Микроболометрические приемники импульсного терагерцового и субмиллиметрового излучения

М.А. Демьяненко

Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН,

Новосибирск, 630090, пр. Ак. Лаврентьева, 13

тел: +7 (383) 330-9055, факс: +7 (812) 333-2771, эл. почта: demyanenko@isp.nsc.ru

DOI 10.34077/RCSP2019-54

Высокая чувствительность неохлаждаемых микроболометрических приемников к терагерцовому (ТГц) излучению обеспечивается двумя способами. Первый состоит в применении антенн, связанных с микроболометром резистивным и/или емкостным способом. Второй состоит в применении тонких металлических поглотителей. Первый преимущественно развивается фирмой LETI (Франция) [1], а второй – фирмой NEC (Япония) [2]. В обоих случаях могут применяться дополнительные оптические резонаторы. В настоящее время в обоих вариантах исполнения достигнута пороговая мощность ≈ 40 пВт/пиксель на длинах волн 100–200 мкм. Быстродействие приемников составляет около 10–15 мс, так что кадровая частота не превышает 60–100 Гц. Для многих приложений длины волн принимаемого излучения должны достигать порядка 1000 мкм, поскольку в этой области спектра прозрачность многих материалов заметно больше, чем на длинах волн 100–200 мкм. Однако, на длинах волн порядка 1000 мкм пороговая мощность вышеуказанных микроболометров повышается до 1000 пВт/пиксель и более.

В России неохлаждаемые микроболометрические приемники ТГц излучения форматом 160x120 и 320x240 с пороговой мощностью 15 нВт/пиксель на длине волны 130 мкм были разработаны и продемонстрированы в ИФП СО РАН. Относительно низкая чувствительность была обусловлена тем, что измерения проводились на приемниках, разработанных для инфракрасного диапазона, в которых применялись германиевые окна и отсутствовали тонкий металлический поглотитель и антенны. В случае их применения и замены германиевого окна на просветленное кремниевое, пороговая мощность может быть понижена до 1 нВт/пиксель. Дальнейшее улучшение чувствительности требует значительного увеличения оптической толщины резонатора, образованного зазором между поглотителем и подложкой, на которой изготовлен микроболометр, что, однако, требует дополнительных технологических усилий.

Применение антенн, связанных с микроболометром емкостным способом эффективно только на длинах волн менее 200 мкм, на более длинных волнах необходимо применение резистивно-связанных антенн, что понижает чувствительность микроболометра вследствие повышенной теплопроводности. Учитывая это, а также то, что источники ТГц излучения, например, такие как квантово-каскадные лазеры, работают в импульсном режиме, в данной работе предлагается конструкция и применение микроболометров с резистивно-связанными антеннами для регистрации импульсного ТГц и субмиллиметрового излучения. Такие микроболометры позволяют регистрировать импульсы излучения энергией вплоть до 1 пДж/пиксель. При этом быстродействие составит ≈ 1 мс, что позволит обеспечить кадровую частоту близкую к 1000 Гц.

Микроболометр с двумя антеннами, связанными емкостным (CC) и резистивным (DC) способом. LETI (Франция). Пиксель 50 мкм.

Микроболометр с резистивно-связанной антенной. ИФП СО РАН. Пиксель 250 мкм.

Литература

- [1] F. Simoens, J. Meilhan // Phil. Trans. R. Soc. A. 2014. Vol. 372, 20130111.
- [2] N. Nemoto, etc. // IEEE Trans. on Terahertz Science and Technol. 2016. Vol. 6, P.175–182.