

06.3;07;12

Использование светоизлучающих диодов АЛ307 в качестве фотоприемников для диагностики фемтосекундных световых импульсов

© В.И. Барауля, С.М. Кобцев, А.В. Кораблев

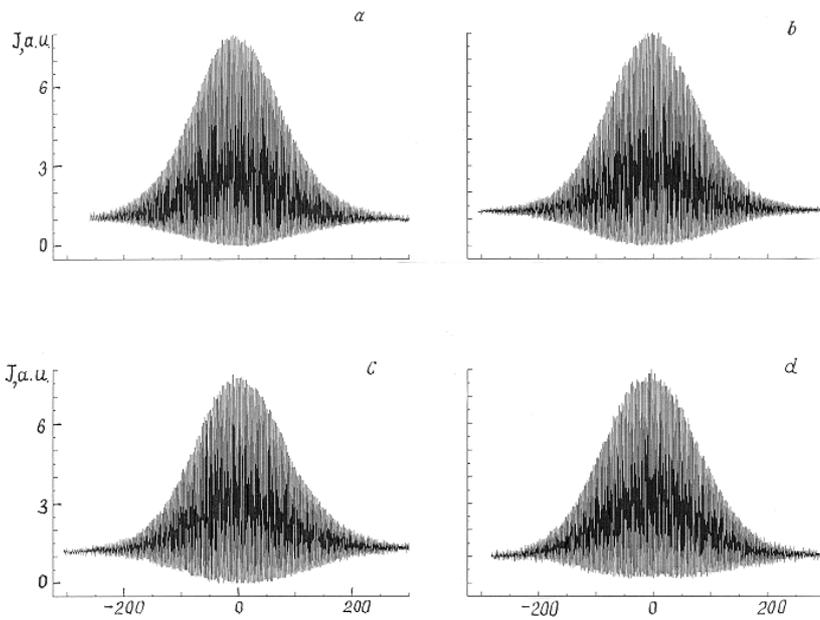
Новосибирский государственный университет

Поступило в Редакцию 24 июня 1997 г.

Впервые обнаружен эффект нелинейного электрического отклика светодиодов типа АЛ307 при облучении световыми импульсами фемтосекундной длительности. Используемые в нетрадиционном качестве, в качестве несмещенных фотодиодов светодиоды АЛ307 дают электрический отклик, пропорциональный квадрату интенсивности регистрируемого излучения ультракоротких световых импульсов. Приведены автокорреляционные функции фемтосекундных импульсов, полученные с помощью светодиодов АЛ307, примененных в автокорреляторе вместо традиционной пары "фотоприемник + нелинейный кристалл".

Светоизлучающий AlGaAs диод, используемый как несмещенный фотодиод для регистрации оптического излучения, может давать нелинейный электрический отклик, пропорциональный квадрату интенсивности падающего излучения. Этот эффект впервые был показан в работе [1] при использовании светодиода фирмы "RS Components", имеющего пик излучения на длине волны 660 nm (номер по каталогу 564-015), облучаемого световыми импульсами Ti:Sapphire лазера длительностью 80 fs и 1 ps. Предполагалось, что нелинейный электрический отклик такого фотодиода обусловлен либо прямым двухфотонным поглощением излучения в диоде, либо генерацией второй гармоники в GaAs.

Мы обнаружили аналогичный эффект с отечественными светоизлучающими диодами типа АЛ307, имеющими пики излучения на длине волны 666 nm (АЛ307БМ) и на длинах волн 666 и 566 nm (АЛ307ЕМ). В настоящей работе приведены результаты прямого экспериментального сравнения характеристик светодиодов АЛ307 и светодиода 564-015, используемых как фотоприемники для диагностики ультракоротких световых импульсов.



В экспериментах использовался фемтосекундный Ti:Sapphire лазер "FEMTIS" (длительность импульса 110–130 fs, частота следования импульсов 108 MHz, средняя мощность излучения до 500 mW в области 780 nm) и сканирующий автокоррелятор "FS_PS" с компьютерной регистрацией данных (аппаратура создана в секторе лазерных технологий НГУ [2]). Исследуемые светоизлучающие диоды использовались нами в автокорреляторе, заменяя традиционную пару "нелинейный кристалл + фотодетектор". Автокоррелятор "FS_PS" построен на базе интерферометра Майкельсона, переменная временная задержка импульсов в одном из плеч интерферометра осуществляется с помощью пары параллельных зеркал, отклоняющихся на угол до $\pm 4^\circ$. Диапазон и частота сканирования автокоррелятора составляют соответственно 0.02–30 ps и 0.01–20 Hz, временное разрешение 15 fs.

На рисунке приведены интерференционные автокорреляционные функции, полученные нами с помощью нелинейного кристалла ВВО (толщиной 100 μm) и фотоприемника OPT-301 фирмы "Burr-Brown" (a),

светодиода фирмы "RS Components" (*b*), отечественных светодиодов типа АЛ307–АЛ307БМ (*c*) и АЛ307ЕМ (*d*).

Светоизлучающие диоды использовались в двух вариантах.

1. В обычном виде, когда излучение направлялось в диод по оси симметрии корпуса из полиметилметакрилата через сферическую поверхность с предварительной фокусировкой излучения сферической линзой с фокусным расстоянием 35 mm.

2. С удаленной верхней частью корпуса, когда излучение можно было направлять в диод через плоскую прозрачную (или цветную для диодов АЛ307) поверхность полиметилметакрилата, расположенную на расстоянии около 1 mm от диода. Для фокусировки излучения в этом случае применялись линзы с фокусным расстоянием 35 и 15 mm.

Нелинейный электрический отклик был зарегистрирован для всех исследуемых светодиодов в обоих вариантах использования, но в варианте 2 нелинейный электрический отклик светодиодов был в несколько раз выше, чем в варианте 1 (при одинаковых мощностях падающего излучения), что обусловлено, на наш взгляд, лучшей фокусировкой излучения. Сопротивление нагрузки этих фотоприемников было выбрано равным 680 k Ω , при этом выходной сигнал начинал заметно уменьшаться и искажаться при частотах сканирования автокоррелятора более 10–15 Hz. Отметим, что с нагрузочным сопротивлением 680 k Ω для светодиодов фирмы "RS Components" в варианте 2 нами были получены амплитуды выходных сигналов, в 3 раза превышающие полученные в [1] — 150 mV при мощности падающего на фотоприемник излучения 7 mW. При увеличении сопротивления нагрузки амплитуды выходных сигналов увеличивались, но падало быстродействие фотоприемников. Амплитуды выходных сигналов фотоприемников-светодиодов АЛ307 с измененной геометрией корпуса составляли 25 mV при средней мощности регистрируемого излучения фемтосекундных импульсов 7 mW.

На рисунке приведены автокорреляционные функции, полученные с помощью светодиодов с неизменной геометрией корпусов (рис. 1, *b*) и с измененной геометрией (рис. 1, *c*, *d*). Все полученные автокорреляционные функции практически идентичны, небольшие отличия формы вызваны, по нашему мнению, соответствующей слабой деформацией формы фемтосекундных импульсов из-за разной настройки титан-сапфирового лазера в разные моменты измерений.

Относительно произвольный выбор используемых нами отечественных светодиодов позволяет сделать вывод о том, что, видимо, существует класс светодиодов, имеющих нелинейный электрический отклик при

применении их в качестве несмещенных фотодиодов при регистрации излучения ультракоротких световых импульсов. Очевидна необходимость детального изучения этого явления и продолжения поиска и исследования различных светодиодов с целью использования в качестве фотоприемников для диагностики световых импульсов разной длительности и мощности в различных спектральных областях.

Отметим, что эффект, связанный с фотопроводимостью полупроводника (ZnSe), вызванной двухфотонным возбуждением при регистрации ультракоротких световых импульсов, наблюдался в [3]. Как и в наших экспериментах, источником излучения служил Ti:Sapphire лазер (длительность импульсов 120 fs, частота следования 76 МГц, центральная длина волны излучения 800 nm). По данным [3] выходной сигнал специально изготовленного фотоприемника на базе ZnSe достигал 0.7 V (без усиления) при средней мощности регистрируемого излучения 10 mW и 60 mV при 1 mW. Возможно, механизм появления нелинейного электрического отклика светодиодов типа АЛ307 при облучении ультракороткими световыми импульсами аналогичен описанному в [3].

Предельно малая стоимость и доступность исследованных нами светодиодов типа АЛ307, простота их использования и достаточная чувствительность как фотоприемников позволяет полностью заменить традиционно используемые в сканирующих автокорреляторах пары "нелинейный кристалл + фотоумножитель или фотодиод" по крайней мере в ближней ИК области для измерения длительности ультракоротких световых импульсов Ti:Sapphire, Cr:LiSAF, Cr:LiS GaF и других лазеров, а также применять подобные светодиоды, например в качестве приемных датчиков для электронных систем индикации и автозапуска режима самосинхронизации мод различных лазеров.

Список литературы

- [1] Reid D.T., Padgett M., McGowan C., Sleat W.E., Sibbett W. // Opt. Lett. 1997. V. 22. N 4. P. 233–235.
- [2] Internet: <http://www.cnit.nsu.ru/nwww/lis/english/index.htm>.
- [3] Rudolph W., Sheik-Bahae M., Bernstein A., Lester L.F. // Opt. Lett. 1997. V. 22. N 5. P. 313–315.