

МЛЭ превосходят фоторезисторы из ОМ КРТ и существенно превосходит фотодиоды.

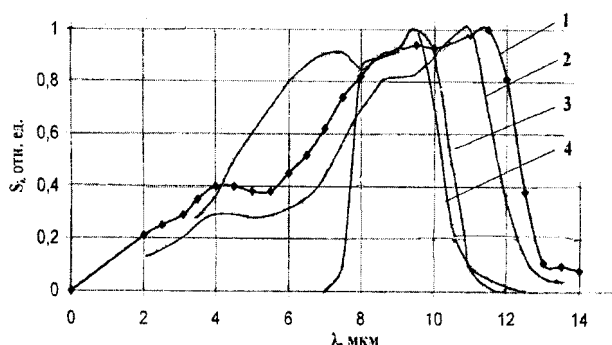


Рис. 5. Спектральные характеристики фотоприемников из материала КРТ диапазона 8–14 мкм:

- 1 — фоторезистор из ГЭС КРТ МЛЭ ФГУП "Альфа";
2 — фоторезистор из ОМ КРТ ФГУП "Альфа"; 3 — фотодиод из ГЭС КРТ МЛЭ ИФП СОРАН; 4 — фотодиод из КРТ ЖФЭ фирма Sofradir

Преимущества фоторезисторов из ГЭС КРТ МЛЭ не исчерпываются спектральными характеристиками.

Выводы

1. Высокое качество гетероэпитаксиальных структур КРТ, полученных методом МЛЭ, открывает возможность создания субматричных и матричных фоторезисторов для диапазона 8–14 мкм, обладающих определенными преимуществами перед фотодиодными матрицами.

2. Для формирования субматричных и матричных фоторезисторов с размерами пикселя $A \leq 30 \times 30$ мкм предпочтительнее ГЭС КРТ МЛЭ с временем жизни носителя $\tau_{77} < 2,5 \cdot 10^{-7}$ с и минимальной толщиной рабочего слоя КРТ ($d \leq 4$ мкм).

Высокое сопротивление фоторезисторов из ГЭС КРТ МЛЭ и высокая вольтовая чувствительность позволили состыковать кремниевый мультиплексор с субматричным ФЧЭ-методом гибридной сборки через индиевые столбики.

Литература

1. Kinch M. A., Borrello S. R. // Breazeale and Simmons Infrared Physics. 1977. V. 17. P. 137–145.
2. Kinch M. A., Borrello S. R. // Ibid. P. 127–135

Статья поступила в редакцию 10 октября 2004 г.

Submatrix photoresistors from heteroepitaxial of MCT—0.1 eV structures, received by a method MBE with the multiplexer in a cold zone

E. V. Susov, O. V. Smolin, I. Yu. Lartsev
ALPHA Federal State Unitary Enterprise, Moscow, Russia

Yu. G. Sidorov, V. S. Varavin, N. N. Mikhaylov
Institute of Physics of Semiconductors, Novosibirsk, Russia

It is shown that CdHgTe heteroepitaxial structures, obtained by a molecular-beam epitaxy (MBE) method on a GaAs substrate such as GaAs—CdZnTe—Cd_xHg_{1-x}Te_{x=0.35→0.25}—Cd_xHg_{1-x}Te_{x=0.215→0.285}—Cd_xHg_{1-x}Te_{x=0.85} with a working layer of $d \leq 4$ μm, unclosed opportunities of making the submatrix and matrix photoresistors, whose efficiency on overlapping the 8–14 μm spectral range is higher in 2 times, than for photodiode arrays.

УДК 621.383

Неохлаждаемое фотоприемное устройство для спектрального диапазона 1,8–2,4 мкм

Т. В. Андреева, В. В. Гаврушко, С. Г. Кузюков, Ю. Н. Прошкин,
А. А. Сапожников, А. А. Сапожников, А. М. Чупраков, А. А. Шленский
Новгородский государственный университет, г. Великий Новгород, Россия

Представлены результаты работы по созданию высокоэффективного, работающего без охлаждения ФПУ на основе твердого полупроводникового раствора In_xGa_{1-x}As_ySb_{1-y}.

Фоточувствительные структуры получены методом жидкофазной эпитаксии на подложке n -GaSb. Длинноволновая граница чувствительности эпитаксиального слоя достигала 2,4 мкм. Для разработанного ФПУ при комнатной температуре получены следующие значения параметров (АЧТ 800 К): интегральная вольтовая чувствительность $S_u=3 \cdot 10^4$ В/Вт, удельная обнаружительная способность $D^*=9 \cdot 10^8$ Вт⁻¹·см·Гц^{1/2}.

Многокомпонентные твердые растворы $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_y\text{Sb}_{1-y}$, выращенные на подложках антимонида галлия, которые интенсивно исследовались в 80-е годы прошлого века советскими и зарубежными учеными [1–3], находят все более широкое применение для создания оптоэлектронных приборов, которые используются в ИК-спектрометрии, системах пожарной и охранной сигнализации, тепловизионных устройствах. В частности, на основе этого материала могут быть созданы фотодиоды для спектрального диапазона 1,8–2,4 мкм, работающие без охлаждения. Такие приборы способны составить серьезную конкуренцию традиционным для этого спектрального диапазона фоторезисторам на основе PbS, которые имеют большую постоянную времени (единицы миллисекунд), а величина их чувствительности сильно изменяется в рабочем интервале температур. Для иллюстрации проблемы на рис. 1 приведена зависимость чувствительности PbS-фоторезистора, работающего на согласованную при комнатной температуре нагрузку, в диапазоне температур от 10 до 50 °С. Как видно, наблюдалось 3-кратное изменение сигнала.

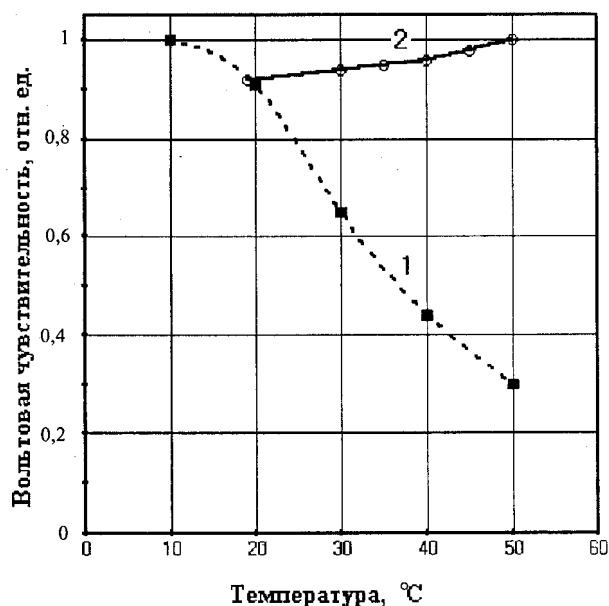


Рис. 1. Зависимость чувствительности фотоприемников от температуры:

1 — PbS фоторезистор; 2 — ФПУ

Цель работы — представление результатов совместной работы ФГУП "Гиредмет" и Новгородского госуниверситета по созданию высокоэф-

фективного, работающего без охлаждения, ФПУ на основе твердого полупроводникового раствора $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_y\text{Sb}_{1-y}$.

Четырехкомпонентные фоточувствительные структуры могут быть получены методом жидкофазной эпитаксии, эпитаксии с использованием металлоорганических соединений, молекулярно-лучевой эпитаксии. Авторы использовали технологию жидкофазной эпитаксии для формирования гетероэпитаксиальной системы n -GaSb (подложка) — n - p - $\text{In}_{0,24}\text{Ga}_{0,76}\text{As}_{0,22}\text{Sb}_{0,78}$ — p -GaSb. Состав твердого раствора являлся предельным для используемого технологического метода и определялся областью несмешиваемости в системе In — Ga — As — Sb . Длинноволновая граница чувствительности эпитаксиального слоя достигала 2,4 мкм. Разработаны технологические режимы, позволяющие при толщинах 2–3 мкм обеспечить рассогласование периодов решетки эпитаксиальных слоев и подложки не хуже $1 \cdot 10^{-3}$. Концентрация подвижных носителей заряда в четырехкомпонентном слое находилась на уровне $(5\text{--}10) \cdot 10^{15}$ см⁻³.

Фотодиоды получены методом мезотехнологии с защитой поверхности стабилизирующим окислом. Электронно-дырочным переходам на основе узкозонных полупроводниковых материалов присуща характерная особенность, связанная с резким увеличением уровня собственных шумов с ростом обратного смещения. В связи с этим предварительный усилитель был выполнен по схеме трансимпедансного усилителя, на основе отечественного низкошумящего ОУ типа 140УД17А. Предварительный усилитель обеспечивал работу фотодиода в режиме короткого замыкания при напряжении смещения не более 0,2 мВ и был оптимальным образом согласован по шумам с фотодиодом, имеющим невысокое дифференциальное сопротивление. Применение в обратной связи резистора с сопротивлением 1 МОм позволило обеспечить вольтовую чувствительность, соизмеримую с PbS фоторезистором. Полоса пропускания при этом составила 3,5 кГц.

Расположение предварительного усилителя в непосредственной близости от фотодиода в едином металлическом корпусе обеспечило высокую помехоустойчивость ФПУ и защиту фотодиода от воздействия губительных статических зарядов. Для снижения вероятности появления бликов использовано входное оптическое окно с интерференционным просветляющим покрытием. Внешний вид ФПУ приведен на рис. 2.

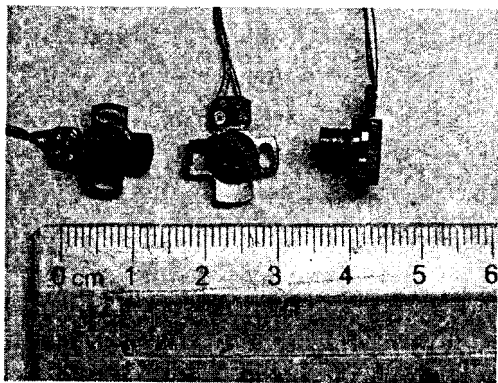


Рис. 2. Внешний вид ФПУ .

Диапазон спектральной чувствительности при комнатной температуре приведен на рис. 3. Поскольку неохлаждаемые фотоприемники обычно не термостатируются, то представляли интерес зависимости их характеристик от температуры.

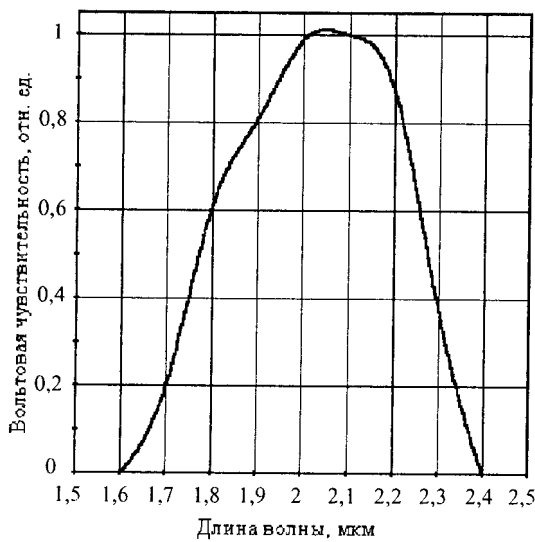


Рис. 3. Спектральная характеристика ФПУ

На рис. 4 представлено семейство спектральных характеристик одного из фотодиодов в интервале температур от -46 до +51 °С, который охватывал практически весь спектр возможных эксплуатационных температур. С понижением температуры наблюдался сдвиг как левого, так и правого края характеристики в коротковолновую область. Так, при изменении температуры от +51 до -46 °С длинноволновая граница (λ'') изменялась от 2,33 до 2,175 мкм, а коротковолновая (λ') — от 1,79 до 1,63 мкм. Анализ характера изменения λ' и λ'' с температурой показал, что в исследованном диапазоне температур выполнялись зависимости, близкие к линейным: $\lambda(t) = \lambda_0 + \alpha(t - t_0)$ (рис. 5). Экспериментально установленные значения λ_0 и α составили (в мкм): $\lambda''(t) = 2,250 + 1,56 \cdot 10^{-3}(t - t_0)$ — для длинноволновой границы и для коротковолновой — $\lambda'(t) = 1,710 + 2,3 \cdot 10^{-3}(t - t_0)$, где $t_0 = 0$ °С.

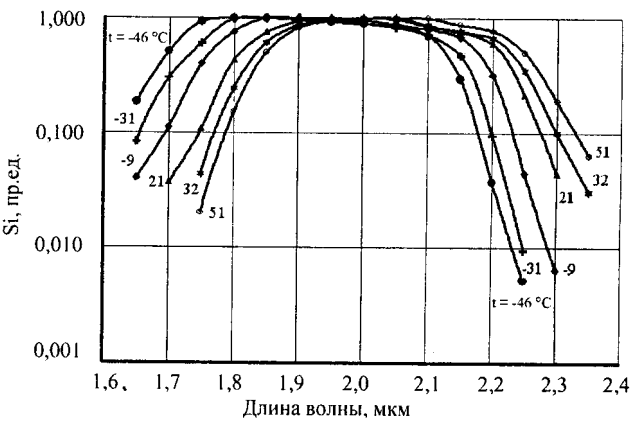


Рис. 4. Относительная спектральная чувствительность фотоприемника при различных температурах: 1 — коротковолновая граница (λ'); 2 — длинноволновая граница (λ'')

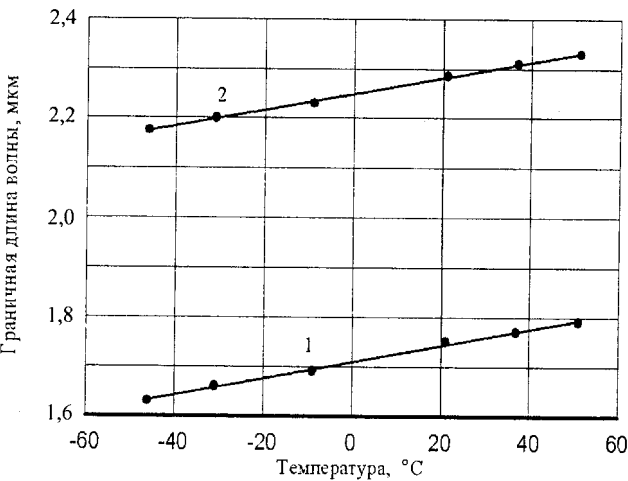


Рис. 5. Зависимость граничных длин волн фотоприемника от температуры

На рис. 1 для сравнения с PbS-фоторезистором приведена зависимость интегральной фоточувствительности от температуры для разработанного ФПУ. В том же интервале температур изменение S_V составило около 10 %.

Абсолютные значения основных параметров разработанного ФПУ при комнатной температуре (в качестве источника излучения использовалось АЧТ 800 К) получены следующие: интегральная вольтовая чувствительность $S_V = 3 \cdot 10^4$ В/Вт, удельная обнаружительная способность $D^* = 9 \cdot 10^8$ Вт⁻¹·см·Гц^{1/2}.

Литература

1. Долгунов Л. М. и др. // Квантовая электроника, 1976. Т. 3. № 4. С. 932—933.
2. Dewinter J. C. // J. Electronic Materials. 1985. V. 17. № 6. P. 729—747.
3. Tournie E. // J. Crystall Growth. 1990. V. 104. № 3. P. 683—694.

Uncooled Detector for the 1.8–2.4 μm wave band

T. V. Andreeva, V. V. Gawrushko, S. G. Kuzukov, Y. N. Proschkin,
A. A. Sapozhnikov, A. A. Sapozhnikov, A. M. Zchuprakov, A. A. Shlensky
Novgorod State University, V. Novgorod, Russia

The object of this report is the presentation results on creation of hight-effective uncooled detector on hard semiconductor solutions $In_xGa_{1-x}As_ySb_{1-y}$ base. Photosensitive structures was produced with the liquid-phase epitaxy on n-GaSb. On the long-wavelenght cutoff of the epitaxial layer was reached 2.4 μm. There were received following results of main parameters of worked out detector on room temperature (as the emission source was used black body 800 K): integrated voltage sensitivity $S_V=3\cdot10^4$ V/W, specific detectivity $D^ = 9\cdot10^8$ W⁻¹·cm·Hz^{1/2}.*

УДК 621.5

Современные достижения и мировые тенденции развития микрокриогенных систем для фотоприемных устройств

А. В. Громов, В. М. Ермаков, В. И. Карагузов, М. В. Липин, В. И. Ляпин
ООО «НТК "Криогенная техника"», г. Омск, Россия

Представлены современные достижения и мировые тенденции развития микрокриогенных систем для фотоприемных устройств. Дано описание результатов разработок микрокриогенных систем на температурные уровни 4,5; 15; 25 и 80 К с холодопроизводительностью от 0,2 до 10 Вт для охлаждения линейных и матричных фотоприемных устройств на основе PtSi, HgCdTe, InSb, Si<Ga>, SIS. Рассмотрены перспективные типы микрокриогенных систем. Показаны возможности создания фотоприемных устройств и криогенных систем по единым нанотехнологиям.

Развитие фотоэлектронных-, тепловизионных- и радиоприборов с охлаждаемыми приемниками требует разработки микрокриогенных систем (МКС) с параметрами, соответствующими характеристикам фотоприемных устройств (ФПУ). К основным теплофизическим параметрам в первую очередь следует отнести температурный уровень криостатирования, который зависит от технологии изготовления ФПУ и применяемых материалов. Наибольшее распространение получили ФПУ на основе PtSi, HgCdTe, InSb, Si<Ga>, SIS и др. Широкий спектр типов ФПУ влечет за собой достаточно большой набор уровней криостатирования: 4,5; 15; 25; 80 К и др.

Другим важным фактором является объект размещения ФПУ и МКС. В мировой и отечественной практике при бортовом размещении

наиболее часто используются МКС на базе ГKM Сплит-Стирлинг и дроссельные, при наземном стационарном размещении — охладители Гиффорда-МакМагона и пульсационные трубы. На выбор типа МКС влияют и другие важные характеристики, такие как ресурс, надежность, энергопотребление, масса, габаритные размеры, вибрации, тип охлаждения и др. В результате для обеспечения криостатирования всех ФПУ необходимо иметь большую номенклатуру МКС.

В табл. 1 приведены некоторые зарубежные фирмы и производимые ими МКС, работающие по циклу Стирлинга. В зависимости от применения они выполнены по различным компоновочным схемам, таким как интегральные Стирлинги, Сплит-Стирлинги. Привод части МКС выполняется линейным, у других — вращательным.

Таблица 1

МКС, работающие по циклу Стирлинга

Фирма-производитель	Продукция
RICOR Cryogenic & Vacuum systems	K508, K526, K526S, K549, K560, K532, K539
HYMATIC	SAX-101