

Джозефсоновская спектроскопия для исследование модового состава резонансных возбуждений в электродинамических структурах.

А.В.Снежко^{1,2}, В.В. Павловский¹

¹Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН

²Московский физико-технический институт (государственный университет)

Существование нестационарного эффекта Джозефсона позволяет проводить частотный анализ планарных электродинамических структур [1]. Использование высокотемпературных (ВТСП) джозефсоновских переходов позволяет исследовать модовой состав планарных электродинамических структур в терагерцовой области частот [2-4].

В данной работе показаны условия возбуждения различных типов резонансных мод в планарных резонаторах (ПР) квадратной формы с джозефсоновскими осцилляциями.

ПР были получены с помощью УФ-литографии из медных пленок толщиной 300-600 нм на сапфировых подложках. ВТСП ДП были получены УФ-литографией из $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ пленок на бикристаллических подложках MgO и NdGaO₃[5].

Температура ДП с ПР изменялась от 5 до 100 К благодаря использованию гелиевой криогенной вставки. В режиме задания тока с помощью специально разработанной маломощной электронной измерительной системы измерялись напряжение $V(I)$ на ДП и динамическое сопротивление $R_d(I)$ ДП.

При взаимном расположении ДП и резонатора, показанном на вставке рис.1а, в последнем возбуждается фундаментальная резонансная мода (рис.1). В этом случае половина длины волны резонансной моды укладывается на периметре резонатора. Для резонатора с длиной стороны $d=233$ мкм особенность наблюдалась в районе напряжения 145 мкВ, что соответствует резонансной частоте $f=70,12$ ГГц из соотношения Джозефсона $f=2eV/h$.

В случае взаимного расположения ДП и резонатора, показанного на вставке рис.1б, наблюдается возбуждение дипольной моды. В этом случае ток по резонатору распределён симметрично таким образом, что на каждой половине резонатора укладывается половина длины волны излучения. Также на зависимости динамического сопротивления $R_d(V)$ ДП присутствует особенность при напряжении соответствующей фундаментальной моде, появляющаяся вследствие неидеального позиционирования резонатора относительно ДП. Особенности наблюдались при 145 мкВ и при 310 мкВ, что соответствует возбуждению фундаментальной $f\approx 70$ ГГц) и дипольной ($f\approx 150$ ГГц) мод, соответственно (рис.1б).

Таким образом в зависимости от положения одного и того же резонатора относительно слабой связи ДП, в резонаторе может возбуждаться как фундаментальная мода, так и дипольная мода.

Работа поддержана грантом РФФИ № 16-07-00938.

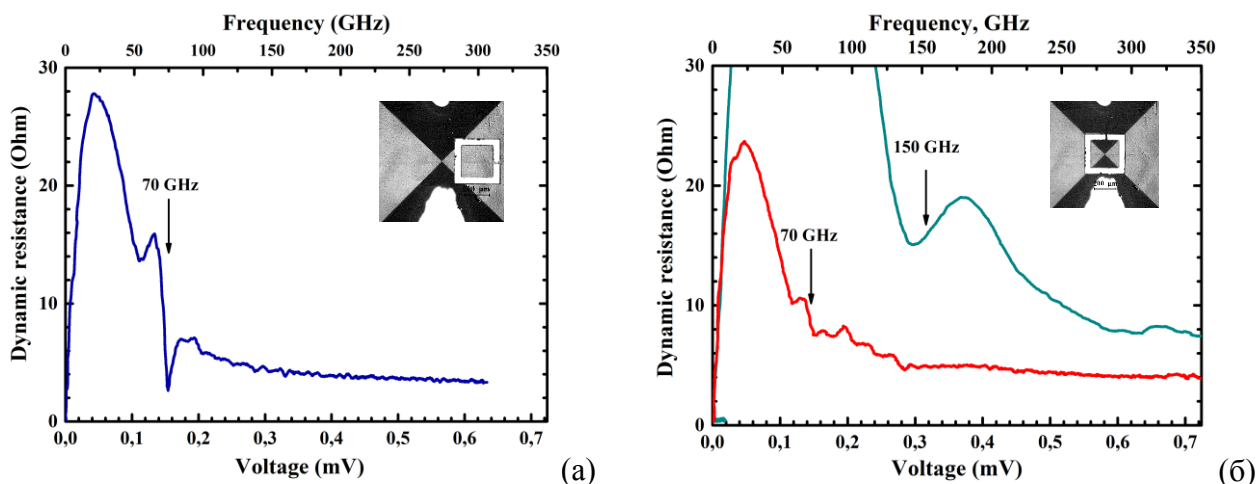


Рис.1. Зависимости дифференциального сопротивления $R_d(V)$ от напряжения джозефсоновского перехода, взаимодействующего с планарным резонатором с $d=233$ мкм *a* – возбуждение только фундаментальной моды, *б* – возбуждение и фундаментальной и дипольной мод.

Литература

1. Лихарев К.К., Ульрих Б.Т. Системы с джозефсоновскими контактами. М.: МГУ, 1978.
2. Волков О.Ю., Губанков В.Н., Гундарева, И.И. и др. Джозефсоновская спектроскопия для локальной диагностики планарных резонаторных систем в миллиметровом диапазоне длин волн // Радиотехника и электроника. 2015. Т. 60, № 9, с.1-6.
3. Снежко А.В., Губанков В.Н., Покалякин В.И. и др. Частотный анализ планарных резонаторов с помощью нестационарного эффекта Джозефсона в терагерцовой области спектра // Нелинейный мир. 2016. Т.14, №2, с. 56-58.
4. Snezhko A., Volkov O., Gubankov V., et al. Spectral Characterization of Planar Resonators by terahertz Josephson spectroscopy // In Proceedings of PIERS 2015 in Prague, pp. 1711 - 1715, July 6-9, 2015.
5. Divin Y., Kotelyanskii I. and Gubankov V. Bicrystal Josephson junctions for terahertz Hilbert-transform spectroscopy // J. Commun. Technol. Electron. 2003. Vol.48. pp. 1137-1147.