

могут помочь при создании неразрушающей методики для контроля качества готовой продукции.

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России (тема «Диагностика», № г.р. АААА-А18-118020690196-3).

1. Yap C.Y., Chua C.K., Dong Z.L., Liu Z.H., Zhang D.Q., Loh L.E., Sing S.L., Applied physics review, 2, 041101 (2015).
2. Clausen B., Brown D.W., Carpenter J.S., Clarke K.D., Clarke A.J., Vogel S.C., Bernardin J.D., Spornjak D., Thompson J.M., Material Science and Engineering A, 696, 331-340 (2017).
3. Pasebany S., Ghayoor M., Badwe S., Irrinki H., Atre S.V., Additive manufacturing, 22, 127-137 (2018).
4. Yadollahi A., International Journal of Fatigue, 94, 218-235 (2017).
5. Murr L.E., Martinez E., Hernandez J., Collins S., Amato K.N., Gaytan S.M., Shindo P.W., Journal of Material Research and Technology, 1, 167-177 (2012).

КВАНТОВЫЙ РАЗМЕРНЫЙ ЭФФЕКТ И КРИТИЧЕСКАЯ ТЕМПЕРАТУРА ТОНКИХ ПЛЁНОК АЛЮМИНИЯ

Седов Е.¹, Завьялов В.В.^{1,2}, Арутюнов К.Ю.^{1,2}

¹) Высшая Школа Экономики

²) Институт физических проблем им. П.Л. Капицы РАН

E-mail: esedov@hse.ru

QUANTUMS SIZE EFFECT AND CRITICAL TEMPERATURE OF THIN ALUMINUM FILMS

Sedov E.¹, Zavialov V.V.^{1,2}, Arutyunov K.U.^{1,2}

¹) Higher School of Economics

²) P. L. Kapitza Institute for Physical Problems RAS

New effects appear in superconductors with reduction of their size – changing of critical temperature T_c . This is mechanism influenced by many factors. Here the result of the investigation of aluminum films and demonstrate the presence of quantum-confinement process that was not considered earlier.

Ещё в 60-х годах прошлого века было показано, что, уменьшая размеры сверхпроводящей структуры, например, толщины тонкой плёнки, её критическая температура изменяется. В свинце, ниобии, ртути она уменьшается, в то время как в алюминии, индии и олове она увеличивается [1]. Тем не менее, общепризнанной теории, объясняющей данное явление до сих пор нет. В 70-х годах, во время пика исследований по данной тематике, В.Л. Гинзбург предположил, что

температура перехода достаточно чистой, моноатомной плёнки сверхпроводника будет точно такой же, как и в объёмном теле [2]. Однако, данное предположение так и не было проверено, и вопрос о природе этого эффекта всё ещё остаётся открытым.

Для исследования был выбран алюминий, в связи с тем, что зависимость T_C пленки от ее толщины весьма предсказуема, и увеличивается с уменьшением размеров. Несмотря на некоторое количество работ по изучению этой зависимости в алюминии, не всегда удаётся точно установить соответствие с теорией. Это связано с тем, что характеристики варьируются от образца к образцу, изготовленных даже в одной партии. В нашем случае были изготовлены поликристаллические плёнки, размеры кристаллитов в которых сопоставимы с толщиной плёнки и эпитаксиальные образцы с атомарно гладкой поверхностью. Плёнки были изготовлены методами электронно-лучевого напыления и молекулярно-лучевой эпитаксии на различные подложки.

В рамках модели БКШ критическая температура сверхпроводящего перехода экспоненциально зависит от плотности электронных состояний на уровне Ферми $N(E_F)$ и константы электрон-фононного взаимодействия V :

$$T_C \sim \exp(-1/N(E_F)) * V$$

В работе [3] показано, что за счет КРЭ в тонких сверхпроводящих пленках оба параметра $N(E_F)$ и V немонотонным образом меняются с толщиной образца.

Такое поведение является следствием теории резонанса формы [3]. Предположительно, эффект, оказываемый разупорядоченностью кристаллитов, а также поверхностью или подложкой, не имеет доминирующей роли конкретно в нашем случае, так как плёнки алюминия имеют высокое качество, а их толщины выходят далеко за пределы сверхтонких объектов, в которых поверхностные явления начинают играть решающую роль.

В результате проделанного исследования была получены экспериментальные и теоретическая зависимость T_C от толщины плёнок, изготовленных разными способами на разных подложках.

1. A. M. Toxen. Phys. Rev. – 1961 – 123 – 2.
2. V. L. Ginzburg. Journ. Experimental Theoret. Phys. (U.S.S.R.) – 1964 – 47 – 2318-2320.
3. A. A. Shanenko, M. D. Croitoru, F. M. Peeters. Phys. Rev. B – 2008 – 8 – 054505.
4. Arutyunov K. Yu. Et al. Phys. Status Solidi RPL – 2018 – 1800317.