

**ФИЗИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ ДЛЯ ЭКОЛОГИИ,
МЕДИЦИНЫ, БИОЛОГИИ**

УДК 778.533.3:681.785

**МЕХАНИЧЕСКИЙ ОБТЮРАТОР СВЕТА
НА ОСНОВЕ ЖЕСТКОГО МАГНИТНОГО ДИСКА**

© 2011 г. Д. И. Шелефонтьюк

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН

Россия, 634021, Томск, пл. Академика Зуева

E-mail: shdi@iao.ru

Поступила в редакцию 18.10.2010 г.

Описан простой в изготовлении быстродействующий механический обтюратор на основе накопителя на жестком магнитном диске Maxtor D740X-6L со скоростью вращения диска 7200 оборотов/мин. Показано экспериментально и теоретически, что время коммутации светового пучка $\varnothing 0.8$ мм составляет ~20 мкс. Описанный обтюратор может найти применение в системах лазерного зондирования атмосферы для защиты фотоприемников от мощного сигнала обратного рассеяния из ближней зоны трассы зондирования, а также там, где требуется быстрая механическая коммутация светового пучка.

Проблема перегрузки приемного тракта в системах лазерного зондирования атмосферы (лидарах) вследствие большого динамического диапазона регистрируемых сигналов обратного рассеяния всегда была очень острой, и для ее решения применялись различные подходы. Для снижения нелинейных искажений сигнала на выходе фотоприемника (ф.э.у.) можно применить управление по модулирующему электроду или первым диодам, как, например, в [1, 2]. Такой подход дает возможность быстрого (в течение единиц микросекунд) отпираания ф.э.у. после воздействия мощного оптического сигнала из ближней зоны, однако не исключает самого светового воздействия на фотокатод ф.э.у. и вызванного этим последствием, приводящего к искажению слабых сигналов, принимаемых из дальней зоны трассы зондирования.

Поэтому в лидарах с высоким энергетическим потенциалом, где предъявляются повышенные

требования к точности измерений, предпочтительным остается использование механических обтюраторов, позволяющих полностью исключить перегрузку ф.э.у. оптическим сигналом из ближней зоны трассы зондирования [3, 4]. В настоящей работе представлена простая конструкция механического обтюратора на основе накопителя на жестком магнитном диске (н.ж.м.д.).

На рис. 1 представлена блок-схема экспериментальной установки для оценки временных характеристик обтюратора. Генератор импульсов Г5-56, имеющий два канала с независимой регулировкой задержки выходных импульсов относительно импульса внешнего запуска, используется для работы согласованных по времени подсветки светодиода (канал А) и старта счетчика фотонов (канал Б).

В качестве источника света используется светодиод АЛ102 с плоским выходным окном. Объектив “Гелиос 44-3” формирует изображение светящейся площадки светодиода размером ~0.8 мм

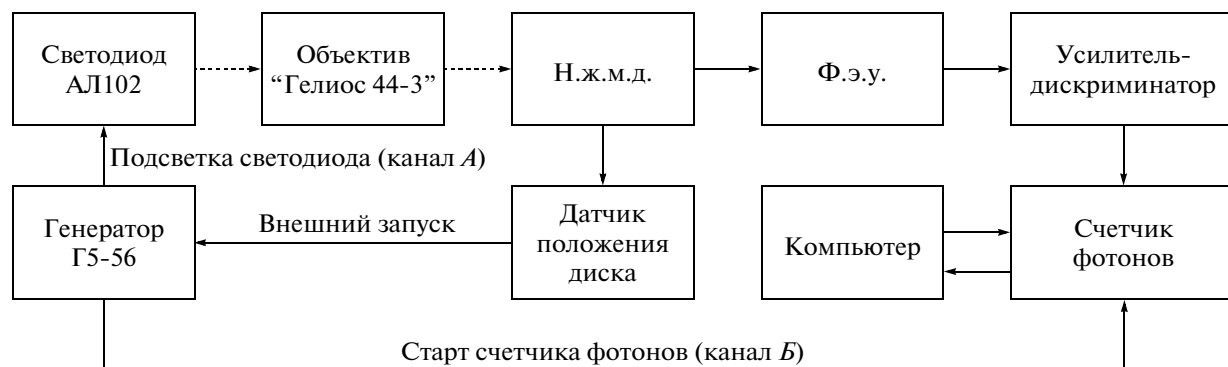


Рис. 1. Блок-схема экспериментальной установки для оценки временных характеристик обтюратора.

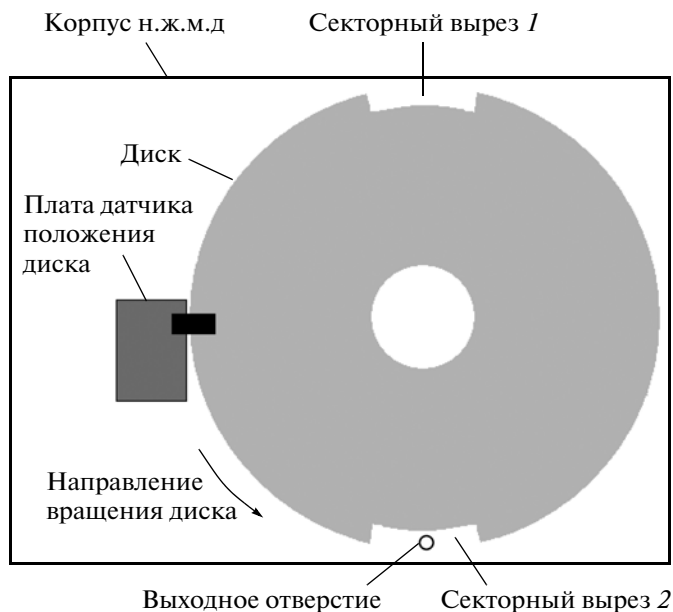


Рис. 2. Фронтальный вид н.ж.м.д.

на поверхности н.ж.м.д. В качестве ф.э.у. применен прибор Н6780-04 фирмы Hamamatsu, работающий в режиме счета фотонов.

Для усиления импульсов фототока ф.э.у. используется усилитель-дискриминатор с полосой пропускания 0–100 МГц и коэффициентом усиления по напряжению 40 дБ. Порог дискриминации импульсов составляет ~50 мВ. Отселектированные по амплитуде импульсы с выхода усилителя-дискриминатора поступают на вход счетчика фотонов.

Счетчик фотонов, начиная от момента прихода стартового импульса, формирует основной интервал регистрации (о.и.р.), включающий 6144 временных stroba длительностью 160 нс каждый, и производит регистрацию поступающих на его вход импульсов с выхода усилителя-дискриминатора. Общая длительность о.и.р. составляет ~983 мкс. Кроме того, в пределах о.и.р. счетчик фотонов дополнительно формирует интервал регистрации повышенного разрешения (и.р.п.р.), включающий 2048 strobov длительностью 20 нс каждый. Общая длительность и.р.п.р. составляет ~41 мкс.

И.р.п.р. может перемещаться в пределах о.и.р. для более детального анализа наиболее информативных участков о.и.р. Управление задержкой и.р.п.р. относительно импульса запуска счетчика фотонов осуществляется программно от компьютера. Накопление импульсов в о.и.р. и и.р.п.р. осуществляется счетчиком фотонов одновременно и независимо в отдельных блоках оперативной памяти.

В качестве датчика положения диска использован оптический прерыватель КТIR0611S (фир-

мы Kingbright). В качестве обтюратора использован н.ж.м.д. D740X-6L (фирмы Maxtor) в комплекте со стандартным контроллером привода электродвигателя, обеспечивающим скорость вращения диска 7200 оборотов/мин и не требующим подачи на него каких-либо управляющих сигналов.

Для изготовления обтюратора потребовалась только механическая обработка диска. На рис. 2 представлен фронтальный вид н.ж.м.д. с изготовленными в нем секторными вырезами для коммутации светового пучка. Секторные вырезы 1 и 2 размером ~5 × 36 мм выполнены симметрично для балансировки диска. Длина выреза рассчитана такой, чтобы при скорости вращения диска 7200 оборотов/мин и диаметре диска 95 мм выходное отверстие открывалось на время ~1 мс.

Датчик положения диска установлен с угловым смещением относительно выходного отверстия на 90°, поэтому задержка между срабатыванием датчика положения диска и началом открывания выходного отверстия составляет 2.08 мс. Выходной импульс датчика положения диска является стартовым импульсом для запуска работы всей экспериментальной установки.

На рис. 3 представлена принципиальная схема датчика положения диска. В момент прохождения края секторного выреза через оптический прерыватель на выходе последнего возникает импульс отрицательной полярности, который инвертируется инвертором M_{1-3} и поступает на вход делителя частоты на два M_{2-1} . Делитель служит для привязки выходного импульса только к одному из секторных вырезов, чтобы исключить влияние неточностей, допущенных при изготовлении секторных вырезов 1 и 2, на временные характеристики обтюратора.

На триггере M_{2-2} собран формирователь импульса длительностью ~10 нс. Сформированный импульс через буферный каскад на элементах M_{1-1} – M_{1-6} поступает на выходной разъем J_1 и далее по 50-омному кабелю на вход внешнего запуска генератора импульсов. Таким образом, при частоте вращения н.ж.м.д., равной 7200 оборотов/мин, частота запуска генератора составит 120 Гц.

Рис. 4 иллюстрирует временные диаграммы работы экспериментальной установки. Импульс с датчика положения диска поступает на вход внешнего запуска генератора Г5-56. На выходе канала А генератора формируется импульс подсветки светодиода длительностью ~0.2 мс с возможностью регулировки задержки относительно импульса с датчика положения диска в пределах 2.1–1.7 мс. На выходе канала Б генератора формируется импульс старта счетчика фотонов длительностью 10 нс с фиксированной задержкой ~1.71 мс. Задержка и.р.п.р. относительно импульса запуска счетчика фотонов составляет ~0.35 мс и выбрана такой, чтобы момент открывания пути для светового

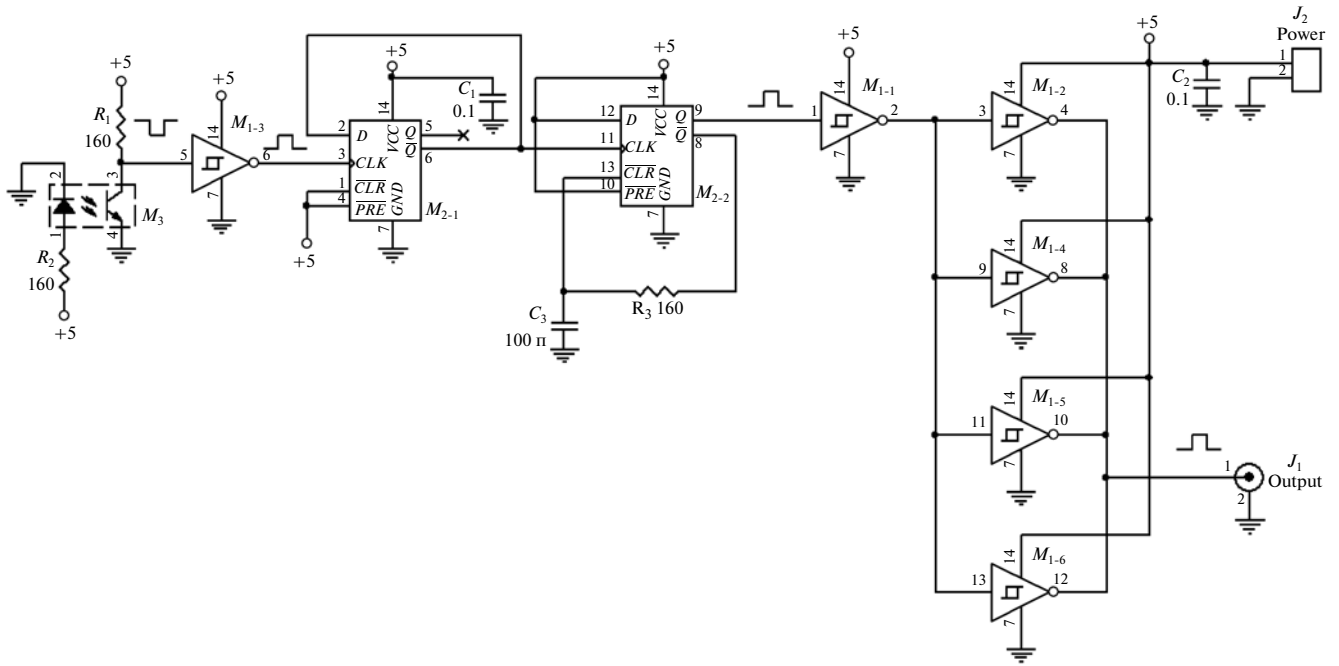


Рис. 3. Принципиальная схема платы датчика положения диска. M_1 – 74AC14, M_2 – 74AC74, M_3 – КТІR0611S.

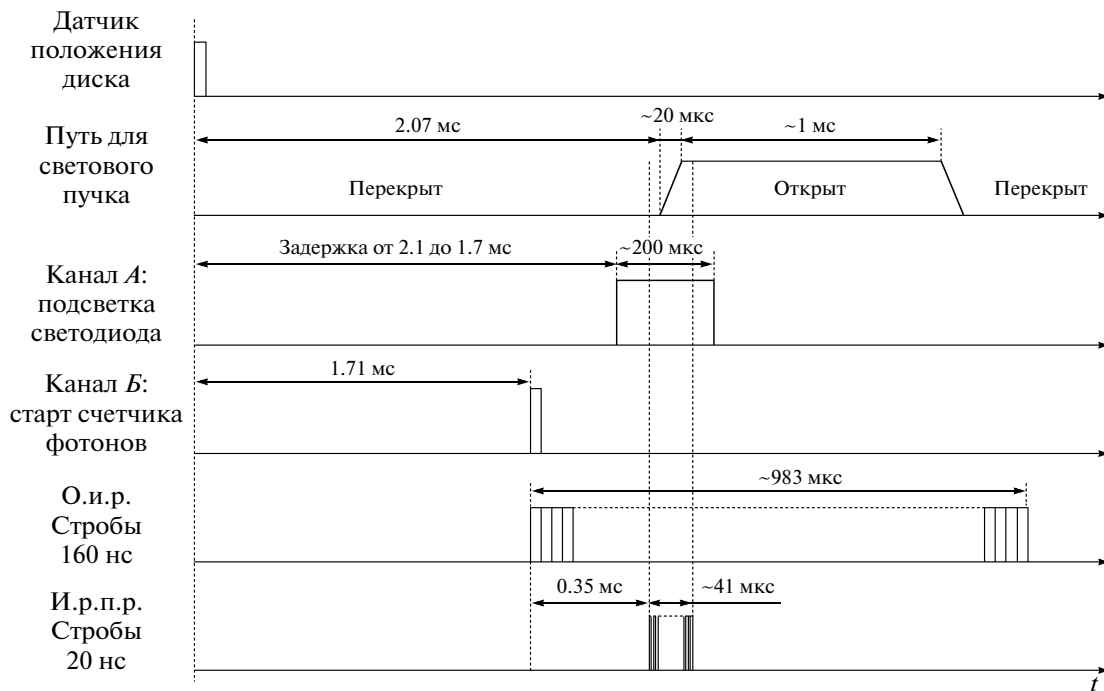


Рис. 4. Временные диаграммы работы экспериментальной установки.

пучка, проходящего через секторный вырез, приходился на середину и.р.п.р. Изменяя задержку импульса подсветки светодиода в пределах 2.1–1.7 мс с шагом 0.2 мс, можно наблюдать процесс

открывания пути для светового пучка и оценивать временные характеристики обтюратора.

На рис. 5 показаны зарегистрированные счетчиком фотонов сигналы в о.и.р. и и.р.п.р. при

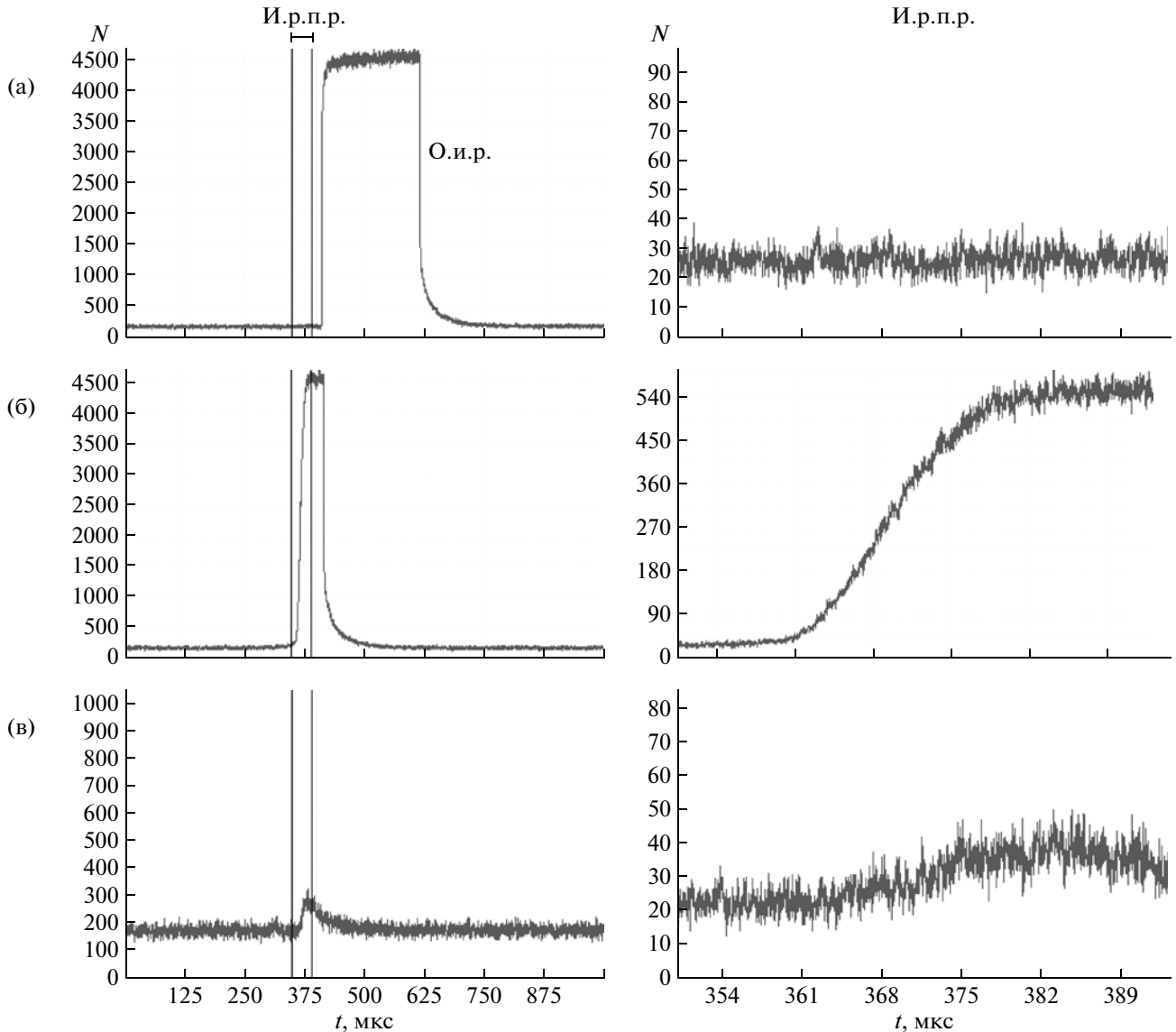


Рис. 5. Зарегистрированные счетчиком фотонов сигналы при трех значениях задержки импульса подсветки светодиода: 2.1 мс (а), 1.9 мс (б) и 1.7 мс (в).

трех значениях задержки импульса подсветки светодиода. Интенсивность подсветки подбиралась такой, чтобы обеспечить вероятность появления импульса фототока ф.э.у. в стробе длительностью 160 нс, равную ~ 0.1 . Для обеспечения приемлемой погрешности измерений проводилось накопление сигналов в режиме счета фотонов по 50000 вспышкам светодиода.

При задержке 2.1 мс (рис. 5а) импульс подсветки светодиода подавался в тот момент, когда путь для светового пучка полностью открыт секторным вырезом. При задержке 1.7 мс (рис. 5в) импульс подсветки светодиода прекращался непосредственно перед началом открытия пути для светового пучка секторным вырезом, поэтому наблюдался лишь “хвост” послесвечения светодиода.

Наибольший интерес представляет рис. 5б, иллюстрирующий процесс открытия пути для светового пучка секторным вырезом и позволяющий оценить временные характеристики обтюратора. Анализ графика показывает, что полное открытие пути для светового пучка $\varnothing 0.8$ мм происходит за ~ 20 мкс. Сравним это значение с расчетным. Линейная скорость секторного выреза в точке пересечения его с путем светового пучка равна

$$V = \pi DF,$$

где $\pi = 3.14$; $D = 95$ мм – диаметр диска; $F = 120$ оборотов/с – частота вращения диска.

Рассчитанное значение V составляет 35.8 м/с. Время полного открытия секторным вырезом пу-

ти для светового пучка диаметром $d = 0.8$ мм составит

$$t = d/V \approx 22 \text{ мкс.}$$

Расчетное значение хорошо согласуется с полученным экспериментально.

К достоинствам обтюлятора на основе н.ж.м.д. следует отнести его легкую воспроизводимость, высокую стабильность временных характеристик и низкий уровень акустического шума.

Необходимо отметить, что применение описанного обтюлятора целесообразно только в системах, где возможна жесткая временная привязка зондирующего светового импульса к фазе вращения диска при подаче импульсов с выхода датчика положения диска на вход внешнего запуска источника излучения. При этом для получения требуемой частоты повторения зондирующих импульсов в схему датчика положения диска, представленную на рис. 3, необходимо внести изменения. Например, чтобы обеспечить частоту повторения зондирующих импульсов 30 Гц, сле-

дует в принципиальной схеме датчика положения диска делитель на 2 заменить делителем на 8.

В заключение следует отметить, что использование более высокоскоростных н.ж.м.д. с частотой вращения диска 10000 оборотов/мин позволяет увеличить быстродействие обтюлятора еще на ~40%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Michael P.* //Appl. Opt. 1988. V. 37. № 27. P. 6468–6479; <http://peisv.viniti.ru/showa.php?id=269855>
2. *Правдин В.Л., Зуев В.В., Невзоров А.В.* //Оптика атмосферы и океана. 1996. Т. 9. № 12. С. 1612.
3. *Wolfram E.A., Salvador J., D'Elia R.* //J. Op. A: Pure and Appl. Opt. 2008. № 10. P. 104021; <http://iopscience.iop.org/1464-4258/10/10/104021/>
4. *Вдовенков А.М., Когай Г.А., Свердлик Л.Г. и др.* // Бишкек: Вестник Кыргызско-Российского Славянского ун-та. 2002. № 2; <http://www.krsu.edu.kg/vestnik/2002/v2/index.html> <http://www.krsu.edu.kg/vestnik/2002/v2/a13.html>