

УДК 621.382.2.029

ДЕТЕКТИРОВАНИЕ СВЧ КОЛЕБАНИЙ ТОЧЕЧНОЙ
ВОЛЬФРАМ-НИКЕЛЕВОЙ СТРУКТУРОЙ

Ю. О. АВETИСЯН, Г. Г. ГРИГОРЯН

Ереванский государственный университет

(Поступила в редакцию 12 июля 1984 г.)

Исследуется детектирование излучения 8 и 4 мм диапазонов для волн с помощью точечной вольфрам-никелевой структуры. Приводятся описание конструкции детектора и результаты измерений дифференциального сопротивления, чувствительности по напряжению, пороговой чувствительности, а также потерь преобразования в режиме гетеродинного приема СВЧ сигнала.

Структуру металл—барьер—металл (МБМ) впервые было предложено использовать в качестве преобразователя СВЧ излучения в работах [1, 2]. В дальнейшем эта структура получила широкое распространение в лазерной технике [3—5], однако вопросы ее использования в СВЧ диапазоне освещены еще недостаточно полно. В работе [6] основное внимание было уделено объяснению нелинейных свойств МБМ структур в диапазоне СВЧ с точки зрения туннельного механизма протекания тока. В более поздней работе [7] были получены результаты по преобразованию СВЧ излучения на планарной $Ni-NiO-Ni$ -структуре, которые не относятся к лучшему, поскольку структура образована из одинаковых (с равной работой выхода) металлических электродов.

Настоящая работа посвящена исследованию детектирования излучения миллиметрового диапазона точечной $Ni-NiO-W$ -структурой. Барьером в этой структуре служил тонкий (10—30 Å) слой естественного окисла никеля. Конструктивно она выполнялась следующим образом. Из волноводных СВЧ диодов (Д606, Д407) извлекался винт 3 с укрепленным на нем полупроводником 1 (см. рис. 1). В образовавшееся отверстие вводился никелевый стержень, контактирующая поверхность которого предварительно отполировывалась и подвергалась окислению в комнатной атмосфере в течение 4—5 часов. Прижим стержня к контактной вольфрамовой пружине 2 осуществлялся дифференциальным микровинтом или винтом 3, который после установления контакта заливался клеем 4. К достоинству описанной конструкции относится то, что она внешне не отличается от стандартных волноводных диодов и поэтому ее стыковка с СВЧ трактом не вызывает затруднений.

Важнейшими параметрами, характеризующими эффективность использования МБМ структуры в качестве детектора электромагнитных колебаний, являются дифференциальное сопротивление $R_d = (dI/dU)^{-1}$ и нелинейный коэффициент $a_2 = (d^2I/dU^2)/2(dI/dU)$. Измерение этих величин

проводилось по стандартной методике [4, 8]: при заданном токе i_ω по амплитуде первой гармоники $U_\omega = i_\omega R_d$ определяли R_d , а по амплитуде второй гармоники $U_{2\omega} = a_2 U_\omega^2/2$ находили a_2 .

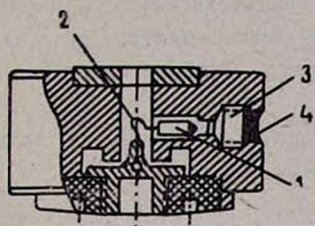


Рис. 1.

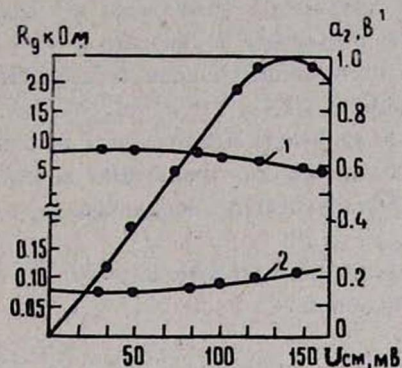


Рис. 2.

Результаты измерений дифференциального сопротивления при разных реализациях точечного контакта сильно отличаются (более чем на два порядка). Однако большинство исследованных случаев можно свести к двум характерным: высокоомные (3—20 кОм) структуры (1) и низкоомные (50—400 Ом) структуры (2). Типичные зависимости дифференциального сопротивления от напряжения смещения $U_{см}$ представлены на рис. 2. Примечательно, что в структурах типа 1 дифференциальное сопротивление убывает с ростом напряжения смещения, а в структурах 2, наоборот, растет. Поведение $a_2 = a_2(U_{см})$ в структурах обоих типов примерно одинаковое.

Исследование детектирования СВЧ сигнала вольфрам-никелевой структурой проводилось в 8 и 4 мм диапазонах длин волн. Излучение стандартных генераторов модулировалось последовательностью прямоугольных импульсов с длительностью 1 мкс и периодом следования 10 кГц. Исследования показали, что форма импульса детектированного сигнала близка к прямоугольной (т. е. инерционность детектора не хуже 1 мкс), а амплитуда импульса меняется в зависимости от напряжения смещения так же, как и $a_2 = a_2(U_{см})$. При этом полярность импульса в структурах типа 2 совпадала с полярностью напряжения смещения, а в структурах типа 1 была противоположной. Наибольшая вольт-ваттная чувствительность реализовывалась в структурах типа 1 и при оптимальном напряжении смещения 100—150 мВ она составляла 1—3 В/мВт. Пороговая чувствительность при этом составляла $(5—8) \cdot 10^{-11}$ Вт/Гц. Приводимые значения чувствительностей находятся в хорошем согласии с расчетными [9], что свидетельствует о туннельном механизме протекания тока в исследуемой структуре.

Нами изучалось также применение вольфрам-никелевой структуры в схемах гетеродинного приема СВЧ сигнала. Модуляционным методом [8] были измерены потери преобразования L на частоте 40 ГГц. При мощности гетеродина 8 мВт они составили 12—15 дБ. Это значение уступает данным для диодов Шотки, но превосходит результаты работы [7].

Необходимо отметить, что срок службы точечных вольфрам-никелевых структур весьма мал из-за несовершенства свойств контакта. Поэтому были предприняты попытки стабилизировать контакт. Наряду с рекомендациями работы [4] исследовалось воздействие интенсивного (20—40 мВт) СВЧ излучения. Оказалось, что если свежизготовленную вольфрам-никелевую структуру подвергать 2—3 раза кратковременному воздействию такого излучения, то срок ее службы заметно растет, достигая нескольких недель.

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о возможности создания долгоживущих вольфрам-никелевых структур, которые могут быть успешно использованы в устройствах регистрации СВЧ излучения.

Авторы признательны Р. М. Мартиросяну за постановку задачи и обсуждения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Deks J. W. Microwave J., 9, 48 (1956).
2. Coleman P. D., Green S. I. Int. electron devices meeting, New York, 1968, p. 23.
3. Riccius H. D. J. Appl. Phys., 17, 49 (1978).
4. Кухтевич В. И., Черняков В. Н. Радиотехника и электроника, № 10, 2203 (1981).
5. Алексанян А. Г. и др. Препринт № 155 ФИАН СССР, Москва, 1980.
6. Лобов Г. Д. Радиоэлектроника, 14, 298 (1971).
7. Slayman C. W., Gustafson T. K. IEEE MTT—S, Int. Microwave Symp. Dig., Los Angeles, 1981, p. 338.
8. Полупроводниковые диоды. Под ред. Н. Н. Горюнова и Ю. Р. Носова. Изд. Сов. радио, М., 1968.
9. Sanchez A. et al. J. Appl. Phys., 49, 5270 (1978).

ԳՐԶ ՏԱՏԱՆՈՒՄՆԵՐԻ ԴԵՏԵԿՏՈՒՄԸ ԿԵՏԱՅԻՆ ՎՈԼՖՐԱՄ-ՆԻԿԵԼԱՅԻՆ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔՈՎ

ՅՈՒ. Զ. ԱՎԵՏԻՍՅԱՆ, Զ. Զ. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ

Հետազոտված է 4 և 8 մմ ալիքի երկարության տիրույթի ճառագայթման դետեկտորը կետային վոլֆրամ-նիկելային կառուցվածքի միջոցով: Բերված են դետեկտորի կառուցվածքի նրկարագրությունը և դիֆերենցիալ դիմադրության, ըստ լարման զգայնության, շեմային զգայնության, ինչպես նաև ԳՐԶ ազդանշանի հետերոդինային ընդունման սեփմում ձևափոխման կորուստների շափումների արդյունքները:

DETECTION OF MICROWAVE RADIATION BY POINT-CONTACT TUNGSTEN-NICKEL STRUCTURE

Yu. H. AVETISYAN, H. H. GRIGORYAN

The detection of millimeter wave radiation by means of a point-contact tungsten-nickel structure is studied. The description of the detector design and the measurement data for some parameters are presented.