

# КОМПОНЕНТЫ СИСТЕМ СВЯЗИ 5 мм ДИАПАЗОНА ДЛИН ВОЛН

Косов А. С., Зотов В. А., Рожков В. С.

Институт Космических Исследований Российской Академии Наук «ИКИ РАН»  
ул. Профсоюзная, 84/32, г. Москва, 117997, Россия  
тел.: +7-495-3332267, e-mail: akosov@ieee.org

**Аннотация** — Разработаны принципы построения и технология изготовления основных узлов систем связи в 5 мм диапазоне длин волн (60 ГГц). Изготовлены и исследованы ключевые компоненты систем связи 60 ГГц диапазона, такие как: малошумящий усилитель (МШУ), усилитель мощности (УМ), преобразователь частоты (СМ), синтезатор опорного сигнала (СИН). Получены следующие параметры разработанных компонент: коэффициент шума МШУ - менее 4 дБ; выходная мощность РА – 100 мВт; фазовый шум СИН – менее -95 дБс/Гц при отстройке от несущей на 10 kHz.

## I. Введение

В настоящее время системы связи в диапазоне 5 мм длин волн интенсивно развиваются во всем мире [1]. Особенностью диапазона 60 ГГц является значительное атмосферное поглощение (15 дБ/км), обусловленное квантовыми переходами в молекулярном кислороде атмосферы. Это позволяет создавать системы скрытой связи между различными объектами наземного и космического базирования. Предполагаемая блок-схема СВЧ части приемопередающего модуля (ППМ) диапазона 60 ГГц представлена на Рис. 1.

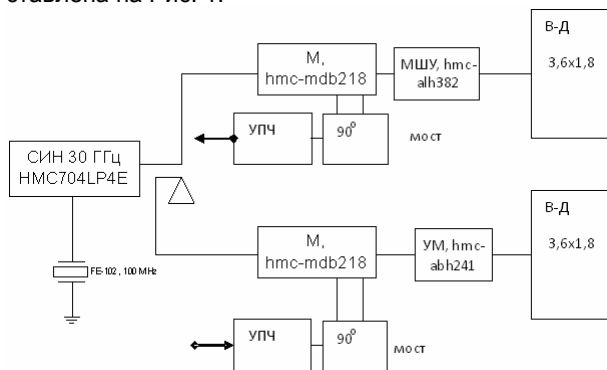


Рис. 1. Блок-схема СВЧ части ППМ диапазона 60 ГГц.

Fig. 1. Chart of the 60 GHz communication system front-end

В ППМ применены промышленно выпускаемые монолитные микросхемы диапазона 60 ГГц. МШУ и УМ выполнены на микросхемах hmc-ahh382 и hmc-abh241 соответственно. В смесителе использована микросхема hmc-mdb218, которой требуется гетеродин на половинной частоте. Сигнал гетеродина на частоте 30 ГГц вырабатывается малошумящим синтезатором hmc704lp4. В качестве опорного генератора синтезатора используется малошумящий кварцевый генератор FE-102A, работающий на частоте 100 МГц.

## II. Основная часть

МШУ и УМ выполняются в коаксиально-волноводном исполнении. Для уменьшения потерь сигнала вход МШУ, и выход УМ делаются волноводными. Для согласования волновода с входом МШУ или выходом УМ был создан волноводно-полосковый переход (ВПП). На Рис. 2а представлена фотография МШУ с ВПП, характеристики ВПП представлены на Рис. 2б.

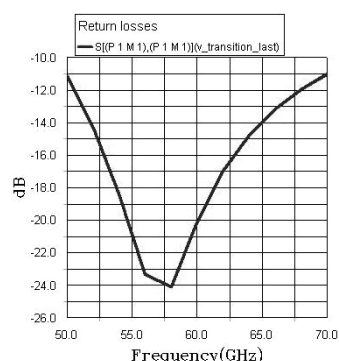
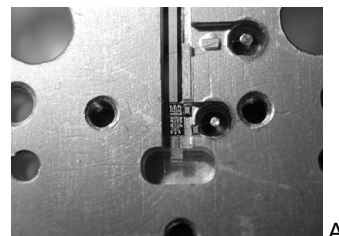


Рис. 2. Фотография сборки МШУ (А) и характеристика ВПП (Б).

Fig. 2. The Photo of LNA assembling (A) and the performance of the waveguide to microstrip transition (B)

На сборке МШУ, представленной на Рис. 2(А), видны: входной волновод сечением 3,6 x 1,8 мм, ВПП на кварце толщиной 100 мкм, монолитная микросхема НМС-АЛН382 и выходной полосок. На фотографии видны также штыри питания, по которым подается напряжение питания на стоки и затворы микросхемы. МШУ работает в полосе частот 57-63 ГГц, коэффициент шума составляет около 4 дБ, коэффициент усиления около 18 дБ. Выход МШУ выполнен коаксиальным.

Аналогично выполняется УМ на микросхеме НМС-АВН241. Вход УМ – коаксиальный, выход - волноводный. Коэффициент усиления – 23 дБ: выходная мощность — около 100 мВт.

В ППМ используется векторный I-Q преобразователь частоты НМС-МДВ218, что позволяет реализовать фазовое подавление зеркального канала. Преобразователю частоты требуется гетеродин на половинной частоте.

ППМ предполагается использовать в цифровых системах связи с многопозиционной фазовой модуляцией. Такие системы связи предъявляют высокие требования к фазовым шумам гетеродина, которые должны быть не хуже -95 дБс/Гц @ 10 kHz. Гетеродин выполнен на полевом транзисторе [2] и синхронизирован схемой ФАПЧ, выполненной на малошумящем синтезаторе НМС704LP4Е. Опорный сигнал для синтезатора создается малошумящим кварцевым генератором FE-102A, работающим на частоте 100 МГц, имеющим фазовые шумы не хуже -172 дБс/Гц @ 10 kHz. Спектр сигнала гетеродина представлен на Рис.3. Гетеродин работает на

30,2 ГГц. Из Рис.3 следует, что уровень фазовых шумов гетеродина при отстройке от несущей 1 кГц и 10 кГц составляет около  $-95$  dBc/Hz. Синтезатор HMC704LP4E может работать в режиме дробного деления, что позволяет менять частоту гетеродина с шагом около 100 Гц.

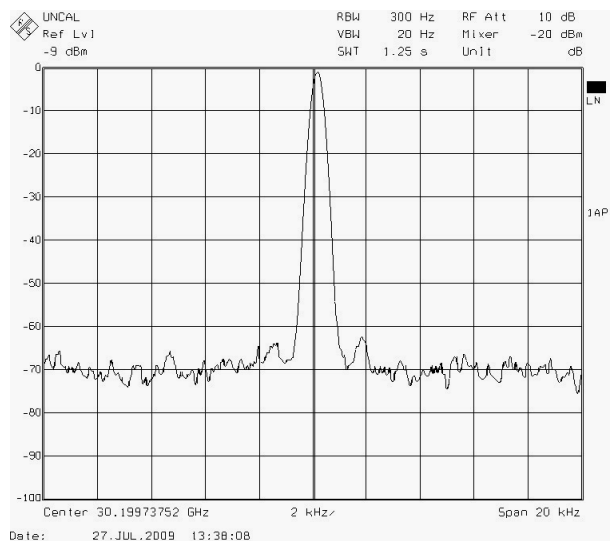


Рис. 3. Измеренный спектр фазовых шумов гетеродина на частоте 30,2 ГГц.

Fig. 3. The phase noise spectrum of LO signal at 30.2 GHz frequency

### III. Заключение

Разработаны и исследованы основные СВЧ узлы цифровых систем связи 5 мм диапазона длин волн. Данная разработка стала возможной благодаря появлению на рынке необходимого набора монолитных микросхем в диапазоне частот 55-65 ГГц, а также малошумящих синтезаторов и транзисторных генераторов, работающих в диапазоне 27-33 ГГц.

Разработанные элементы позволяют создавать цифровые системы связи со скоростью передачи данных порядка 1 Гбит/сек. Большое поглощение в атмосфере Земли позволяет делать скрытные линии связи наземного или космического размещения.

### V. Список литературы

- [1] *Su-Khiong Yong, Pengfei Xia, Alberto Valdes Garcia.* 60GHz Technology for Gbps LAN and WPAN: From Theory to Practice // Wiley Ebook, 22 Jan 2011.
- [2] *The Ka-band Voltage Control Oscillator with Linear Frequency Tuning / A. S. Kosov et al.* // Proceeding of the Inter. Microwaves Conference "KriMiKo'2004". (Sevastopol, September, 13—17, 2004). P. 106—107.

## 5-mm BAND COMMUNICATION SYSTEM'S COMPONENTS

Kosov A. S., Zotov V. A., Rozhkov V. S.

Space Research Institute RAS

84/32, Profsovnaya Str., Moscow, 117997, Russia

Ph.: +7-495-3332267, e-mail: akosov@iee.org

**Abstract** — The design principles and technology of fabrication of key elements of 5-mm band communication systems are developed. 5-mm band LNA, power amplifiers, mixers and synthesizers are developed and produced. The noise figure of LNA is 4 dB, saturated power of power amplifier is 100 mW, the phase noise of LO signal is  $-95$  dBc/Hz @ 10 kHz.

### I. Introduction

Currently there is the great interest to 5-mm band communication systems [1]. The main feature of 60 GHz frequency band is high (15 dB/km) atmospheric absorption related to  $O_2$  molecular transitions. It is possible to develop secure space and ground-based communication links. The possible front-end chart of 5-mm band system is shown on Fig. 1.

The front-end consists of industrial monolithic 5-mm band ICs: LNA - hmc-alh382, PA - hmc-abh241, mixer - hmc-mdb218 and synthesizer - hmc704lp4. Low noise 100 MHz quartz FE-102A oscillator was used as a clock reference.

### II. Main Part

LNA and PA are implemented with waveguide and coaxial connectors. Quartz substrate transition from waveguide microstrip was developed. Fig.2 shows LNA assembling and performance of the transition.

The LNA, shown on Fig.2(A), consists of 3.6 x 1.8 mm waveguide, transition, HMC-ALH382 monolithic IC and output microstrip. The LNA frequency band is 57-63 GHz, gain is 18 dB, noise figure is 4 dB.

The same implementation is for PA. The PA had power gain 23 dB, saturated output power is 100 mW.

The HMC-MDB218 I-Q sub-harmonic mixer as used. It was possible to implement phase rejection of image frequency band. The mixer was with coaxial input and output connectors. The 28-32 GHz frequency band local oscillator was developed to pump the mixer.

The front-end has been developed for digital communication systems with PSK and QPSK modulation. The phase noise of LO should be less than  $-95$  dBc/Hz @ 10 kHz. The LO was developed using FET and PLL circuit based on HMC704LP4E synthesizer IC [2]. FE-102A quartz oscillator was used as reference. The signal frequency of FE-102A is equal to 100 MHz, the noise is less than  $-172$  dBc/Hz @ 10 kHz. The spectrum of LO signal is shown on Fig.3. The LO frequency is 30.2 GHz; the phase noise is less than  $-95$  dBc/Hz @ 1 kHz, 10 kHz. The synthesizer HMC704LP4E could perform fractional mode of operation with frequency step about 100 Hz

### III. Conclusion

Key components of 60 GHz communication front-end systems have been developed and investigated due to availability of market 5-mm band monolithic IC's and low noise LO at 27-33 frequency band.

The developed components could be used for implementation of 1 GB/sec secure communication links for space and ground demands.