



# ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ СВЕРХПРОВОДНИКИ

Авторы: Ю. С. Бараш

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ СВЕРХПРОВОДНИКИ (ВТСП), сверхпроводящие соединения, имеющие рекордно высокие критич. темп-ры

$T_c$  перехода в сверхпроводящее состояние. Высокотемпературная сверхпроводимость обнаружена в 1986 Й. Г. [Беднорцем](#) и К. А. [Мюллером](#) в металлооксидных керамиках на основе

*Ba–La–Cu–O* при темп-рах 30–35 К. Критич. темп-ры многих ВТСП оказались выше темп-ры сжижения азота (77 К). Так, в купратных соединениях, содержащих иттрий или висмут (напр.,

$YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$  и

$Bi_2Sr_2CaCu_2O_{8+\delta}$ ),

$T_c \approx 90$  К, а в ВТСП, содержащих ртуть,

$T_c$  превышают 130 К. Возможность использования жидкого азота вместо жидкого гелия значительно удешевляет применение сверхпроводящих материалов в практич. целях.

Купратные сверхпроводники имеют довольно сложную слоистую кристаллич. структуру, в которой основную для сверхпроводимости роль играют кристаллографич. плоскости

$CuO_2$ . Волновая функция куперовской пары в ВТСП (см. [Бардина – Купера – Шриффера модель](#)) зависит от направления импульса составляющих пару

электронов. При изменении направления импульса на  $90^\circ$  в плоскости

$CuO_2$  волновая функция куперовской пары изменяет знак. Это свойство напоминает поведение волновых функций электронов в

*d*-оболочках атома. По аналогии высокотемпературную сверхпроводимость характеризуют как сверхпроводимость с

*d*-спариванием.

Сверхпроводящее состояние возникает, напр., в соединениях

$La_{2-x}Sr_xCuO_4$ , которые образуются при добавлении стронция в антиферромагнитный диэлектрик

$La_2CuO_4$ . Замещение небольшой части лантана стронцием приводит к увеличению концентрации дырок в медно-оксидных слоях. В результате такого допирования антиферромагнитное состояние в

$La_{2-x}Sr_xCuO_4$  разрушается при

$x \approx 0,02$ , а в интервале

$x = 0,05 \div 0,27$  это соединение становится сверхпроводником. Критич. темп-ра весьма чувствительна к величине

$x$  и достигает макс. значения (ок. 34 К) при

$x_{од} \approx 0,15 \div 0,17$  (оптимальное допирование). При

$x < x_{од}$  в. с. называют недодопированными, а при

$x > x_{од}$  – передопированными. Аналогичное поведение показывают и др. ВТСП, хотя характерные значения

$x$  и

$T_c$  для них могут отличаться от приведённых выше. Исследования ВТСП (в широком смысле) включают изучение этих соединений во всём диапазоне

$x$  и

$T_c$ , в частности и в той области их значений, где сверхпроводимость отсутствует.

К нач. 21 в. ВТСП не нашли широкого применения, хотя они уже используются в СВЧ-технике (фильтры, мультиплексоры, линии задержки, резонаторы), в электротехнике и электроэнергетике (кабели для передачи электроэнергии, генераторы, трансформаторы), в микроэлектронике, вычислит. технике, телекоммуникационных технологиях и др. областях. Глав. задачей в плане применения ВТСП является дальнейшее повышение их критич. темп-ры – создание материалов,

$T_c$  которых лежала бы в области комнатных температур.

## Литература

Лит.: Koelle D. *a.o.* High-transition-temperature superconducting quantum interference devices // *Reviews of Modern Physics*. 1999. Vol. 71. № 3; Tsuei C. C., Kirtley J.R. Pairing symmetry in cuprate superconductors // *Ibid.* 2000. Vol. 72. № 4.

Processing math: 100%