

**ХОРЕВ Анатолий Анатольевич,
профессор, доктор технических наук**

СРЕДСТВА АКУСТИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКИ: НАПРАВЛЕННЫЕ МИКРОФОНЫ И ЛАЗЕРНЫЕ АКУСТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ РАЗВЕДКИ

Направленные микрофоны

В случае если в выделенном помещении открыта (приоткрыта) форточка или фрамуга, для прослушивания ведущихся в нем разговоров могут использоваться направленные микрофоны. Разведка может вестись из соседних зданий или автомашин, находящихся на автостоянках, прилегающих к зданию.

В основном используются три вида направленных микрофонов: параболические (рефлекторные), трубчатые (интерференционные) и плоские микрофонные решетки.

Параболический микрофон (рис. 1) [1] имеет параболический отражатель, в фокусе которого размещается микрофонный капсюль с ненаправленной или однонаправленной характеристикой направленности (ХН). Такие микрофоны иногда называют рефлекторными.

Звуковые волны, пришедшие с осевого направления параболы, отражаются от отражателя и благодаря свойствам параболы после отражения концентрируются в фокусе, где расположен микрофонный капсюль. Звуковые волны, приходящие под углом к оси параболы, рассеиваются рефлектором, не попадая на микрофон. В рефлекторной системе ХН сильно зависит от частоты и изменяется от практически ненаправленной на низких частотах (при диаметре рефлектора меньше длины звуковой волны) до узкого лепестка на высоких частотах. Частотная характеристика чувствительности таких микрофонов имеет подъем в сторону высоких частот с крутизной порядка 6 дБ на октаву, который обычно компенсируется или электронным

методом (например, эквалайзером), или специальной конструкцией капсюля [1, 2].

Внешний вид некоторых параболических микрофонов представлен на *фото 1 – 3*, а основные характеристики — в *табл. 1 – 3* [5 – 7, 9, 15, 17].

Наиболее простым по конструкции является направленный микрофон «Супер Ухо — 100» (*фото 1*) [5].

Параболический отражатель выполнен из пластика. В фокусе отражателя помещен электретный микрофон, подключенный к входу малошумящего усилителя низкой частоты. Встроенный 8-кратный бинокль позволяет точно навести микрофон на цель.

Микрофон имеет размеры 290×150×90 мм и массу 1,2 кг. Питание микрофона осуществляется от батарейки типа «крона». Время работы от внутренней батарейки — до 60 ч.

Прослушивание перехватываемых разговоров осуществляется с использованием наушников. Микрофон имеет встроенный диктофон, позволяющий осуществлять запись перехваченных разговоров.

Диаграмма направленности микрофона — 10°, коэффициент усиления — 70 дБ, что обеспечивает перехват разговоров на открытой местности при низком уровне шума до 100 м. Частотный диапазон микрофона от 100 до 14 000 Гц. Качество направленного микрофона оценивается коэффициентом выигрыша в отношении «сигнал-помеха» за счет пространственной селекции $K_{\text{нм}}$ дБ.

Для параболического микрофона данный коэффициент

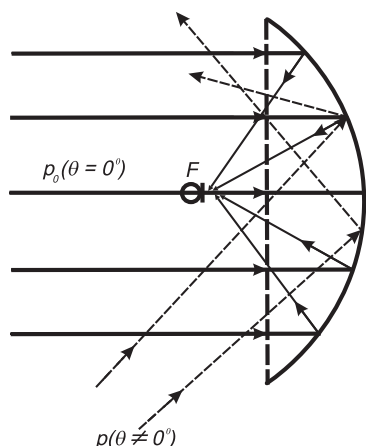


Рис. 1. Схема параболического направленного микрофона

$K_{\text{лм}}$, дБ, рассчитывается по формуле:

$$K_{\text{лм}} \approx 10 \lg(1,2 \times 10^{-4} \times S_{\text{отр}} \times f^2), \quad (1)$$

где $S_{\text{отр}}$ – площадь отражателя микрофона, м^2 ; f – частота сигнала, Гц.

Как видно из формулы (1), чем больше площадь отражателя, тем больше значение коэффициента $K_{\text{лм}}$.

Следовательно, дальность перехвата разговоров во многом зависит от диаметра отражателя. Например, для одних и тех же условий при диаметре отражателя 60 см (микрофон РКІ 2915) дальность перехвата разговора составляет 100 м, а при диаметре 85 см (микрофон РКІ 2920) – 150 м. Параболические микрофоны чаще всего маскируются под антенны спутникового телевидения и устанавливаются на балконах домов.

Микрофоны «бегущей волны» (интерференционные), часто называемые трубчатыми микрофонами, состоят из трубки с отверстиями или прорезями, на заднем торце которой расположен ненаправленный или однонаправленный микрофонный капсюль (рис. 2) [1].

Отверстия (прорези) в трубке закрыты тканью или пористым материалом, акустическое сопротивление которого



Фото 1. Направленный микрофон «Супер Ухо – 100»

возрастает по мере приближения к капсюлю. Обострение ХН достигается из-за интерференции парциальных звуковых волн, проходящих через отверстия трубки. При движении фронта звука параллельно оси трубки все парциальные волны приходят к подвижному элементу одновременно, в фазе. При распространении звука под углом к оси эти волны доходят до капсюля с различной задержкой, определяемой расстоянием от соответствующего отверстия до капсюля, при этом происходит частичная или полная компенсация давления, действующего на подвижный элемент. Заметное обострение ХН в таких микрофонах начинается с частоты, где длина трубки больше половины длины звуковой волны. С увеличением частоты ХН еще больше обостряется. Поэтому даже при значительной длине таких микрофонов, которая может достигать метра и даже более, ХН на частотах ниже 150 – 200 Гц определяется только капсюлем и обычно близка к кардиоиде или суперкардиоиде.

Трубчатые направленные микрофоны по сравнению с параболическими более компактные и используются в основном в случаях, когда необходимо обеспечить скрытность прослушивания разговоров. С использованием таких мик-

Таблица 1. Основные характеристики направленных параболических микрофонов РКІ 2915 и РКІ 2920

Характеристика	Тип микрофона	
	РКІ 2915	РКІ 2920
Диаметр отражателя, м	0,60	0,85
Масса, кг	0,38	0,40
Дальность перехвата разговоров, м	100	150
Питание	встроенный аккумулятор 9 В	

Таблица 2. Основные характеристики параболических микрофонов Super Sound Zoom и PR-1000

Характеристика	Тип микрофона	
	Super Sound Zoom	PR-1000
Размеры, мм	290×150×90	500×500×400
Диапазон частот, кГц	0,5 – 14	0,2 – 14
Чувствительность, мВ/Па	4	20
Масса, кг	1,2	1,5



Фото 2. Внешний вид параболических направленных микрофонов

Фото 3. Внешний вид параболических направленных микрофонов

рофонов разведку можно вести как из автомобиля, так и из окна расположенного напротив здания.

Внешний вид некоторых трубчатых микрофонов представлен на фото 4 – 7, а основные характеристики – в табл. 4, 5 [6, 9, 16, 17].

К типовым трубчатым микрофонам относится направленный микрофон РК1 2925 (фото 4) [6]. Общая длина микрофона с трубкой 35 см составляет 85 см, масса – 525 г. Питание микрофона осуществляется от аккумуляторной батареи напряжением питания 3,6 В. Микрофон имеет встроенные фильтры высоких и низких частот.

Для ведения разведки используются и сверхминиатюрные микрофоны. Например, микрофон УЕМ-88 (фото 7) имеет размеры 229×25×13 мм и массу всего 65 г [9].

Для трубчатого микрофона коэффициент выигрыша в отношении «сигнал-помеха» за счет пространственной селек-

ции $K_{\text{тм}}$ дБ, рассчитывается по формуле:

$$K_{\text{тм}} \gg 10 \lg(6,1 \times 10^{-3} \times l \times f), \quad (2)$$

где l – длина трубки, м.

Предельная максимальная дальность действия трубчатых микрофонов несколько меньше, чем параболических. Но в условиях города их возможности практически одинаковы. Так называемые «плоские» направленные микрофоны появились сравнительно недавно и представляют собой акустическую микрофонную решетку, включающую несколько десятков микрофонных капсулей. Плоские микрофонные решетки также выпускаются в камуфлированном виде. Наиболее часто они камуфлируются под атташе-кейс, жилет или пояс.

Внешний вид некоторых плоских микрофонов представлен на фото 8 – 10, а их основные характеристики – в табл. 6 [11, 14].

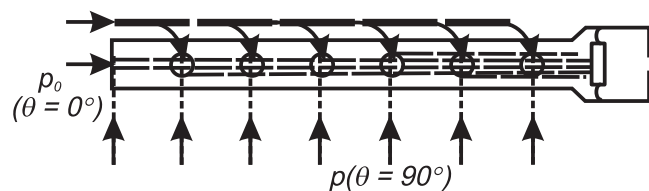


Рис. 2. Схема трубчатого (интерференционного) микрофона

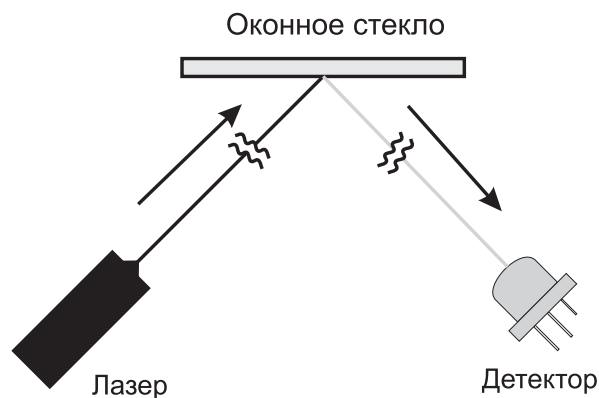


Рис. 3. Простейший вариант схемы построения ЛАСР

Таблица 3. Основные характеристики параболических микрофонов Spectra G50 и Big Ears BE3K

Характеристика	Тип микрофона	
	Spectra G50	Big Ears BE3K
Размеры, мм	500×500×400	750×750×400
Диапазон частот, кГц	0,1 – 15	0,1 – 15
Чувствительность, мВ/Па	31	50
Масса, кг	2	2,5

Таблица 4. Характеристики направленных трубчатых микрофонов

Характеристика	Тип микрофона		
	УКН	АТ-89	UEM-88
Частотный диапазон, Гц	500 – 10 000	60 – 12 000	200 – 15 000
Максимальный коэффициент усиления, дБ	66	93	50
Чувствительность, мВ/Па	20	70	...
Размеры, мм	310×30	355×70	229×25×13
Масса, г	130	473	65
Напряжение питания, В	3	9	1×AAA
Время работы от аккумулятора, ч	30	4 – 6	100
Дальность перехвата разговоров, м	100	100	...



Фото 4. Внешний вид трубчатого направленного микрофона РКИ 2925



Фото 5. Внешний вид трубчатого направленного микрофона УКН

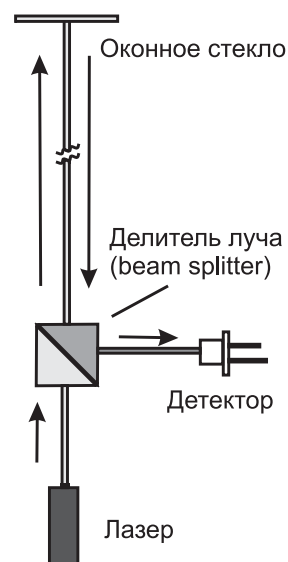


Рис. 4. Вариант схемы построения ЛАСР с использованием сплиттера (делителя) луча



Фото 6. Внешний вид трубчатого направленного микрофона Sennheiser MKH 70 P48



Фото 7. Миниатюрный направленный микрофон UEM-88



Фото 8. Микрофонная решетка фирмы G.R.A.S

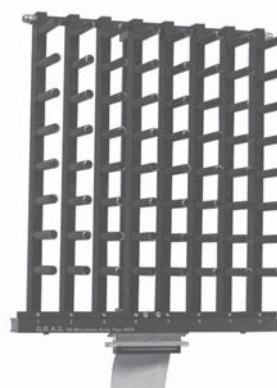


Фото 9. Плоский направленный микрофон 40TA

Коэффициент выигрыша в отношении «сигнал-помеха» за счет пространственной селекции для микрофонных решеток $K_{\text{лам}}$ дБ, рассчитывается по формуле, аналогичной (2)

$$K_{\text{лам}} >> 10 \lg(1,2 \times 10^{-4} \times S_a \times f^2), \quad (3)$$

где S_a – площадь приемной апертуры микрофона, м². Максимальная дальность действия направленных микрофонов в условиях города не превышает 100 – 150 м, за городом при низком уровне шумов дальность разведки может составлять до 500 м и более.

Лазерные акустические системы разведки

Если окна и форточки в выделенном помещении будут закрыты, прослушать разговоры, ведущиеся в нем, с использованием направленных микрофонов невозможно. Одна-

ко в этом случае возможно прослушивание разговоров с использованием лазерных акустических систем разведки (ЛАСР), иногда называемых «лазерными микрофонами». Существуют несколько схем построения ЛАСР [3, 13]. На рис. 3 изображен простейший вариант подобной системы. Луч лазера падает на стекло окна под некоторым углом. На границе стекло – воздух происходит модуляция луча звуковыми колебаниями. Отраженный луч улавливается фотодетектором, расположенном на оси отраженного луча, и осуществляется амплитудная демодуляция отраженного излучения. Система довольно простая, но требует тщательной юстировки и на практике используется довольно редко.

Второй способ, использующий сплиттер (делитель) пучка, несколько сложнее, но он позволяет совместить лазер и де-

Таблица 5. Характеристики трубчатых микрофонов

Характеристика	Тип микрофона			
	AT4071A	MKH 70 P48	KMR 82i	MFC800
Диапазон частот, кГц	0,03 – 20	0,05 – 20	0,02 – 20	0,02 – 20
Чувствительность, мВ/Па	89,1	50	21	18
Размеры, мм	395×21×21	410×25×25	395×21×21	500×25×250
Масса, г	155	180	250	350



Фото 11. Лазерная акустическая система разведки SIM-LAMIC: а – упакованная в кейсе; б – в развернутом состоянии

Таблица 6. Основные характеристики микрофонных решеток

Характеристика	Тип микрофона	
	40TA	SPS-980
Количество микрофонов	64	36
Диапазон частот, кГц	0,05 – 6,6	0,02 – 20
Чувствительность, мВ/Па	50 (4)	50
Динамический диапазон, дБА	32 (40) – 134 (174)	30 – 128
Размеры решетки, мм	175×175	Ø1000

тектор (рис. 4). Отпадает необходимость в тщательной юстировке системы. Применение сплиттера позволяет свести падающий и отраженный луч в одну точку.

В целях повышения чувствительности используется интерференционная схема, представленная на рис. 5а. Интерферометр, представленный на этом рисунке, имеет плечи равной длины и называется «Dual Beam LASER Mic».

Главный принцип этой схемы — дифференциальный метод измерения акустической вибрации. Участок оконного стекла, с которого снимается вибрация, имеет малый размер, следовательно, резко ослабляется синфазная помеха,

вызываемая низкочастотными колебаниями стекла, например, из-за ветра или уличных шумов.

Приемник излучения может иметь свою оптическую систему, как показано на рис. 5б.

Принцип работы ЛАСР для систем с разделением луча (Single Split beam) можно представить следующим образом: когерентный луч лазера расщепляется разделительным стеклом (особое стекло со специальным покрытием толщиной в десятки нанометров пропускает 50% и отражает 50% света определенной длины волны) на 2 части: опорный луч и излучаемый. При отражении излучаемого луча от оконного

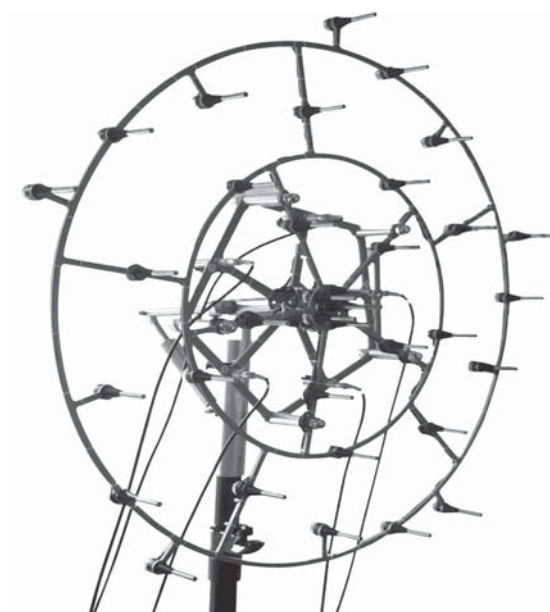
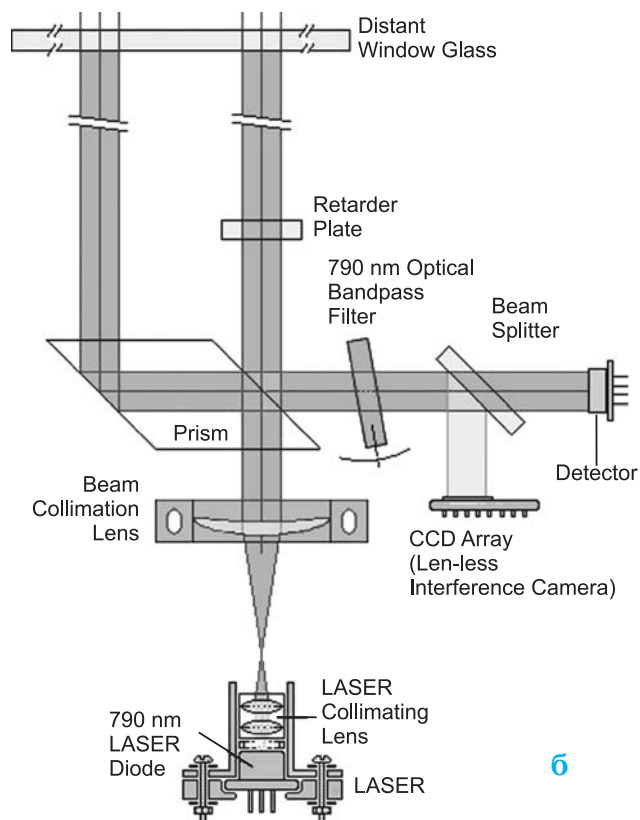
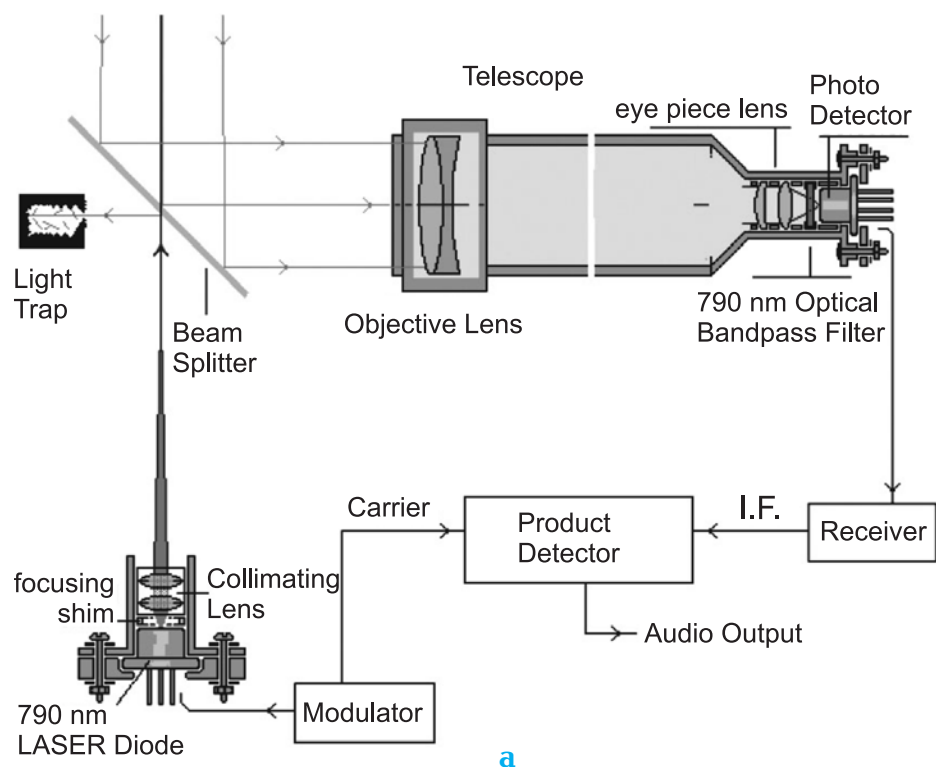


Рис. 5. Варианты интерференционных схем построения ЛАСР

Фото 10. Микрофонная решетка BSWA-TECH SPS-980



Фото 12. Лазерная акустическая система разведки Laser-3500



Фото 13. Лазерная акустическая система разведки PKI 3100 (приемо-передающий блок)

Таблица 8. Основные характеристики лазерных акустических систем разведки

Характеристика	Тип системы		
	LASR-2000	Laser-3500	MR-7800
Лазерный передатчик			
Тип лазера	полупроводниковый		
Длина волны, мкм	0,75 – 0,84	1,75 – 1,84	0,77 – 0,84
Мощность излучения, мВт	5	5	25
Фокусное расстояние объектива, мм	135	135	135
Питание, В	8×1,5 (AA)	8×1,5 (AA)	8×1,5 (AA)
Время работы, ч	50	40	40
Приемник лазерного излучения			
Тип приемника	малошумящий PIN-диод; ближний ИК		
Фокусное расстояние объектива, мм	500	500	500
Питание, В	9	12	12
Время работы, ч.	15 – 30	15 – 50	40 – 60
Примечание	камуфлируется под стандартную зеркальную камеру; габариты 470×380×220 мм; масса 10,5 кг без батарей и треног		

Таблица 7. Основные характеристики лазерных акустических систем разведки

Характеристика	Тип системы	
	SIM-LAMIC	Laser-3000 (PKI 3100)
Лазерный передатчик		
Тип лазера	Полупроводниковый	
Длина волны, мкм	0,82	0,88
Мощность излучения, мВт	5	10
Рассходимость луча, мрад	...	0,5
Фокусное расстояние объектива, мм	135	135
Питание, В	8×1,5 (AA)	4×1,5 (AA)
Время работы, ч	50	50
Приемник лазерного излучения		
Тип приемника	малошумящий PIN-диод	
Длина волны, мкм	ближний ИК	
Фокусное расстояние объектива, мм	500	135 (1:2,8)
Питание, В	12	4×1,5 (AA)
Время работы, ч.	50 – 100	50
Примечание	камуфлируется под стандартную зеркальную камеру; передатчик и приемник устанавливаются на треноге; не требует юстировки	размеры приемо-передающего блока 130×220×60 мм; масса 1,6 кг; усилительный блок (коэффициент усиления: 100 дБ; эквалайзер: 300, 600, 1200, 2400, 4800 Гц; диапазон регулировки ±10 дБ; размеры 250×280×50 мм; масса 8,2 кг)

стекла или трипсель-призмы, установленной на нем, происходит его модуляция звуковой частотой. Отраженный промодулированный луч направляется на фоторезистор, где интерферирует с опорным лучом. Сигнал с фоторезистора после специальной обработки усиливается и подается для прослушивания на головные телефоны или записывается на цифровой диктофон.

Применение последних интерференционных схем возможно только в том случае, если луч лазера отражается в направлении его источника. А это возможно, если ЛАСР и облучаемое окно находятся на одной высоте и оконное стекло расположено перпендикулярно лучу лазера или на оконном стекле установлена трипсель-призма. Во всех остальных случаях в направлении на детектор отражается

незначительное количество диффузно рассеянного излучения и дальность ведения разведки резко снижается.

В целях обеспечения скрытности работы в ЛАСР используются лазеры, работающие в ближнем инфракрасном, не видимом глазу диапазоне длин волн (0,75 – 1,1 мкм).

Внешний вид некоторых ЛАСР приведен на *фото 11 – 13*, а их характеристики – в *табл. 7, 8* [6, 8 – 10, 16 – 18].

К типовой лазерной акустической системе разведки относится система SIM-LAMIC (*фото 11*), которая состоит из передатчика, на основе полупроводникового лазера мощностью 5 мВт, работающего в диапазоне 0,82 мкм (фокусное расстояние объектива 135 мм), и приемника лазерного излучения на основе малошумящего PIN-диода (фокусное расстояние объектива 500 мм), закамуфлированного под стандартную зеркальную камеру. Передатчик и приемник устанавливаются на специальных треногах. При переноске вся система размещается в обычном кейсе [17]. Аналогичная система, но работающая в диапазоне длин волн от 1,75 – 1,84 мкм, представлена на *фото 12* [12].

В системе PKI 3100 [6, 10] в отличие от SIM-LAMIC лазер и приемник оптического излучения размещены в одном приемо-передающем блоке (модуле) (*фото 13*). Мощность лазера 10 мВт, длина излучения 0,88 мкм, расходимость луча лазера 0,5 мрад. При такой расходимости размер пятна лазерного излучения на расстоянии 100 м составит 5 см.

Дальность действия лазерных акустических систем развед-



ООО «ВАРУС»

**Широкий спектр услуг
по защите информации**

125319, Россия, Москва, Часовая ул., д. 6/2
Тел.: +7-495-708-15-52/53, Факс: +7-495-708-15-68
info@ooovarus.ru <http://www.ooovarus.ru>

ки при приеме диффузно отраженного излучения не превышает нескольких десятков метров. При приеме зеркально отраженного луча дальность разведки может составлять несколько сот метров, а при использовании трипель-призм она может превышать 500 м.

Литература

1. Вахитов Ш. Современные микрофоны и их применение/ М.: Radio, 1998, № 11 и 12 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://chipinfo.ru/literature/radio/199811/p16_18.html.
2. Каторин Ю.Ф., Куренков Е.В., Лысов А.В., Остапенко А.Н. Большая энциклопедия промышленного шпионажа. – СПб.: ООО «Издательство Полигон», 2000. – 856 с.
3. Лазерный микрофон. Опубликовано: 12.07.2001. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://daily.sec.ru>.
4. Лысов А.В. Лазерные микрофоны – универсальное средство разведки или очередное поветрие моды? Опубликовано 19.07.2000. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://daily.sec.ru>.
5. Микрофон направленного действия с биноклем «Супер Ухо – 100». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.se.455.ru/index.php>.
6. Anti terror equipment: catalog. – Germany: PKI Electronic Intelligence, 2008. – 116 p. + [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.pki-electronic.com/index.php?Catalogue>.
7. Audio spy microphones [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gia-servizi.com/prodotti/indexen.htm>.
8. Audio Surveillance [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gcomtech.com/default.aspx>.
9. Audio Surveillance [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.brickhousesecurity.com/covert-audio-surveillance.html>.
10. Audio surveillance [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.pki-electronic.com/index.php?Audio_Surveillance.
11. BSWA Technology: product Catalogue. – China, BSWA Technology Co., Ltd, 2008. – 29 p. + [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bswa-tech.com>.
12. Laser-3500 Laser Room Monitoring System [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.spyzones.com/laser.html>.
13. Laser microphone [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cxem.net/ik/ik2.php>.
14. Microphone array [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gras.dk/redir/?Id=252&lang=uk>.
15. Parabolic-microphones SME PR-1000 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mineroff-nature.com>.
16. Ricevitori e Mini Registratori Audio [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.selavio.com/prodotti/ricevitori-audio>.
17. Special Equipment. – Germany: SIM Security & Electronic System gmbh, 2006. – 65 p.
18. Spy equipment [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.brickhousesecurity.com/spy-gear.html>.