

07:09;15

Способ активно-импульсного видения с электронным затвором на CCD-фотоприемнике

© Д.В. Алантьев, А.А. Голицын, А.В. Голицын, А.Г. Паулиш[¶],
Н.А. Сейфи, С.Д. Чибурун

Новосибирский филиал Института физики полупроводников
им. А.В. Ржанова СО РАН „Конструкторско-технологический институт
прикладной микроэлектроники“, Новосибирск, Россия
[¶] E-mail: paulish63@ngs.ru

Поступило в Редакцию 21 июня 2017 г.

Представлены результаты разработки и экспериментального исследования способа активно-импульсного видения без использования электронно-оптического преобразователя в качестве быстрого затвора. Устройство для реализации способа состоит из CCD-фотоприемника со строчным переносом с входным объективом и лазерного светодиода с длиной волны излучения 906 nm с объективом, формирующим пучок подсветки. Способ видения основан на оригинальной методике управления CCD-фотоприемником, позволяющей наблюдать несколько откликов лазерного излучателя в одном кадре без потери кадровой частоты. Экспериментальные исследования показали реализуемость способа активно-импульсного видения в условиях дыма и тумана.

DOI: 10.21883/PJTF.2018.13.46321.16925

Способ активно-импульсного видения основан на использовании импульсной подсветки в сочетании с быстрым затвором фотоприемника [1,2]. Регулировка длительности открытия затвора и задержки относительно импульса подсветки позволяет подавить свет, отраженный

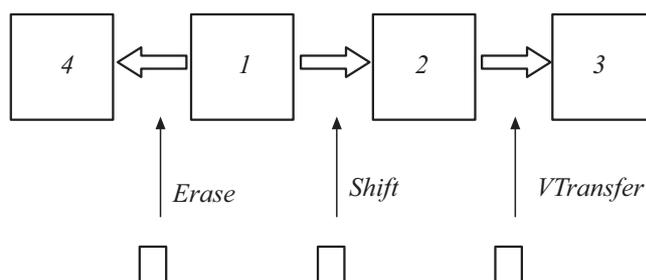


Рис. 1. Функциональная схема ССD-фотоприемника со строчным переносом. 1 — секция накопления, 2 — буферная секция, 3 — устройство вывода, 4 — устройство обнуления. Управляющие сигналы: *Erase* — перемещение зарядов из секции накопления в устройство обнуления, *Shift* — перемещение зарядов из секции накопления в буферную секцию, *VTransfer* — начало последовательного перемещения зарядов из буферной секции в устройство вывода путем вертикального переноса.

от слоев атмосферы и объектов, находящихся ближе или дальше объекта наблюдения, и тем самым существенно улучшить видимость в условиях дыма, пыли, тумана, низкой или высокой освещенности фона. В известных сегодня системах активно-импульсного видения в качестве быстрого затвора используется электронно-оптический преобразователь (ЭОП), который является одновременно усилителем яркости [3–5]. Использование ЭОП существенно увеличивает массогабаритные параметры системы, а также ее стоимость, так как кроме самого ЭОП в конструкции системы содержится проекционная система, передающая изображение с экрана ЭОП на поверхность фотоприемника (ТВ-матрицы). Известно, что экран ЭОП и проекционная система кроме массогабаритных параметров ухудшают пространственное разрешение получаемого изображения. Кроме того, ЭОП не устойчив к воздействию световых помех и не предназначен для работы в условиях дневной освещенности.

В настоящей работе представлена активно-импульсная система, которая не требует использования ЭОП в качестве затвора [6]. Функция затвора в данной системе реализована непосредственно на фотоприемнике с использованием оригинального, недокументированного метода управления фотоприемником со строчным переносом. На рис. 1 приведена функциональная схема ССD-фотоприемника со

строчным переносом. Накопление и передача зарядов между секциями осуществляется управляющими сигналами „стереть“ (*Erase*), „переместить“ (*Shift*), „вертикальный перенос“ (*VTransfer*) (рис. 1). Входной световой сигнал изначально накапливается в секции накопления 1 в виде фотоэлектронов, затем заряды с помощью управляющих сигналов *Shift* или *Erase* могут передаваться либо в буферную секцию 2, либо в устройство обнуления заряда 4 соответственно. Из буферной секции заряды передаются в устройство вывода 3 путем вертикального переноса, который начинается по сигналу *VTransfer*.

Суть метода управления фотоприемником иллюстрируется рис. 2 и заключается в следующем. Схема управления лазерным светодиодом формирует импульс засветки (*LED light* на рис. 2, *a*). При этом секция накопления (1 на рис. 2, *b*) накапливает сигнал, связанный с фоном и засветкой, отраженной от объектов ближе объекта наблюдения, и по сути являющийся помехой (*Noise*). Непосредственно перед приходом импульса засветки (*Pulse*), отраженного уже от объекта наблюдения, производится очищение секции накопления управляющим сигналом *Erase*. Далее в момент наблюдения полезного сигнала (*Pulse*) происходит его накопление. После завершения импульса засветки полученные заряды переносятся управляющим сигналом *Shift* в буферную зону, откуда в дальнейшем перемещаются в устройство вывода. Таким образом, заряд, связанный с отражением от объектов, находящихся ближе объекта наблюдения, обнуляется и не участвует в формировании выходного изображения.

Поскольку в данной конструкции отсутствует ЭОП как эффективный усилитель яркости, одного импульса засветки может не хватить для получения качественного изображения. Этот недостаток компенсируется возможностью многократно накапливать полезный сигнал за время кадра (рис. 2) и повышением пространственного разрешения системы, которое ограничивается только разрешением CCD-фотоприемника. Для многократного накопления зарядов, связанных с импульсами засветки, полезные заряды, накопленные в буферной секции (2 на рис. 2, *b*), после первого импульса не переносятся в устройство вывода (3 на рис. 2, *b*), а остаются в своих ячейках. Перед приходом очередного импульса засветки процедура повторяется: секция накопления обнуляется (рис. 2), накапливаются заряды полезного сигнала, далее заряды переносятся в буферную секцию, где складываются с имеющимися зарядами от предыдущего импульса засветки. Процедура повторяется необходимое

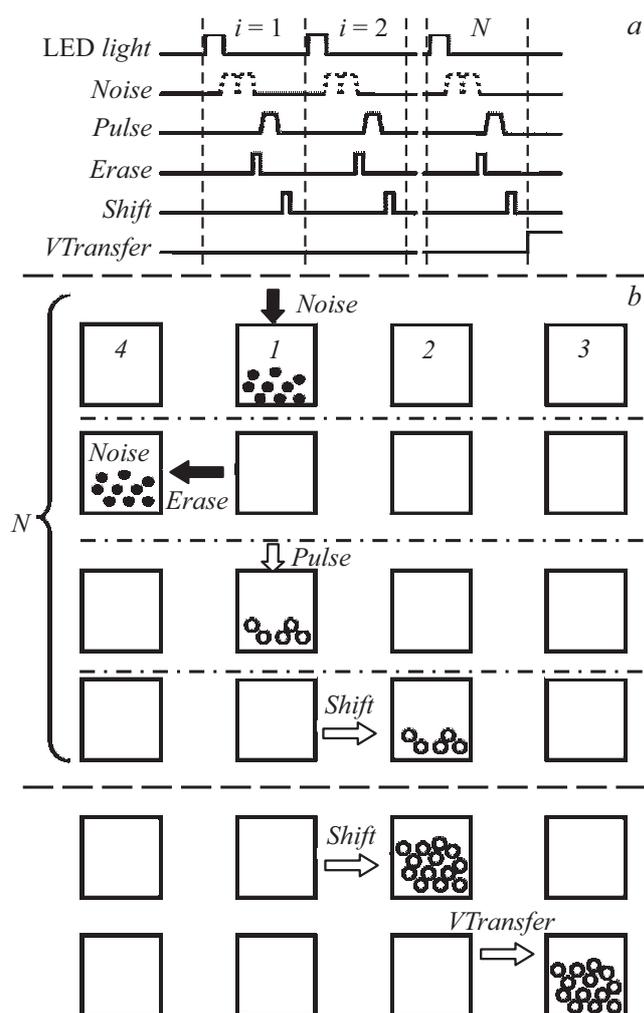


Рис. 2. *a* — временные диаграммы излучения засветки (LED light), сигналов помех (Noise), проходящего полезного сигнала (Pulse), управляющих сигналов (Erase, Shift, VTransfer). Масштаб не соблюден для наглядности. *b* — схема перемещения зарядов между секциями фотоприемника в активно-импульсном режиме. 1–4 — то же, что на рис. 1.

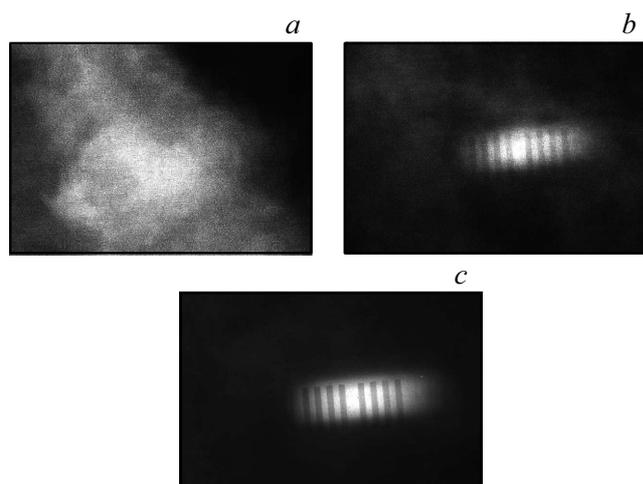


Рис. 3. Стоп-кадры из видеосъемки с помощью предложенной системы. *a* — изображение без подсветки, *b* — изображение при квазинепрерывной подсветке при частоте импульсов 15 kHz, *c* — изображение в активно-импульсном режиме.

для конкретных условий наблюдения количество раз (N). Затем накопленные заряды передаются в устройство вывода путем вертикального переноса, который начинается по сигналу $VTransfer$. Возможность многократно повторять процедуру обнуления сигнала помехи и накопления полезного сигнала в течение одного кадра является основной отличительной особенностью предложенного метода по сравнению с другими активно-импульсными системами без ЭОП [7].

В качестве импульсного излучателя был использован полупроводниковый лазер QPGAS2S09H со специально сконструированной для него платой питания и управления. Импульсная мощность излучателя составила 200 W, длительность импульса 120 ns, частота импульсов, не приводящая к потере мощности, была равна 15 kHz. В качестве матричного фотоприемника использовались CCD-фотоприемники со строчным переносом производства Sony ICX445ALA и ICX618ALA с прогрессивной разверткой и CCD-фотоприемники со строчным переносом ICX659ALA и ICX279AL-E с чересстрочной разверткой. Система

позволяет накапливать до 300 импульсов засветки за время кадра 40 ms с учетом времени на вывод изображения на внешнее устройство. Следует отметить, что данная система позволяет наблюдать цветное изображение при использовании цветных ССD-фотоприемников, что повышает его информативность.

В условиях сильной освещенности объектов фона время накопления полезного сигнала (временной интервал между сигналами *Erase* и *Shift* на рис. 2, *a*) выбирается по возможности равным длительности импульса засветки. На практике этот интервал оказывается несколько большим, что связано с ограничениями производителя на минимальное время между обнулением и переносом зарядов, не приводящее к повреждению фотоприемника. Частота импульсов засветки выбирается максимально возможной и в свою очередь ограничивается производителем используемого лазерного излучателя.

В условиях средней и слабой освещенности объектов фона время накопления увеличивают на величину, достаточную для наблюдения объектов фона.

В условиях недостаточной освещенности, например в сумерках, для наблюдения бликов импульсной подсветки достаточно нескольких импульсов лазерного излучателя, но при этом суммарного времени экспозиции оказывается недостаточно для наблюдения слабо отражающего подсветку фона. В этом случае изображение фона может быть получено заранее с необходимым временем экспозиции во время вертикального переноса предыдущего кадра. Затем накопленные заряды перемещаются в буферную секцию, где они в дальнейшем суммируются с зарядами, накапливаемыми в моменты наблюдений откликов импульсной подсветки. Накопление света от фона происходит с момента подачи последнего сигнала обнуления *Erase* до завершения считывания накопленных зарядов из секции накопления в буферную секцию (сигнал *Shift*).

Для проверки реализуемости предложенного способа активно-импульсного видения были проведены натурные испытания системы в условиях искусственного дыма на расстоянии до объекта наблюдения (миры) около 25 м. На рис. 3 показаны кадры видеосъемки: изображение без подсветки (*a*), изображение при квазинепрерывной подсветке при частоте импульсов 15 kHz (*b*), изображение в активно-импульсном режиме (*c*). Из рисунка видно, что предложенная активно-импульсная система без ЭОП позволяет надежно обнаруживать и распознавать объекты, скрытые дымом и не наблюдаемые обычной видеосистемой.

Список литературы

- [1] *Gillespie L.F.* // J. Opt. Soc. Am. 1966. V. 56. N 7. P. 883–887.
- [2] Laser radar: progress and opportunities in active electro-optical sensing. Washington: The National Academies Press, 2014. 310 p. doi: 10.17226/18733
- [3] *Xinwei W., Youfu L., Yan Z.* // Opt. Express. 2015. V. 23. N 6. P. 7820–7831.
- [4] *Голицын А.В., Журавлев П.В., Журов Г.Е., Корякин А.В., Чихонадский А.П., Шлишевский В.Б., Яшина Т.В.* // Изв. вузов. Приборостроение. 2009. Т. 52. № 6. С. 27–34.
- [5] *Laurenzis M., Christacher F., Monnin D., Zielenski I.* // Proc. SPIE. 2010. V. 7684. P. 768406. doi: 10.1117/12.849630
- [6] *Голицын А.А., Сейфи Н.А.* // Способ активно-импульсного видения. Заявка на изобретение № 2017100286 от 09.01.2017.
- [7] *Stettner R., Bailey H., Silverman S.* // Proc. SPIE 2005. V. 5791. P. 288. doi: 10.1117/12.609692