

Л. С. Соломатов¹, А. В. Меренков¹, Т. М. Ким¹, С. В. Шитов^{1,2}

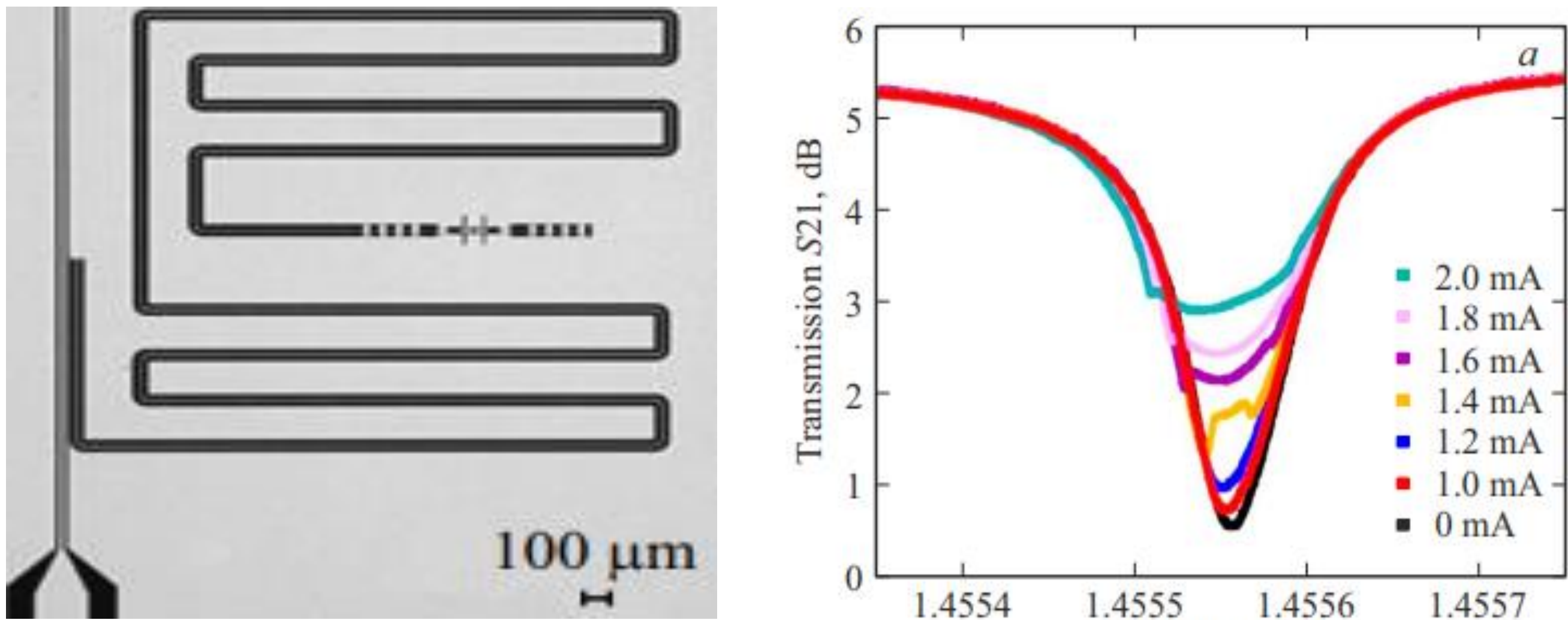
¹ Национальный исследовательский технологический университет МИСИС, Ленинский проспект 4, Москва 119049.

² Институт радиотехники и электроники им В. А. Котельникова РАН, ул. Моховая 11/7, Москва, 125009.

Экспериментально измерено быстродействие RFTES-болометра с использованием амплитудно-модулированного сигнала, подаваемого на микромостик из гафния с размерами 2,5 × 2,5 × 0,05 мкм на второй гармонике резонатора. Скорость релаксации τ , определенная по критерию снижения отклика вдвое, составила около 3 мкс. Предложено теоретическое объяснение искажения резонансной кривой RFTES, обусловленное существованием частотно-зависимой электротермической обратной связи. При положительной электротермической обратной связи наблюдались релаксационные колебания, которые можно объяснить конкуренцией тока разогрева и критического тока пленочного микромостика RFTES.

Сверхпроводящие детекторы. RFTES-болометр

RFTES-болометр – TES-детектор на разогреве электронного газа (HEDD) с СВЧ-считыванием (MKID). RFTES работает при температурах ниже 1 К, что позволяет получить высокую чувствительность с помощью разогрева электронного газа ($\tau_e \ll \tau_{e-ph}$). Нагрев электронного газа в микромостике обусловлен двумя процессами: поглощением высокоэнергетичных фотонов, поступающих от ТГц-антенны и нагревом током на частоте резонатора.



Структура чипа

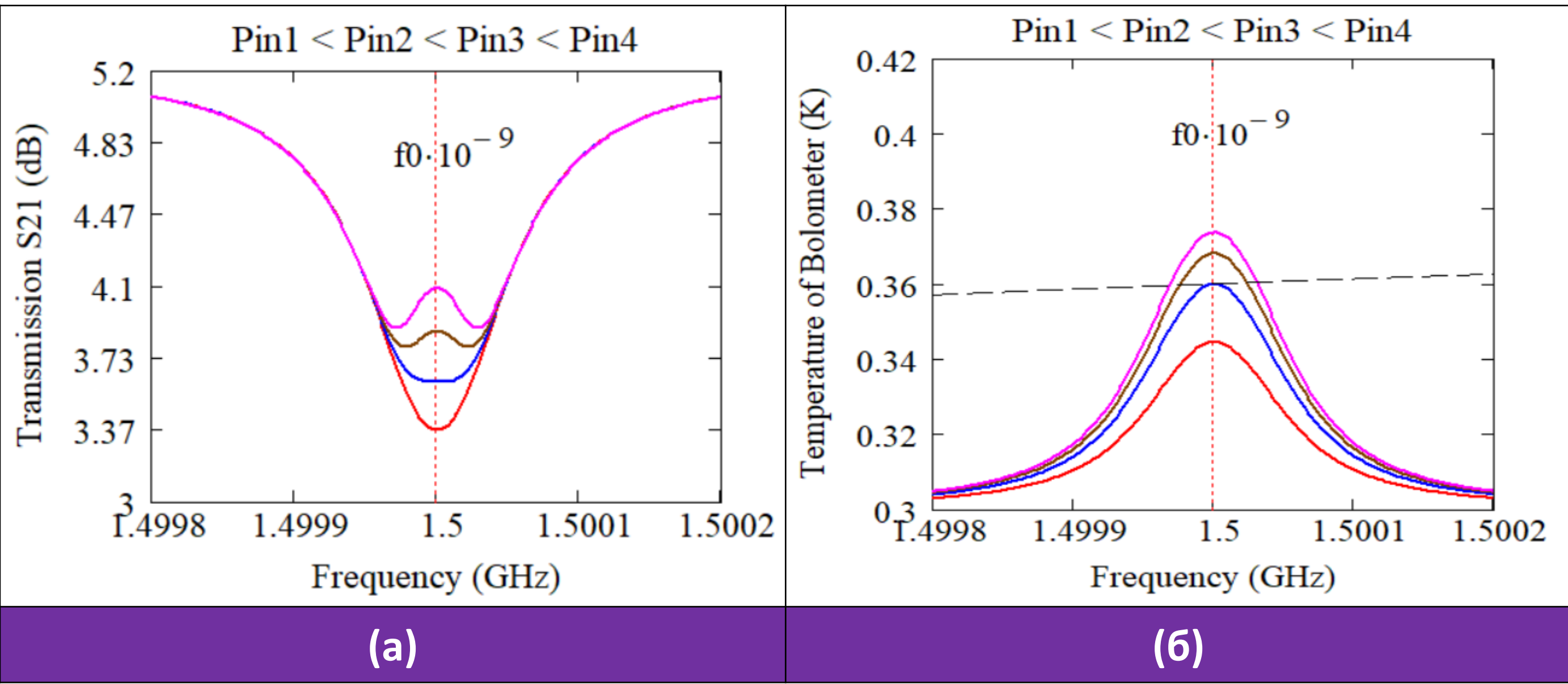
Резистивный отклик

Устойчивость

Проблема устойчивости RFTES-болометра связана с наличием знакопеременной электротермической обратной связи. RFTES-болометр является линейным преобразователем мощности:

$$Gain = \frac{\Delta P_{in}}{P_{opt}} = \frac{P_{in} \Delta S_{21}}{\Delta P_b - P_{in} \Delta S_{31}} = \frac{P_{in} \frac{dS_{21}}{dT}}{G_0 - P_{in} \frac{dS_{31}}{dT}}$$

Где ETF меняет свой знак в зависимости от того, какое из соотношений выполняется, $R(T) < R_S$ или $R(T) > R_S$. Таким образом, можно определить температуру перехода из режима PETF в режим NETF $T_{ETF} = T|_{\frac{dS_{31}}{dR}=0} = T|_{R(T)=R_S}$.



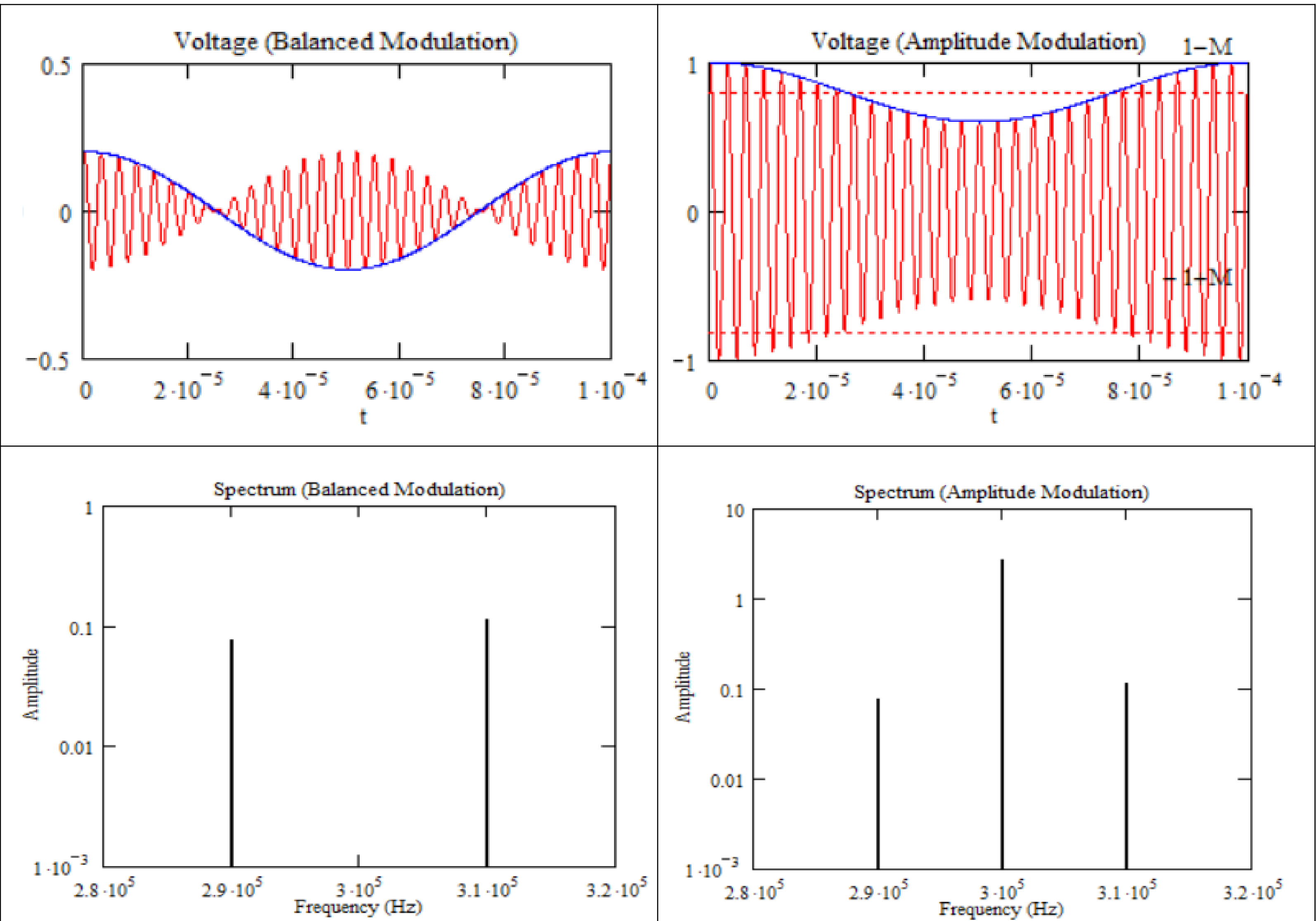
(а) Иллюстрация отклика резонансного провала S_{21} RFTES на сигнал смещения электронной температуры при различных мощностях накачки P_{in} : 0 pW, 0.9 pW (1), 1.2 pW (2), 1.4 pW (3), 1.6 pW (4)

(б) Изменение температуры болометра вблизи резонанса при различных мощностях накачки P_{in} : 0.9 pW (1), 1.2 pW (2), 1.4 pW (3), 1.6 pW (4). Пересечение с пунктирной линией (температуры перехода электротермической обратной связи T_{ETF}) показывает частотный диапазон, при котором возникает режим NETF.

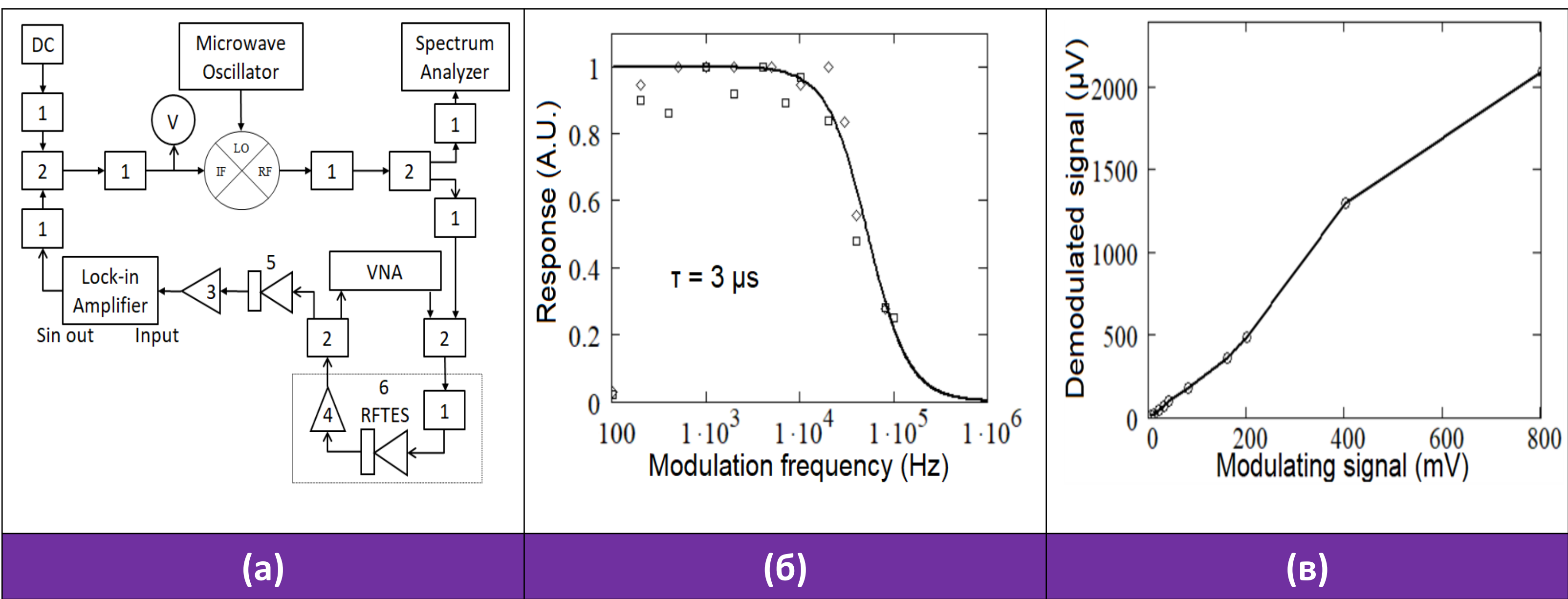
Быстродействие

Методика эксперимента с использованием АМ-модуляции

Быстродействие - скорость отклика на импульс (периодическую вариацию сигнала). Метод биения двух генераторов. АМ-модуляция как метод быстрой вариации воздействия



Измерение динамических характеристик RFTES-болометра



(а) Схема экспериментальной установки;
(б) Экспериментальные данные нормированной амплитуды отклика от частоты модуляции и теоретическая зависимость для $\tau = 3 \mu s$;
(в) Зависимость амплитуды демодуляции на входе фазового детектора от напряжения модулятора.

Заключение

Впервые проведены эксперименты по измерению быстродействия и линейности RFTES-детектора. Быстродействие составило ~3 мкс. Теоретически обосновано искажение резонансной кривой, обусловленное существованием частотно-зависимой электротермической обратной связи.