

"КРАЕВОЙ ЭФФЕКТ" В СВЕРХПРОВОДЯЩЕМ БОЛОМЕТРЕ ИЗ ГРАНУЛИРОВАННОГО АЛЮМИНИЯ

А.С. Алексеев, А.Ю. Блинов, М.М. Бонч-Осмоловский, Т.И. Галкина

УДК 620.192.3

Показано, что использование "краевого эффекта" пленок из гранулированного алюминия дает возможность увеличить ширину перехода в сверхпроводящее состояние и тем самым расширить динамический диапазон болометров, регистрирующих приход неравновесных акустических фононов.

Техника тепловых импульсов (ТИ) /1/ нашла в последние годы широкое применение при изучении процессов распространения и взаимодействия неравновесных фононов в твердых телах при низких температурах.

Суть метода состоит в том, что импульсы тепла (акустические фононы), созданные вблизи поверхности кристалла, например, нагревом металлической пленки, распространяются вдоль образца к его противоположному концу, где их приход регистрируется. В качестве детекторов здесь, как правило, используются тонкопленочные сверхпроводящие болометры. Регистрирующая система откликается на увеличение сопротивления пленки вследствие повышения ее температуры с приходом ТИ. Такие болометры обладают быстродействием $\sim 10^{-8}$ с, достаточно высокой чувствительностью и регистрируют все частоты входящих фононов /2/.

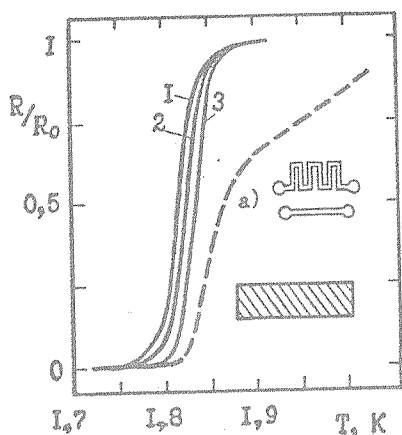
Известно, что в отличие от массивных образцов таких металлов как W, Al, Be, пленочные образцы имеют более высокую температуру перехода в сверхпроводящее состояние T_K . Так, если T_K для массивного алюминия составляет 1,194 К и незначительно изменяется вплоть до толщины $d \sim 500 \text{ \AA}$, то при $d \leq 100 \text{ \AA}$ температура перехода начинает заметно возрастать /3/. В пленках из гранулированного Al T_K еще выше /4/. Ширина ΔT сверхпроводящего перехода влияет, с одной стороны, на чувствительность, но, с другой стороны, на динамический диапазон болометра. Увеличение ΔT позволит исследовать ТИ большей амплитуды.

В данной работе исследованы условия нанесения пленок гранулированного Al с целью выбора оптимальной характеристики $R(T)$ болометра как детектора акустических фононов.

Эксперимент. Болометры напылялись на образцы Ge и Si в установке

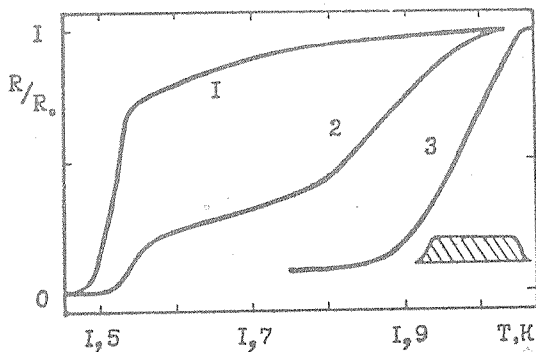
ВУП-4. Напыление Al осуществлялось с вольфрамовых испарителей, изготовленных в виде спирали из переплетенных W-проволочек, имевших диаметр 0,5 мм. Толщина напыленного слоя и скорость осаждения контролировались в процессе напыления с помощью прибора MSV 1841. Образцы помещались на расстоянии 150 мм от испарителя. Напыление Al велось через маску в виде полоски или змейки (рис. 1а).

С помощью угольного термометра Allen-Bradley на X-Y самописце записывалась зависимость сопротивления R болометра от температуры T ($1,5 \div 4,2$ К) при различных токах через болометр. Болометры различались параметрами напыления: скоростью ($2 \div 20$ Å/с); давлением в испарительной камере ($1 \cdot 10^{-5} \div 2 \cdot 10^{-6}$ торр); толщиной пленки ($70 \div 500$ Å).



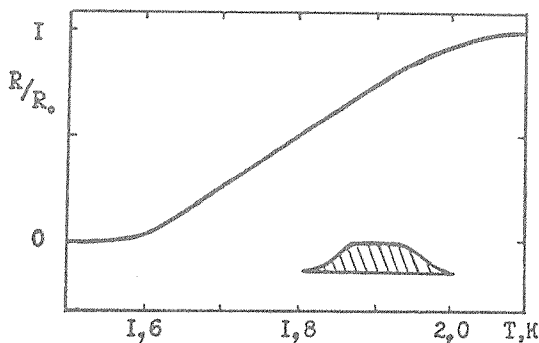
Р и с. 1. Зависимости R/R_0 от температуры. Болометр с обрезанными краями; толщина пленки $d = 70$ Å; ток болометра: 100 мкА (1), 60 мкА (2), 10 мкА (3). Штриховая линия – данные для необрезанного болометра; R_0 – сопротивление болометра при $T = 4,2$ К

Р и с. 2. Зависимости R/R_0 от температуры. Болометр с необрезанными краями, $d = 350$ Å



Результаты и обсуждение. Исследования пленок различной конфигурации показали, что независимо от того, насколько хорошо маска прилегает к образцу, всегда имеет место "краевой эффект" /5/, которого можно избежать, обрезая края пленки. Действительно, напылив полоску гранулированного Al и обрезав у нее края ($\sim 25\%$ ширины) (рис. 1), мы получили семейство кривых $R(T)$, аналогичное представленному в /5/. В нашем случае, однако, T_K выше, поскольку авторы /5/ исследовали пленки "обычного" Al.

Семейство кривых $R(T)$ при различных токах через болометр с необрезанными краями имело сложный вид (рис. 2). При больших токах кривая $R(T)$ по ширине перехода ($\Delta T \sim 0,03$ K) и критической температуре ($T_K \sim 1,5$ K) аналогична случаю пленки с обрезанными краями (рис. 1). При малых токах зависимость $R(T)$ (кривая 3) также имела малую ширину перехода, однако соответствующая критическая температура была намного выше: $T_K \sim 2,0 \div 2,1$ K. В нашем эксперименте диапазон изменения тока через болометр был ограничен, поэтому для иллюстрации случая малых токов приведена кривая 3 на рис. 2, взятая из семейства $R(T)$, снятого на другом образце. При промежуточных величинах тока кривая $R(T)$ имела намного большую ширину перехода ($0,3 \div 0,5$) K. На такой кривой могут быть один или два излома.



Р и с. 3. Зависимость R/R_0 от температуры. Вид кривой не зависит от величины тока ($2 \div 100$ мкА). Пленка $d \sim 350$ Å неравномерна по толщине

Эти факты явно указывают на то, что с изменением температуры происходит перераспределение тока по поперечному сечению образца ("краевой эффект"). На образцах, напыленных по обычной технологии, маска была прижата к поверхности образца: в этом случае "края" (см. вставку рис. 2) составляли лишь очень малую часть поперечного сечения образца и поэтому упомянутое выше перераспределение носило неплавный, скачкообразный характер.

Для проверки этого предположения при напылении одного из болометров маска была отодвинута на значительное ($\sim 0,2$ мм) расстояние от подложки, так, чтобы реализовать существенную неравномерность по толщине пленки (см. вставку рис. 3). Семейство кривых $R(T)$ для такого образца (рис. 3) слабо зависело от тока. Все кривые имели широкий ($\Delta T \sim \sim 0,5$ К) переход с хорошей линейностью зависимости $R(T)$, без изломов. Такие болометры удобны для регистрации ТИ большой амплитуды /6/.

Таким образом, выбирая режим напыления болометра и ток через него, можно получить характеристику $R(T)$ с требуемой шириной ΔT и критической температурой T_K сверхпроводящего перехода.

Необходимо отметить, что изменение скорости осаждения гранулированного Al на подложку в пределах от 4 до 20 Å/с практически не влияло на представленные выше зависимости. Однако с уменьшением скорости осаждения до 2 Å/с напыленные пленки (толщиной 100 Å) были высокоомными, что указывало на присутствие в них значительного количества окисла Al_2O_3 (они также резко отличались по цвету).

Авторы благодарны за обсуждение В.И. Цебро.

Поступила в редакцию 18 июня 1984 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. R.J. von Gutfeld, A.H. Nethercot, Phys. Rev. Lett., 12, 641 (1964).
2. P. Ulbrich, Journ. de Phys., col. C7, suppl. N° 10, 42, 423 (1981).
3. B. Abeles, R.W.Cohen, G.W. Cullen, Phys. Rev. Lett., 17, 631 (1966).
4. R. Meservey, P.M. Tedrow, J. Appl. Phys., 42, 51 (1971).
5. П.Н. Чубов, В.В. Еременко, Ю.А. Пилипенко, ЖЭТФ, 55, 752 (1968).
6. А.С. Алексеев и др., Письма в ЖЭТФ, 37, 490 (1983).