

## Критический ток сверхпроводящих пленок

А.Ю. Цветков, Г.Ф. Жарков, А.Н. Лыков  
Физический институт им. П.Н.Лебедева, 119991, Москва

Поведение массивных сверхпроводников в магнитном поле изучалось на основе системы нелинейных уравнений Гинзбурга-Ландау [1] во многих работах [2-6]. В данной работе, на основе безвихревого подхода (в рамках которого критический ток эквивалентен термодинамическому току распаривания), изучалось критическое состояние сверхпроводящей пластины, помещенной во внешнее магнитное поле параллельное ее поверхности, и несущей транспортный ток направление которого перпендикулярно направлению внешнего магнитного поля. Дополнительный интерес к данному направлению придают исследования, показавшие, что критический ток пленок, изготовленных на основе нового сверхпроводящего материала  $MgB_2$  [7], близок к термодинамическому току распаривания

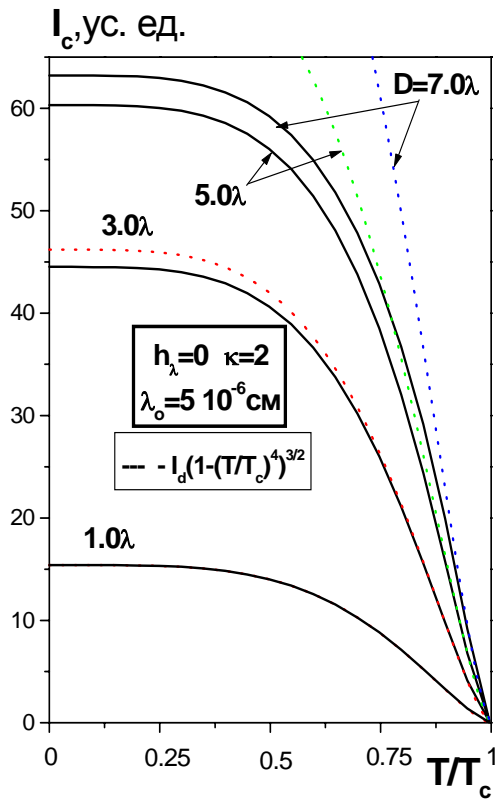


Рис.1. Зависимость критического тока от температуры для разных значений толщины пластины  $D$  в отсутствии внешнего магнитного поля (значения указаны на графике).

Гинзбурга-Ландау, значение которого оценивается из теории Гинзбурга-Ландау в приближении постоянного параметра порядка [8]:

$$I_c = \frac{1}{3\sqrt{6}} \frac{c}{\pi} H_{ct} \frac{D}{\lambda(T)}, \quad (1)$$

где  $H_{ct}$  -термодинамическое критическое поле,  $\lambda$  -лондоновская глубина проникновения поля и  $c$  - скорость света в вакууме, а  $D$ -толщина пластины. Это соотношение получено для предельного случая  $D \ll \lambda, \xi$ , где  $\xi$  - длина когерентности.

Основной результат работы представлен на рис.1, где показаны температурные зависимости термодинамического тока распаривания, полученного на основе точного численного решения уравнений (2,3) для сверхпроводящих тонких пластин различной толщины  $D$ . Вычисления производились для случая  $H = 0$  и  $\kappa = 2$ . Сплошными линиями показаны зависимости, полученные на основе расчетов. Пунктирными линиями показаны зависимости, полученные с помощью соотношения (1). Видно, что результаты, полученные на основе решения задачи (2-6), хорошо (с точностью до нескольких процентов) согласуются с (1) вплоть до  $D \approx \lambda$ . Отметим, что переход в нормальное состояние при  $D \leq \lambda$  характеризуется равномерным подавлением сверхпроводящего параметра порядка  $\psi(x_\lambda) = const$  по всему поперечному сечению пластины, как следствие, плотность критического тока не зависит от толщины пластины вплоть до  $D \approx \lambda$ . Увеличение толщины пластины приводит к отклонению распределения сверхпроводящего параметра порядка от равномерного. Следовательно, расчетное значение критического тока уменьшается по сравнению с критическим током, полученным на основе зависимости (1) (рис.1,  $D = 3\lambda, 5\lambda, 7\lambda$ ) во всем температурном интервале. Полученный результат, на наш взгляд, может помочь пониманию природы явлений, происходящих в тонких пленках на основе  $MgB_2$  [7], для которых получены экспериментальные значения критического тока, сравнимые с током распаривания.

Также в данной работе обнаружено и проанализировано сложное поведение  $I_c(T)$  в присутствии внешнего магнитного поля для  $D \leq 0.5\lambda$ . Оно заключается в том, что с уменьшением толщины пластины до  $D \approx 0.3\lambda$  наблюдается увеличение критического тока, а при дальнейшем уменьшении толщины критический ток уменьшается. Такое поведение  $I_c(T)$  связано с тем, что переход сверхпроводящей пластины в нормальное состояние может осуществляться разными способами.

Данная работа была выполнена при финансовой поддержке Министерства промышленности, науки и технологий Российской Федерации в рамках госконтрактов №40.012.1.1.1357 и Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 02-02-16285) и Российско- Украинского проекта «Эталон».

1. В. Л. Гинзбург, Л. Д. Ландау, ЖЭТФ 10, 1064 (1950).

2. H. J. Fink, A. G. Presson, Phys. Rev. 151, 219 (1966)

3. V. V. Moshchalkov, X. G. Qiu, V. Bruyndoncx, Phys. Rev. B55, 11793 (1997).

4. P. S. Deo, V. A. Schweigert, F. M. Peeters, A. K. Geim, Phys. Rev. Lett. 79 4653 (1997).

5. V. A. Schweigert, F. M. Peeters, Phys. Rev. B57, 13817 (1998).

6. Zharkov G.F., Zharkov V.G. and Tsvetkov A.Yu. Phys. Rev. B61, 12293 (2000).

7. Milind N. Kunchur, Cheng Wu, Daniel H. Arcos, Boris I. Ivlev, Eun-Mi Choi, Kijoon H.P. Kim, W. N. Kang, Sung-Ik Lee, Phys. Rev. B68, 100503 (2003).

8. В.Л. Гинзбург, ДАН СССР 118, 464 (1958).