ЛИТЕРАТУРА

1. *Налимов В. В., Чернова Н. А.* Статистические методы планирования экстремальных экспериментов.—М.: Наука, 1965.—117 с.
2. *Ахназарова С. Н., Кафаров В. В.* Методы оптимизации эксперимента в химической технологии—М.: Высш. школа, 1985.—159 с.
3. *Багдасарян В. В.* и др. Составление модели селективного окисления смесей парафиновых углеводородов до монокарбоновых кислот // Арм. хим. журн.—1986.—Вып. 11.—С. 675—679.

ВЦ АН РА 25. VIII. 1989

Изв. АН Армении (сер. ТН), т. XLIV, № 2, 1991, с. 74—78.

РАДИОЭЛЕКТРОНИКА

УДК 621.383.5.029.7

Н. С. АРАМЯН

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ КРЕМНИЕВОГО МДП—ФОТОПРИЕМНИКА В РЕЖИМЕ РАВНОВЕСНОГО ОБЕДНЕНИЯ ПРИПОВЕРХНОСТНОЙ ОБЛАСТИ ПОЛУПРОВОДНИКА

Показывается, что кремниевый МДП—фотоприемник в режиме равновесного обеднения приповерхностной области полупроводника может обладать высокой чувствительностью на длине волны 0,9 мкм. Измеренное значение мощности, эквивалентной шуму, для МДП—фотоприемника на основе кремния КЭФ—4,5 в условиях ограничения чувствительности шумом усилителя равнялось $P_{шн} = 1,1 \cdot 10^{-13}$ *Вт/Гц*$^{1/2}$, а приведенной обнаружительной способности $D^* = 3,2 \cdot 10^{12}$ *Вт*$^{-1} \cdot$ *см/Гц*$^{1/2}$. Делается вывод о том, что приведенные цифры можно значительно улучшить применением более совершенного усилителя. Анализируется влияние *RC*—цепочки с МДП—структурой в качестве емкости на шум усилителя.

Ил. 3. Библиогр.: 8 назв.

Նույն է տրված, որ կիսահաղորդչի մակերևույթամերձ տիրույթի ազատացման հավասարակշռված ռեժիմում ՄԴԿ սիլիցիումային ընդունիչը 0,9 մկմ ալիքի երկարության դեպքում կարող է ունենալ բարձր զգայունություն։ Ազմուկին համարժեք հզորության մեծությունը (ուժեղացուցչի ազմուկներով սահմանափակվածության պայմաններում) և բերված հայտնաբերման ընդունակությունը համապատասխանաբար հավասար են $P_{ազ} = 1,1 \cdot 10^{-13}$ *Վտ/Հց*$^{1/2}$ *և* $D^* = 3,2 \cdot 10^{12}$ *Վտ*$^{-1} \cdot$ *սմ/Հց*$^{1/2}$։

Фотоэффект в МДП—структуре (металл—диэлектрик—полупроводник) проявляется как уменьшение равновесного приповерхностного изгиба зон в полупроводнике при освещении (*фото—э.д.с.*) или возникновение фототока при освещении неравновесно-обедненной приповерхностной области полупроводника [1]. В последние годы этот эффект исследовался в связи с созданием на МДП—структуре элементов памяти большой емкости с оптической записью и считыванием информации [2, 3], а также фотоприемников, обладающих высокой чувствительностью [4—7]. В работе [6] сообщается, что кремниевый МДП—фотоприемник с площадью ~ 10 *мм*^{2} в режиме лавинного умножения имеет чувствительность ~ 10^{-14} *Вт/Гц*$^{1/2}$ при быстродейст-

вии $\sim 10^{-8}$ *с*. Недостатком лавинного МДП—фотоприемника является наличие «мертвого» времени, в течение которого он не реагирует на падающее излучение. Этого недостатка лишены МДП—фотоприемники в режиме равновесного обеднения приповерхностной области полупроводника, которые, однако, значительно уступают лавинным по быстродействию. МДП—фотоприемникам, работающим в режиме равновесного обеднения на основе Si, Ge и GaAs, посвящена работа [7]. Измеренная авторами [7] обнаружительная способность для кремниевого фотоприемника достигала значения $D^* = 1{,}5 \cdot 10^{12}$ *см Вт*$^{-1}$ *Гц*$^{1/2}$ на длине волны $\lambda = 0{,}9$ *мкм*. Однако в [7] не конкретизируются источники шума, ограничивающего чувствительность МДП—фотоприемника, и не намечаются пути её повышения. Последнее и является целью настоящей работы.

Измерения проводились на МДП—структурах на кремнии КЭФ—1,5 с термически выращенным слоем SiO_2 толщиной $\sim 0{,}1$ *мкм*. На слой SiO_2 напылялся полупрозрачный слой Al, пропускающий примерно 80% излучения на длине волны $\sim 0{,}9$ *мкм*. Контакт к полупрозрачному электроду был прижимной и с тыльной стороны контактом служил напыленный слой Ni. Эффект *фото—э.д.с.* во внешней цепи проявляется как увеличение емкости МДП—структуры при освещении. Схема, позволяющая получить сигнал с использованием роста емкости при освещении, представляла собой *RC*-цепочку с МПД-структурой в качестве емкости (рис. 1). Структура освещалась последовательностью прямоугольных импульсов излучения, с длительностью, равной половине периода следования. Источником излучения служил калиброванный светодиод марки АЛ106Б, и импульсы излучения получались прерыванием тока в цепи светодиода. Если выполнялось условие

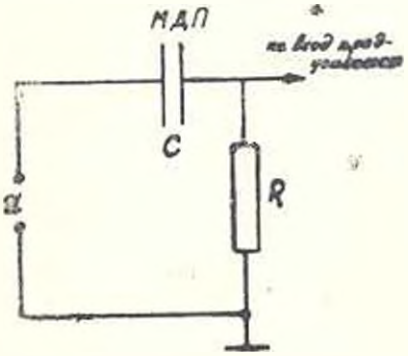

Рис. 1. Схема включения МДП—фотоприемника.

$$f_{пов} \gg 1/RC, \qquad (1)$$

где $f_{пов}$ — частота следования импульсов излучения, на сопротивлении *R* возникал сигнал почти прямоугольной формы с амплитудой, равной величине *фото—э.д.с.*

Предусилитель был собран на полевом транзисторе КП307Б, отобранном из серии однотипных транзисторов по максимальной крутизне и наименьшему току затвора. Шумы на выходе усилителя измерялись селективным нановольтметром типа 237 «Unipan». К структуре прикладывалось напряжение обедняющей полярности *U*, равное 3*В*.

В силу условия (1) *RC*-цепочка на входе обеспечивает подавление теплового шума сопротивления *R* и дробового шума тока затвора

на частоте сигнала. Источниками шума, действующими на входе, в этих условиях являются флуктуации напряжения питания U и емкости МДП—структуры. При хорошо стабилизированном питании единственным источником шума остаются флуктуации емкости МДП—структуры, которые, как известно, связаны с наличием ловушек в слое SiO_2 и приповерхностной области полупроводника. Поэтому для получения высокой чувствительности первостепенное значение имеет совершенство границы раздела полупроводник—диэлектрик.

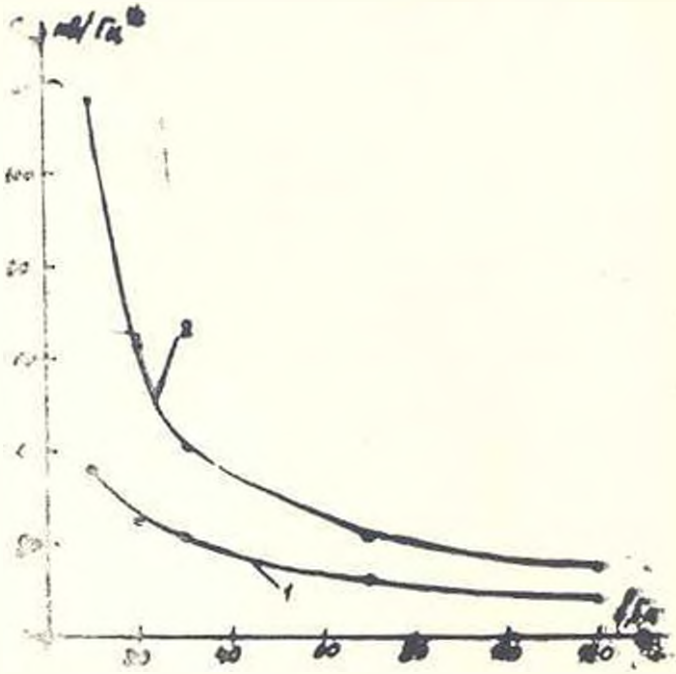

Рис. 2 Спектральные плотности напряжения шума, приведенного ко входу усилителя, от частоты на входе: при [illegible] (1) и с RC-цепочкой (2)

На рис. 2 представлены зависимости спектральной плотности напряжения шума. При замене МДП—структуры в RC—цепочке обычным керамическим конденсатором величина шума не менялась, т. е. примененная МДП—структура не вносила вклада в шум усилителя. Рост спектральной плотности шума при подключении RC—цепочки на вход усилителя можно объяснить тем, что на частотах, значительно меньших частоты сигнала ($f \ll 1/RC$), флуктуации тока затвора полевого транзистора создают на сопротивлении R шумовое напряжение, которое модулирует на низкой частоте проводимость канала транзистора. Это приводит к низкочастотной модуляции мгновенного значения шума на выхода, т. е. спектр низкочастотного шума с $f \ll 1/RC$ переносится на частоту сигнала.

На рис. 3, представлены зависимости сигнала *фото—э.д.с.* от мощности падающего излучения. Ход кривых согласуется с физическим механизмом возникновения *фото—э.д.с.*, согласно которому её

величина при относительно больших мощностях падающего излучения должна стремиться к насыщению [1]. Слабая сублинейность кривых на рис. 3 связана с тем, что они значительно удалены от участка насыщения вследствие малости мощностей падающего излучения. Измеренное значение мощности, эквивалентной шуму, для МДП—фотоприемника с площадью ~ 12 мм² на частоте прерывания излучения 10 *Гц* равнялось $P_{ш} = 1{,}1 \cdot 10^{-11}$ *Вт/Гц*$^{1/2}$, а приведенной обнаружительной способности $D^* = 3{,}2 \cdot 10^{12}$ *Вт*$^{-1}$ *см Гц*$^{1/2}$ на длине волны $\lambda = 0{,}9$ *мкм*. Приведенные цифры могут быть значительно улучшены

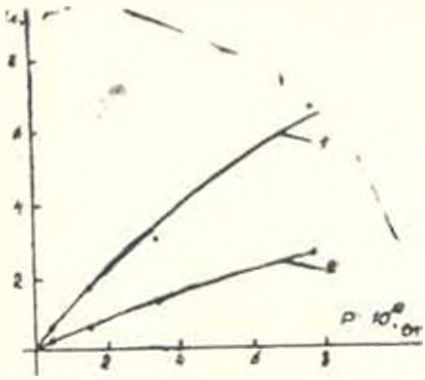

Рис. 3. Зависимость сигнала фотоотклика, *в*, от мощности падающего излучения при: 1 — $f_{прер}$ = 10 *Гц*, 2 — $f_{прер}$ = 20 *Гц*

при уменьшении шума усилителя. Известно, например, что современные полевые транзисторы с *p—n* переходом имеют значение напряжения шума примерно на порядок меньше, чем приведенное выше нами [8]. Учитывая, что МДП—структуры можно создавать также на основе других полупроводников (известны, например, структуры на Ge, GaAs, InSb, HgCdTe), можно заключить, что они весьма перспективны в качестве высокочувствительных фотоприемников.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ржанов А. В.* Электронные процессы на поверхности полупроводников. — М.: Наука, 1971.—480 с.
2. *Вавилов В. С., Плотников А. Ф., Шубин В. Э.* Перезарядка ловушек оксида InSb в структурах Au—оксид InSb—InSb // Физика и техника полупроводников.—191.—Вып. 11.—С. 2064—2069.
3. Исследование разрешающей способности структур металл-нитрид-окисел-полупроводник при записи и считывании оптической информации / А. Б. Кравченко, А. Ф. Плотников, В. Н. Селезнев и др. // Квантовая электроника.—1974.—№ 10.—С. 2291—2293.
4. *Abdou Ali A., Habib S. E.-D.* Optically induced inversion in the MIS solar cell// Solid-State Electronics. — 1986. 29. — № 7. — P. 751—758.
5. *Singh V. K., Pal B. B.* Optically-controlled switching characteristics of silicon MESFETS//Solid-State Electronics. — 1987. 30. — № 3. — P. 267—272.

6. Полупроводниковые фотоприемники и проект экспериментов по глубоководному детектированию мюонов и нейтрино проект Дюманд // И. М. Железных, А. Ф. Полотников, З. Я. Садыков и др. // Краткие сообщения по физике.—1984.—№ 5—С. 19—22.
7. Photoresponse of MIS infrared detectors/A. S. [illegible] R. F. [illegible] S. S.-M. Lu et al. // Appl. Phys. Lett. — 1978. 32. — № 11. — P. 71—715.
8. *Нетцер И.* Проектирование малошумящих усилителей // ТИИЭР.—1981.—№ 6—С. 58—74.

ИРЭ АН РА 5. VI. 1989

Изв. АН Армении (сер. III), т. XLIV, № 2, 1991, с. 78—81

РАДИОЭЛЕКТРОНИКА

УДК 534.852.2(088.8).681.846.7(088.8)

Б. Л. АРЕВШАТЯН, Н. З. ГРИГОРЯН

КОЭФФИЦИЕНТ ГАРМОНИКИ ЗАПИСЫВАЮЩЕЙ ГОЛОВКИ

Изучена третья гармоника записывающей головки. Доказано существование дополнительных экстремумов третьей гармоники, обусловленных магнитным носителем и записывающей головкой. Получено аналитическое выражение для оценки амплитуды третьей гармоники записывающих головок.

Ил. 1. Библиогр. 4 назв.

Ուսումնասիրված է գրանցող գլխիկների երրորդ հարմոնիկը։ Ապացուցված է, որ կախված մագնիսական մարմնավենից և գրանցող գլխիկից, երրորդ հարմոնիկի համար գոյություն ունեն լրացուցիչ մեծագույն արժեքներ։ Գրանցող գլխիկի երրորդ հարմոնիկի ամպլիտուդի արժեքի գնահատման համար ստացված է վերլուծական արտահայտություն։

При записи с высокочастотным подмагничиванием (ВЧП) нелинейные искажения характеризуются нечетными гармониками, из которых наиболее выражена третья. В первом приближении характеристика намагниченности носителя при магнитной записи с ВЧП может быть выражена функцией вида [1]

$$I_r = a_1 H + a_3 H^3,$$

где I_r — намагниченность носителя, H — поле записывающей головки, a_1 и a_3 — постоянные.

Значения постоянных коэффициентов зависят от целого ряда факторов, к которым относятся: толщина рабочего слоя носителя, величина ВЧП ($H_{вч}$), ширина рабочего зазора головки записи и др. Непрерывное усовершенствование магнитных носителей требует изучения коэффициента третьей гармоники записывающей магнитной головки (МГ). Считается [1, 3], что коэффициент третьей гармоники воспроизводящей МГ намного меньше коэффициента третьей гармоники, возникающей во время записи.

В данной работе поставлена цель—изучение коэффициента третьей гармоники записывающей головки. Пусть амплитуда этой гармо-