

НАБЛЮДЕНИЕ "ТОНКОЙ СТРУКТУРЫ" МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ  
ИЗОМЕРНОГО СДВИГА

Н.Н. Делягин, В.И. Нестеров

Обнаружено, что температурная зависимость сдвига мессбауэровской резонансной линии для примесных атомов  $^{119}\text{Sn}$  в сплавах на основе Ni в окрестности температуры Кюри имеет сложную структуру, состоящую из узких максимумов и минимумов.

Престон, Ханна и Эберль [1], исследуя температурную зависимость сдвига резонансной линии в мессбауэровском спектре металлического железа, обнаружили, что при температуре Кюри изомерный сдвиг линии испытывает скачкообразное изменение. Престон [2] детально исследовал это явление и показал, что резкое изменение сдвига происходит в узком диапазоне температур, не превышающем  $0,3^\circ$ . В работах [3] эти данные были интерпретированы как результат изменения электронных волновых функций под влиянием обменного взаимодействия. Эта интерпретация, однако, не объясняет резкого скачка электронной плотности в точке Кюри, который выглядит противоречащим представлениям о магнитном переходе как о фазовом переходе второго рода [2]. К сожалению, металлическое железо до настоящего времени оставалось единственным примером подробного исследования этого нетривиального явления.

Мы предприняли исследование температурной зависимости изомерного сдвига в окрестности температуры Кюри ( $T_c$ ), используя эффект Мессбауэра на примесных атомах  $^{119}\text{Sn}$  в металлических ферромагнетиках. Неожиданно было обнаружено, что эта зависимость имеет сложную структуру, состоящую из минимумов и максимумов, ширина которых меняется от нескольких десятых градуса до  $0,1^\circ$  (или менее). Такой результат получен нами для ряда сплавов на основе Ni (в том числе и для примесных атомов Sn в чистом Ni). Качественно поведение изомерного сдвига для  $^{119}\text{Sn}$  в чистом Ni и в сплавах аналогично. Ниже представлены основные результаты для  $^{119}\text{Sn}$  (0,5 ат.%) в сплаве Ni + 6 ат.% Cr, который исследован нами наиболее подробно.

Образцы были получены сплавлением компонент (чистота не хуже 99,95%) в вакууме с последующей гомогенизацией при  $1000^\circ\text{C}$  в течение 24 час. Температура Кюри сплава ( $T_c \approx 335^\circ\text{K}$ ) была определена из температурной зависимости сверхтонкого магнитного поля. Измерения проведены в диапазоне температур  $309 - 350^\circ\text{K}$  на спектрометре постоянного ускорения с многоканальным анализатором NTA-512 при цене одного канала  $0,031 \text{ мк/сек}$ . В двух половинах памяти анализатора одновременно измерялись два спектра и результаты этих двух измерений усреднялись. Стабильность температуры была равна  $0,05^\circ$ , градиент температуры по образцу не превышал  $0,1^\circ$ . Сдвиг определялся расчетом "центра тяжести" линии. Статистическая погрешность была пренебрежима и ошибка измерений определялась, в основном, стабильностью

спектрометра. Стабильность контролировалась регулярными измерениями сдвига для "стандартного" поглотителя (0,5 ат.% Sn в матрице Pd) при комнатной температуре. В течение длительных промежутков времени (несколько месяцев) изменения положения линии для "стандартного" поглотителя, как правило, не превышали 0,1 канала. Учитывая, что сдвиг определялся относительно "стандарта" усреднением данных для двух спектров, мы полагаем, что среднеквадратичное отклонение для каждой точки не превышает 0,1 канала, что соответствует  $3 \cdot 10^{-3}$  мм/сек. В некоторых температурных интервалах были проведены повторные измерения с интервалом между измерениями до 6 месяцев; результаты таких измерений хорошо согласовывались друг с другом.

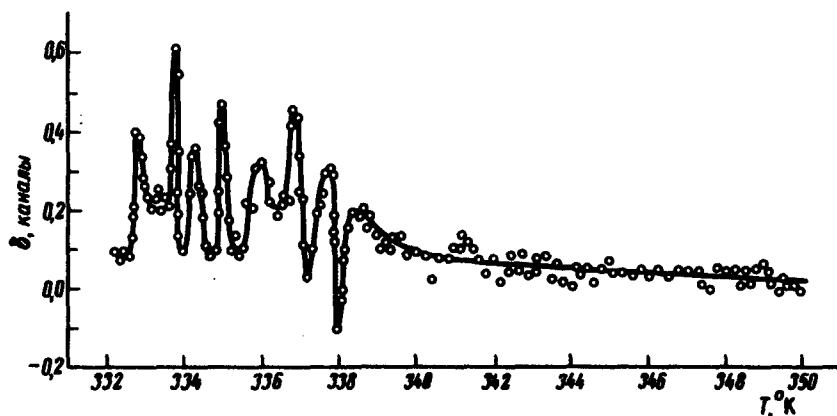


Рис. 1. Температурная зависимость сдвига  $\delta$  резонансной линии в диапазоне температур 332 – 350°K. Сдвиг определен относительно "стандартного" поглотителя (0,5 ат.% Sn в Pd при комнатной температуре). Один канал соответствует 0,031 мм/сек

На рис. 1 представлена часть полученных данных (для диапазона температур 332 – 350°K). Видно, что в области температур ниже 339°K сдвиг линии испытывает резкие изменения, имеющие вид узких минимумов и максимумов. Аналогичный характер температурная зависимость сдвига имела место и при более низких температурах, однако с удалением от  $T_c$  максимумы и минимумы становятся более редкими. В качестве примера на рис. 2 показаны результаты измерений для интервала 309 – 318°K. Некоторые из пиков (например, максимум при температуре 333,75°K) имеют ширину порядка 0,1°. Возможно, фактические ширины некоторых пиков еще меньше, однако точность измерений была ограничена достигнутой в данном эксперименте стабильностью температуры. По этой же причине нельзя исключить, что не были замечены особенности, ширины которых существенно меньше 0,1°. Резких изменений площади резонансной линии или ее ширины обнаружено не было.

Поскольку полученные нами данные о "тонкой структуре" температурной зависимости изомерного сдвига являются пока единственными и эта структура оказалась достаточно сложной, в настоящее

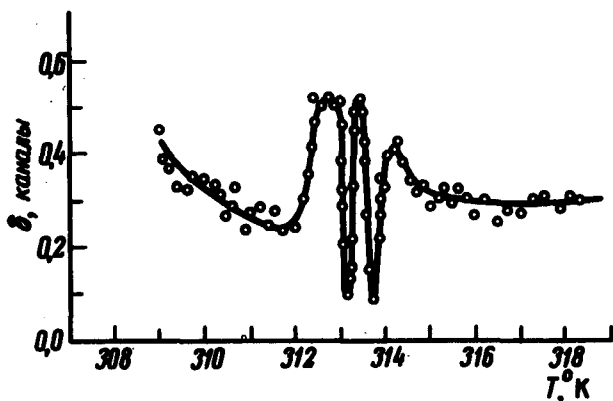


Рис. 2. То же, что на рис. 1 для диапазона температур 309–318°K

время мы еще не можем дать обоснованную интерпретацию наблюдаемого явления. Разумно, однако, предположить, что вариации электронной плотности в области ядра связаны с изменением электронных волновых функций вблизи  $T_c$  под влиянием эффективного обменного поля. При этом в функции плотности электронных состояний могут появиться особенности (возможно, сходные с известными особенностями, возникающими в металлах во внешнем магнитном поле). Изменение температуры влечет за собой изменение величины обменного поля и, как следствие, перемещение особенностей в функции плотности электронных состояний относительно уровня Ферми. Естественно, что резкие изменения плотности электронных состояний на поверхности Ферми могут найти свое отражение в резких изменениях изомерного сдвига. Если такая интерпретация окажется в какой-то степени соответствующей реальности, измерения изомерного сдвига могут явиться новым видом спектроскопии электронных состояний в магнитных металлических системах. Для выяснения физической природы наблюдавшегося явления мы предполагаем провести детальные исследования для различных сплавов с лучшей разрешающей способностью по температуре

Институт ядерной физики  
Московского  
государственного университета  
им. М.В.Ломоносова

Поступила в редакцию  
18 декабря 1973 г.

### Литература

- [1] R.S.Preston, S.S.Hanna, I.Heberle. Phys. Rev., 128, 2207, 1962.
- [2] R.S.Preston. Phys. Rev. Lett., 19, 75, 1967; J. Appl. Phys., 39, 1231, 1968.
- [3] S.Alexander, D.Treves. Phys. Lett., 20, 134, 1966; R.Ingalls. Phys. Rev., 155, 157, 1967.