

ОКОЛОЗВУКОВОЕ ТЕЧЕНИЕ — течение газа в области, в к-рой скорость потока v мало отличается от местной скорости распространения звука a ($v \approx a$). О. т. может быть дозвуковым ($v < a$), сверхзвуковым ($v > a$) и смешанным (или трансзвуковым), когда внутри рассматриваемой области совершается переход от дозвукового к сверхзвуковому течению. Характерными случаями О. т. являются течение в области критического (наиб. узкого) сечения сопел ракетных двигателей и аэродинамич. труб, течение вблизи горловины сверхзвуковых воздухозаборников реактивных двигателей, в межлопаточных каналах нек-рых турбомашин, обтекание тел (самолётов, снарядов, ракет), летящих со скоростью, близкой к скорости звука или преодолевающих «звуковой барьер», когда на обтекаемом теле возникают местные сверхзвуковые зоны, замыкающиеся ударными волнами.

В О. т. существ. образом проявляется сжимаемость газа. Аналитическое или численное исследование смешанного О. т. затрудняется тем, что дифференц. ур-ния, описывающие течение газа (напр., в случае *потенциального течения* дифференц. ур-ние в частных производных 2-го порядка для потенциала скорости), принадлежат к эллиптич. типу при $v < a$, к параболическому при $v = a$, к гиперболическому при $v > a$.

Лит.: Франкль Ф. И., Избранные труды по газовой динамике, М., 1973, разд. 3. С. Л. Вишневецкий.

ОКСИДНЫЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ СВЕРХПРОВОДНИКИ — оксидные соединения с высокой критич. темп-рой T_c перехода в сверхпроводящее состояние. Обнаружение *сверхпроводимости* в этих соединениях (1986—88) существенно повысило уровень известных значений T_c от ≈ 24 К в Nb_3Ge до ≈ 120 К в $Tl_2Ba_2Ca_2Cu_3O_x$, что значительно выше темп-ры кипения жидкого азота ($T_{кип} = 77,3$ К) — дешёвого и доступного хладагента.

Исключит. значимость прикладных аспектов сверхпроводимости и отсутствие принципиальных теоретич. ограничений на T_c (по меньшей мере, до T_c порядка 300 К) делают проблему создания сверхпроводящих материалов с высокой критич. темп-рой важнейшей задачей физики сверхпроводимости. После открытия в 1911 сверхпроводимости Х. Камерлинг-Оннесом (H. Kamerlingh-Onnes) доминировала тенденция к поиску новых сверхпроводников среди простых металлов (Hg, Pb, Nb), затем среди двойных (Nb_3Sn , Nb_3Ga) и тройных [$Nb_3(Al, Ge)$] интерметаллидов (рис. 1). Поиск сверхпроводников среди оксидных соединений был затруднён чисто психологически, поскольку большинство таких соединений является диэлектриками. В 1964 в США

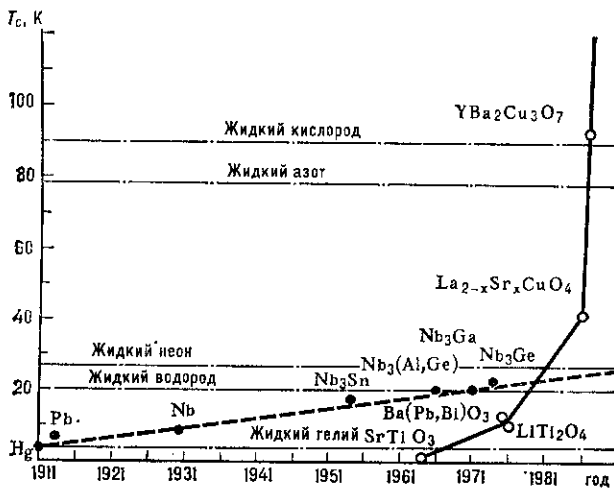


Рис. 1. Рекордные значения T_c металлических и интерметаллических (пунктир), металлооксидных (сплошная линия) сверхпроводников. Штрих-пунктирные линии соответствуют температурам кипения возможных хладагентов.

было открыто первое оксидное сверхпроводящее соединение со структурой перовскита — $SrTiO_3$ с $T_c = 0,3 - 0,5$ К при концентрации электронов $10^{19} - 10^{20} \text{ см}^{-3}$. В 1974—75 обнаружена сверхпроводимость у $LiTi_2O_4$ ($T_c = 11$ К) и у $BaPb_{1-x}Bi_xO_3$, в к-ром критич. темп-ра

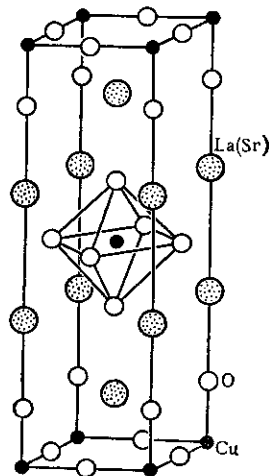


Рис. 2. Кристаллическая структура соединений $La_{2-x}Sr_xCuO_4$.

менялась с составом и достигала макс. значения $T_c = 13$ К при $x = 0,25$, а концентрация электронов была достаточно низкой (ок. $2 \cdot 10^{21} \text{ см}^{-3}$). В 1986 Й. Г. Беднорц (J. G. Bednorz) и К. А. Мюллер (K. A. Müller) обнаружили сверхпроводимость с $T_c \approx 30 - 34$ К в многофазной керамике $La - Ba - Cu - O$. Оказалось, что за сверхпроводимость в этой системе ответственно соединение $La_{2-x}Ba_xCuO_4$ с макс. значением T_c при $x = 0,15 - 0,20$. Возможна замена Ba на Sr. В соединении $La_{1,8}Sr_{0,2}CuO_4$ $T_c = 36$ К. В 1987 получена кера-

мика $Y - Ba - Cu - O$ с критич. темп-рой $T_c = 92$ К. Сверхпроводимость в этой системе связана с соединением $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$, где δ — доля вакансий по кислороду. В 1988 синтезированы мушкетерные и таллиевые соединения ($Tl_2Ba_2Ca_2Cu_3O_x$, $T_c \approx 110 - 120$ К).

О. в. с. являются соединениями с ионно-ковалентной связью и дефектной по кислороду перовскитоподобной кристаллич. структурой с упорядоченным расположением кислородных вакансий. Для О. в. с. характерна сравнительно высокая подвижность кислорода в кристаллич. решётке — при нагревании резко увеличивается дефектность по кислороду δ . Сверхпроводящие свойства О. в. с. существенно зависят от содержания кислорода. На примере $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ и $La_2CuO_{4-\delta}$ можно утверждать, что существует оптим. концентрация кислорода, при к-рой достигается макс. критич. темп-ра.

Наиб. хорошо изучены соединения $La_{2-x}Sr_xCuO_4$, $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$. «Исходное» соединение La_2CuO_4 имеет ромбическую элементарную ячейку и является антиферромагн. диэлектриком с точкой Нееля $T_N \approx 240$ К, сильно зависящей от концентрации кислорода. Замена La на Sr (Ba, Ca) приводит к стабилизации тетрагональной фазы (структурный тип K_2NiF_4 , рис. 2). Одноврем. с этим быстро уменьшается T_N и начиная с $x = 0,05$ антиферромагн. переход полностью подавляется и появляется сверхпроводимость с макс. значением $T_c \approx 40$ К при $x = 0,15 - 0,20$.

Как и La_2CuO_4 , соединение $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ с пониженным содержанием кислорода ($\delta = 0,6 - 1,0$) представляет собой антиферромагн. диэлектрик. При уменьшении дефектности по кислороду T_N быстро снижается от $T_N \approx 400$ К ($\delta = 0,85$) до нуля ($\delta \approx 0,6$), соединения с $\delta < 0,6$ становятся сверхпроводниками ($T_c \approx 92$ К при $\delta = 0 - 0,1$). Область существования высокотемпературной сверхпроводимости на фазовых диаграммах в координатах темп-ра — состав непосредственно примыкает к линии, отвечающей переходу диэлектрик — металл. Вблизи этой же линии происходят переход антиферромагнетик — немагнитный металл и структурный переход.

Если для структуры $La_{2-x}Sr_xCuO_4$ характерно наличие слоёв кислородных октаэдров, централизованных катодными меди и сростшихся друг с другом через общие анионы кислорода (рис. 2), то в соединении $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ кислородные октаэдры за счёт создания упорядоченных вакансий кислорода трансформированы в пирамиды и