

Комментарий к статье «Новый тип топологического электронного перехода в металлах при изменении энергии Ферми», В.И. Макаров, Д.В. Болотов, В.А. Горькавый, А.А. Яценко
(ФНТ 31, 422 (2005))

М.И. Каганов

7 Agassiz Ave, Apt. 1, Belmont MA 02478, USA
E-mail: mkaganov@compuserve.com

Статья поступила в редакцию 30 мая 2005 г.

PACS: 71.18.+y

В недавно опубликованной работе [1] меня удивило, что авторы не процитировали работы с моим участием в соавторстве с А.А. Нурмагамбетовым [2], а также с Д.В. Камшилиным и А.А. Нурмагамбетовым [3]. В работе [2], скорее всего, *впервые* было отмечено, что качественное изменение локальной геометрии поверхности Ферми, даже если связность поверхности Ферми не изменяется, может привести к *обобщенному топологическому переходу*. Насколько я знаю, термин *обобщенный топологический переход* был введен именно в этой статье.

Роль локальной геометрии в свойствах металлов неоднократно обсуждалась. Познакомиться с работами на эту тему можно по обзорам [4] (в списке литературы 41 ссылка), [5] (305 ссылок, некоторые аннотированы в специальном разделе, посвященном библиографии), [6] (60 ссылок). Следует также упомянуть монографию Н.А. Зимбовской [7].

В обзорах и в монографии Н.А. Зимбовской речь, главным образом, идет не о влиянии внешнего воздействия на локальную геометрию ферми-поверхности (на дифференциально-геометрические ее характеристики, по терминологии Макарова и др.), а об изменениях условий опыта, которые приводят к изменению топологии геометрических образов, с помощью которых описывают исследуемые свойства металла. Примерами могут служить изменения топологии экстремальных плоских сечений поверхности Ферми при изменении направления магнитного поля \mathbf{H} или структуры поясков $\mathbf{k}\mathbf{v} = 0$ на поверхно-

сти Ферми за счет изменения направления волнового вектора звука \mathbf{k} .

В работе В.И. Макарова с соавторами предложено описывать новый тип электронного топологического перехода изменением сферического образа ферми-поверхности. При переходе скачком изменяется количество прообразов точки при сферическом отображении. Не очень ясно, зачем от реальной поверхности переходить к ее отображению на сферу. Мне представляется естественным использовать конфигурацию линий параболических точек, изменение топологии которых и есть *обобщенный топологический переход — новый тип топологического электронного перехода*. Подобный подход описан в моей статье с А.А. Нурмагамбетовым и в 10-м разделе цитированного обзора [4] (стр. 924). Выбор способа описания зависит от воли авторов, но, по-моему, не стоит усложнять простую картину математическими ухищрениями.

Изменение топологии поверхности Ферми приводит не только к аномалиям термодинамических характеристик металла. Оно проявляется в аномалиях других свойств, если вместе с изменением топологии поверхности Ферми изменяются и геометрические образы, определяющие эти свойства. Примеры подобных аномалий приведены в пионерской работе И.М. Лифшица, в которой топологический переход был описан впервые [8]. Надо сказать, что открытие топологического перехода на опыте — результат наблюдения не термодинамических особенностей в

точке электронного перехода, а явлений, сопутствующих ему.

Топологический переход И.М. Лифшица с обязательностью сопровождается обобщенным топологическим переходом (см. обзор [4], разд. 9, стр. 921 и рис. 14, стр. 922).

При обобщенном топологическом переходе, т.е. при изменении связности линий параболических точек, плотность электронных энергетических состояний не имеет аномалии. Тем самым нет аномалий и у термодинамических характеристик металла (теплоемкости, коэффициента теплового расширения). В работе А.А. Нурмагамбетова и моей показано, что поверхностная плотность состояний *может* иметь корневую особенность при изменении локальной геометрии поверхности Ферми. Правда, для этого надо удачно подобрать огранку кристалла. В этом случае должен наблюдаться *поверхностный* фазовый переход $2^{1/2}$ -го рода. Именно это нам представлялось главным нашим результатом. И.М. Лифшиц, которого мы успели ознакомить со своей работой, был с этим согласен.

Для того, чтобы убедиться в необходимости ссылок в статье В.И. Макарова и других на перечислен-

ные мною статьи и обзоры, нет нужды их даже читать, можно сравнить рисунки в статье с рисунками в обзорах (особенно, в обзоре [4]).

Поверхность Ферми в форме гантели, на примере которой в обсуждаемой работе проведены численные расчеты, наряду с поверхностью Ферми в форме шляпы, давно служит удобным объектом для демонстрации роли локальной геометрии в свойствах нормальных металлов (см. [4], рис. 10, 11, стр. 917).

1. В.И. Макаров, Д.В. Болотов, В.А. Горькавый, А.А. Яценко, *ФНТ* **31**, 422 (2005).
2. М.И. Каганов, А.А. Нурмагамбетов, *ЖЭТФ* **83**, 2296 (1982).
3. М.И. Каганов, Д.В. Камшилин, А.А. Нурмагамбетов, *ФНТ* **15**, 289 (1989).
4. М.И. Каганов, Ю.В. Грибкова, *ФНТ* **17**, 907 (1991).
5. Ya.M. Blanter, M.I. Kaganov, A.V. Ponsulaya, and A.A. Varlamov, *Phys. Rep.* **245**, № 4 (1994).
6. А.М. Косевич, *ФНТ* **30**, 135 (2004).
7. Н.А. Зимбовская, *Локальная геометрия поверхности Ферми и высокочастотные эффекты в металлах*, Екатеринбург (1996), (английский перевод, Springer (2001)).
8. И.М. Лифшиц, *ЖЭТФ* **38**, 1569 (1960).