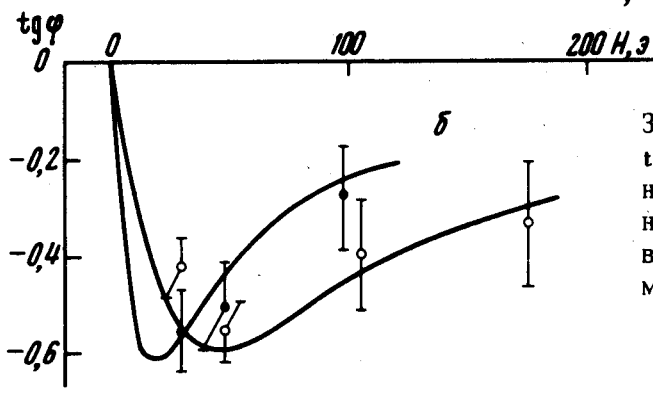
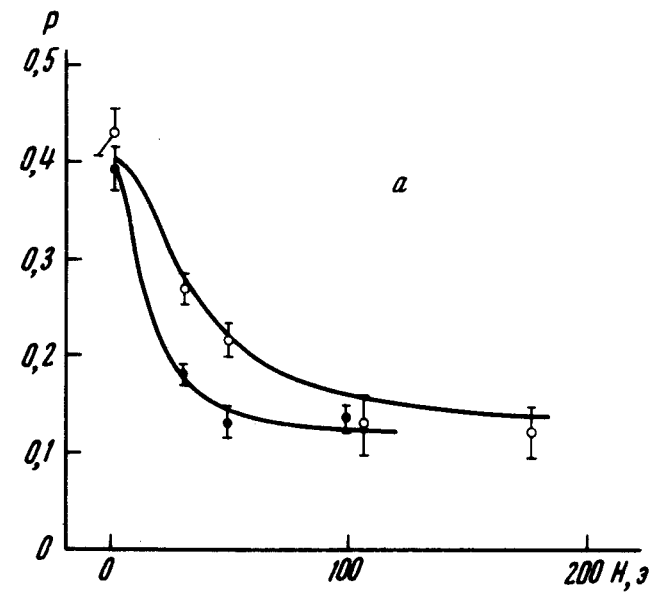


ИЗМЕРЕНИЯ СДВИГА ФАЗЫ ПРЕЦЕССИИ СПИНА μ^+ -МЕЗОНА

*В.И.Кудинов, Е.В.Минайчев, Г.Г.Мясищева,
Ю.В.Обухов, В.С.Роганов, Г.И.Савельев,
В.М.Сажойлов, В.Г.Фирсов*

Измерены модуль и начальная фаза вектора остаточной поляризации μ^+ -мезонов в монокристаллах германия, как функции напряженности поперечного магнитного поля. Рассчитаны параметры мюониевой теории деполяризации μ^+ -мезонов.

На пучке мезонного канала синхроциклотрона ЛЯП ОИЯИ с помощью аппаратуры для наблюдения прецессии спина μ^+ -мезона в поперечном относительно первоначального направления пучка магнитном поле [1] исследовалось влияние внешнего поля на мюониевую стадию деполяризации μ^+ -мезонов в монокристаллическом германии. В экспериментах измерялись, при варьировании напряженности поля в интервале $0 \div 200$ э, модуль P и начальная фаза ϕ вектора поляризации при его периодическом изменении во времени с мезонной частотой $\omega = gH$, $P(t) = P \cos(\omega t + \phi)$, где g – гиромагнитное отношение для μ^+ -мезона, H – напряженность внешнего поля. Целью этих опытов являлось изучение возможности определения совокупности феноменологических параметров теории мюониевой стадии деполяризации μ^+ -мезонов [2 – 3]: τ – продолжительности существования свободных атомов мюония, ν – частоты спин-обменных взаимодействий последних с образцом, $P_{\text{МП}}$ – доли поляризации μ^+ -мезонов, обусловленной "мгновенными" процессами. Если атом мюония, прецессирующий в поперечном магнитном поле с частотой $\omega' = g'H$, где ω' – частота мюониевой прецессии, g' – гиромагнитное отношение для мюония ($g'/g \approx 103$), вступает в химическую реакцию с окружающим веществом таким образом, что в результате взаимодействия образуется диамагнитное соединение, то в момент взаимодействия происходит скачкообразное уменьшение частоты прецес-



Зависимость P (рис. а) и $\text{tg } \phi$ (рис. б) от напряженности поперечного магнитного поля. Сплошные кривые рассчитаны по теории мюониевой деполяризации.
 \circ — температура 177К,
 \bullet — 161К

сии, поскольку процесс образования диамагнитной связи в конденсированной среде можно считать мгновенным. Быстрый поворот системы спинов триплетного мюония за среднее характерное время химической реакции вызывает появление начального сдвига фазы мезонной прецессии при наблюдении ее после завершения мюониевой стадии. Связь измеряемых на опыте величин с параметрами теории и напряженностью внешнего поля подробно проанализированы в работе [3]. Как следует из анализа, область значений напряженности поля, в котором сдвиг фазы максимален, соответствует величине произведения $\omega' r \approx 1$, при условии что напряженность внешнего поля остается много меньше той, которую создает магнитный момент μ^+ -мезона на расстоянии радиуса первой боровской орбиты мюония в германии [4]. В этом случае формулы работы [3] существенно упрощаются:

$$P = \frac{1}{2} \left[\frac{(1 + P_{\text{МП}} + 2P_{\text{МП}} \nu r)^2 + 4P_{\text{МП}}^2 (\omega' r)^2}{(1 + \nu r)^2 + (\omega' r)^2} \right]^{1/2}$$

$$\operatorname{tg} \phi = - \frac{\omega' \tau}{1 + \nu \tau + \frac{2P_{\text{МП}}}{1 - P_{\text{МП}}} [(1 + \nu \tau)^2 + (\omega' \tau)^2]}$$

Эксперименты выполнены с мишенью из монокристаллического германия n -типа с концентрацией электронов проводимости $[n] \approx 1 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$ при двух значениях температуры $(161 \pm 2)\text{К}$ и $(177 \pm 2)\text{К}$. Ранее нами было установлено, что для данного образца продолжительность мюониевой стадии может варьироваться в пределах $10^{-7} + 10^{-10} \text{ сек}$ путем изменения температуры мишени в интервале $(90 \div 300)\text{К}$ [5]. В процессе проведения опытов учитывалась возможная асимметрия регистрирующего позитрона телескопа, расположенного под углом 0° к пучку μ^+ -мезонов и другие геометрические источники систематических ошибок в определении начальной фазы прецессии. С этой целью регулярно проводилось изменение знака магнитного поля. Контроль за стабильностью работы аппаратуры и нормировка результатов осуществлялись в экспериментах с бромформом в качестве эталона. Результаты представлены на рисунке. Полученные значения параметров: при температуре $161\text{К} - P_{\text{МП}} = 0,12 \pm 0,01$, $\tau = (17 \pm 3) \text{ нсек}$, $\nu = (4 \pm 1) \cdot 10^7 \text{ сек}^{-1}$, $\chi^2 = 3,5$ (7 экспериментальных точек), при температуре $177\text{К} - P_{\text{МП}} = 0,13 \pm 0,01$, $\tau = (7 \pm 1) \text{ нсек}$, $\nu = (8 \pm 1) \cdot 10^7 \text{ сек}^{-1}$, $\chi^2 = 7,9$ (9 экспериментальных точек).

В проведенных экспериментах впервые в полупроводниковом материале выявлен сдвиг фазы мезонной прецессии, возникающей за счет существования мюониевой стадии, что позволило определить все параметры мюониевой теории деполяризации μ^+ -мезонов в среде. Рассмотренный метод может дать наиболее прецизионные и достоверные данные для исследования механизмов физико-химического взаимодействия μ^+ -мезонов с веществом.

Институт теоретической и
экспериментальной физики

Поступила в редакцию
18 ноября 1974 г.

Литература

- [1] Г.Г.Мясищева, Ю.В.Обухов, В.С.Роганов, В.Г.Фирсов, ЖЭТФ, **53**, 451, 1967.
- [2] И.Г.Ивантер, В.П.Смилга. ЖЭТФ, **54**, 559, 1968.
- [3] И.Г.Ивантер, В.П.Смилга. ЖЭТФ, **55**, 1521, 1968.
- [4] И.И.Гуревич, И.Г.Ивантер, Е.А.Мелешко, Б.А.Никольский, В.С.Роганов, В.И.Селиванов, В.П.Смилга, Б.В.Соколов, В.Д.Шестаков. ЖЭТФ, **60**, 471, 1971.
- [5] Д.Г.Андрианов, Г.Г.Мясищева, Ю.В.Обухов, В.С.Роганов, В.Г.Фирсов, В.И.Фистуль. ЖЭТФ, **56**, 1195, 1969.