeIV при 70 кбар и комнатной температуре [1, 5], но рентгеноструктурный анализ Te, проведенный в работе [4] до давления 90 кбар, ставит существование этой фазы под сомнение.

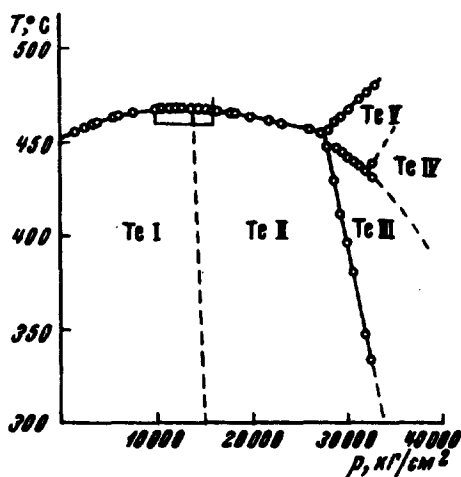


Рис. 1. Фазовая диаграмма теллура в зависимости от температуры и давления

В нашем опыте давлению подвергался источник — теллур, содержащий радиоактивный изотоп Te^{125m} . Резонансным поглотителем γ -квантов с энергией 35,6 кэв служило соединение MgTeO_4 , теллур был обогащен изотопом Te^{125} до 88%. Поглотитель приводился в равноускоренное движение с помощью электродинамического вибратора. Система регистрации γ -квантов состояла из пропорционального счетчика СИ-6Р и многоканального анализатора, работающего во временном режиме.

Давление создавалось в камере высокого давления между плоскостями наковален Бриджмена из цементированного карбида вольфрама, сжимаемыми механическим прессом [6]. Исследуемый образец, спрессованный в виде таблетки диаметром 0,85 мм и высотой 0,1 мм, помещался внутри охранного кольца из аморфного бора с внешним диаметром 2 мм, внутренним — 0,85 мм, высотой — 0,1 мм.

Сжатие производилось при комнатной температуре, после чего пресс помещался в дьюар с жидким азотом.

Поскольку электронное ослабление γ -лучей с энергией 35,6 кэв в материале теллура таково, что регистрируются только γ -кванты из внешнего кольца таблетки глубиной $\leq 0,1$ мм, давление определялось

для этого участка образца. Измерение давления производилось по градуировочной кривой, опирающейся на известные реперные точки фазовых переходов Te (45 кбар) [1] и Fe (130 кбар) [7].

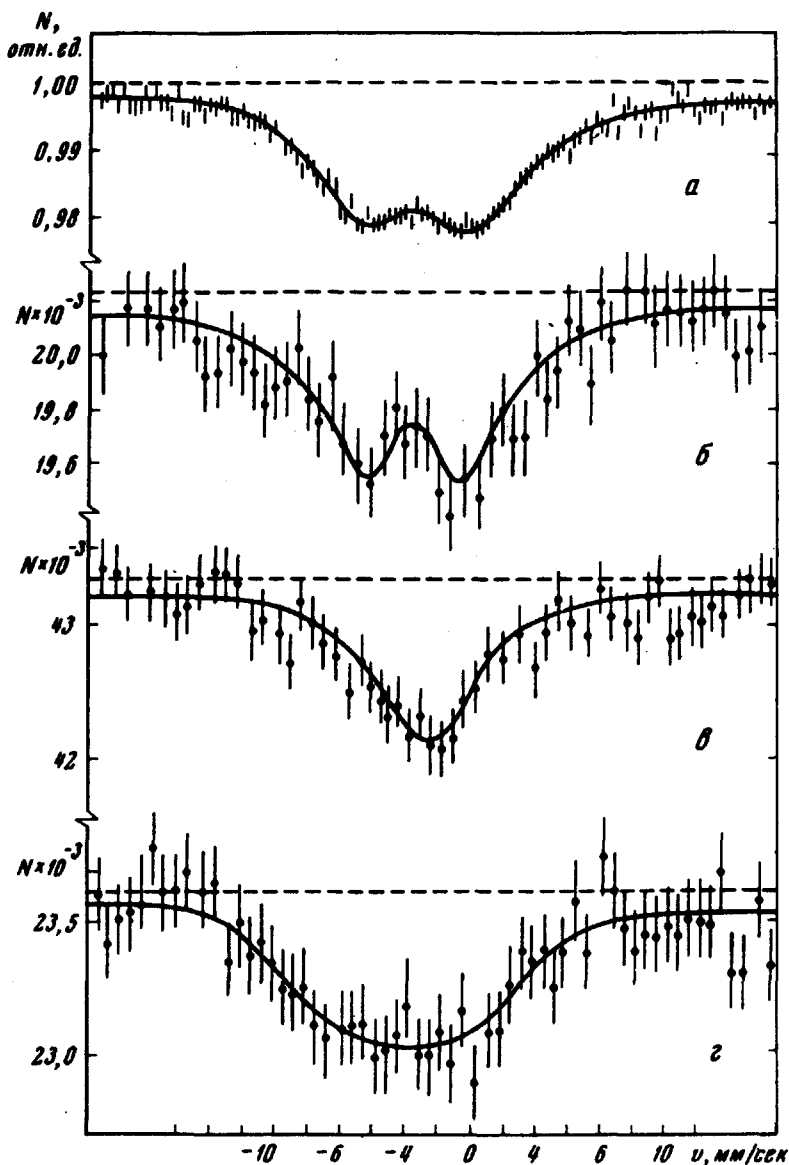


Рис. 2. Мессбауэровские спектры теллура под давлением: а) — $p = 0$ кбар, б) — $p = 60 \pm 10$ кбар, в) — $p = 60 \pm 10$ кбар, г) — $p = 90 \pm 10$ кбар

Накопление статистических данных каждого значения p осуществлялось непрерывно в течение 10–15 суток. В результате были получены мессбауэровские спектры теллура при давлениях 0 ; 35 ± 10 ; 60 ± 10 и

90 ± 10 кбар. Спектры приведены на рис. 2, параметры спектров сведены в таблицу.

№№	Фаза Те	Давление <i>p</i> , кбар	Величина изомерного сдвига относит. TeI, мм/сек	Полуши- рина, мм/сек	Величина квадрупольного расщепления мм/сек
1.	TeI	0	0	15	7,5
2.	TeII	35 ± 10	0 ± 0,5	13	7,5
3.	TeIII	60 ± 10	0,7 ± 0,5	8	0
4.	TeIV	90 ± 10	0 ± 0,5	14	7,5

Прежде всего следует отметить незначительное в пределах ошибки эксперимента изменение вероятности от давления. По-видимому, это можно объяснить малой сжимаемостью теллура [8]. Величина f для Те при 80°K и $p = 0$ определена нами равной $0,18 \pm 0,03$, используя метод площадей и известные значения f для источников $Sb^{125}(Cu)$, $Sb^{125}(Pd)$ [9].

Наиболее чувствительной к изменению давления оказалась форма спектра резонансного поглощения. В области до 45 кбар наблюдается квадрупольное расщепление спектра на две компоненты (рис. 2, а и б). Величина расщепления одинакова для TeI и TeII. Согласно [5], в новой структуре сохраняется связь ковалентного типа. Асимметрию пиков квадрупольного расщепления вследствие эффекта Карягина [10] можно оценить только для $p = 0$. Отношение интенсивностей компонент равно 1,05 : 1 что совпадает с нашими измерениями для теллура в качестве поглотителя [11].

При давлении 60 ± 10 кбар наблюдается нерасщепленная одиночная линия (рис. 2, в), которая с учетом толщины поглотителя отвечает естественной ширине линии испускания для TeIII, что свидетельствует о сферической симметрии распределения электрического заряда вокруг ядра Te^{125} . Это дает основание предполагать, что металлическая фаза TeIII, возникающая при $p = 45$ кбар, обладает, по-видимому, кубической симметрией. Предшествующая по давлению структура типа A7 является лишь небольшим отклонением от примитивного куба, высокое давление снимает искажение структуры A7, и она, возможно, переходит в кубическую примитивную ячейку.

Этот вывод согласуется с предположением, сделанным в обзоре [12] на основе рассмотрения известных p - T диаграмм различных веществ.

При дальнейшем увеличении давления до 90 кбар ширина мессбауэровского спектра растет, что, возможно, обусловлено появлением квадрупольного расщепления (рис. 2, *). Такое изменение формы спектра, очевидно, связано с перестройкой кристаллической структуры теллура при переходе Te III - Te IV, впервые обнаруженном Бриджменом [1].

Физический факультет

Московского государственного
университета

Поступила в редакцию
10 сентября 1969 г.

Литература

- [1] P.W.Bridgman. Proc. Amer. Acad. Arts Sci., 74, 425, 1942.
 - [2] I. Vardeen. Phys. Rev., 75, 1777, 1949.
 - [3] P.W.Bridgman. Proc. Amer. Acad Arts Sci., 81, 233, 1952.
 - [4] С.С.Кабалкина, Л.Ф.Верещагин, Б.М.Шуленин. ЖЭТФ, 45, 2073, 1963.
 - [5] С.М.Стишов, Н.А.Тихомирова. ЖЭТФ, 49, 619, 1965.
 - [6] Н.В.Брандт, Н.И.Гинзбург. ФТТ, 3, 3461, 1961.
 - [7] Современная техника сверхвысоких давлений Сб. статей Изд. Мир, М., 1964.
 - [8] R.V.Hanks. Phys. Rev., 124, 1319, 1961.
 - [9] Р.Н.Кузьмин, А.А.Опаленко, В.С.Шпинель. Письма в ЖЭТФ, 8, 455, 1968.
 - [10] С.В.Карягин, ДАН СССР, 148, 1102, 1963.
 - [11] Р.Н.Кузьмин, А.А.Опаленко, В.С.Шпинель, И.А.Авенариус. ЖЭТФ, 56, 167, 1969.
 - [12] В.В.Евдокимова. УФН, 88, 93, 1966.
-