

Спин–электрон акустические волны и их роль в объяснении высокотемпературной сверхпроводимости

П. А. Андреев*

*Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
физический факультет, кафедра общей физики
Россия, 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 2
(Статья поступила 25.04.2016; Подписана в печать 05.05.2016)*

Спин–электрон акустические волны существуют в частично спин поляризованном электронном газе. Кванты этих волн называются спелноны. Область их существования ограничено сравнительно небольшими поляризациями в силу обменного кулоновского взаимодействия. В работе показано, что электрон–спелнонное взаимодействие приводит к формированию куперовских пар. Этот механизм образования куперовских пар приводит к существованию явления сверхпроводимости в веществах с частично поляризованными носителями заряда при высоких температурах вплоть до 300 К.

PACS: 74.20.-z, 67.10.Fj, 74.20Fg, 52.30.Ex УДК: 537.611.43: 530.145

Ключевые слова: сверхпроводимость, теория БКШ, спин–электрон акустические волны.

Возможность существования явления сверхпроводимости при сравнительно высоких температурах интересовала ученых еще в 70-е годы XX века [1]. После экспериментального открытия явления высокотемпературной сверхпроводимости [2] работа над моделью этого явления проходила очень активно, и было предложено множество моделей. Некоторые возможные механизмы и их экспериментальная проверка обсуждаются в работе [3].

Напомним, что механизмом обычной сверхпроводимости является образование куперовских пар электронов проводимости посредством электрон-фононного взаимодействия. Температура перехода в сверхпроводящее состояние оказывается пропорциональной дебаевской частоте фононного газа.

При изучении влияния собственного магнитного момента электронов на свойства плазмоподобных сред теоретически была предсказана спин-электрон акустическая волна [4–6] в вырожденном электронном газе. Это продольная волна с линейным спектром, возникающая в плазмоподобных средах наряду с ленгмюровской волной при частичной спиновой поляризации среды и описании электронов со спином вверх и электронов со спином вниз как две различные «жидкости». Такое описание можно выполнить в рамках квантовой гидродинамики с отдельной спиновой эволюцией [4]. Частичная спиновая поляризация необходимая для их существования приводит к разнице давлений Ферми для электронов со спином вверх и электронов со спином вниз, что приводит к существованию спин-электрон акустических волн. Показано существование объемных спин-электрон акустических волн [4], поверхностных спин-электрон акустических волн [6] и спин–электрон акустических

волн в двумерном электронном газе [5]. Вклад обменного взаимодействия в квантовую гидродинамику с отдельной спиновой эволюцией и спектр объемных спин–электрон акустических волн выполнен в работе [7]. При сравнительно малых волновых векторах, дисперсионная зависимость спин–электрон акустических волн является линейной, что оправдывает её название «акустическая волна».

Спин-электрон акустическая волна может быть рассмотрена как совокупность квазичастиц (бозонов) называемых спелноны. Рассматривая электрон-спелнонное взаимодействие, мы можем продолжить изучение свойств данного типа систем и показать, что это взаимодействие приводит к формированию куперовских пар и возможности перехода системы в сверхпроводящее состояние. В частности, температура перехода в сверхпроводящее состояние пропорциональна дебаевской частоте спелнонов. Вычисления показывают, что температура перехода может изменяться в широких пределах в зависимости от параметров системы. В первую очередь речь идет о концентрации носителей заряда и их спиновой поляризации [8].

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Фонда фундаментальных исследований (грант №. 16-32-00886) и фонда Династия.

*E-mail: andreevpa@physics.msu.ru

- [1] Гинсбург В.Л., Киржниц Д.А. Проблема высокотемпературной сверхпроводимости. (М: Наука, 1977).
- [2] Bednorz J.G., Müller K.A. Z. Phys. **64**, P.189. (1986).
- [3] Annett J., Goldenfeld N., Legget A.J. J. Low Temp. Phys. **105**, P.473. (1996).
- [4] Andreev P.A. Phys. Rev. E. **91**. P.033111. (2015).
- [5] Andreev P.A., Kuz'menkov L.S. Eur. Phys. Lett. **113**. P.17001. (2016).
- [6] Andreev P.A., Kuz'menkov L.S. Surface spin-electron acoustic waves in magnetically ordered metals. arXiv:1512.07940. (2016).
- [7] Andreev P.A. Phys. Plasmas **23**. P.012106. (2016).
- [8] Andreev P.A., Polyakov P.A., Kuz'menkov L.S. On a mechanism of high-temperature superconductivity: Spin-electron acoustic wave as a mechanism for the Cooper pair formation. arXiv:1507.03295. (2015).

The spin–electron acoustic waves and their role in explanation of high-temperature superconductivity

P. Andreev

*Department of General Physics, Faculty of Physics,
M.V.Lomonosov Moscow State University, Moscow 119991, Russia
E-mail: andreevpa@physics.msu.ru*

Spin–electron acoustic waves exist in the spin imbalanced electron gas. Quantum of these waves is called spelns. The Coulomb exchange interaction decreases the area of their existence by the rather small spin polarization. It is demonstrated that the electron-spelnon interaction forms the Cooper pairs of electrons. This mechanism of the Cooper pair formation leads to the high-temperature superconductivity in materials with the partially spin polarized carriers at high temperatures up to 300 K.

PACS: 74.20.-z, 67.10.Fj, 74.20Fg, 52.30.Ex

Keywords: superconductivity, BCS theory, spin–electron acoustic waves.

Received 25.04.2016.

Сведения об авторах

Андреев Павел Александрович — канд. физ.-мат. наук, ассистент кафедры общей физики тел.: (495) 939–10–90, e-mail: andreevpa@physics.msu.ru.