

Localization in Materials with Several Conducting Bands to Enhance Superconductivity

A. Vagov¹, V. Neverov^{1,2}, A. Lukyanov², A. Krasavin^{1,2}, M. Croitoru¹, and A. Shanenko¹

¹HSE University, 101000 Moscow, Russia

²Institute National Research Nuclear University MEPhI, Moscow 115409, Russia

Strong disorder exerts two opposing effects on a superconducting material [1]. On one hand, it leads to localization of electrons and Cooper pairs, resulting in spatial fragmentation of the condensate state. It enhances the local density of single-particle states, increasing the binding energy of Cooper pairs and the critical temperature at which the condensate state appears. On the other hand, it destroys the long-range coherence, suppressing superconductivity and reducing the corresponding critical temperature. This work [2] demonstrates that if such a disordered superconductor is coupled to a clean or weakly disordered conducting material, the long-range coherence is restored via the proximity effect. As a result, the coexistence of the two subsystems combines the advantages of the high critical temperature of the disordered superconductor and the global supercurrent of the clean one. This synergy effect is robust and can occur in superconducting multi-band and heterostructures, whether they are disordered or have artificial superstructures.

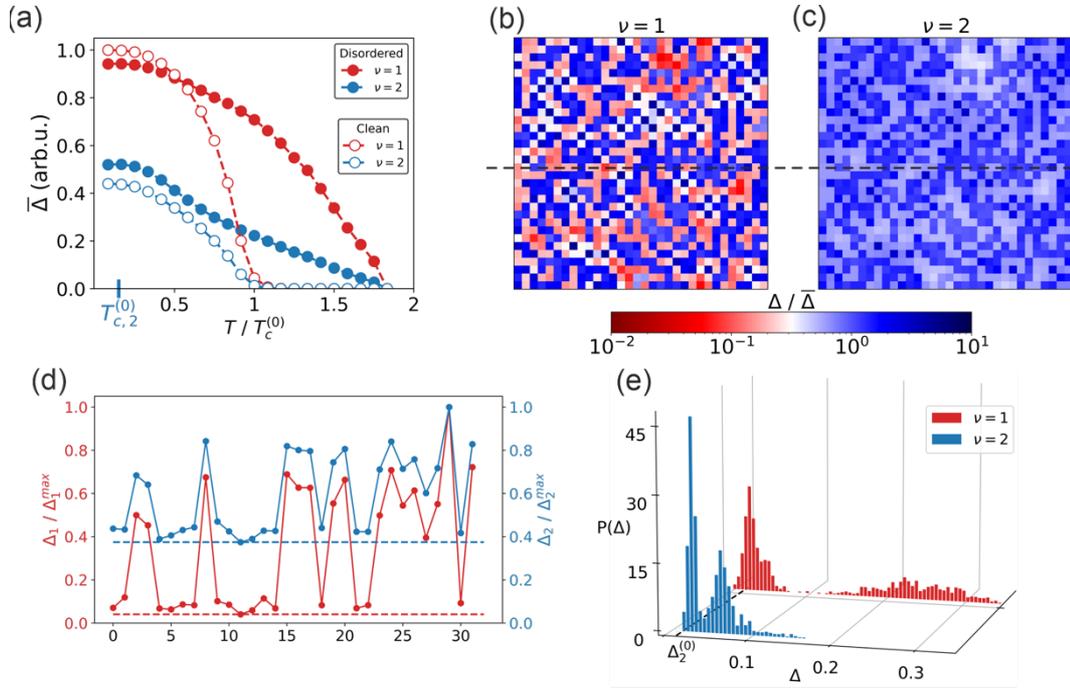


Figure: (a) Temperature dependence of the sample-averaged gap function for the strong band (red) and the weak band, showing results for the cases when strong band is disordered (filled circles) and in its clean limit (empty circles). Low temperature $T_{c,2}^{(0)}$ is the critical temperature of the second band in the absence of inter-band coupling. (b)–(c) Colour density plot with the spatial distribution of the band gap function. (d) Profile of the gap function for strong band (red) and weak band (blue), calculated along the dashed lines shown in panels (b) and (c). (e) Histograms of the absolute value of the gap function for the strong band (red) and the weak band (blue).

References

1. A. Vagov, et al., Comm. Physics **5**, 177 (2022).
2. V. Neverov, et al., Comm. Physics **8**, 310 (2025).

Локализация в многозонных материалах для усиления сверхпроводимости

А. Вагов¹, В. Неверов^{1,2}, А. Лукьянов^{1,2}, А. Красавин^{1,2}, М. Кройтору¹, А. Шаненко¹

¹НИУ ВШЭ, 101000 Москва, Россия

²Институт Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва 115409, Россия

Сильный беспорядок оказывает два противоположных эффекта на сверхпроводящий материал [1]. С одной стороны, он приводит к локализации электронов и куперовских пар, что приводит к пространственной фрагментации состояния конденсата. Он увеличивает локальную плотность одночастичных состояний, увеличивая энергию связи куперовских пар и критическую температуру, при которой возникает состояние конденсата. С другой стороны, он разрушает дальнедействующую когерентность, подавляя сверхпроводимость и снижая соответствующую критическую температуру. Эта работа показывает [2], что если такой неупорядоченный сверхпроводник соединяется с чистым или слабо неупорядоченным проводящим материалом, дальнедействующая когерентность восстанавливается через эффект близости. В результате сосуществование двух подсистем объединяет преимущества высокой критической температуры неупорядоченного сверхпроводника и глобального сверхтока чистого. Этот эффект синергии является устойчивым и может возникать в сверхпроводящих многозонных и гетероструктурах, независимо от того, являются ли они неупорядоченными или имеют искусственные сверхструктуры.

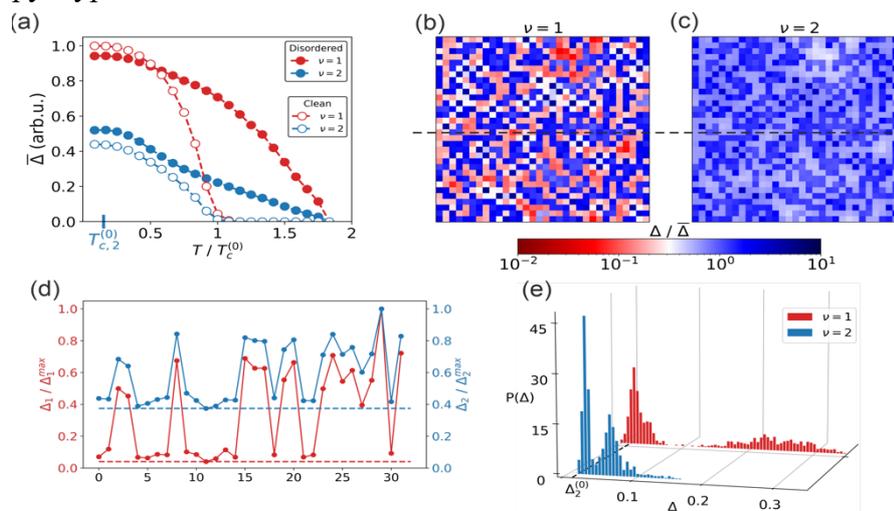


Рисунок: (a) Температурная зависимость усредненной по образцу функции щели для сильной полосы (красная) и слабой полосы, показывающая результаты для случаев, когда сильная полоса неупорядочена (заполненные кружки) и в ее чистом пределе (пустые кружки). Низкая температура $T_{c,2}^{(0)}$ является критической температурой второй полосы в отсутствие межзонной связи. (b)--(c) График цветовой плотности с пространственным распределением функции щели. (d) Профиль функции щели для сильной полосы (красная) и слабой полосы (синяя), рассчитанный вдоль пунктирных линий, показанных на панелях (b) и (c). (e) Гистограммы абсолютного значения функции щели для сильной полосы (красная) и слабой полосы (синяя).

Ссылки

1. А. Вагов и др., Comm. Physics **5**, 177 (2022).
2. В. Неверов и др., Comm. Physics **8**, 310 (2025).