

## ОСЦИЛЛЯЦИИ ШУБНИКОВА-ДЕ ГААЗА В НОВОМ ОРГАНИЧЕСКОМ МЕТАЛЛЕ $(\text{ET})_2\text{TlHg}(\text{SCN})_4$

*М.В.Карцовник, А.Е.Ковалев, В.Н.Лаухин<sup>1</sup>, С.И.Песоцкий<sup>1</sup>, Н.Д.Куц<sup>1</sup>*

*Институт физики твердого тела РАН*

<sup>1</sup>*Институт химической физики РАН*

*142432, Черноголовка, Московская обл.*

Поступила в редакцию 6 февраля 1992 г.

Исследованы осцилляции Шубникова-де Гааза в новом органическом квазидвумерном металле  $(\text{ET})_2\text{TlHg}(\text{SCN})_4$  при температурах до 1,3 К и в полях до 14 Тл. Полевые и температурные зависимости амплитуды шубниковских осцилляций позволяют оценить значения циклотронной массы и температуры Дингла в проводящей плоскости:  $m^* \approx 1,4 m_0$  и  $T_D \approx 2,7$  К. Угловые зависимости частоты и амплитуды осцилляций дают основание представить замкнутый лист поверхности Ферми в  $(\text{ET})_2\text{TlHg}(\text{SCN})_4$  в виде слабофрированного цилиндра с осью, перпендикулярной проводящим слоям.

В последнее время значительный интерес вызвали изоструктурные квазидвумерные органические металлы  $(\text{ET})_2\text{MHg}(\text{SCN})_4$  ( $M = \text{K}, \text{NH}_4, \text{Rb}, \text{Tl}$ ) с полимерными металлокомплексными анионами <sup>1,2</sup>. Первоначально такой интерес был вызван тем обстоятельством, что среди солей ET с металлокомплексными полимерными анионами было обнаружено соединение  $(\text{ET})_2\text{Cu}(\text{NCS})_2$  с рекордной до недавнего времени для органических сверхпроводников критической температурой  $T_c = 10,5$  К <sup>3</sup>. Но в ряду  $(\text{ET})_2\text{MHg}(\text{SCN})_4$  лишь соль с  $M = \text{NH}_4$  оказалась сверхпроводником с температурой перехода  $T_c = 0,8$  К <sup>4</sup>. Однако при дальнейшем исследовании этих соединений внимание было обращено на ряд необычных свойств, не связанных непосредственно со сверхпроводимостью и проявившихся прежде всего в поведении магнитосопротивления <sup>2,5,6</sup>. Эти свойства определяются сложной поверхностью Ферми (ПФ), состоящей по теоретическим расчетам <sup>1</sup> из замкнутого цилиндра с осью вдоль  $\vec{K}_b$  и двух слабофрированных плоскостей вдоль плоскости  $\vec{K}_c\vec{K}_b$  ( $\vec{K}_a, \vec{K}_b, \vec{K}_c$  - вектора обратной решетки). По-видимому, это обстоятельство приводит к существованию как осцилляций Шубникова-де Гааза <sup>2,5</sup>, так и частичного диэлектрического перехода при  $T_0 \approx 10$  К <sup>2,6</sup>. Таким образом, металлам этой серии оказалось присуще уникальное совмещение квазидвумерных и квазиодномерных свойств.

Настоящая статья посвящена исследованию шубниковских осцилляций в недавно синтезированном органическом металле  $(\text{ET})_2\text{TlHg}(\text{SCN})_4$ .

Измерения сопротивления проводились стандартным четырехконтактным способом на переменном токе в магнитных полях до 14 Тл и при температурах до 1,3 К. Исследовались монокристаллические образцы  $(\text{ET})_2\text{TlHg}(\text{SCN})_4$  с характерными размерами  $1,0 \times 0,5 \times 0,05$  мм. Осцилляции Шубникова-де Гааза наблюдались как при измерении сопротивления в плоскости  $\vec{a}\vec{c}$  проводящих слоев, так и в направлении  $\vec{b}^*$ , перпендикулярном слоям. Большинство измерений выполнены при направлении тока вдоль оси удлинения кристалла, лежащей в плоскости высокой проводимости  $\vec{a}\vec{c}$ .

Осцилляции Шубникова-де Гааза при  $H \parallel \vec{b}^*$  и при  $T = 1,3$  К представлены на рис.1. Частота их при этом направлении поля 6,7 МГц, соответствует площади экстремального сечения  $6,4 \cdot 10^{14}$  см<sup>-2</sup>. Эта площадь составляет 16% от площади сечения зоны Бриллюэна. Полученная величина близка к площади экстремального сечения ПФ в соли  $(\text{ET})_2\text{KHg}(\text{SCN})_4$ , определенной по частоте

осцилляций Шубникова-де Гааза <sup>5</sup> и неплохо совпадающей с теоретически-ми расчетами зонной структуры <sup>1</sup>. Из измерений полевых и температурных зависимостей амплитуды шубниковских осцилляций получены значения циклотронной массы и температуры Дингла  $m^* \approx 1,4m_0$  и  $T_D \approx 2,7$  К. Плотность состояний на уровне Ферми можно оценить, если аппроксимировать обсуждае-мый лист ПФ гладким цилиндром,  $N(\epsilon_F) \approx 2b^*m^*/(2\pi\hbar)^2 \approx 2,2 \cdot 10^{33}$  эрг<sup>-1</sup>см<sup>-3</sup>. Считая закон дисперсии параболой, можно оценить расстояние от потолка зоны до  $\epsilon_F$ :  $\Delta\epsilon \approx 50$  мэВ.

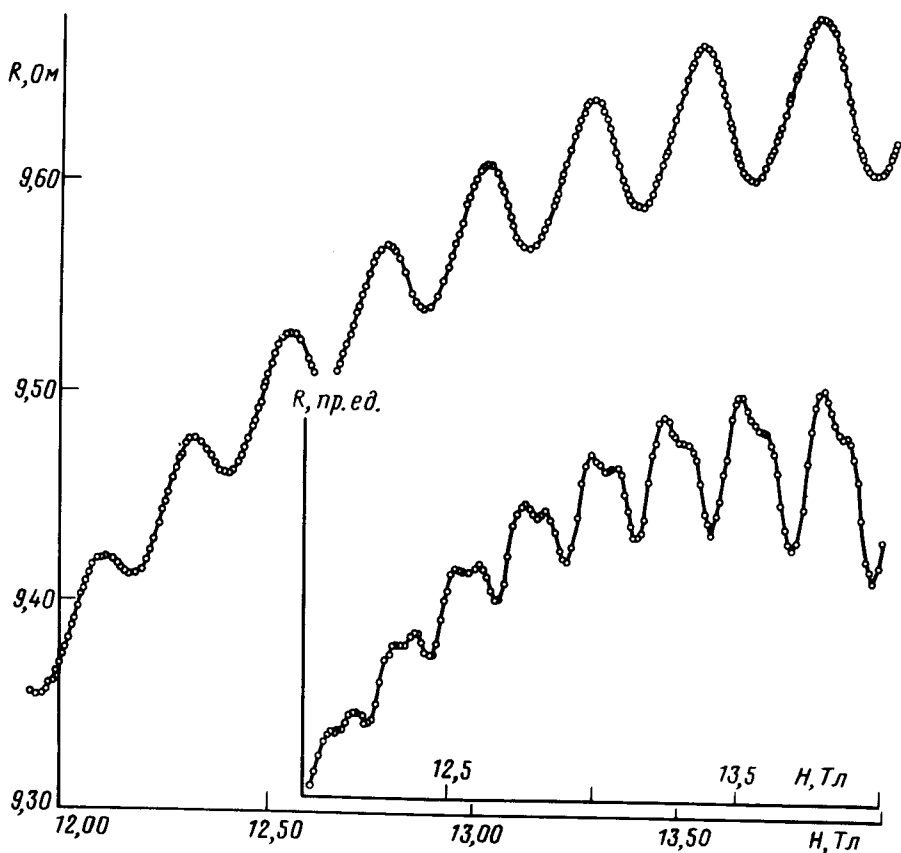


Рис.1. Осцилляции Шубникова-де Гааза при направлении поля  $H \parallel \vec{b}^*$  и при температуре  $T = 1,3$  К. На вставке показаны шубниковские осцилляции при тех же направлении поля и температуре с сильным вкладом второй гармоники

Отметим, что в некоторых кристаллах  $(\text{ET})_2\text{TlHg}(\text{SCN})_4$  при направлени-ях поля близких к  $H \parallel \vec{b}^*$  наблюдался сильный вклад второй гармоники,  $F^{(2)} = 13,4$  МГц (см. вставку к рис.1). Аналогичный эффект был обнару-жен в  $(\text{ET})_2\text{KHg}(\text{SCN})_4$  при сильных полях и интерпретировался как спиновое расщепление <sup>7</sup>. Поскольку поля  $H \sim 14$  Тл находятся далеко от квантового предела, и гармоники высших порядков в наших измерениях отсутствуют, та-кая интерпретация не представляется нам достаточно убедительной. Поэтому причина появления второй гармоники требует более тщательного изучения.

Зависимость частоты осцилляций Шубникова-де Гааза от угла  $\varphi$  при вра-щении поля в плоскости  $\vec{l}\vec{b}^*$  ( $\vec{l}$  - направление тока, лежащее в плоскости  $\vec{a}\vec{c}$ ), изображенная на рис. 2, хорошо описывается соотношением  $F = F_0 / \cos \varphi$ . Эта зависимость определяет гладкий или слабогофрированный цилиндр с осью вдоль  $\vec{b}^*$ . Оценить степень гофрировки можно было бы по биениям амплитуды осцилляций Шубникова-де Гааза, как это было сделано для органического металла  $(\text{ET})_2\text{IBr}_2$  <sup>8</sup>. Однако в таллиевом комплексе биений амплитуды

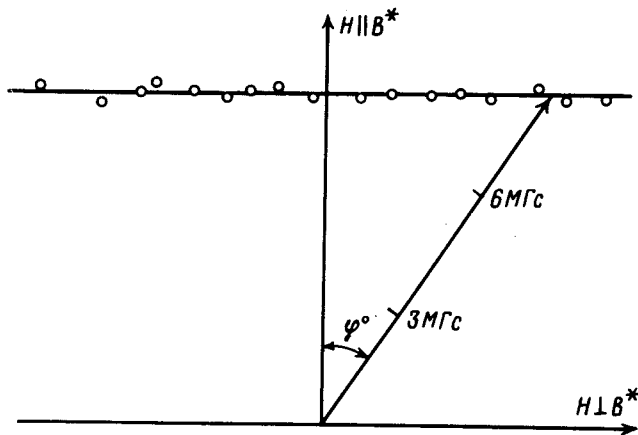


Рис.2. Угловая зависимость частоты шубниковских осцилляций в плоскости  $\vec{I}\vec{b}^*$  в полярных координатах

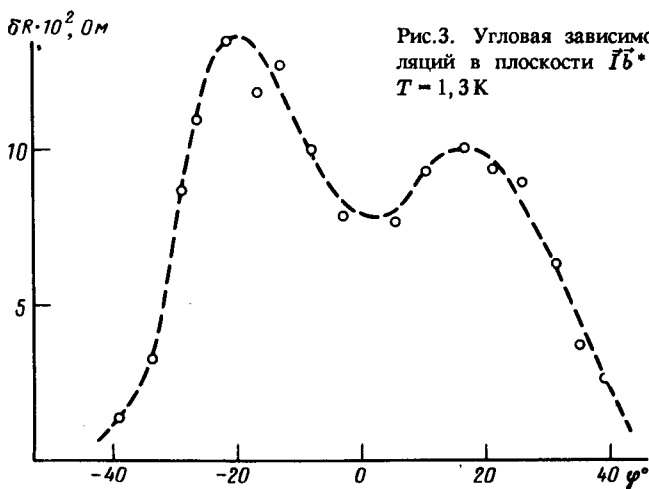


Рис.3. Угловая зависимость амплитуды шубниковских осцилляций в плоскости  $\vec{I}\vec{b}^*$  в поле  $H = 14$  Тл при температуре  $T = 1,3$  К

шубниковских осцилляций в исследованном интервале углов обнаружено не было. В  $(\text{ET})_2\text{IBr}_2$  с гофрировкой цилиндрического листа ПФ также связывалась сильная угловая зависимость амплитуды осцилляций Шубникова-де Гааза<sup>8</sup>. Качественно похожая зависимость наблюдается и в  $(\text{ET})_2\text{TlHg}(\text{SCN})_4$  (см. рис.3). Но количественные изменения амплитуды в этом металле ничтожны по сравнению с аналогичными изменениями в  $(\text{ET})_2\text{IBr}_2$ . Таким образом по всей вероятности отклонение замкнутого листа ПФ от гладкого цилиндра в  $(\text{ET})_2\text{TlHg}(\text{SCN})_4$  крайне незначительно.

Авторы выражают глубокую признательность И.Ф.Щеголеву и Э.Б.Ягубскому за полезные дискуссии и постоянный интерес к работе.

1. M.Mori, S.Tanaka, K.Oshima et al., Sol. St. Comm. 74, 1261 (1990).
2. N.D.Kushch, L.I.Buravov, M.V.Kartsovnik et al., Synth. Met., 1992, in press.
3. H.Urayama, H.Yamochi, G.Saito et al., Chem. Lett. 55 (1988).
4. H.H.Wang, K.D.Carlson, U.Geiser et al., Phys. C 166, 57 (1990).
5. T.Osada, R.Yagi, A.Kawasumi et al., Phys. Rev. B 41, 5428 (1990).
6. T.Sasaki, N.Toyota, M.Tokumoto et al., Sol. St. Comm. 75, 93, (1990).
7. M.Tokumoto, A.G.Swanson, J.S.Brooks et al., J. Phys. Soc. Jpn. 59, 2324 (1990).
8. М.В.Карцовник, П.А.Кононович, В.Н.Лаухин и др. ЖЭТФ 97, 1305, (1990).