

# Лазерная система видеонаблюдения объектов в условиях плохой видимости

А.Н. Гольченко, Ю.П. Кернов, И.М. Олихов

Изложен принцип работы оптико-электронной системы наблюдения с лазерным источником излучения, работающим в импульсном режиме с длительностью импульса 120 нс; отражены возможности этой системы с управляемыми режимами работы при решении задач наблюдения в различных средах и метеоусловиях.

Principle of the optoelectronic observation system running with the laser radiation source at the impulse regime with impulse length equal 120 nanosecond is provided. Possibilities of this system with the controlled regimes of working when solving the observation problems for different environments and weather conditions are described.

Вопросы наблюдения открытых территорий в условиях плохой видимости в сложных метеоусловиях или под водой в настоящее время приобретают все большую актуальность.

Эта проблема решается с помощью ряда оптико-электронных приборов (ОЭП) наблюдения, разделяющихся по различным физическим принципам построения [1]: электронно-оптические преобразователи (ЭОП), низкоуровневые телевизионные ОЭП, лазерные ОЭП, тепловизионные ОЭП, а также их комбинации.

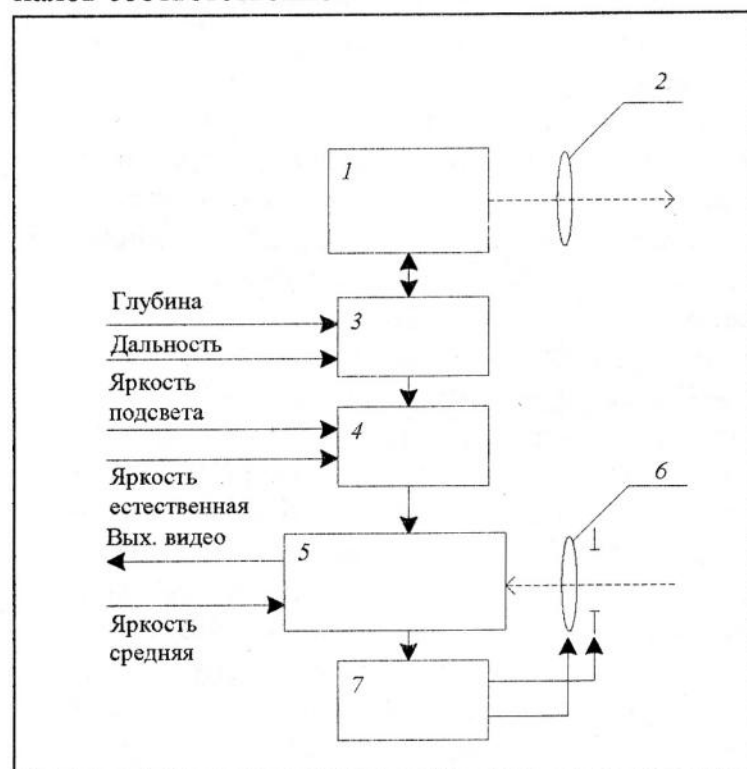
Появление лазерных источников импульсного излучения сверхкороткой длительности  $((3...100)10^{-9}\text{с})$  позволило применять радиолокационную обработку сигнала и создавать оптико-электронные системы наблюдения с пространственно-временной селекцией [2].

Принцип действия этих систем основан на импульсном методе наблюдения, предложенном акад. А.А. Лебедевым в 1936 г. Сущность метода сводится к следующему. Объект наблюдения освещается короткими световыми импульсами, длительность которых значительно меньше времени распространения света до объекта и обратно. При этом объект наблюдается через оптический прибор, снабженный быстродействующим затвором, открывающимся на определенное время в такт с приходом отраженных от объекта наблюдения световых импульсов. В том случае, когда временная задержка между моментом излучения импульса и моментом открывания затвора равна времени, необходимому для прохождения светом расстояния до объекта и обратно, наблюдатель будет видеть только сам объект и участок пространства, непосредственно его окружающий. Глубина этого пространства определяется временем открытого

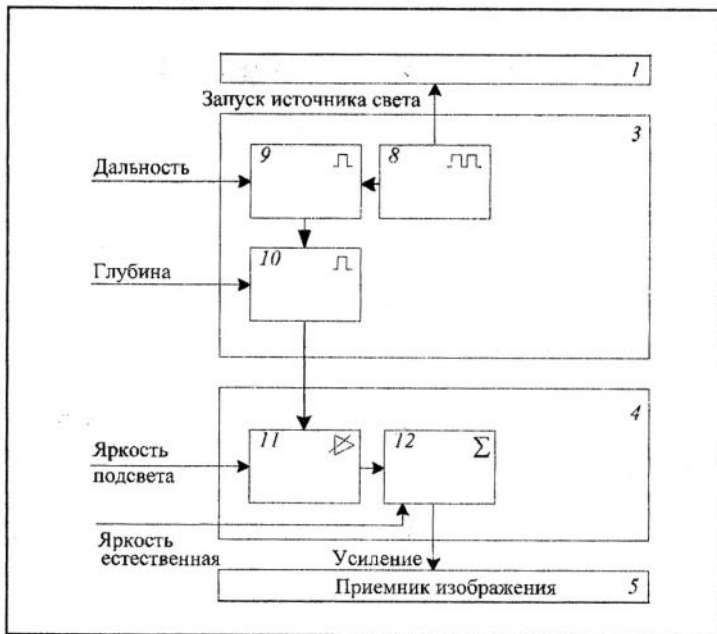
состояния затвора и длительностью светового импульса.

В НПП «Гамма» разработан образец телевизионной оптико-электронной системы наблюдения (ОЭСН) с импульсной лазерной подсветкой, которую можно причислить к новому поколению телевизионных средств наблюдения в сложных метеоусловиях [3].

На рис. 1 и 2 приведены схема ОЭСН и схема формирования и управления режимами работы лазерного излучателя и приемника отраженных сигналов соответственно.



**Рис.1.** Схема ОЭСН: 1 – импульсный источник света; 2 – передающая оптика; 3 – блок синхронизации; 4 – блок управления приемником; 5 – приемник оптического изображения; 6 – приемная оптика; 7 – блок управления объективом



**Рис.2.** Схема управления лазерным излучателем и приемником: 1 – импульсный источник света; 3 – блок синхронизации; 4 – блок управления приемником; 5 – приемник оптического изображения; 8 – генератор сигнальных импульсов; 9 – формирователь стробирующих импульсов по дальности; 10 – формирователь длительности стробирующего импульса; 11 – регулируемый усилитель; 12 – сумматор отраженных сигналов

Импульсный источник света 1 совместно с формирующей оптикой 2 используется для создания импульсной освещенности объектов наблюдения (на рис. 1 не показаны). Приемник изображения 5 с приемным объективом 6 предназначен для формирования изображения объектов наблюдения и может быть выполнен на основе ЭОП с микроканальной пластиной (МКП). Усиление приемника изображения задается с помощью блока управления 4. Блок синхронизации 3 служит для синхронизации работы источника света и приемника изображения. Диафрагма и фокусировка приемного объектива устанавливаются автоматически с помощью блока управления объективом 7.

В условиях сильного тумана, дыма или запыленности наблюдение за объектами, находящимися внутри или за рассеивающей областью, сильно ухудшается из-за того, что свет от близкорасположенных рассеивающих областей по интенсивности превышает полезный сигнал от объектов.

Чем короче импульс лазера и длительность строб-импульса, открывающего электронно-оптический преобразователь, тем выше разрешающая способность всей системы, поскольку приемная часть открывается только в момент прихода отраженного от объекта сигнала, а все остальное время закрыта.

## Основные характеристики экспериментального образца ОЭСН на инжекционных лазерах

Дальность видимости, регулируемая, м.....	до 800
Глубина зоны видимости, регулируемая, м.....	20–350
Угловое поле зрения, град.....	1,5–10
Длительность импульсов, нс.....	~120
Длина волны излучения подсветки, мкм.....	0,82; 1,1
Чувствительность приемного устройства, лк.....	$10^{-4}$
Разрешение устройства визуализации, ТВ-линий.....	до 350
Потребляемая мощность, Вт.....	≈ 60
Габариты, м <sup>3</sup> .....	0,15
Масса, кг.....	до 25

Применение более коротких импульсов, например, излучаемых лазерами с электронной накачкой [2], позволяет уменьшать глубину зоны видимости (разрешение по дальности) до 3...10 м.

Видимость малоcontrastных объектов с помощью ОЭСН обеспечивается за счет отсекающего фона за ними и их наблюдения в пределах очень узкой глубины просматриваемого пространства. Такие объекты не видны ни ночью в пассивные или активные приборы ночного видения, ни даже днем в обычные оптические наблюдательные приборы.

С помощью ОЭСН достигается точное измерение дальности до объекта наблюдения по величине задержки, при определенном значении которой появляется изображение объекта. Точность измерения дальности обычно достигает  $\pm 10$  или  $\pm 5$  м, но при необходимости может быть увеличена не менее чем на порядок. Точность не зависит от дальности до объекта, а определяется только длительностями импульса строба (время открытия затвора) и импульса подсвета.

За счет работы ОЭСН в импульсном режиме любая длительная световая помеха (излучение прожекторов, фар, пламя костра и пр.) ослабляется в число раз, равное скважности работы ОЭСН. Так осуществляется временная селекция наблюдаемого объекта на фоне помех. Дополнительная помехозащищенность достигается за счет применения в ОЭСН полосового или отсекающего фильтра с полосой пропускания, соответствующей рабочей области спектра лазерного осветителя. Реальные значения степени защиты от помех за счет указанной спектрально-временной селекции могут дос-

титать  $10^5 \dots 10^7$ . Этого достаточно, чтобы наблюдение не нарушалось при воздействии на ОЭСН излучения проектора с силой света до  $4 \cdot 10^6$  Кд, а также для нормального наблюдения в дневных условиях при уровне естественной освещенности до 10лк (ясный солнечный день). Таким образом, ОЭСН допускают круглосуточное наблюдение.

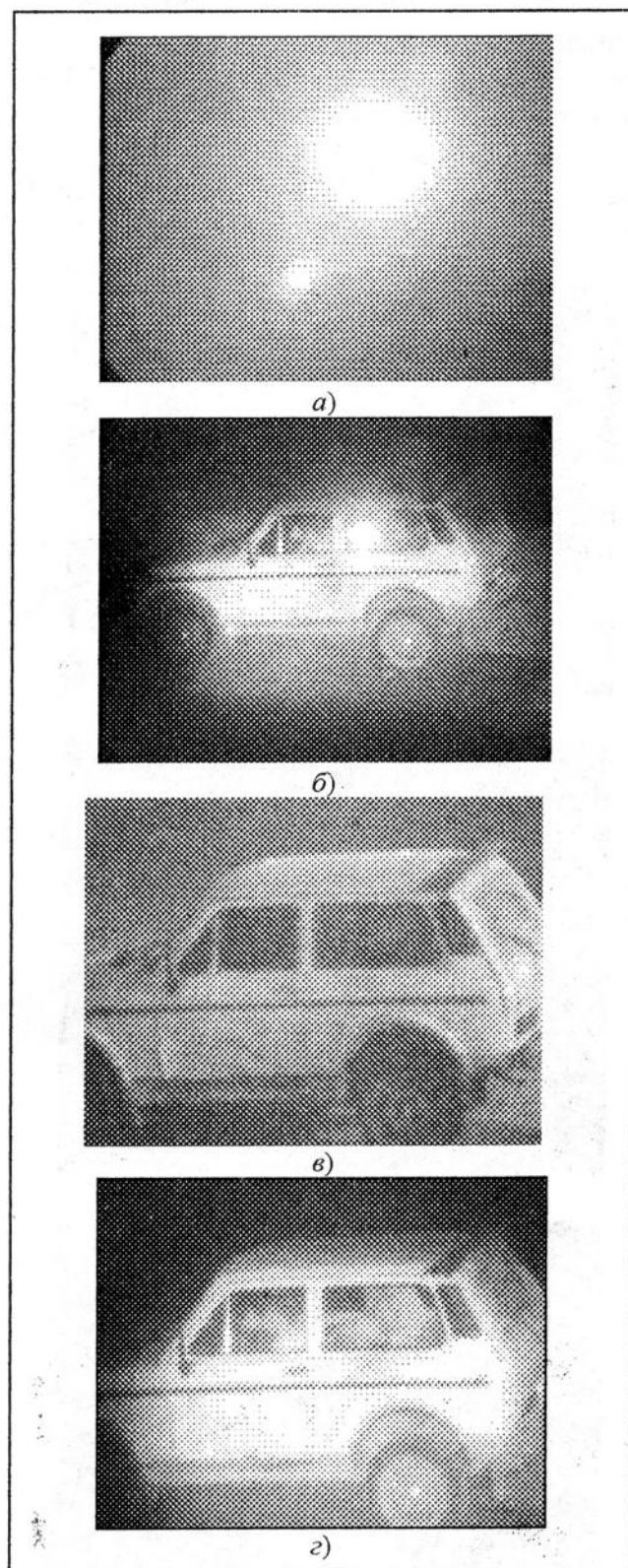
Изменение величины задержки позволяет выделять подсвечиваемый фон либо до объекта наблюдения, либо за ним. В первом случае оператор видит светлый объект на темном фоне – изображение объекта в «положительном» контрасте. Во втором случае – темный силуэт наблюдаемого объекта на светлом фоне – изображение объекта в «отрицательном» контрасте. С энергетической точки зрения выгоднее проводить наблюдение в «отрицательном» контрасте, так как обычные природные фоны имеют более высокий коэффициент яркости, чем наблюдаемый объект и, следовательно, для достижения необходимой дальности действия необходима меньшая сила света осветителя. Однако при этом теряются многие информативные признаки объекта, так как виден только его силуэт (внешний контур), а нижняя часть сливается с фоном. Кроме того, дальнего фона может и не быть (если, например, объект проецируется на фоне неба). Поэтому наиболее универсально наблюдение в «положительном» контрасте, для которого и приводятся обычно все данные для дальности действия.

Такие ОЭСН могут обнаруживать объекты наблюдения по бликам, отраженным от их элементов (глаза человека или животного, оптические или оптико-электронные устройства и пр.). Это создает благоприятные возможности его использования для поиска пострадавших, для охоты, вождения в колонне судов и прочих транспортных средств, для дистанционного контроля положения машин (например, угледобывающих комбайнов) и т.д. Блики создают также провода, что позволяет применять ОЭСН для посадки вертолетов ночью в неблагоприятных условиях видимости (например, при проведении спасательных работ).

Применение телевизионного тракта позволяет оператору осуществлять в реальном масштабе времени дистанционное наблюдение и управление исполнительными механизмами, автоматическое сопровождение движущихся объектов по дальности с точностью до 0,1 м. Расстояние до объекта и его размеры выводятся на монитор. Изображение может быть записано и подвергнуто математиче-

ской обработке, может передаваться по радио, оптическому либо другому каналу связи.

На рис. 3 приведено изображение автомобиля «Нива» с затонированными стеклами и зажженным внутри фонарем на расстоянии ( $R$ ) 15 и 5 м в темное время суток.



**Рис. 3.** Изображение автомобиля «Нива» с затонированными стеклами и зажженным внутри фонарем на в темное время суток: *а* – с помощью ПНВ,  $R = 15$  м; *б* – с помощью ОЭСН,  $R = 15$  м; *в* – с помощью ПНВ,  $R = 5$  м; *г* – с помощью ОЭСН,  $R = 5$  м

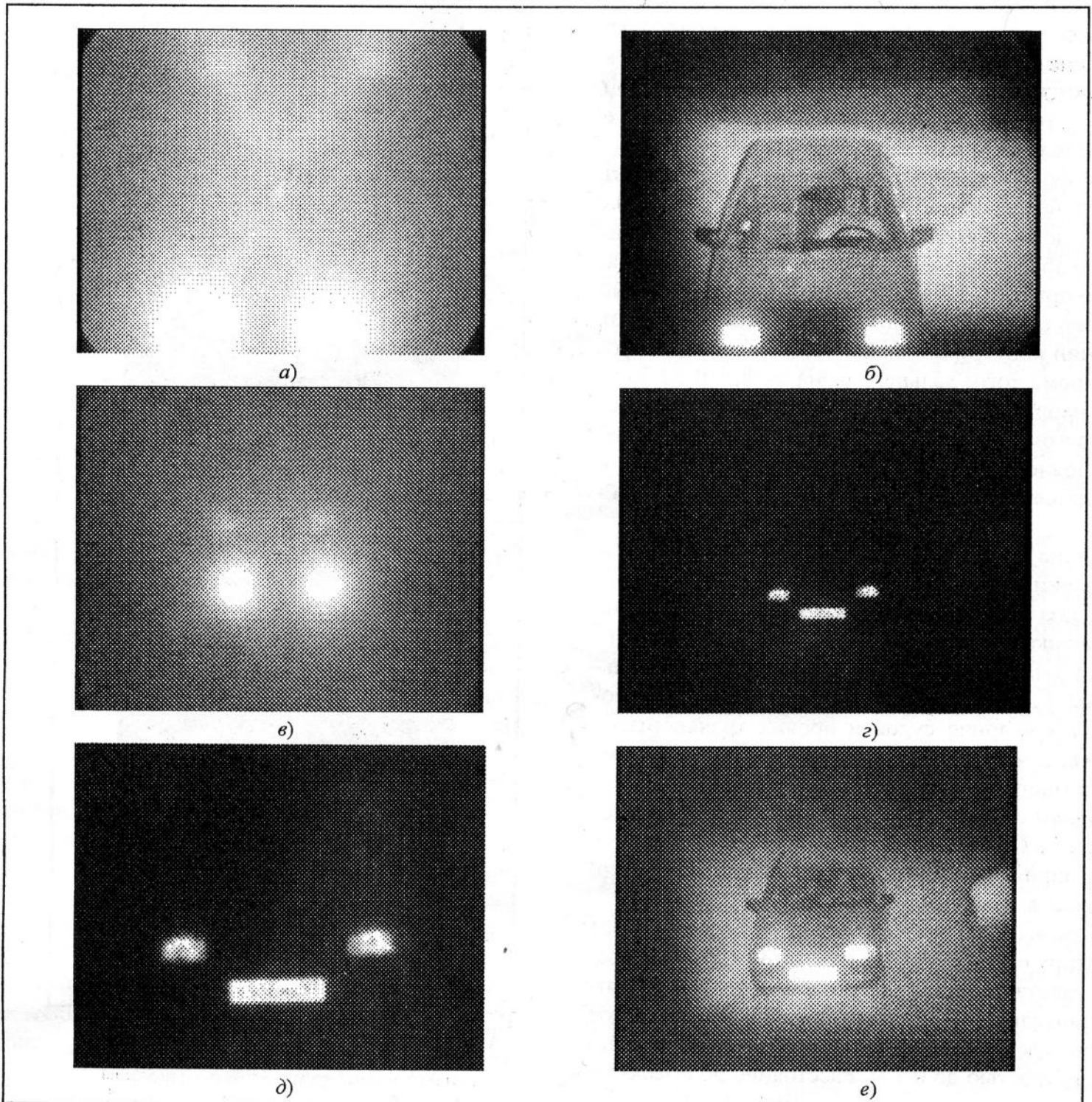
Как видно из рис. 3, изображения, полученные с помощью ОЭСН, работающего в импульсном режиме, позволяют различать не только контуры автомобиля, но и объекты, находящиеся внутри, или позволяют прочесть номер при включенных фарах, что не доступно прибору ночного видения (ПНВ).

На рис. 4 изображен автомобиль ВАЗ 2109 с включенными фарами в темное время суток с расстояния 3, 8, 10 м.

На рис. 5 изображен участок лесного массива

в ночное время суток при лунном освещении с помощью ПНВ и ОЭСН с различным стробированием по дальности.

Испытания ОЭСН под водой показали, что дальность видимости увеличивается в 2...3 раза по сравнению с обычной телевизионной системой. В воздухе дальность видимости ОЭСН в 3...5 раз выше метеорологической дальности видимости при десятикратном увеличении контрастности изображения.



**Рис. 4.** Изображение автомобиля ВАЗ 2109 с включенными фарами в темное время суток с различного расстояния: а – с помощью ПНВ,  $R=3$  м; б – с помощью ОЭСН,  $R=3$  м до зоны водителя; в – с помощью ПНВ,  $R=10$  м; г – с помощью ОЭСН,  $R=10$  м; д – с помощью ОЭСН,  $R=3$  м до плоскости бампера; е – с помощью ОЭСН,  $R=8$  м



а)



б)



в)



г)



д)



е)

Рис. 5. Изображение участка лесного массива в темное время суток при лунном свете с различным стробированием по дальности: а – с помощью ПНВ,  $R=5$  м; б – с помощью ОЭСН,  $R=5$  м; в – с помощью ОЭСН,  $R=10$  м; г – с помощью ОЭСН,  $R=20$  м; д – с помощью ОЭСН,  $R=30$  м; е – с помощью ОЭСН,  $R=40$  м

Таким образом, потенциальные возможности ОЭСН позволяют обеспечить работу днем и ночью при видимости, в 3...5 раз превышающей метеорологическую дальность видимости, а также передачу этой информации по радио либо другому каналу. Использование в качестве излучателей полупроводниковых лазеров (инжекционных или с электронной накачкой) позволяет создать вибро- и ударопрочные конструкции аппаратуры.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гейхман И.Л., Волков В.Г. Основы улучшения видимости в сложных метеоусловиях – М.: ООО «Нерра-Бизнес центр, 1999 г.
2. Богданкевич О.В., Меерович Г.А., Олихов И.М., Садчихин А.В. Устройства на основе полупроводниковых лазеров с накачкой электронным пучком/ (Обзор). – Радиотехника и электроника, 1999, т. 44, № 8, с. 901– 919.
3. Морозов А.В., Олихов И.М. Свидетельство на полезную модель № 9110, зарегистрировано 16 января 1999 г.

Поступила 10. 09. 2007 г.