

УДК 621.382

УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ НИЗКОЧАСТОТНЫХ ШУМОВ ВЫСОКООМНЫХ СЕНСОРОВ

А.А. ШАТВЕРЯН

Ереванский государственный университет

(Поступила в редакцию 29 ноября 2005 г.)

В связи с необходимостью измерения низкочастотных шумов в диапазоне 0,1 Гц – 10 кГц в системах полупроводник – газ и полупроводник – электролит была собрана и налажена измерительная установка, удовлетворяющая следующим требованиям: ультранизкий входной шум (3,2 нВ/√Гц высокое входное сопротивление (2 ГΩ), большой коэффициент усиления (2000), широкая полоса пропускания (от сотых долей Гц до МГц).

В последнее время большое внимание уделяется созданию высокочувствительных химических полупроводниковых сенсоров, которые условно можно разделить на ионо-селективные сенсоры, газовые сенсоры и биосенсоры. К электрофизическим параметрам таких полупроводниковых приборов предъявляется ряд специфических требований [1-3]. В частности, очень важно изучить флуктуационные явления на границе раздела полупроводник – газ и полупроводник – электролит, чтобы определить предельные возможности получения чувствительности, селективности и стабильности сенсоров. В отличие от других свойств, шумы в вышеуказанных системах практически не изучены ни теоретически, ни на опыте. Имеется считанное количество публикаций и патентов по этим вопросам, отсутствуют соответствующая статистика результатов и их обобщение.

Имеющаяся стандартная аппаратура по измерению шумов в вышеуказанных сенсорных структурах не удовлетворяет современным требованиям. Поэтому перед нами была поставлена следующая задача – собрать и наладить на современных микросхемах измерительную установку для исследования шумов в системах полупроводник – газ и полупроводник-электролит в диапазоне частот 0,1 Гц – 10 кГц.

Установка включает в себя входную цепь, необходимую для питания образца постоянным током, измерительную ячейку, малозумящий предварительный усилитель (ПУ). Требование к входной цепи – питание высокоомного образца в режиме генератора тока. Схема входной цепи приведена на рис.1а. Она включает в себя малозумящие микросхемы REF102 и ОРА37 производства фирмы Texas Instruments [4]. Ток через образец менялся с помощью малозумящего многооборотного переменного резистора марки WK67912.

а

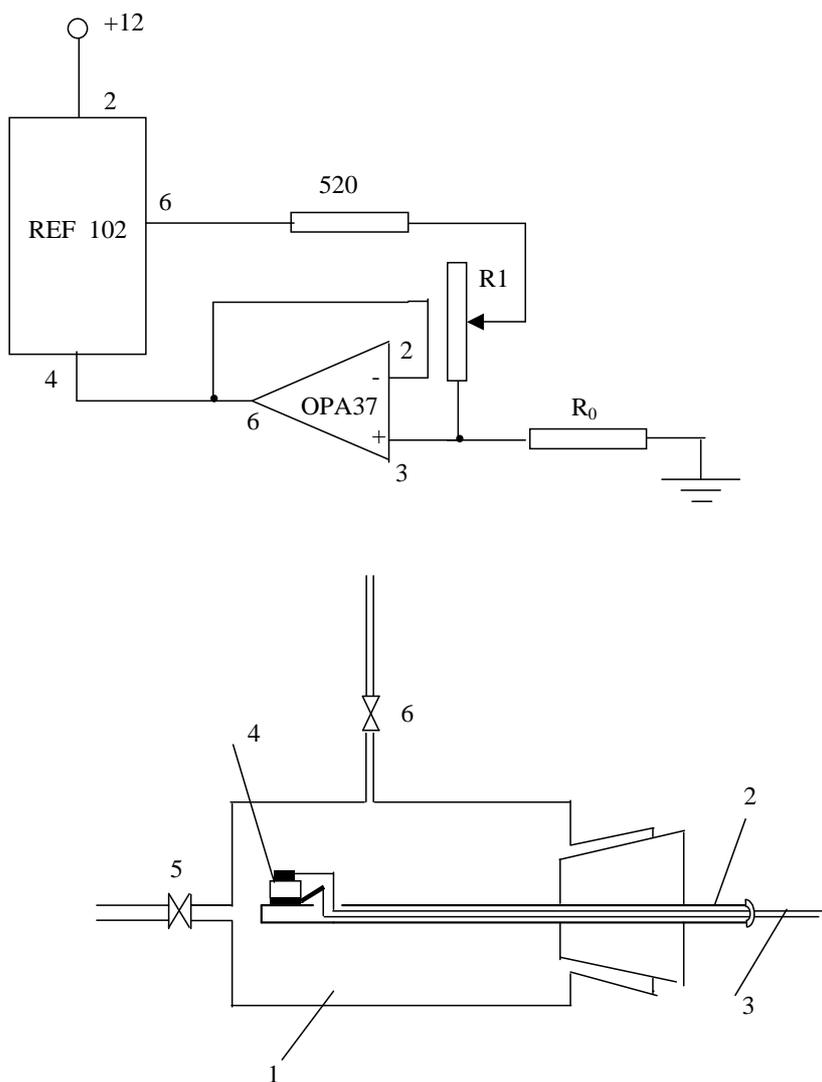


Рис.1. а) Электрическая схема входной цепи; б) Схема измерительной ячейки: 1 – цилиндрическая трубка из термостекла, 2 – съемная крышка, 3 – выводы к образцу, 4 – образец, 5,6 – вакуумные ключи.

Была спроектирована и изготовлена измерительная ячейка (рис.1б), предназначенная для включения образца в измерительную цепь экспериментальной установки. Конструктивно ячейка состоит из двух частей: из цилиндрической трубки (1) и из съемной крышки (2) к ней с подложкой из термостекла. На подложке смонтированы образец (4) и контакты (3). Цилиндрическая трубка с крышкой образует закрытый объем, предохраняющий образец от неблагоприятных внешних воздействий и позволяющий осуществлять контролируемое взаимодействие анализируемых газа или паров жидкости и исследуемого

образца.

Схема ПУ приведена на рис.2. На прецизионном усилителе с сверхнизким шумом К140УД25А собран неинвертирующий ПУ с полосой пропускания 0,1 Гц – 10 кГц, имеющий высокое входное сопротивление порядка ГОм, очень низкое выходное сопротивление, ультранизкий уровень входного шума порядка 3,2 нВ/Гц, задаваемый цепью отрицательной обратной связи коэффициент усиления, который равен 2000.

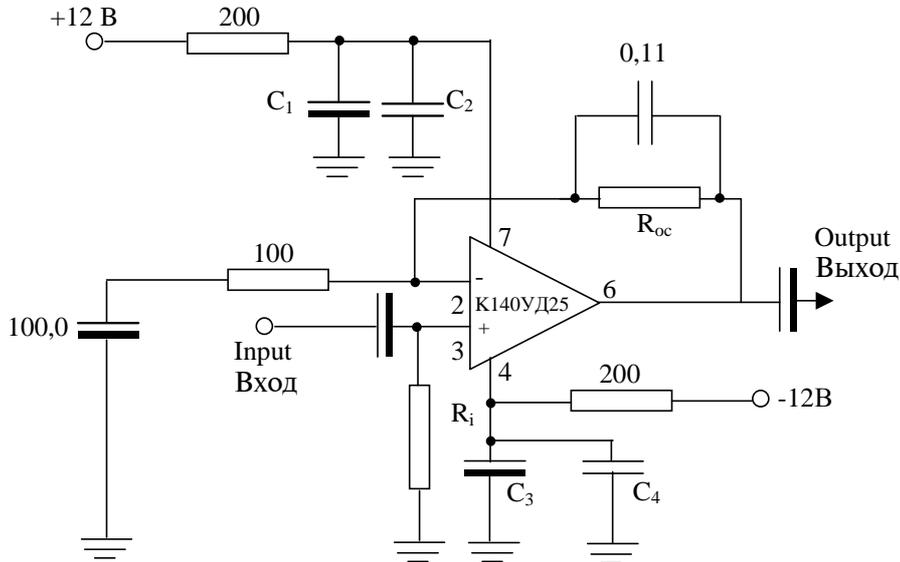


Рис.2. Электрическая схема предварительного усилителя.

Блок-схема установки приведена на рис.3. В качестве анализатора спектра используется приставка к компьютеру HANDYSCOPE-2. Для разделения сложного шумового сигнала на частотные компоненты, наблюдаемые во временном окне одновременно, используется Быстрое Преобразование Фурье (FFT). Для сведения к минимуму шумового вклада пассивных элементов схемы в ней применены полярные конденсаторы марки К50-16 и проволочные резисторы, имеющие низкие собственные шумы. В качестве двуполярного источника питания ПУ использовались аккумуляторы марки GP-22E (Япония), что исключало возможность проникновения помех с частотой промышленной сети и ее гармоник по цепям питания в измерительный тракт. В цепях питания ПУ применены развязывающие RC-фильтры.

В процессе наладки схемы производилась балансировка операционного усилителя с целью компенсации напряжения сдвига на ее входе. Монтаж ПУ производился на печатной плате из фольгированного гетинакса. ПУ заключен в двойной экран из железа и меди. Выходящий из корпуса провод, соединяющий ПУ с анализатором спектра, представляет собой витую пару, заключенную в заземленный с одной стороны экран [5]. Использовалось коаксиальное подключение с помощью микроразъемов СР-50-74, что сохраняло полноту

экранирования благодаря полному перекрытию внутреннего проводника.

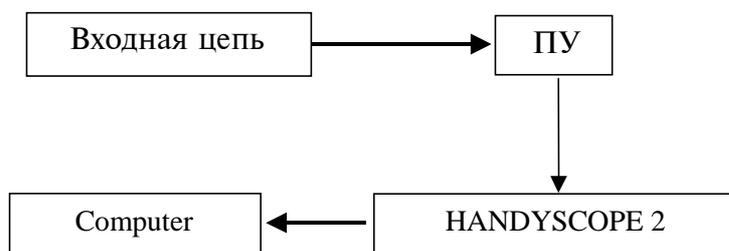


Рис.3. Блок-схема измерительной установки.

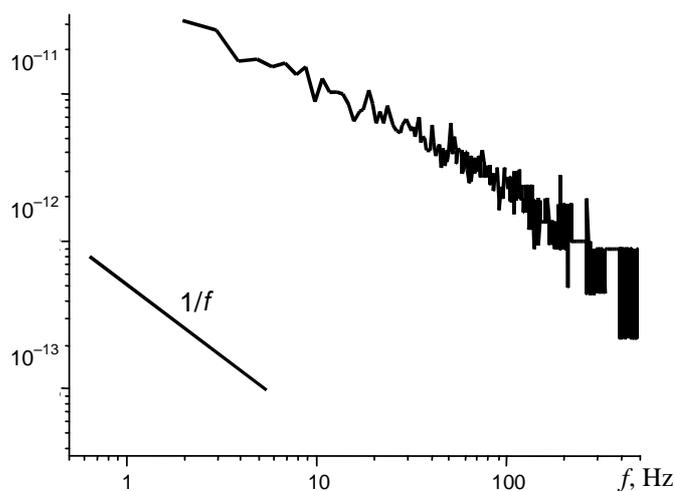


Рис.4. Шумовой спектр образца со слоем пористого кремния в воздухе при комнатной температуре.

В качестве примера на рис.4 приведен шумовой спектр образца, измеренный с помощью вышеописанной установки [6]. Исследовался шум прибора, изготовленного из пористого кремния (PS). Подложкой пленки PS служил высоколегированный монокристаллический кремний р⁺-типа. Как видно из графика, спектр имеет вид $1/f$ шума. Образцы были изготовлены М.Гулиняном в Университете г.Тренто (Италия), контакты – В.А.Геворкяном (в лаборатории физики полупроводниковых материалов и приборов ЕГУ). Руководство созданием измерительной установки и обсуждение результатов осуществлялось академиком В.М.Арутюняном и канд. физ-мат. н. З.О.Мхитарян. Всем им автор выражает искреннюю благодарность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Sensors. A Comprehensive Survey. Vol.2. Chemical and Biochemical Sensors (ed. W. Goepel etc.). Weinheim, N.Y., 1991.
 2. **В.М.Арутюнян**. Микроэлектроника, **20**, 337 (1991).
 3. **В.М.Арутюнян**. УФН, **32**, 521 (1989).
 4. <http://focus.ti.com/docs/prod/productfolder.jhtml?genericPartNumber=OPA27>.
 5. **Г.Отт**. Методы подавления шумов и помех в электронных системах. М., Мир, 1979.
6. **Z.H.Mkhitaryan, A.A.Shatveryan, G.A.Egiazaryan, H.V.Asriyan**. Proceedings of the Fifth International Conference on Semiconductor Micro- and Nanoelectronics. Agveran, Armenia, 2005, p.32.

ԲԱՐՁՐ ԴԻՄԱԴՐՈՒԹՅՈՒՆ ՈՒՆԵՑՈՂ ՏՎԻՉՆԵՐԻ ՑԱԾՐՀԱՃԱԽԱՅԻՆ ԱՂՄՈՒԿՆԵՐԻ ՉԱՓՄԱՆ ՍԱՐՔԱՎՈՐՈՒՄ

Ա.Ա. ՇԱԹՎԵՐՅԱՆ

Ցածրհաճախային աղմուկների չափման անհրաժեշտության հետ կապված, կիսահաղորդիչ – գազ և կիսահաղորդիչ – էլեկտրոլիտ համակարգերի համար հավաքվել է չափման սարքավորում, որը բավարարում է հետևյալ պահանջներին՝ չափազանց ցածր մուտքային աղմուկ ($3.2 \text{ նՎ}/\sqrt{\text{Հց}}$), բարձր մուտքային դիմադրություն (2 ԳՕմ), բարձր ուժեղացման գործակից (2000) և լայն թողարկման շերտ:

APPARATUS FOR MEASUREMENT OF LOW-FREQUENCY NOISES OF HIGH-RESISTANCE SENSORS

A.A. SHATVERYAN

In connection with necessity of measurement of low-frequency noises in the range of $0,1 \text{ Hz} - 10 \text{ kHz}$ in systems semiconductor – gas and semiconductor – electrolyte the measuring installation satisfying the following requirements has been collected and adjusted: ultralow entrance noise ($3,2 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$), high entrance resistance (2 GOhm), high amplification factor (2000), and wide passband.