

## ИССЛЕДОВАНИЕ СВЕРХПРОВОДНИКОВЫХ ЗАПОМИНАЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ

В.Ф. Кузнецов, В.В. Никитин, Н.Ф. Федоров,  
Т.А. Русанова, П.В. Тамарин, Б.Н.Формозов.

(Ленинград)

Целью настоящей работы является исследование характеристик тонкопленочных крестообразных криотронов ( $\text{Sn}-\text{Pb}$ ), изготовленных методом вакуумного напыления через трафареты и экспериментальное выяснение возможности построения запоминающих ячеек вычислительных машин на таких элементах.

Разработанная нами вакуумная напылительная установка и специальные конструкции испарителей [1, 2] давали возможность получать все слои металлов и диэлектриков в вакууме  $5 \cdot 10^{-5} \div 5 \cdot 10^{-6}$  тор без нарушения вакуума. Для работы криотрона существенными являются следующие характеристики вентилей:

1) Величина  $\gamma = \frac{R_{2930\text{K}}}{R_{4,20\text{K}}}$ , характеризующая дефектность пленки.

2) Критическая температура  $T_c$ .

3) Величина интервала температурного перехода вентилей в сверхпроводящее состояние  $\Delta T$ .

4) Величина собственного критического тока  $I_{cs}$ .

Основные данные по исследованию  $\text{Sn}$ -вентилей криотронов приведены в таблице.

Характеристика вентилей	Без экрана			С экраном		
Скорость осаждения $\dot{A}$ /сек	50	53	64	150	140	90
$\gamma$	43	31	41	100	130	55
$\Delta T^{\circ}\text{K}$	0,04	0,05	0,05	0,1	0,06	0,03
$I_{\text{гс}}$ (ма) при $3,77^{\circ}\text{K}$	90	130	120	550/3,75 <sup>0</sup>	150/3,75 <sup>0</sup>	450
$T_{\text{с}}^{\circ}\text{K}$	3,83	3,83	3,83	3,93	3,83	3,83
Толщина $d$ (Å)	3500	2400	2900	3000	8400	3000

Из данных, приведенных в таблице видно следующее.

1)  $T_{\text{с}}$  для всех вентилей хорошо воспроизводится от образца к образцу и равно  $3,83^{\circ}\text{K}$  для большинства.

2) Ширина температурного интервала лежит в пределах  $0,03^{\circ}\text{K}$  -  $0,1^{\circ}\text{K}$ . На рис.1 показан переход вентилей в сверхпроводящее состояние при понижении температуры.  $\Delta T$  мало для пленок с резкими краями и малым количеством примесей.

3) Использование сверхпроводящего экрана приводит к увеличению  $I_{\text{гс}}$ .

4)  $\gamma$  сильно зависит от скорости осаждения плёнки.

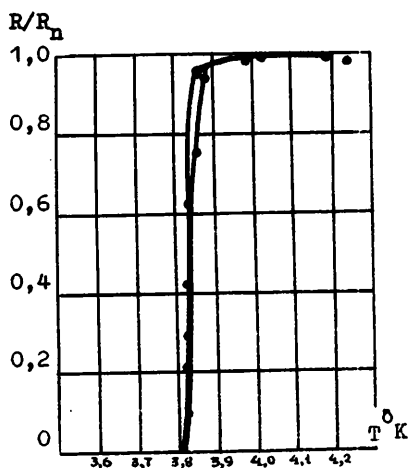


Рис. 1.

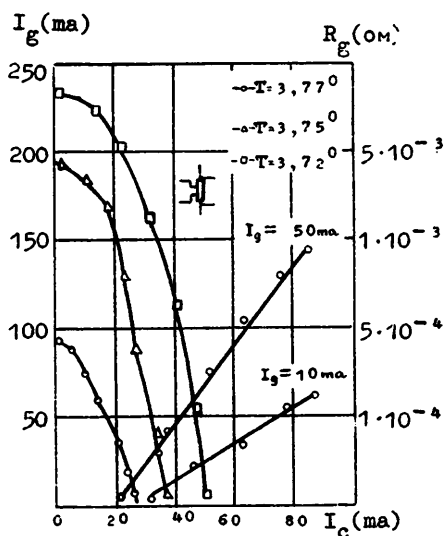


Рис. 2.

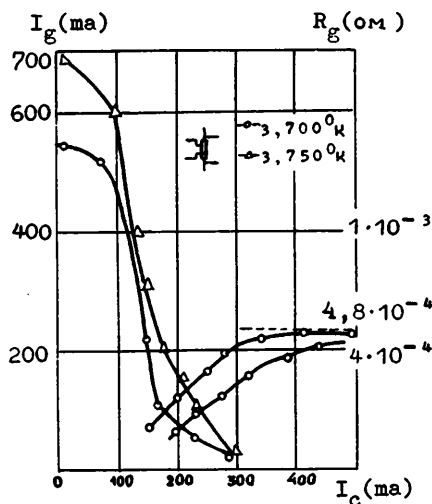


Рис. 3.

к возрастанию собственных критических токов  $I_{гс}$  и  $I_{сс}$  и к некоторому уменьшению коэффициента усиления криотрона [3].

Зависимость  $R_{вент.}$  от  $I_c$  при фиксированном токе в вентиле хорошо согласуется с данными работы [4]. Все критические параметры и характеристики элементов воспроизводятся во времени.

Для экспериментальной проверки возможности применения элементов в ячейках запоминающих устройств была изготовлена и испытана на постоянном токе схема, известная как ячейка "БЭН" [4].

Запись тока в контур ячейки производилась обычным способом (см. [3 - 4]). С помощью градуированных кривых по сопротивлению  $R_{вых}$  вентиля индикаторного криотрона 2 можно судить

На рис.2 и 3 приведены кривые, которые являются характеристиками одиночных криотронов, экранированного и неэкранированного, соответственно; это - фазовые характеристики и зависимость сопротивления вентиля от тока в сетке.

Фазовые кривые снимались потенциометрическим методом по следу сопротивления, на котором падало напряжение  $10^{-7}$  в. Видно, что с понижением температуры критический ток вентиля возрастает, фазовые характеристики смещаются в сторону больших токов сетки. Экранирование при прочих равных условиях приводит

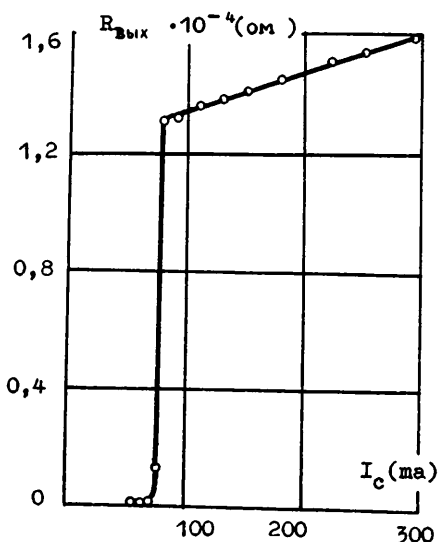


Рис. 4.

о величине персистирующего тока. Градуировочная кривая зависимость  $R$  вентиля криотрона 2 от тока в контуре при максимальном значении  $I_{вх}$  - представлена на рис.4. Записанный ток (450 ма) циркулировал без заметного изменения величины более двух часов. При некотором значении тока  $I_{вх}$  восстанавливается часть сопротивления вентиля криотрона  $I$ , что приводит к уменьшению величины незатухающего тока до нового уровня (рис.5 и рис.6).

Одним из условий работы схемы на ячейках "БЭН"

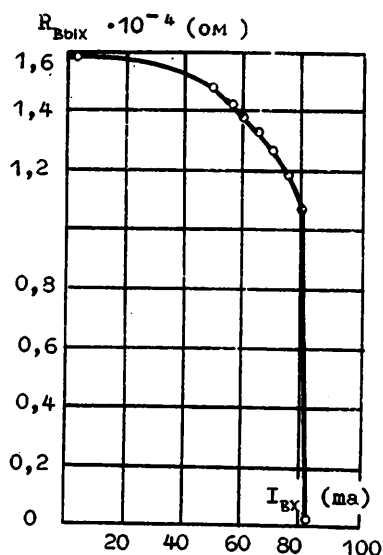


Рис. 5.

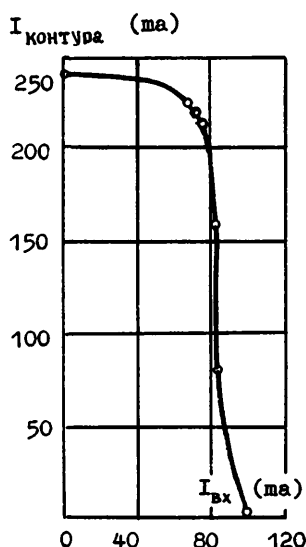


Рис. 6.

является равенство всех токов ( $I_{вх} = I_{вых} = I_{конт} = I_s$ ). На рис. 7 представлена зависимость  $R_{вых} = f(I_s)$ . По таким кривым можно оценить размеры рабочей области ячейки.

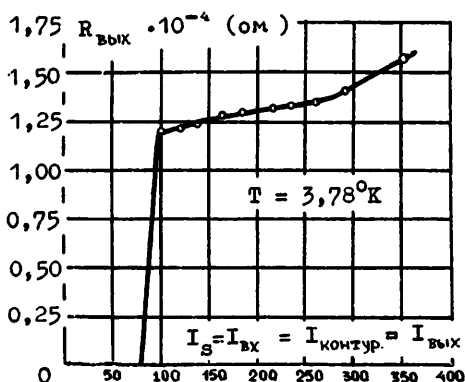


Рис. 7.

Для оценки влияния температуры на критические параметры и режимы работы ячейки "БЭН" определены фазовые характери-

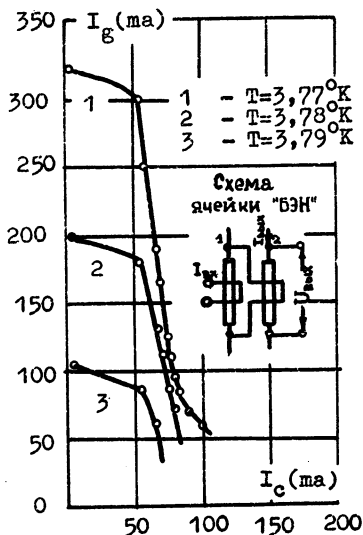


Рис. 8.

ки (рис.8) и зависимость сопротивления выходного криотрона ( $R_{\text{вых}}$ ) от температуры при максимальном значении незатухающего тока в контуре (рис.9). Из рисунков видно, что с понижением температуры возрастают значения критических токов вентиля, а выходное сопротивление уменьшается на 15%. Для вентиля, полученных при низкой скорости осаждения, характер градуировочных кривых представлен на рис.10. Возможность работы таких вентилях в схемах запоминающих устройств ограничена низким значением собственного критического тока.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1) Изготовление схем необходимо производить в вакууме не

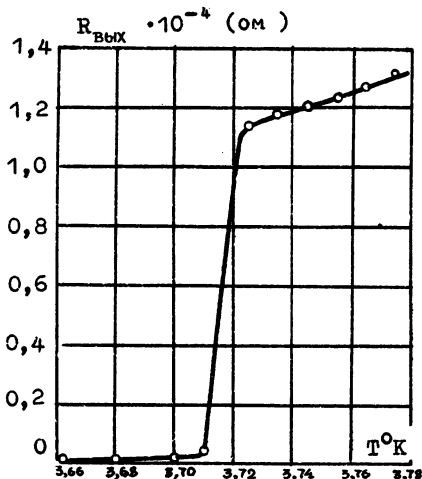


Рис. 9.

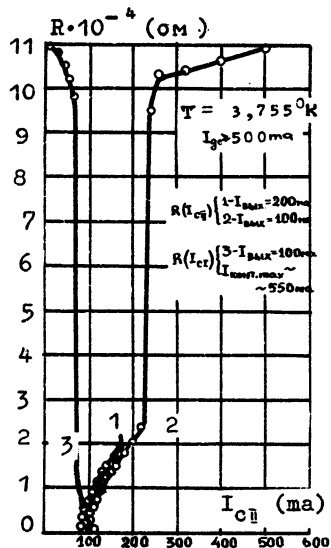


Рис. 10.

ниже  $1 \cdot 10^{-5}$  тор.

2) Скорость осаждения плёнок из олова для вентилях криотронов должна быть не ниже 100 Å /сек.

3) Размытость краев приводит к уменьшению критических токов и к увеличению интервала температурного перехода.

4) Допустимое изменение температуры при максимальном незатухающем токе составляет от 0,04 до 0,05°K.

5) При использовании описанной технологии можно изготовить запоминающее устройство, способное работать в значительном интервале токов.

### Л и т е р а т у р а

1. В.Ф.Кузнецов, В.В. Никитин, Т.А.Русанова, Н.Ф.Федоров , Б.Н.Формозов. Испаритель для получения тонких плёнок монооксида кремния без сквозных отверстий. - ПТЭ (в печати).
2. В.Ф.Кузнецов, В.В. Никитин, Т.А. Русанова, Н.Ф. Федоров, Б.Н.Формозов. Получение тонких сверхпроводящих плёнок свинца диффузным испарением. - ПТЭ.(в печати).
3. И.А. Артеменко. Диссертация, ИК АН УССР.
4. Д.В. Бремер. Сверхпроводящие устройства. М.,Изд-во "Мир", 1964 г.