

А К А Д Е М И Я Н А У К С С С Р

**ЖУРНАЛ
ТЕХНИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ**

ТОМ XXXIV

ОТДЕЛЬНЫЙ ОТТИСК

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

МОСКВА

1964

ЛЕНИНГРАД

Литература

- [1] Н. Д. Моргулис, П. М. Марчук. УФЖ, 1, 59, 1956; 3, № 1, 95, 1958. — [2] Ю. К. Гуськов, М. А. Лебедев, И. П. Стаханов. ЖТФ, XXXIV, 8, № 1964. — [3] M. I. Druyvesteyn, Zs. f. Phys., 64, 781, 1930. — [4] А. В. Афанасьева, Н. А. Капцов. ЖТФ, III, 1004, 1933.

Поступило в Редакцию
1 февраля 1964 г.

УДК 621.373.413

ТРЕХСАНТИМЕТРОВЫЙ СВЕРХПРОВОДЯЩИЙ РЕЗОНАТОР

Б. И. Веркин, И. М. Дмитренко, В. М. Дмитриев,
Г. Е. Чурилов и Ф. Ф. Менде

В работе описывается сверхпроводящий трехсантиметровый резонатор из технического свинца. Добротность резонатора на колебании типа E_{012} равна $5 \cdot 10^6$ при $T = 4.2^\circ \text{K}$. Описан метод измерения добротности. Указаны возможные области применения сверхпроводящих резонаторов.

Объемные резонаторы, изготовленные из сверхпроводящих металлов, имеют при температурах ниже критической чрезвычайно большие добротности наряду с высокой стабильностью геометрических размеров. Этими свойствами обуславливается перспективность их широкого применения в физике и технике свч. До настоящего времени, однако, опубликовано очень мало сведений о свойствах и применениях сверхпроводящих резонаторов, и относятся они к резонаторам, работающим на H -волнах. Представляет интерес получение высокодобротных резонаторов, работающих на E -волнах, так как именно такие резонаторы используются при взаимодействии заряженных частиц с электромагнитным полем.

Нами исследовался сверхпроводящий объемный цилиндрический резонатор, возбуждаемый на колебании типа E_{012} , высотой 35 и диаметром 45 мм. Резонансная частота 10 000 мгц. Резонатор изготовлен из обычного свинца марки С-О путем механической обработки на станке без какого-либо дальнейшего улучшения его поверхности и состоит из двух цилиндрических частей с торцами. Одна часть высотой 8.75, вторая — 26.25 мм. При этом кольцевая линия механического контакта не пересекается током и качество контакта мало влияет на добротность резонатора.

При исследовании сверхпроводящих резонаторов существенную роль играет элемент связи, который должен обеспечивать изменение степени связи резонатора с измерительным трактом при изменении температуры от комнатной до гелиевой. Действительно, нагруженная Q_n , собственная Q_0 и внешняя $Q_{вн}$ добротности резонатора связаны соотношением $Q_n^{-1} = Q_0^{-1} + Q_{вн}^{-1}$. При изменении температуры от комнатной до гелиевой Q_0 увеличивается в 10^3 — 10^4 раз, а $Q_{вн}$ остается примерно той же. При этом $Q_n \rightarrow Q_{вн}$ и измерения дают значение внешней добротности. При уменьшении связи $Q_{вн}$ увеличивается, $Q_n \rightarrow Q_0$ и измерения дают значение Q_n , близкое к собственной добротности резонатора Q_0 .

Нами использовался элемент связи, представляющий собой коаксиальную линию 8×1 мм, короткозамкнутую петлей. Коаксиальная линия могла перемещаться внутри направляющей втулки, впаянной в цилиндрическую часть резонатора вблизи торца и параллельно ему. При комнатной температуре петля связи вводилась непосредственно в резонатор.

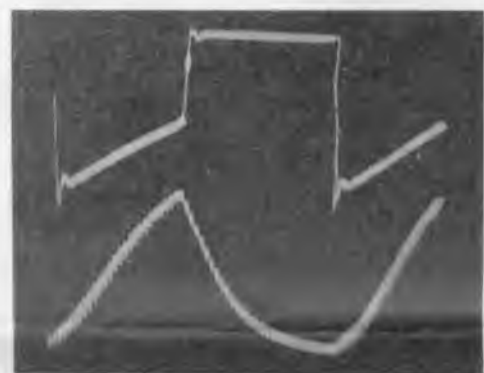
При понижении температуры резонатора до гелиевой петля связи располагалась на расстоянии 4—6 мм от внутренней поверхности резонатора. При этом связь осуществлялась через отрезок предельного круглого волновода, образованного втулкой, в котором петлей связи возбуждается волна типа H_{11} . Указанный отрезок предельного волновода является аттенуатором с коэффициентом затухания α , который определяется из выражения

$$\alpha = \frac{16l}{a} \sqrt{1 - \left(\frac{3.41a}{\lambda}\right)^2},$$

где l и a — длина и радиус предельного волновода; λ — резонансная длина волны резонатора.

В цилиндрической части резонатора было сделано два одинаковых элемента связи, расположенных у торцов.

Добротность определялась методом измерения декремента затухания. Высокочастотный сигнал клистронного генератора, промодулированный



прямоугольными импульсами, подавался на вход резонатора. Сигнал, прошедший через резонатор, детектировался и после усиления подавался на двухлучевой осциллограф. На этот же осциллограф подавался сигнал, отраженный от резонатора. Форма этого сигнала дает возможность определить степень связи [2]. Для примера на рисунке представлена осциллограмма отраженного (верхняя кривая) и прошедшего (нижняя кривая) сигналов (длительность меток 5 мксек.). Нижняя кривая характеризует переходной процесс

в резонаторе. Нагруженная добротность определялась по формуле

$$Q_n = 2\pi f_p \tau,$$

где f_p — резонансная частота резонатора, τ — время, за которое мощность колебаний в резонаторе уменьшается в e раз. Собственная добротность описанного резонатора оказалась равной 5×10^6 при температуре 4.2°K .

Проведенные предварительные эксперименты показывают, таким образом, что из обычного технического свинца простейшей механической обработкой могут быть изготовлены резонаторы, имеющие в диапазоне 3 см добротности в несколько миллионов при температуре 4.2°K .

Обращает на себя внимание перспективность использования сверхпроводящих резонаторов в ряде следующих случаев.

Для стабилизации частоты генераторов свч. В работе Хайкина [2] сверхпроводящий резонатор использовался для стабилизации частоты генератора на лампе с бегущей волной и обеспечивал стабильность порядка 10^{-9} в час. Сверхпроводящий резонатор эффективно может быть использован также в известной схеме Паунда [3]. Перестраиваемые сверхпроводящие резонаторы H -образного поперечного сечения, имея малые поперечные размеры и большой диапазон перестройки при работе на основном типе колебаний [4], могут быть использованы для стабилизации частоты широкополосных генераторов свч.

Для прецизионных измерений ϵ и μ различных веществ при гелиевых температурах.¹

¹ В процессе отработки методики нами проведены измерения ϵ жидкого гелия с высокой точностью в интервале температур $1.5-4.2^\circ \text{K}$. Результаты этих измерений будут опубликованы позднее.

Для построения резонансных волномеров, фильтров, эталонов частоты, высокочастотных нерегулярных предельных резонаторов с электронной перестройкой [5].

Для создания на основе сверхпроводящих резонаторов экономичных и малогабаритных ускорителей, работающих в непрерывном режиме [1, 6].

Авторы благодарны Я. Б. Файнбергу за неизменный интерес и внимание к работе.

Литература

- [1] W. M. Fairbank, J. M. Pierce, P. B. Wilson. Proc. of the 8-th Int. Conf. on Low Temperature Physics, стр. 179, London, September, 1962. — [2] М. С. Хайкин. ПТЭ, № 3, стр. 104, 1961. — [3] R. V. Pound. Rev. Sci. Instr., 17, 490—505, November, 1946. — [4] В. М. Седых, А. Ф. Зоркин, В. М. Дмитриев, Н. В. Ляпунов, А. П. Яцук. ЖТФ, XXXI, вып. 6, 1961. — [5] В. М. Дмитриев, Н. В. Ляпунов, А. И. Терещенко, А. Я. Чабань. Тр. радиофизического факультета Харьковск. гос. унив., т. 7, стр. 75, 1962. — [6] А. И. Ахизер, Я. Б. Файнберг. Линейное ускорение заряженных частиц. Сб. статей. Госатомиздат, 1962.

Физико-технический институт
низких температур
АН УССР
Харьков

Поступило в Редакцию
13 февраля 1964 г.

УДК 537.533.33

СФЕРИЧЕСКАЯ АБЕРРАЦИЯ КОМБИНИРОВАННОЙ КВАДРУПОЛЬНОЙ ЛИНЗЫ

А. Д. Дымников, Т. Я. Фишкова и С. Я. Явор

В работах [1, 2] рассматривалась комбинированная квадрупольная линза, которая при определенном соотношении между наложенными электрическим и магнитным полями обладает нулевой или отрицательной хроматической aberrацией. Представляет интерес исследовать сферическую aberrацию такой линзы.

Уравнение траекторий заряженных частиц с точностью до членов третьего порядка для комбинированной квадрупольной линзы, имеющей две плоскости симметрии и две — антисимметрии, могут быть получены из общих уравнений [3]. Они имеют вид для нерелятивистского случая

$$x'' + (\beta_M^2 f_M - \beta_K^2 f_K) x = -\beta_M^2 \left[\frac{1}{2} f_M x (3x'^2 + y'^2) - f_M y x' y' - f_M' x y y' - \frac{1}{12} f_M'' x (x^2 + 3y^2) \right] + \beta_K^2 \left[f_K x (x'^2 + y'^2) - \beta_K^2 f_K^2 x (x^2 - y^2) - \frac{1}{2} f_K' x' (x^2 - y^2) - \frac{1}{6} f_K'' x^3 \right] + \frac{1}{2} \beta_M^2 \beta_K^2 f_M f_K x (x^2 - y^2), \quad (1)$$

$$y'' - (\beta_M^2 f_M - \beta_K^2 f_K) y = \beta_M^2 \left[\frac{1}{2} f_M y (x'^2 + 3y'^2) - f_M x x' y' - f_M' x y x' - \frac{1}{12} f_M'' y (3x^2 + y^2) \right] - \beta_K^2 \left[f_K y (x'^2 + y'^2) - \beta_K^2 f_K^2 y (x^2 - y^2) + \frac{1}{2} f_K' y' (x^2 - y^2) - \frac{1}{6} f_K'' y^3 \right] - \frac{1}{2} \beta_M^2 \beta_K^2 f_M f_K y (x^2 - y^2). \quad (2)$$