

## МЕТАМАТЕРИАЛЫ С КОЛЬЦЕВЫМИ АНТЕННАМИ И СИНИС БОЛОМЕТРАМИ

**М. А. Тарасов<sup>1</sup>, А. С. Соболев<sup>1,2</sup>, С. А. Лемзяков<sup>2,5</sup>, Р. А. Юсупов<sup>1,2</sup>,  
А.А. Гунбина<sup>3,4</sup>, В. С. Эдельман<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> *Институт Радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН*

<sup>2</sup> *Московский физико-технический институт (государственный университет)*

<sup>3</sup> *Нижегородский государственный технический университет им. П. Е. Алексеева*

<sup>4</sup> *Институт прикладной физики РАН*

<sup>5</sup> *Институт физических проблем им. П.Л. Капицы РАН, Россия, Москва, ул. Косыгина 2*

*e-mail: vsedelman@yandex.ru*

Разработаны и изготовлены метаматериалы с СИНИС болометрами в кольцевых антеннах для диапазона 350 ГГц. 100 последовательно включенных элементов расположены на площади 620\*620 мкм. При температуре образца 100мК измеренный оптический отклик на излучение черного тела составил  $2*10^9$  В/Вт. Температурная чувствительность при температуре черного излучения 2.7 К составляет 135 мкК/Гц<sup>1/2</sup>, что позволяет использовать такой детектор для изучения анизотропии реликтового излучения.

## METAMATERIALS WITH RING ANTENNAS AND SINIS BOLOMETERS

**M. A. Tarasov<sup>1</sup>, A. S. Sobolev<sup>1,2</sup>, S. A. Lemzyakov<sup>2,5</sup>, R. A. Yusupov<sup>1,2</sup>,  
A. A. Gunbina<sup>3,4</sup>, V. S. Edelman<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> *V. Kotelnikov Institute of Radio-engineering and Electronics RAS*

<sup>2</sup> *Moscow Institute of Physics and Technology (State University)*

<sup>3</sup> *Nizhny Novgorod State Technical University*

<sup>4</sup> *Institute of applied physics RAS*

<sup>5</sup> *P. Kapitza Institute for Physical Problems RAS, Russia, Moscow, Kosygin str., 2*

*e-mail: vsedelman@yandex.ru*

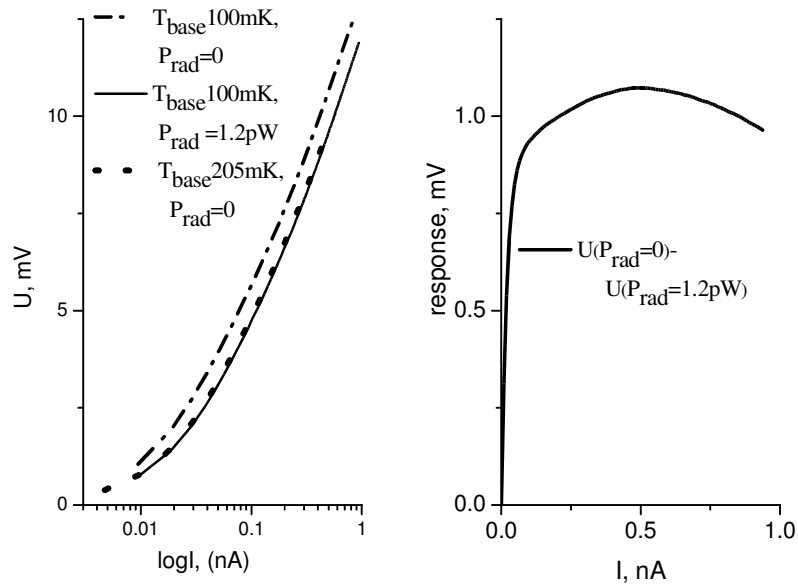
The metamaterials with SINIS bolometers in ring antennas for the 350 GHz range were Developed and manufactured. The 100 elements in series are located on an area of 620\*620 μm. When the sample temperature 100mK measured optical response on the radiation of a black body amounted to  $2*10^9$  V/W. The temperature sensitivity at a black radiation temperature of 2.7 K is 135 μK/Hz<sup>1/2</sup>, which allows the use of such a detector to study the anisotropy of the relic radiation.

В работе изготовлена матрица кольцевых антенн, напыленных на подложку кремния, работающих в режиме метаматериала [1,2]. В наших образцах внешний диаметр колечка составлял 60 мкм, период 70 мкм, площадь матрицы 10x10 элементов 620x620 мкм<sup>2</sup>. В каждую планарную антенну включено по четыре болометра на основе СИНИС структуры алюминий — оксид алюминия — алюминий на подслое железа — оксид алюминия — алюминий.

Эксперименты проводили в портативном криостате растворения [3] при температуре от 100 до 500 мК. Измерялся отклик приемной структуры на излучение черного тела - нагреваемой током пленки нихрома (от 0.5 до 7К) на подложке из сапфира. Излучение проходило через фильтр с частотой пропускания 330 ГГц и сапфировой линзой, прижатой к кремниевой подложке, фокусировалось на мета структуру. При расчете мощности излучения считалось, что излучатель — черное тело и учитывались пропускания фильтра и геометрия эксперимента.

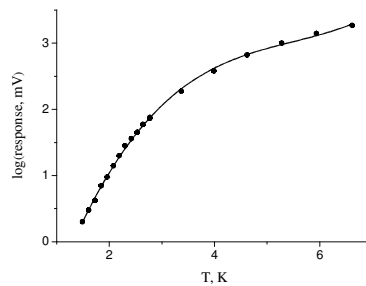
Регистрировалось значение напряжения на структуре в функции протекающего через нее тока. Оптический отклик определялся как разность напряжений при заданном токе, возникающая

при облучении, рис. 1. Измерения при разных температурах излучателя показали, что отклик пропорционален мощности излучения, изменявшейся в пределах 0 — 2 пВт.



**Рис. 1** - ВАХ структуры (слева) и зависимость отклика от тока через структуру (справа).

Для астрономических применений важен отклик на изменение температуры излучения, рис. 2. Из этих результатов можно заключить, что  $d(\text{resp})/dT = 135 \text{ мкВ/К}$  при  $T = 2,7 \text{ К}$  (реликтовое излучение). Учитывая возможности современной электроники, даже при теплых усилителях сигнала болометра с уровнем шумов порядка  $3\text{-}4 \text{ нВ/Гц}^{1/2}$  достижимо разрешение к относительным изменениям температуры излучения порядка  $10^{-5}$  в полосе 1 Гц.



**Рис. 2**- Отклик на излучение с температурой  $T$  (кружки). Линия — фит полиномом.

#### Список цитируемой литературы

1. Gupta M., Srivastava Y.K., Manjappa M., Singh R. // Appl. Phys. Lett. 2017. V.110. P. 121108
2. Zhang C., Cheng Q., Yang J., Zhao J., Cui T.J. // Appl.Phys.Lett. 2017. V.110. P. 143511
3. Эдельман В. С.// ПТЭ 2009. №2. С. 159