

# ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ МОНОЛИТНЫХ КОНДЕНСАТОРОВ ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

*В. Г. Григоренко, В. С. Лузганов, И. С. Сидоренко*

Х а р ь к о в

Работа радиоэлектронных устройств при обычных температурах ограничивает их возможности [1]. Фундаментальные исследования физических явлений при низких температурах открыли новые перспективы перед радиоэлектроникой.

Радиоэлектроника, использующая физические явления и свойства веществ при низких температурах, выделилась в криогенную радиоэлектронику. Криогенная радиоэлектроника использует и криогенную технику, составной частью которой являются измерения низких температур.

Существующие методы измерения низких температур [2] или сложны и используются только в лабораторных условиях, или имеют узкий интервал измеряемых температур.

Радиочастотные методы [2] свободны от этих недостатков. Термочувствительными элементами, преобразующими температуру в частоту, могут быть резисторы, конденсаторы, катушки индуктивности и кварцевые резонаторы. Наиболее перспективны и доступны датчики из числа сегнетокерамических конденсаторов, выпускаемых отечественной промышленностью. Испытания монолитных конденсаторов КМ-4а сегнетокерамической группы НЗО показали, что они удовлетворяют требованиям, предъявляемым к датчикам низких температур [3].

Цель настоящей работы — дальнейшее исследование монолитных конденсаторов. При этом выбиралось большее количество, чем ранее [3], температурных точек и исключалась погрешность, вносимая вводом. Кроме

того, впервые исследовались монолитные конденсаторы КМ группы М1500, которые имеют отрицательный температурный коэффициент емкости (ТКЕ) в отличие от групп НЗ0 с положительным ТКЕ.

Емкость измерялась прибором Е12-1А в 14 температурных точках, используемых в низкотемпературной термометрии [4]. Конденсаторы, находящиеся в криостате, с измерительным прибором соединялись вводом, состоящим из последовательного соединения жесткой концентрической линии с воздушным диэлектриком и коаксиального кабеля. Погрешность,

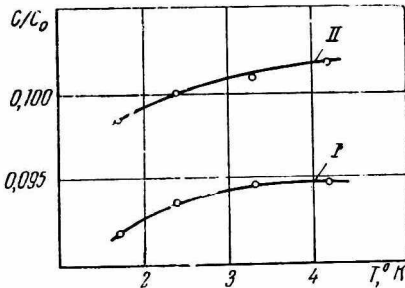


Рис. 1. Зависимость емкости конденсаторов КМ-4а НЗ0 от температуры 1,7—4,2° К:

I — 44,6 нф; II — 45,5 нф.

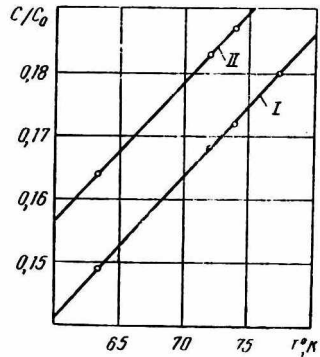


Рис. 2. Температурная зависимость емкости конденсаторов КМ-4а НЗ0 в диапазоне азотных температур:

I — 44,6 нф; II — 45,5 нф.

вносимая вводом, исключалась его калибровкой. Чтобы сделать вывод, как зависит чувствительность емкости к температуре от номинала емкости, рассчитывались относительные изменения емкости. Температурные зависимости относительного изменения емкости конденсаторов КМ групп НЗ0 и М1500 показаны на рис. 1—5.

Исследовались два конденсатора КМ-4а НЗ0 с номинальной емкостью при 20°С 44,6 и 45,5 нф. ТКЕ этих конденсаторов в диапазоне гелиевых температур (рис. 1) равны  $9800 \cdot 10^{-6}$  и  $10\,400 \cdot 10^{-6}$  1/град, а чувствительности —40 и 50 нф/град для 1-го и 2-го конденсаторов соответственно. В диапазоне азотных температур (рис. 2) ТКЕ этих конденсаторов равны  $9120 \cdot 10^{-6}$  и  $9190 \cdot 10^{-6}$  1/град, а чувствительности —80 и 90 нф/град.

Результаты измерений конденсаторов группы М1500 с номинальной емкостью при 20°С 1440 и 1410 нф в диапазоне гелиевых температур приведены в таблице.

Температура, °К	Среднеарифметическая емкость конденсаторов, нф	
	1-го	2-го
4,22	3232	3190
3,30	3232	3189
2,37	3233	3190
1,68	3233	3190

Так как емкость изменяется в пределах погрешности измерений, нельзя сделать вывод о зависимости емкости от температуры в этом диапазоне. При азотных температурах (рис. 3) емкость этих конденсаторов

зависит от температуры, ТКЕ равны  $(-2900 \cdot 10^{-6})$  и  $(-2700 \cdot 10^{-6})$  1/град, а чувствительности — 8 и 7 пф/град.

Зависимость емкости конденсаторов группы Н30 от температуры в интервале от 1 до 293° К (рис. 4) можно разбить на три участка. Аппроксимируем зависимость емкости в интервале от 77 до 273° К двумя прямыми. На участке от 77 до 156° К чувствительности равны 100 и 120 пф/град, а ТКЕ  $-6000 \cdot 10^{-6}$  и  $6500 \cdot 10^{-6}$  1/град. На участке от 156 до 273° К чувствительности обоих конденсаторов одинаковы и равны 220 пф/град, а ТКЕ  $-5300 \cdot 10^{-6}$  и  $5000 \cdot 10^{-6}$  1/град.

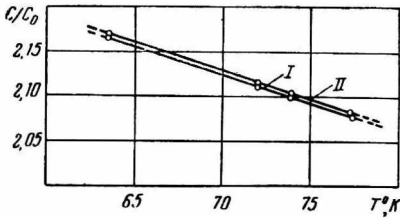


Рис. 3. Зависимость емкости конденсаторов КМ-4а М1500 от температуры 77,36—63,50° К:  
I — 1440 пф; II — 1410 пф.

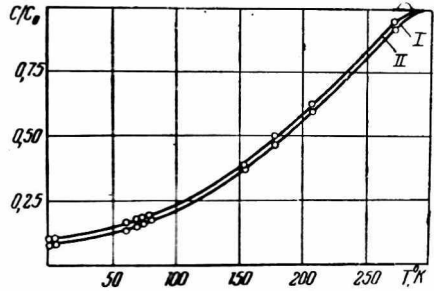


Рис. 4. Температурная зависимость емкости конденсаторов КМ-4а Н30 в диапазоне 1,68—293,15° К:  
I — 44,6 пф; II — 45,5 пф.

Зависимость емкости конденсаторов группы М1500 во всем исследованном диапазоне температур (рис. 5) имеет прямолинейный участок в интервале от 77 до 209° К. Здесь ТКЕ равны  $(-3400 \cdot 10^{-6})$  1/град, а чувствительности — 6 пф/град.

Замечено, что ТКЕ зависит от величины емкости для одного и того же номинала: чем больше емкость, тем больше ТКЕ.

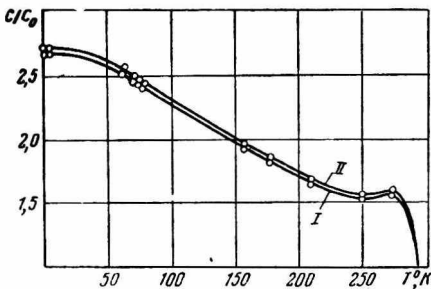


Рис. 5. Температурная зависимость емкости конденсаторов КМ-4а М1500 в диапазоне 1,68—293,15° К:  
I — 1440 пф; II — 1410 пф.

## ВЫВОДЫ

Уточненные исследования подтвердили вывод [3], что конденсаторы КМ-4а Н30 можно рекомендовать для измерения температуры в диапазоне 1—300° К. Емкость этих конденсаторов с уменьшением температуры снижается ослаблением поляризуемости, которое снижает емкость сильнее, чем увеличение плотности, повышающее емкость с уменьшением температуры.

Конденсаторы КМ-4а М1500 отличаются хорошей воспроизводимостью, достаточно чувствительны и рекомендуются для измерения температуры в диапазоне 70 — 210° К. Температурную зависимость емкости этих конденсаторов определяет материал с релаксационной поляризацией, величина и знак ТКЕ которой зависят от температуры.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. В. Н. Алфеев. Радиотехника низких температур. Изд-во «Советское радио», 1966.
  2. А. Д. Бродский. Новые методы измерения низких температур. Стандартгиз, 1962.
  3. В. И. Маханьков и др. Емкостные датчики для измерения сверхнизких температур. «Приборы и техника эксперимента», 1968, № 4.
  4. М. П. Малков и др. Справочник по физико-техническим основам глубокого охлаждения. Госэнергоиздат, 1963.
-