

ГАЗОВАЯ И ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

СЕНСОРЫ И ПРИБОРЫ ОАО "АВАНГАРД"

А.Большаков avangard1334@yandex.ru, И.Сердюк serdyuk_ilya@List.ru,
М.Карякин mike_vs@inbox.ru

Высокий уровень современной техногенной нагрузки на окружающую среду приводит к необходимости применения систем контроля, обеспечивающих газовую и пожарную безопасность промышленных предприятий, транспорта и объектов ЖКХ. Основными критериями выбора и классификации существующих на рынке систем являются: стоимость затрат на производство, монтаж и обслуживание, потребляемая мощность, диапазон рабочих температур, долговечность чувствительных элементов, стойкость к воздействию окружающей среды. ОАО "Авангард" разрабатывает и активно внедряет газовые сенсоры и приборы на их основе в рамках научно-технической программы Союзного государства "Разработка и создание нового поколения микросистемотехники и унифицированных интегрированных систем двойного назначения на ее основе". Работы проводятся в кооперации с Минским НИИРМ.

Источниками информации в системах, обеспечивающих газовую и пожарную безопасность, являются газовые датчики, газосигнализаторы и пожарные извещатели, которые совместно с аппаратурой сбора, передачи и обработки информации определяют основные эксплуатационные характеристики системы. Основу таких систем должна составлять широкая номенклатура газовых сенсоров, технологически совместимых с микроэлектронными средствами обработки данных.

Анализ развития газовых сенсоров, выполненный ведущими специалистами Института теоретической и физической химии Тюбингенского университета (Германия) еще в конце 80-х годов XX века, показал, что наиболее перспективные

для массового применения – полупроводниковые газовые сенсоры, изготовленные на основе металлооксидных структур с применением микроэлектронных технологий [1].

ГАЗОВЫЕ СЕНСОРЫ

Приборы для обеспечения газовой безопасности, создаваемые ОАО "Авангард", выпускаются на основе твердотельных хемосорбционных первичных преобразователей (сенсоров) собственной разработки – ТКС-2АМ, ПГС-1А, ПГС-2А – и разработки Минского НИИРМ – СП-1.

Термокаталитический сенсор серии ТКС-2АМ

Принцип действия термокаталитического сенсора ТКС-2АМ (рис.1) основан на беспламенном окислении метана и горючих газов на

Таблица 1. Технические характеристики газового сенсора серии ТКС-2АМ

Характеристики	Значения
Контролируемый газ	Метан, горючие газы
Диапазон преобразования, об.%	0,1–3
Функциональная зависимость выходного напряжения сенсора от концентрации	Линейная
Напряжение питания, В	2,4±0,1
Ток потребления, А	0,115±0,005
Потребляемая мощность при непрерывном питании, мВт	277±5
Средняя потребляемая мощность при импульсном питании, мВт	138,5±5
Время прогрева не более, с	30
Время установки выходного сигнала (выходного напряжения), с	15
Чувствительность по метану, мВ/об.% CH ₄	Не менее 17
Изменение чувствительности сенсора в диапазоне температур от –40 до 60°С, %, не более	±25

мелкодисперсных катализаторах – металлах платиновой группы. Выделяющееся при реакции окисления тепло способствует изменению сопротивления газочувствительного элемента пропорционально концентрации газа.

Термокаталитические сенсоры могут быть применены для обнаружения различных горючих веществ, таких как углеводороды ряда метана, непредельные углеводороды, водород, пары нефтепродуктов, растворителей, спиртов и др. Основным преимуществом термокаталитического сенсора в сравнении с полупроводниковым является более низкая чувствительность к воздействию температуры и влажности. Она обусловлена наличием компенсационного элемента, встраиваемого непосредственно в реакционную камеру сенсора.

Термокаталитические сенсоры более устойчивы к отравлению (загрязнению), имеют

**Рис.1.** Термокаталитический сенсор серии ТКС-2АМ

быстрый отклик и высокую линейность сигнала на концентрации газа до 60% НКПР.

К недостаткам термокаталитических сенсоров можно отнести малую чувствительность к низким концентрациям горючих газов (например, сенсор нечувствителен к концентрации CH₄ ниже 0,1 об.%) [2, 3].

Технические характеристики газового сенсора серии ТКС-2АМ приведены в табл.1.

Полупроводниковые сенсоры ПГС-1А и ПГС-2А

Сенсоры предназначены для контроля горючих и токсичных газов. Основа полупроводниковых газовых сенсоров – первичный чувствительный элемент (ПЧЭ), в качестве которого обычно используются металлооксидные полупроводниковые соединения, такие как SnO₂, In₂O₃, ZnO, Ga₂O₃. Среди них наиболее распространен диоксид олова, благодаря своей более высокой технологичности и совместимости с другими конструктивными элементами ПЧЭ (нагревательными элементами, металлическими межсоединениями, изоляционными слоями и т.д.). Активный слой SnO₂ образует резистивный элемент, который при контакте с контролируемым газом изменяет свою проводимость вследствие хемосорбционных реакций на поверхности металлооксида или в его объеме на глубине волны Дебая. Для активации реакции на поверхности SnO₂ формируются предусмотренные для этого катализаторы, в качестве которых чаще всего используются такие элементы, как Pt, Pd, Ag и др. [4].

Преимущества полупроводниковых сенсоров – высокая чувствительность к малым концентрациям газа, высокое быстродействие и широкий диапазон определяемых газов (сенсор обнаруживает как горючие, так и токсичные газы).



Рис.2. Полупроводниковый сенсор серии ПГС-1А

Один из недостатков полупроводниковых сенсоров – дрейф характеристик из-за ускорения процессов диффузии в газочувствительных слоях сенсора при воздействии высокой рабочей температуры (400–450°C). Другие недостатки – высокая чувствительность к изменениям температуры и влажности, что требует применения дополнительных средств компенсации, и высокая чувствительность к парам используемых в быту веществ (алкоголя, косметических веществ и др.), что требует применения специальных фильтров [5].

Перечень определяемых газов и другие технические характеристики газовых сенсоров серии ПГС-1А (рис.2) и ПГС-2А приведены в табл.2.

Таблица 2. Технические характеристики газовых сенсоров серий ПГС-1А и ПГС-2А

Характеристики		Значения	
Определяемые газы	ПГС-1А	Монооксид углерода (CO), водород (H ₂)	
	ПГС-2А	Монооксид углерода (CO), водород (H ₂), метан (CH ₄), пропан (C ₃ H ₈), аммиак (NH ₃), диоксид азота (NO ₂), диоксид углерода (CO ₂)	
Диапазон преобразования, ppm	ПГС-1А	CO H ₂	5–1000 0,3–1000
	ПГС-2А	CO H ₂ CH ₄ C ₃ H ₈ NH ₃ NO ₂	5–1000 2–1000 1000–15 000 500–10 000 10–1000 0,5–15
Напряжение питания, В	В импульсе охлаждения	ПГС-1А	0,2±0,02
		ПГС-2А	0,2±0,02
	В импульсе нагрева	ПГС-1А	1,2±0,05
		ПГС-2А	1,8±0,05
Отклонение абсолютной чувствительности сенсора в диапазоне температур от –10 до 40°С (без применения схемы температурной компенсации), %		ПГС-1А	±35
		ПГС-2А	
Отклонение абсолютной чувствительности сенсора в диапазоне относительной влажности от 10 до 90%, %		ПГС-1А	±25
		ПГС-2А	
Потребляемая мощность, мВт		ПГС-1А	10
		ПГС-2А	70

Таблица 3. Технические характеристики газового сенсора серии СП-1

Характеристики	Значения
Диапазон контроля концентраций в атмосфере помещений, зданий и сооружений, ppm: H_2 CO	0,3–200 20–200
Время реакции сенсора на изменение концентрации, с, не более	10
Потребляемая мощность, мВт, не более	10
Рабочий температурный диапазон, °C	От –60 до 85 (погрешность $\pm 10\%$ сохраняется в диапазоне от –10 до 40°C)
Рабочий диапазон относительной влажности, %	От 0 до 70 (погрешность $\pm 10\%$ сохраняется в диапазоне от 10 до 70°C)

Полупроводниковый сенсор серии СП-1

Полупроводниковый сенсор СП-1 (рис.3) изготавливается Минским НИИРМ и содержит в своей конструкции подложку из анодированного оксида алюминия [6]. Характеристики газового сенсора СП-1 приведены в табл.3.



Рис.3. Полупроводниковый сенсор серии СП-1

ПРИБОРЫ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГАЗОВОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Приборы изготавливаются на основе полупроводниковых газовых сенсоров производства ОАО "Авангард".

Газосигнализатор АВУС-КОМБИ

Это одна из наиболее востребованных разработок ОАО "Авангард" (рис.4). Компактный современный корпус органично вписывается в административное, промышленное либо жилое помещение. Внешний дизайн позволил максимально отойти от прямоугольных и громоздких газосигнализаторов. Круглый пластиковый корпус выполнен в стиле датчиков охранно-пожарной сигнализации. Разработчики ОАО "Авангард", руководствуясь современной тенденцией развития комплексных систем безопасности, создали газосигнализатор АВУС-КОМБИ так, чтобы он мог быть встроен в любой существующий интерфейс передачи данных по проводному и беспроводному типу (современные системы комплексной безопасности, умный дом и др.). АВУС-КОМБИ – многофункциональный газосигнализатор на основе модульной конструкции с дополнительными функциями: самотестирование, сигнализация о превышении температуры окружающей среды, проводное и беспроводное взаимодействие с другими газосигнализаторами и внешними системами сбора, обработки и индикации информации [7].

Контролируемые газы: метан, пропан-бутановые смеси, углекислый газ.

Технические характеристики газосигнализаторов серии АВУС-КОМБИ приведены в табл.4.



Рис.4. Газосигнализатор АВУС-КОМБИ

Таблица 4. Технические характеристики газосигнализатора АВУС-КОМБИ

Технические характеристики	Значения
Измеряемый газ	Метан (CH ₄) Пропан (C ₃ H ₈) Угарный газ (CO)
Диапазон измерений CH ₄ , C ₃ H ₈ , CO	0–50% НКПР 0–300 мг/м ³
Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности (от 15 до 25°C; 30–70% отн. вл.) CH ₄ , C ₃ H ₈ , CO	±2,5% НКПР ±5 мг/м ³ для первого порога срабатывания; ±20 мг/м ³ для второго порога срабатывания
Пределы допускаемой абсолютной погрешности (от –10 до 40°C; 30–90% отн. вл.) CH ₄ , C ₃ H ₈ , CO	±4% НКПР ±11 мг/м ³ для первого порога срабатывания; ±45 мг/м ³ для второго порога срабатывания
Пороги срабатывания сигнализации CH ₄ , C ₃ H ₈ , CO	7 и 15% НКПР 20 и 100 мг/м ³
Сигнализация	Светодиодная, звуковая
Стойкость к воздействию внешних факторов: температуры относительной влажности при T = 25°C атмосферного давления	От –10 до 40°C От 30 до 90% От 84 до 106,7 кПа
Питание от сетевого адаптера, В	12
Потребляемая мощность, Вт, не более	1
Средний срок службы, лет, не менее	5

Газоанализатор АВУС-ДГ

Основу промышленных систем газовой безопасности производства ОАО "Авангард" составляют стационарные газосигнализаторы АВУС-ДГ-СО и АВУС-ДГ-СН₄ (рис.5). Они предназначены для автоматического непрерывного контроля концентрации угарного газа (СО) и метана (СН₄) в воздухе промышленных (взрывоопасных) и жилых объектов. Газоанализаторы позволяют не только обнаружить превышение допустимых концентраций, но и своевременно принять эффективные меры по снижению загазованности. Анализируемая

**Рис.5.** Газосигнализатор АВУС-ДГ

среда – воздух рабочей зоны по ГОСТ 12.1.005.

Газосигнализаторы АВУС-ДГ-СО и АВУС-ДГ-СН₄ могут работать как самостоятельно, так и в составе комплекса "Система мониторинга окружающей среды АВУС-СКЗ" или иного оборудования. Обмен информацией по RS-485 обеспечивается в соответствии с протоколами АВУС-СКЗ или MODBUS.

Технические характеристики газосигнализаторов серии АВУС-ДГ приведены в табл.5.

Датчик АВУС-ДШ

Одна из последних разработок ОАО "Авангард" – газовый датчик АВУС-ДШ (рис.6). Корпус датчика выполнен из нержавеющей стали во взрывозащищенном конструктиве, соответствующем международному стандарту (высота 16 мм, диаметр 20 мм). Контактная группа, схема включения, диапазон питающих напряжений и протокол выходного сигнала датчика АВУС-ДШ соответствуют аналогичным

Таблица 5. Технические характеристики газосигнализатора АВУС-ДГ

Технические характеристики	Значения
Пороги срабатывания сигнализации, не более: АВУС-ДГ-СН ₄ , АВУС-ДГ-СО	Порог 1 = 0,5% об. Порог 2 = 1% об. Порог 1 = 20 мг/м ³ Порог 2 = 100 мг/м ³
Время срабатывания сигнализации, с, не более: АВУС-ДГ-СН ₄ , АВУС-ДГ-СО	120 45
Время прогрева газосигнализатора АВУС-ДГ, мин, не более	15
Напряжение питания, В	12
Потребляемая электрическая мощность, Вт, не более	0,6 при пуске, 0,4 в рабочем режиме
Масса газосигнализатора АВУС-ДГ, кг, не более	0,2
Габариты, мм, не более	115×65×40
Полный средний срок службы, лет, не менее	5
Средняя наработка на отказ, ч, не менее	20 000
Степень защиты от пыли и влаги	IP54
Маркировка взрывозащиты	1ExibIIAT4X
Уровень звукового давления при срабатывании звуковой сигнализации на расстоянии 1 м, дБ, не менее	75
Межповерочный интервал, лет	1
Время восстановления работоспособности после снятия перегрузки, мин, не более	180
Температура окружающей среды, °C: АВУС-ДГ-СН ₄ , АВУС-ДГ-СО	От -40 до 50 От 0 до 50
Давление, мм рт.ст. (кПа)	630–800 (84–106,7)
Влажность (при температуре 25°C), %	От 30 до 90

**Рис.6.** Газовый датчик АВУС-ДШ

параметрам оптического газового датчика компании Dynament. Это позволяет устанавливать датчики АВУС-ДШ в существующие приборы без внесения изменений в конструкцию приборов. Газовый датчик АВУС-ДШ предназначен для непрерывного контроля концентрации горючих (СН₄, С₃Н₈, Н₂, С₂Н₂, С₂Н₄) и токсичных (СО, NO₂, NH₃) газов в воздухе промышленных (взрывоопасных) и жилых объектов. Он имеет два варианта исполнения: с термокаталитическим сенсором (на горючие газы) и с полупроводниковым сенсором (на горючие и токсичные газы).

Основные характеристики газового датчика серии АВУС-ДШ приведены в табл.6.

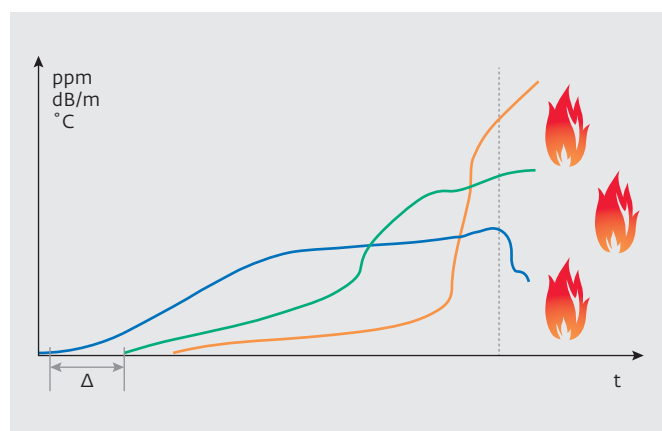
ПРИБОРЫ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Одним из опасных сопутствующих факторов пожара, характерных для процесса любого пиролиза (тление, горение), является СО (угарный газ). Также характерно, что СО в концентрациях, пригодных для его обнаружения и выделения над фоновой концентрацией, проявляется намного раньше, чем другие сопутствующие факторы пожара, по которым чаще всего производится обнаружение, – дым, температура, открытое пламя [8, 9]. Примерный график развития пожара приведен на рис.7.

Временной интервал Δ между появлением угарного газа на уровне 5–10 ppm и появлением частиц дыма в зависимости от вида горючих веществ и других факторов может составлять до 2 ч. Таким образом, применение газовых пожарных извещателей, предназначенных для контроля концентрации

Таблица 6. Технические характеристики газового датчика АВУС-ДШ

Технические характеристики	Значения
Средняя потребляемая мощность, мВт, не более	250
Напряжение питания, В	3,6
Нормированное значение порога срабатывания при выпуске с производства, об.%	2
Диапазон регулировки порога срабатывания, об.% метана	0,8–2,5
Пределы допустимой основной абсолютной погрешности срабатывания сигнализатора, об.%	±0,2
Габариты, мм, не более	Диаметр 20 мм, высота 23 мм
Конструктивное исполнение	Датчик с контактами под разъем для подключения питания и интерфейсов связи подсистемы "Радиускан"
Степень взрывозащиты корпуса	IM1ExdiaIMa
Подключение звуковой и световой сигнализации превышения пороговых значений	Пороговые значения: 1; 2; 2,5 об.%
Интерфейс связи с внешними устройствами (передача текущего значения концентрации газа с шагом 0,1%)	SPI
Поверка, калибровка, настройка	Без вскрытия корпуса
Диапазон изменения температур, °С	От –20 до 55
Относительная влажность, %	50–98
Атмосферное давление, кПа	84–106,7
Синусоидальная вибрация	10–80 Гц, амплитуда ускорения 5 g
Одиночные удары длительностью 1 мс	Пиковое ускорение 20 g
Наработка на отказ, тыс. ч, не менее	20
Средний срок службы, лет, не менее	3

**Рис.7.** График развития пожара

СО в воздухе, дает весомое преимущество в обнаружении пожара на ранних стадиях, его локализации и тушении до причинения существенного ущерба зданиям, помещениям и здоровью людей.

Модуль пожарного извещателя

Для раннего обнаружения пожара на начальной его стадии по газовым составляющим, характерным для процессов пиролиза, специалистами ОАО "Авангард" на базе полупроводникового газового сенсора ПГС-1А был разработан модуль газового пожарного извещателя с низким энергопотреблением (менее 10 мВт) (рис.8). Он имеет два исполнения: для работы

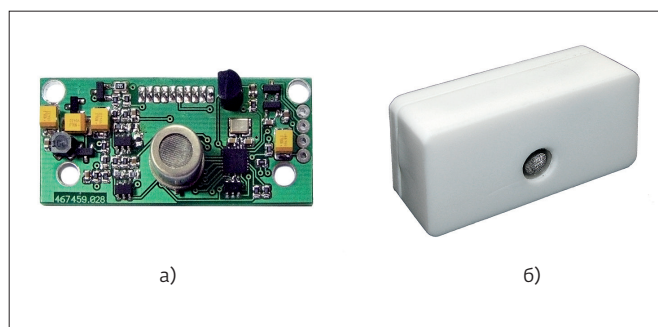


Рис. 8. Модуль газового пожарного извещателя

в диапазоне температур от -20 до 50°C (рис.8а) и в диапазоне от -65 до 75°C (рис.8б).

Технические характеристики газового модуля приведены в табл.7.

Пожарный извещатель АВУС-КПИ

Развивая направление систем пожарной безопасности, ОАО "Авангард" разработало комбинированный (газодымовой) пожарный извещатель (КПИ) – АВУС-КПИ (рис.9). Это надежное средство раннего обнаружения пожаров. Контроль атмо-



Рис. 9. Комбинированный газодымовой пожарный извещатель АВУС-КПИ

сферы защищаемых помещений производится газовым датчиком оксида углерода и чувствительным оптоэлектронным датчиком дыма. Двухканальный контроль позволяет обнаружить пожар на ранних стадиях возгорания при одновременной минимизации ложных тревог, вызванных наличием в атмосфере помещения пыли, паров и других газов.

Применение датчиков в адресных системах дает возможность отслеживать состояние

Таблица 7. Технические характеристики газового модуля пожарного извещателя

Характеристики	Значения
Контролируемый газ	CO H ₂
Диапазон контроля концентрации газа в воздухе, ppm CO H ₂	От 0 до 200 От 0 до 200
Нижний предел обнаружения, ppm, не более CO H ₂	2,0 0,3
Время реакции сенсора на изменение концентрации, с, не более	10
Погрешность определения концентрации, %, не более	± 10
Средняя потребляемая мощность, мВт, не более	10
Устойчивость к воздействию внешних факторов Обеспечение заданной метрологии, диапазон: температура, $^{\circ}\text{C}$ относительная влажность, % атмосферное давление, кПа Работоспособность (предельная), диапазон: температура, $^{\circ}\text{C}$ относительная влажность, % атмосферное давление, кПа	От -10 до 40 От 10 до 90 От 84 до $106,7$ От -65 до 85 До 98 От 84 до $106,7$

Таблица 8. Технические характеристики комбинированного газодымового пожарного извещателя АВУС-КПИ

Характеристики	Значения
Диапазон контроля концентраций СО в атмосфере помещений, зданий и сооружений, ppm	20–100
Диапазон оптической чувствительности, дБ/м	От 0,05 до 0,2
Средняя потребляемая мощность, мВт, не более	20
Напряжение питания, В	От 9 до 28
Время безотказной работы, тыс. ч, не менее	60
Средний срок службы, лет, не менее	10
Температура окружающей среды, °С	От –20 до 55
Относительная влажность окружающей среды, %	95
Атмосферное давление, кПа	84–106,7
Вид выходного сигнала	"Сухой контакт", RS-485*
Стойкость к внешним воздействиям, надежность, помехозащищенность, электромагнитная совместимость – соответствие стандарту	ГОСТ Р 53325
Селективность, чувствительность и стойкость к воздействию газов и паров – соответствие стандартам	ISO 7240-6

* Модификация для адресных систем.

воздушной среды по целевым параметрам, а также превышение концентрации по каждому из контролируемых каналов.

Основные характеристики комбинированного пожарного извещателя АВУС-КПИ приведены в табл.8.

В России практически отсутствуют регламентирующие документы для установки КПИ. Однако, несмотря на текущую нормативную недостаточность и относительно высокую стоимость (от 1500 руб.), будущее рынка пожарных извещателей связывается с мультисенсорными КПИ. Использование КПИ в составе систем пожарной сигнализации и автоматизированного пожаротушения позволит снизить затраты организаций-потребителей в расчете на период эксплуатации (меньшие потери от нарушений работы объектов из-за ложных срабатываний традиционных ПИ). Поэтому серийное

производство КПИ для реализации систем раннего обнаружения пожара является актуальной задачей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Göpel W., Hesse J., Zewel J. Sensors. A Comprehensive Survey, vol.1. Fundamentals and General Acts, VSH, Weinheim, 1989.
2. Сердюк И.В. Термокаталитические газовые сенсоры ТКС-2А и ТКС-2АМ и газосигнализаторы на их основе. – Сборник научных трудов аспирантов, соискателей и студентов магистерской подготовки ОАО "Авангард", 2012, вып. 4, с.215–228.
3. Патент РФ №2460064 от 20.05.2011. Способ изготовления чувствительного каталитического элемента термохимического датчика. Сердюк И.В. Шубарев В.А.
4. Бубнов Ю., Голиков А., Казак А. Полупроводниковые сенсоры и газоаналитические приборы на их основе. – Электроника:НТБ, 2008, спецвыпуск, с.72–76.
5. Сердюк И.В., Смирнов М.С. Полупроводниковые газовые сенсоры для контроля концентраций горючих и токсичных газов. – Вопросы радиоэлектроники, 2013, вып.1, с.131–142.
6. Таратын И.А., Сердюк И.В., Смирнов М.С., Гринчук А.П. Датчики пожарных извещателей на основе низкоэнергопотребляющих газовых сенсоров для раннего предупреждения возгораний. – Нано- и микросистемная техника, 2012, №8.
7. Миняков О.Л., Михайлов А.Н. ОАО "Авангард" – инновационные решения в области газовой безопасности. – Сфера нефтегаз, промышленная безопасность, 2011, №4, с.96–99.
8. Васильев А., Олихов И., Соколов А. Газовые сенсоры для пожарных извещателей. – Электроника:НТБ, 2005, №2.
9. Голиков А.В., Шубарев В.А. Системы пожарной безопасности с газовыми сенсорными модулями. – Электроника:НТБ, 2008, №10.