

ОПТОВОЛОКОННЫЕ СИСТЕМЫ ИНИЦИИРОВАНИЯ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

© 2006 В.И. Мордасов¹, В.В. Пойлов², Г.А. Галимова², М.Р. Хайрутдинов²

¹ – Самарский государственный аэрокосмический университет

² -Научно-исследовательский институт проблем конверсии и высоких технологий, г. Самара

Оптоволоконные системы с полупроводниковыми лазерами в качестве источников излучения являются перспективными средствами однократного применения в системах двигателей летательных аппаратов. Основными компонентами таких систем являются полупроводниковые лазеры, оптические волокна или кабели, устройства согласования источника излучения с волокном, оптические соединители, распределители и др. Применение элементов волоконной оптики исключает влияние посторонних сигналов. Данные системы позволяют формировать линии задержки в зависимости от длины волокна, осуществлять временное мультиплексирование сигналов и выделять полосы пропускания при использовании различных оптических элементов и создавать многоканальные системы инициирования. Для построения систем детонации использовался полупроводниковый лазер с мощностью излучения 1Вт со встроенным отрезком оптического волокна.

Оптоволоконные системы открывают большие перспективы для построения лазерных систем инициирования взрывчатых веществ. Их преимуществами являются возможность формирования линий задержки, высокая безопасность и нечувствительность к внешним электромагнитным полям. При этом лазерные диоды являются наиболее приемлемыми источниками излучения для систем инициирования благодаря монохроматичности, когерентности и высокой направленности излучения. Из-за ограниченности информации в сопроводительной документации на полупроводниковые лазеры требуется проведение дополнительных экспериментальных исследований для определения рабочих характеристик. Неотъемлемой частью исследований по созданию систем инициирования является построение диагностических систем для исследования процессов взрыва. Оптические измерительные системы позволяют осуществлять бесконтактную диагностику быстропротекающих процессов с разрешением по времени. В настоящее время известны экспериментальные работы, направленные на изучение предвзрывных явлений при ударно-волновом и лазерном инициировании бризантных взрывчатых веществ [1]. Изучена начальная стадия разрушения ВВ при прямом лазерном инициировании. Для создания подобных систем требуется проведение дополнительных работ по исследованию зависимостей характеристик процессов взрыва от режимов генерации лазерных излучателей, выбору типа излучателя и обеспечению безопасных условий

транспортировки лазерного излучения к поверхности ВВ.

Оптоволоконные системы с полупроводниковыми лазерами в качестве источников излучения являются перспективными средствами инициирования взрывчатых веществ. Основными преимуществами таких систем по сравнению с электрическими являются: малое затухание сигнала (0,4...5) дБ/км; нечувствительность к электромагнитным помехам; низкая стоимость; малые габаритные размеры и масса кабелей (диаметр кабелей при наличии 4...8 световодов 14...22мм, масса 140...380 кг/км); кабель защищен от механических и др. внешних воздействий (температура, агрессивная среда, влажность, грунтовые воды, грызуны); более безопасные по сравнению с электрическими линиями передачи для обслуживающего персонала (по опасности поражения электрическим током, взрыво- и пожароопасности). Отличительными чертами оптоволоконных систем являются возможность формирования линий задержки в зависимости от длины волокна [2-5], временного мультиплексирования сигналов, спектрального уплотнения сигналов и выделения полосы пропускания при использовании призм и полосовых фильтров, использование переключателей каналов.

Основными компонентами оптоволоконных систем являются [2]: полупроводниковый лазер, оптическое волокно или кабель, приемник излучения, устройства согласования источника и приемника с волокном, оптические соединители, развет-

вители, переключатели, смесители и др. Оптическое волокно состоит из сердцевины диаметром 3...125 мкм, отражающей оболочки и защитного полимерного покрытия. Попадая в волокно, излучение многократно отражается от границы раздела сердцевины и оболочки, благодаря чему распространяется по волокну. Предельная мощность вводимого излучения ограничена тепловой стойкостью волокна, которая в несколько раз ниже, чем для оптических стекол, что связано с концентраторами напряжений, возникающими при изготовлении волокна.

Применение волоконной оптики исключает попадание другого направленного излучения, сравнимого по мощности с командным. Малая апертура применяемых оптических волокон не позволяет проходить случайным световым сигналам. Важным преимуществом такой системы является возможность проконтролировать и измерить время срабатывания пиропатрона. Величина внешней помехи радиочастотного диапазона ограничена температурой оптических волокон при диэлектрическом нагреве. Необходимо отметить технологичность подобного устройства, так как не требуется строгого выравнивания торцов оптических волокон и плоскости заряда. Между окном и концом жгута оптических волокон не существует плотного контакта. Концы волокон обрабатываются сколом.

Использование полупроводниковых лазеров и волоконной оптики открывает новые возможности для создания систем иницирования. Такие системы позволяют формировать линии задержки в зависимости от длины волокна, осуществлять временное мультиплексирование сигналов, спектральное уплотнение сигналов и выделение полосы пропускания в системе при использовании при использовании различных оптических элементов, создавать многоканальные линии иницирования.

Для построения подобных систем необходимо экспериментально определить характеристики источника излучения и компонентов оптоволоконной системы для обеспечения высокой эффективности ввода излучения источника в волокно, низких потерь на согласование компонентов оптоволоконной системы и затухание излучения при транспортировке.

Для транспортировки излучения целесообразно использовать оптоволоконный кабель на основе многомодового волокна, так как указанный источник излучения имеет достаточно большие размеры активной области и достаточно высокую мощность излучения, которую сложно передать через единичное волокно. Преимуществом применения оптоволоконных кабелей являются их малые размеры и масса по сравнению с электрическими кабелями, механическая прочность и защиты от влияния окружающей среды, что существенно снижает потери при транспортировке излучения.

Чтобы обеспечить минимальное ослабление сигнала в соединении, нужно выдерживать очень жесткие допуски на положение соединяемых волокон [2].

Очевидно, в частности, что переход света из одного волокна в другое, имеющее меньшую сердцевину или меньшую числовую апертуру, происходит с потерями, связанными с уменьшением геометрических площадей (рис.1).

В первом приближении потери пропорциональны отношению площадей сердцевины или отношению квадрата числовых апертур [3]. Большая часть соединений осуществляется путем совмещения наружных поверхностей волокна (оптической оболочки или первичного покрытия), а не сердцевины, которая в большинстве случаев оказывается недоступной. Из этого вытекает, что в случае недостаточной концентричности сердцевины относительно наружной поверхности невозможно избежать.

Выявлено, что на эффективность ввода излучения влияют следующие факторы: тип лазера; модовый состав излучения; диаметр пятна; расходимость излучения; диаграмма направленности; астигматизм; состояние поверхности волокна: вид обработки (шероховатость), наличие загрязнений, форма среза, числовая апертура волокна, диаметр сердцевины (эффективность ввода падает с понижением диаметра), эксцентриситет сердцевины, согласование числовых апертур и волновых фронтов источника излучения и волокна, точность совмещения осей источника излучения и волокна; вид устройства согласования: дискретные линзы и

микролинзы, микролинзы цилиндрические и конические, выполненные на торце волокна, цилиндрические и градиентные линзы, устройства точной механики для совмещения осей источника излучения и волокна. В настоящее время возможно осуществить ввод излучения в волокно с потерями на уровне 1дБ, температурная погрешность составляет 0,1дБ.

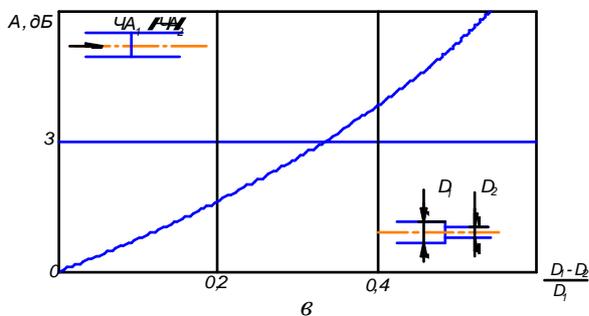
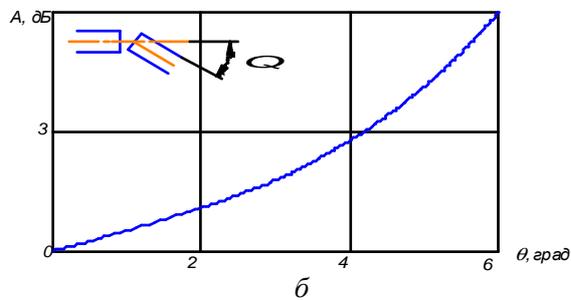
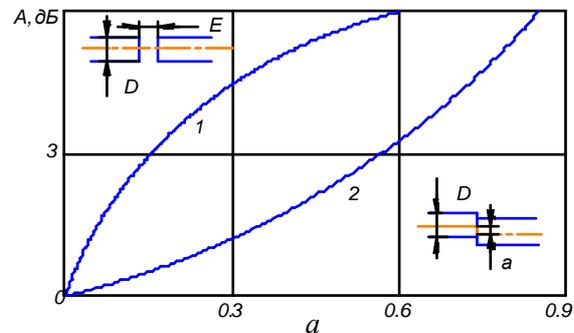


Рис.1. Экспериментальные зависимости величины ослабления сигнала при согласовании волокон от зазора (a , зависимость 1), осевого рассогласования (a , зависимость 2), углового смещения (θ) и разности числовых апертур

Оптоволоконный детонатор (рис. 2) включает в свой состав узел фокусирующей оптики и узел запала. Фокусирующая система коллимирует световой пучок, выходящий из сердцевины волокна диаметром 100 мкм и затем фокусирует в пятно требуемого размера на поверхности вещества. Запал соединен с узлом фокусирующей оптики, и воспламеняемое вещество напрессовано в центре сапфирового окна, которое соединено с узлом фокусирующей оптики.

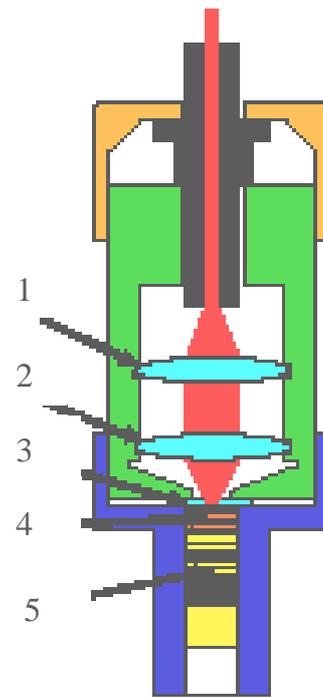


Рис.2. Схема лазерного детонатора: 1 – коллимирующая линза, 2 – фокусирующая линза, 3 – сапфировое окно, 4 – первичное инициирующее вещество, 5 – детонирующий компонент

При использовании полупроводниковых лазеров в оптоволоконных системах наиболее важными являются следующие излучательные характеристики: ватт-амперная характеристика, вольт-амперная характеристика, конфигурация диаграммы направленности и положение оси диаграммы направленности, а также временная стабильность указанных характеристик.

Оптическое волокно обладает свойством задерживать сигнал на время, пропорциональной своей длине [4]. В волокне со средним показателем преломления 1,5 время распространения оптического сигнала составляет 5 нс/м.

Преимуществом данного способа формирования линии задержки является простота регулирования. Достаточно обрезать волокно на расстоянии, соответствующем требуемой задержке, при этом обеспечивается точность не ниже 1 нс. Возможно также применение акустических линий задержки, в этом случае потери пропорциональны корню квадратному из частоты, что приводит к искажению амплитуды и фаз задержки сигналов. Для оптических линий задержки искажения от-

сутствуют, если ширина спектра сигнала меньше полосы пропускания волокна.

Проведены экспериментальные исследования лазерного диода IDL 1000 M 808 C, серийно выпускаемого НПО «Полюс» (г. Москва) с целью определения основных режимов эксплуатации и излучательных характеристик. Указанный лазерный диод имеет квантоворазмерную структуру на основе тройной системы AlGaAs, что позволяет обеспечить высокую стабильность диаграммы направленности. Установлено, что отличительными особенностями лазерного диода IDL 1000 M 808 C являются узкие диапазоны рабочих значений тока и напряжения на р-п переходе, что связано с высоким значением дифференциальной эффективности (угла наклона ватт-амперной характеристики). Это обеспечивает высокую стабильность заданной величины выходной мощности лазерного излучения. Недостатками данного лазерного диода являются отсутствие возможности регулирования мощности, степени когерентности и модового состав излучения, которые определяют уровень потерь при распространении излучения в оптическом волокне и ограничивают область применения лазерного диода [5].

При построении лазерных детонаторов с использованием оптоволокна потери энергии лазерного излучения к веществу определяются следующими факторами: тип излучателя, модовый состав излучения, диаметр пятна, расходимость излучения, диаграмма направленности, астигматизм; состояние поверхности волокна, числовая апертура волокна, диаметр сердцевины); со-

гласование числовых апертур и волновых фронтов источника излучения и волокна; вид устройства согласования. Эффективность ввода падает с понижением диаметра волокна. При построении лазерных детонаторов целесообразно использование полупроводниковых лазеров с мощностью излучения не менее 1 Вт при непрерывном режиме работы со встроенным отрезком оптоволокна. Для транспортировки лазерного излучения использовать оптические шнуры, изготовленные на основе оптоволокна с диаметром сердцевины не менее 50 мкм. В этом случае достигается потери мощности в системе на уровне 1 дБ

Список литературы

1. Ципилев В.П. Стенд для исследования кинетики взрывного разложения конденсированных сред при воздействии импульсов лазерного излучения //Изв. Томского политехнического университета, 2003. Т. 306, №4.С. 99-103.
2. Мартынов В.Н., Кольцов Г.И. Полупроводниковая оптоэлектроника. М.:МИСИС, 1999 – 399 с.
3. Грузевич Ю.К., Солдатенков В.А. Волоконная и интегральная оптика/ Учебное пособие. М.: МГТУ, 1999, Ч.2 – 61 с.
4. В.И.Таржанов. Предвзрывные явления при быстром инициировании бризантных взрывчатых веществ//Физика горения и взрыва, 2003, т.39, №6, с.3-11.
5. Волоконная оптика и приборостроение/М.М. Бутусов, С.Л. Галкин, С.П. Оробинский, Б.П.Пал; под общ. ред. М.М. Бутусова, - Л.: Машиностроение, Ленинградское отд., 1987. – 328 с.

THE OPTICAL FIBER SYSTEMS FOR INITIATION OF HIGH-ENERGY MATERIALS

© 2006 V.I. Mordasov¹, V.V. Poylov², G.A. Galimova², M.R. Hayrutdinov²

¹Samara state aerospace university

²The Scientific-research institute of conversion and high technology problems, Samara

The optical fiber systems with semiconductor lasers are advanced means of single use in engine aircraft systems. They consist of semiconductor lasers, optical fibers or cable, matching devices between source and fiber, optical connectors and dividers, etc. The application of fiber optical elements except of foreign mission penetration. These systems allow to create delay lines depend on fiber length and to make possible signal multiplication, spectral multiplexing, resolve light transmitting band at using different optical elements and create the multichannel initiation lines. The semiconductor laser with power at 1 W building in fiber were using to construct the detonator systems.