

УДК 621.396.67

УСИЛЕНИЕ С.В.Ч.-КОЛЕБАНИЙ НА ГАРМОНИКАХ
ПРОВОДИМОСТИ ДИОДОВ ГАННА

© 2013 г. Ю. И. Алексеев, А. В. Демьяненко

Южный федеральный университет

Россия, 344006, Ростов-на-Дону, ул. Большая Садовая, 105/42

Поступила в редакцию 27.02.2013 г.

Представлены результаты исследования усилителей с.в.ч. на второй гармонике отрицательной проводимости диодов Ганна сантиметрового диапазона длин волн.

DOI: 10.7868/S0032816213060165

Отрицательная проводимость, вносимая диодами Ганна в возбуждаемую ими колебательную систему, проявляется не только в основном рабочем диапазоне диода, но и за его пределами. В этом случае говорят о гармонической проводимости диода, которая также может быть использована при разработках регенеративных усилителей мощности с.в.ч. [1, 2].

В данной работе представлены результаты экспериментального исследования усилительной камеры, возбуждаемой диодами Ганна типа 3А705Б, 3А703А в диапазоне второй гармоники отрицательной проводимости этих диодов (согласно техническим условиям, основными рабочими диапазонами диодов 3А705Б и 3А703А являются 5.9–8.2 ГГц и 8–12 ГГц соответственно).

Известно, что активная составляющая мало-сигнальной с.в.ч.-проводимости диода Ганна отрицательна не только на пролетной частоте и в ее окрестном диапазоне, но также и на гармониках пролетной частоты и при известных электрофизических параметрах материала диода и размерах (длине) кристалла всегда может быть рассчитана для конкретного типа диода [1, 2]. Для упомянутых выше диодов частотная зависимость активной составляющей проводимости показана на рис. 1. Согласно рисунку, величина гармонической проводимости существенна, что дает основание говорить о возможности разработки с.в.ч.-усилителей, например, на частотах диапазона второй гармоники.

Для проверки возможности усиления с.в.ч.-сигналов на гармониках проводимости описываемых диодов Ганна были испытаны макеты усилителей отражательного типа. По конструкции макеты усилителей принципиально отличаются от усилителей этого же диапазона, но построенных под основную проводимость на пролетной частоте. Отличие состоит в том, что колебательная система усилителя диапазона основной (про-

летной) частоты переводится в режим холостого хода путем запираания ее выходного канала волноводным каналом частотного диапазона второй гармоники, имеющим существенно более высокое волновое сопротивление. Это и есть главное условие перехода к усилению на гармонической проводимости.

Исследуемая усилительная камера (рис. 2) содержит диод Ганна 1; колебательную систему 2 на основе короткозамкнутого отрезка волновода сечением $23 \times 10 \text{ мм}^2$, замкнутого с другой стороны волноводным каналом сечением $11 \times 5.5 \text{ мм}^2$, являющимся запредельным для колебаний на “холостых” частотах основного рабочего диапазона диода; узлы 3 подачи напряжения на диод со встроенными опорными конденсаторами, шунтирующими источник питания по с.в.ч.

Ниже приведены основные результаты, полученные при экспериментальном исследовании усилительных свойств камеры.

На рис. 3а приведены амплитудно-частотные характеристики (а.ч.х.) усилителя, регенерируемого диодом Ганна 3А703А при двух значениях

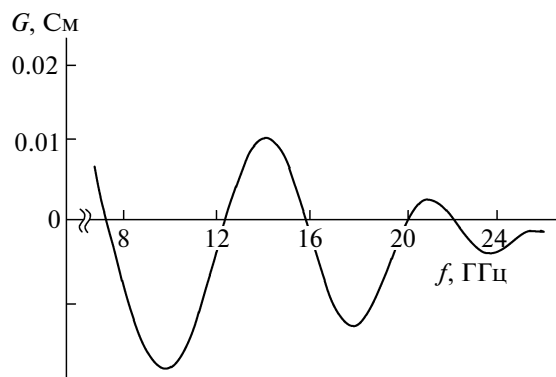


Рис. 1. Типичная зависимость активной части проводимости диода Ганна от частоты.

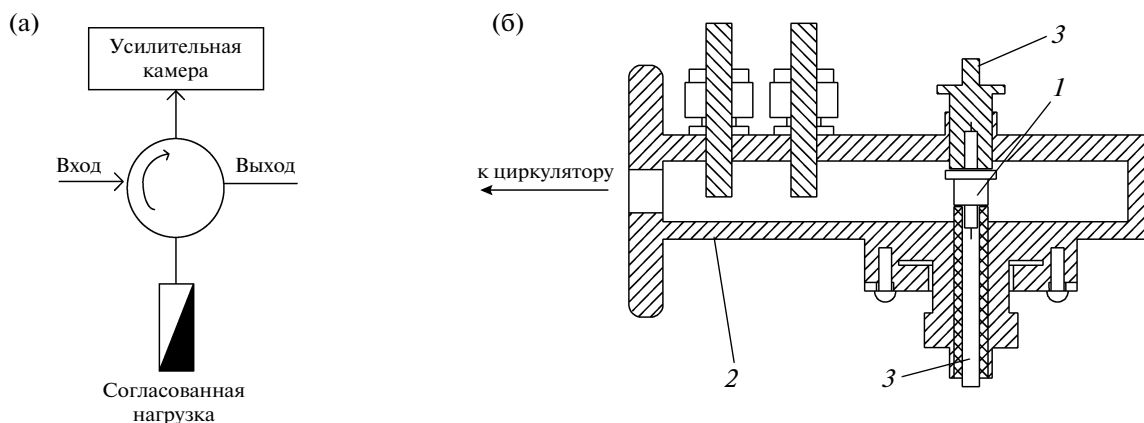


Рис. 2. Структурная схема включения (а) и эскиз конструкции усилительной камеры (б). 1 – диод Ганна; 2 – колебательная система; 3 – узел подачи напряжения смещения.

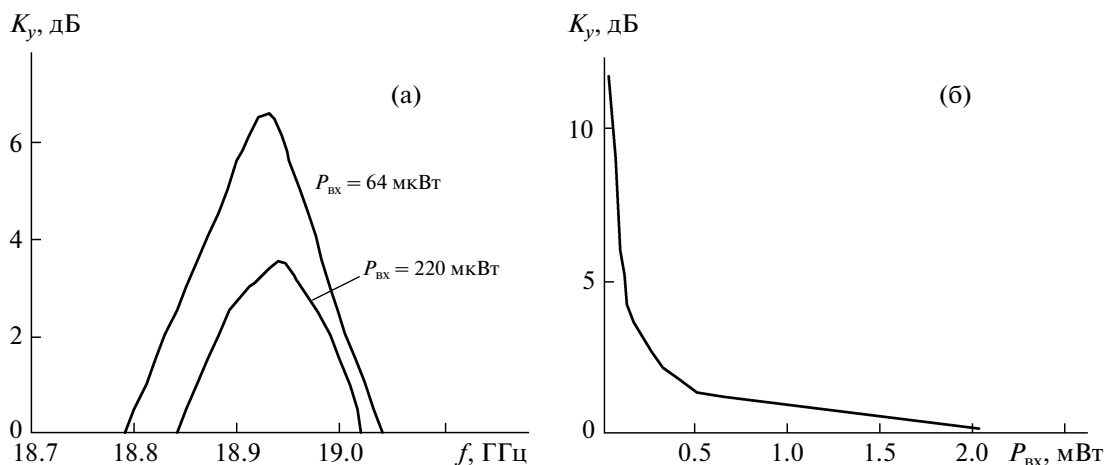


Рис. 3. Амплитудно-частотная (а) и динамическая (б) характеристики усилителя (диод 3А703А).

мощности входного сигнала $P_{\text{вх}}$: 220 и 64 мкВт — и напряжении питания диода 11.3 В (именно в окрестности указанного значения напряжения было получено усиление). Следует отметить существенное влияние уровня $P_{\text{вх}}$ на коэффициент усиления, а именно: снижение мощности входного сигнала приводит к значительному повышению коэффициента усиления (на 3 дБ), однако полосовые свойства усилителя при этом несколько ухудшаются. Это объясняется сильной зависимостью активной проводимости диода от амплитуды с.в.ч.-напряжения на диоде, что наглядно подтверждается амплитудной характеристикой, представленной на рис. 3б. Согласно рисунку, нелинейность усилителя наблюдается в основном в диапазоне входных сигналов 100–500 мкВт, и именно этому диапазону принадлежат сигналы, при которых измерялись а.ч.х. Амплитудная характеристика (рис. 3б) позволила выявить еще одно достоинство исследуемого усилителя — су-

щественное повышение малосигнального коэффициента усиления, до 12–14 дБ.

Замена в исследуемой усилительной камере диода Ганна 3А703А на 3А705Б с аналогичными усилительными свойствами, но в более низком диапазоне частот также показала возможность усиления с.в.ч.-сигналов. Приведенная на рис. 4а а.ч.х. усилителя свидетельствует о возможности некоторого расширения полосы усиления, что является следствием более приемлемого (с точки зрения согласования) импеданса диода для исследуемой усилительной камеры. При примерно таких же, как и у предыдущего диода, усилительных свойствах диода 3А705Б (уровень входного сигнала $P_{\text{вх}} = 64$ мкВт) усиление было получено при напряжении питания 4.8 В (в небольшой окрестности этого значения).

Электродинамические свойства усилителя, согласно амплитудной характеристике (рис. 4б), при замене диода практически не изменились.

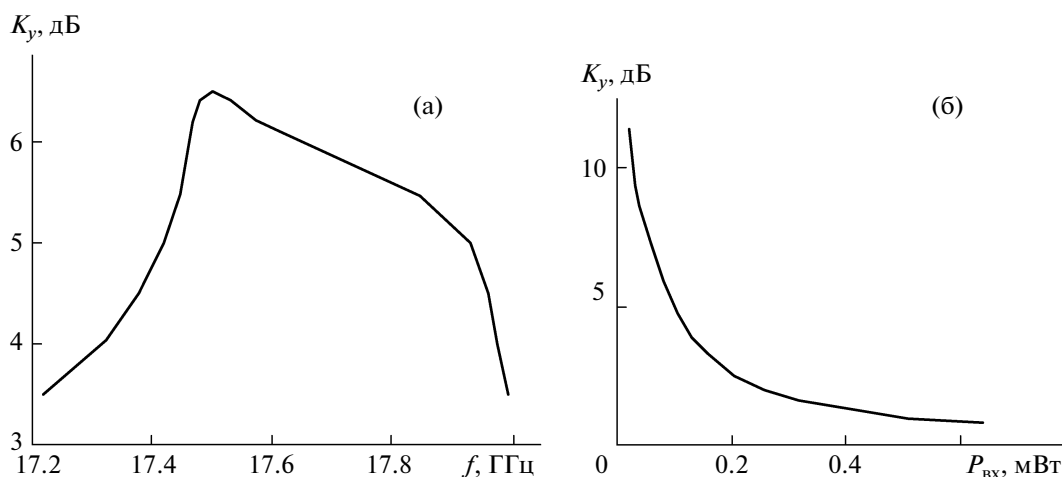


Рис. 4. Амплитудно-частотная (а) и динамическая (б) характеристики усилителя (диод 3A705B).

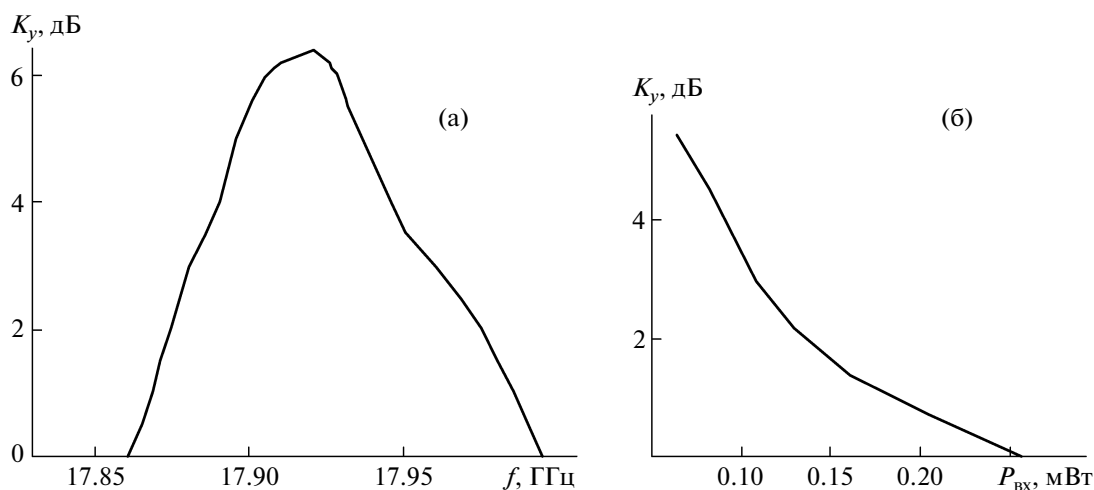


Рис. 5. Амплитудно-частотная (а) и динамическая (б) характеристики усилителя при частичном заполнении резонатора диэлектриком.

В данной работе была исследована возможность изменения диапазона усиления камеры путем частичного заполнения полости резонатора диэлектриком (флан-10). Это привело к смещению полосы усиления вниз по частоте примерно на 400 МГц при сохранении коэффициента усиления в тех же пределах (рис. 5а), что показало возможность управления частотными свойствами исследуемой усилительной камеры. Динамическая характеристика усилителя при заполнении резонатора диэлектриком (рис. 5б) практически не изменилась по сравнению с воздушным заполнением, поскольку нелинейные свойства регенеративных усилителей определяются нелинейными свойствами импеданса диода.

В заключение следует заметить, что невысокие уровни коэффициента усиления в исследуемой камере (6–12 дБ) и высокие уровни насыщения ($P_{вх} \approx 100$ мкВт) позволяют рекомендовать такие устройства в качестве усилителей промежуточного звена радиопередающих устройств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кэррол Дж. СВЧ-генераторы на горячих электродах. М.: Мир, 1972.
2. Давыдова Н.С., Данюшевский Ю.З. Диодные генераторы и усилители СВЧ. М.: Радио и связь, 1986.