

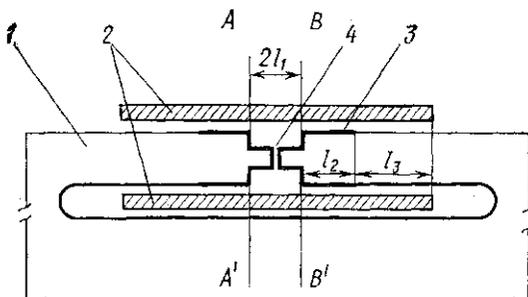
УДК 530.12:531.51

СОПРЯЖЕНИЕ ВЫСОКОДОБОТНОЙ ГРАВИТАЦИОННОЙ АНТЕННЫ С РЕЗОНАТОРОМ ЕМКОСТНОГО ДАТЧИКА КОЛЕБАНИЙ

А. Д. Кочубей, В. П. Митрофанов

(кафедра колебаний)

Большинство исследовательских групп, ведущих работы по гравитационно-волновому эксперименту, используют твердотельные антенны веберовского типа для регистрации гравитационного излучения от возможных космических источников, которое, по теоретическим оценкам, может возбуждать в антенне колебания с амплитудой $(2-3) \cdot 10^{-17}$ см на частотах 10^3-10^4 Гц [1]. Емкостный датчик параметрического типа с СВЧ-накачкой является наиболее перспективным для регистрации столь малых колебаний [2]. Чтобы выделить их на фоне тепловых флуктуационных колебаний антенны, применяются антенны с высокой механической добротностью, изготовленные, например, из сапфира или кремния. Датчик должен соединяться с антенной таким образом, чтобы не вносить в нее дополнительного затухания, а следовательно, не иметь механического контакта с антенной. Так как антенна в



ее дополнительного затухания, а следовательно, не иметь механического контакта с антенной. Так как антенна в

Рис. 1. Диэлектрическая гравитационная антенна с коаксиальным резонатором (вид в разрезе): 1 — «рога» антенны, 2 — экран, 3 — металлизированное покрытие, 4 — емкостный зазор

подвесе обладает низкочастотными колебательными степенями свободы, то возникает задача регистрации малых колебаний антенны при достаточно больших низкочастотных колебаниях ее относительно датчика, вызванных сейсмическими воздействиями. В работе [3] предложена схема соединения резонатора емкостного датчика с антенной, имеющей сложную форму. Два «рога» переносят колебания концов антенны в колебания величины зазора между ними. Этот зазор является емкостным зазором СВЧ-резонатора, частота которого должна меняться при сейсмических колебаниях антенны столь мало, чтобы датчик оставался в пределах линейного участка своей характеристики.

В настоящей работе проведено исследование двух вариантов сопряжения электрического резонатора с высокодобротной диэлектрической антенной из сапфира.

Для первого варианта СВЧ-резонатора (рис. 1) характерно то, что внешним проводником коаксиального резонатора является экран, подвешенный отдельно от антенны и не имеющий с антенной механического контакта. Внутренним проводником являются покрытые металлом диэлектрические стержни («рога»), выпиленные в теле антенны. В такой системе область с размерами l_3 работает как заперделный волновод с ослаблением не менее 60 дБ. Часть коаксиала, имеющая волновое сопротивление Z_2 и длину l_2 , обеспечивает замыкание

СВЧ-энергии в сечениях AA' и BB' . В этом случае частота СВЧ-резонатора определяется его волновым сопротивлением Z_1 , длиной коаксиала $2l_1$, емкостью зазора C_0 , а также параметрами замыкающей линии.

Как показали экспериментальные исследования, для используемых в настоящее время подвесов высокочастотных антенн наибольшее влияние на собственную частоту резонатора оказывают повороты антенны в подвесе, вызванные сейсмическими воздействиями, так как для этих движений подвес обладает минимальной жесткостью и затуханием. Если φ_0 — угол начальной установки продольной оси экрана относительно оси антенны, $\Delta\varphi$ — вариации этого угла, то для относительных изменений частоты резонатора в первом приближении получаем выражение

$$\frac{\Delta\omega}{\omega} = \frac{4\varphi_0 \Delta\varphi (l_1 + l_2)^2}{D^2 \ln(D/d) \operatorname{tg} \beta l_1 \cdot \operatorname{tg} \beta l_2},$$

где D — диаметр внешнего экрана, d — диаметр рога антенны, $\beta = \omega/c$.

Антенный резонатор второго типа, рассмотренный в данной работе, изображен на рис. 2. Резонатор делается непосредственно на диэлектрической антенне путем образования соответствующих полостей в рогах и покрытия их металлом. Он представляет собой экранированный плосковый резонатор с волновым сопротивлением Z_1 и длиной l_1 с сосредоточенными

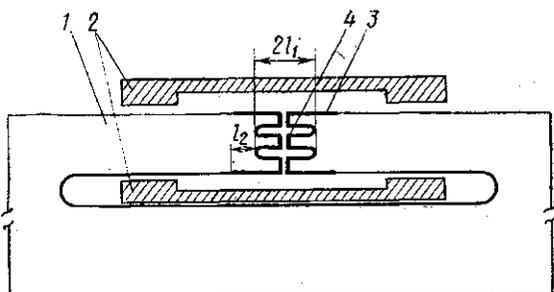


Рис. 2. Диэлектрическая гравитационная антенна с антенным плосковым резонатором. Обозначения те же, что на рис. 1

ми емкостями. Емкость C_0 включена в центральный проводник, емкости $C_{\text{бл}}$ — во внешние. Размеры экрана выбраны таким образом, чтобы его собственные частоты лежали выше частоты резонатора.

При расчете собственных частот резонатора и их изменений предполагалось, что внешние проводники плоскового резонатора и экран образуют структуру, близкую к отрезку коаксиальной линии, имеющую длину $l_1 + l_2$ и волновое сопротивление Z_2 . Если $Y = \operatorname{tg} \beta (l_1 + l_2) / Z_2$ — проводимость, обусловленная экраном и включенная параллельно $C_{\text{бл}}$, то собственные частоты определяются из уравнения [4]

$$\frac{1}{\omega C_0} + \frac{1}{2\omega C_{\text{бл}} + 2Y} = 2Z_1 \operatorname{tg} \beta l_1.$$

Изменение собственной частоты резонатора, например, из-за угловых смещений антенны при условиях $|Y| \ll \omega C_{\text{бл}}$, $\beta l_1 \ll 1$ дается выражением

$$\frac{\Delta\omega}{\omega} = \frac{2\varphi_0 \Delta\varphi (l_1 + l_2)^2 C_0^2}{D^2 \ln D/d C_{\text{бл}}^2} \operatorname{tg} \beta l_1 \cdot \operatorname{tg} \beta (l_1 + l_2).$$

Здесь D — диаметр экрана, d — ширина рога антенны, φ_0 — угол начальной установки оси экрана относительно оси антенны, $\Delta\varphi$ — его вариации. Величина φ_0 определяется точностью изготовления экрана и антенны.

Экспериментально исследовались сейсмические колебания макета гравитационной антенны и их влияние на собственную частоту резонатора, бесконтактно сопряженного с антенной. Смещения антенны измерялись с помощью микроскопа. Резонаторы, рассчитанные на собственную частоту 3 ГГц, имели следующие параметры: $l_1=0,5$ см, $l_2=1,5$ см, $d=0,5$ см, $D=1,2$ см для резонатора коаксиального типа; $l_1=0,5$ см, $l_2=0,8$ см, $D=2$ см, $d=1$ см, $C_0=0,7$ пФ, $C_{\text{бл}}=3$ пФ для резонатора полоскового типа.

Результаты расчетов и экспериментальных исследований влияния угловых смещений антенны на частоту резонаторов даны в таблице.

Резонатор	Φ_0 , рад	$\Delta\varphi$, рад	$\Delta\omega/\omega$ (расчет)	$\Delta\omega/\omega$ (эксперимент)
№ 1	$5 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$
№ 2	$1,5 \cdot 10^{-1}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5}$

Влияние продольных сейсмических колебаний антенны на частоту резонаторов не обнаружилось на уровне измерения относительных изменений частоты $\Delta\omega/\omega \approx 10^{-6}$. Резонатор полоскового типа, хотя и более

сложен в изготовлении, дает лучшие результаты. Он обеспечивает необходимое ослабление влияния низкочастотных сейсмических колебаний гравитационной антенны на работу емкостного датчика малых колебаний. При добротности резонатора $Q \approx 10^5$ угловые сейсмические колебания антенны с амплитудой 10^{-4} рад не выводят датчик за пределы линейного участка характеристики.

Авторы признательны В. Б. Брагинскому за постоянное внимание и помощь в работе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Braginsky V. V., Rudenko V. N. Phys. Rep., 1978, 46, p. 165.
 [2] Брагинский В. Б., Ланни Ю. Б., Панов В. И. Вестн. Моск. ун-та. Сер. Физ. Астрон., 1979, 20, № 5, с. 87. [3] Брагинский В. Б., Панов В. И., Попельнюк В. Д. Письма в ЖЭТФ, 1981, 33, с. 423. [4] Орлов С. И. Расчет и конструирование коаксиальных резонаторов. М.: Сов. радио, 1970.

Поступила в редакцию
25.01.82

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ, 1983, т. 24, № 1

УДК 538:537.611.46

СВОБОДНЫЙ ПАРАМЕТР ШПИНЕЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ И СДВИГ МЁССБАУЭРОВСКОЙ ЛИНИИ

В. И. Николаев, В. С. Русаков, Н. И. Чистякова

(кафедра общей физики для физического факультета)

При наличии сильных ковалентных связей сдвиг мёссбауэровской линии оказывается весьма чувствительным к расстояниям между атомами в кристалле [1]. Именно такая ситуация имеет место в случае ферритов-шпинелей, в которых катионы металла, занимающие тетраэдрические и октаэдрические пустоты, окружены анионами. Эффекты ковалентности проявляются, в частности, в том, что изменение параметра решетки приводит к заметному изменению сдвигов мёссбауэровской линии ядер в катионных подрешетках δ^A и δ^B [2]. Эта зависимость, однако, не является однозначной, поскольку расстояния r^A и r^B