

Е.И. Липатов, А.Н. Панченко, В.Ф. Тарасенко

## Особенности импульсной фотопроводимости в 2-А алмазе при облучении лазерным УФ-излучением с длиной волны 308 нм

*Институт сильноточной электроники СО РАН, г. Томск*

Поступила в редакцию 26.11.2003 г.

Приведены результаты исследований импульсной фотопроводимости в 2-А алмазе при возбуждении лазерным излучением на длине волны 308 нм. Обнаружено аномальное увеличение амплитуды и длительности сигнала фототока при больших плотностях энергии возбуждающего лазерного излучения. Установлено, что дополнительная компонента импульсного фототока возникает при плотности энергии 0,7–1 Дж/см<sup>2</sup>, которая практически не зависит от длительности и пиковой интенсивности лазерных импульсов. Предложено использование данного эффекта для усиления тока в алмазных оптоэлектронных коммутаторах, управляемых спонтанными источниками УФ-излучения.

### Введение

Алмаз обладает рядом уникальных свойств, которые обеспечивают ему практическое использование не только как ювелирного материала. Так, алмаз имеет наивысшую твердость из известных природных материалов [1]. Это обуславливает его применение при изготовлении режущих инструментов [2]. Известно, например, что уже древние римляне использовали алмазные пластины для резки сапфиров [2, 3].

С античных времен известно и другое замечательное свойство алмаза — его высокая теплопроводность [2]. При комнатной температуре теплопроводность алмаза достигает 20 Вт/(см·К), что в несколько раз превышает теплопроводность меди [не более 4–5 Вт/(см·К)] [1, 4]. Поэтому алмаз используют при изготовлении теплопроводов [5].

Высокая радиационная стойкость и тканезвивалентность (атомный номер алмаза 6, что близко к среднему атомному номеру биологических тканей ~ 7,5) обеспечили алмазу с середины прошлого века применение в детекции ядерных излучений и дозиметрии [2, 5, 6].

Кроме того, алмазу прочат применение при изготовлении приборов микроэлектроники, работающих в неблагоприятных условиях — высокий уровень радиации, высокие температуры и химически агрессивные среды [2, 3, 5, 7, 8]. Так, для кремниевых устройств предельная рабочая температура не превышает 300–350 °С, а для устройств на основе алмаза рабочая температура может достигать 1000 °С.

Большая ширина запрещенной зоны 5,5 эВ обеспечивает чистым алмазам высокое удельное сопротивление и прозрачность до глубокого УФ. Поэтому алмаз находит все большее применение как материал оптоэлектронных приложений. В первую очередь — это солнечно-слепые детекторы излучения

УФ-диапазона [9–12]. Такие детекторы имеют высокую чувствительность к УФ-диапазону, но существенно меньшую — к видимому. Алмаз подходит и для измерений рентгеновского излучения [13, 14].

Еще одним перспективным направлением является создание высоковольтных коммутаторов больших мощностей на основе алмаза, управляемых УФ-излучением [15–17]. При этом высокое пробивное напряжение > 1 МВ/см повышает рабочее напряжение коммутатора, высокое удельное сопротивление > 10<sup>12</sup> Ом·см обеспечивает низкий ток утечки, а наивысшая теплопроводность — эффективную диссипацию тепла. Кроме того, невысокая относительно других полупроводников диэлектрическая постоянная алмаза 5,68 [1] обеспечивает сверхмалое время включения (теоретический предел — десятки фемтосекунд) [16], а малое время жизни носителей заряда в природном алмазе 100–400 пс обуславливает время выключения, сравнимое с временем выключения в коммутаторах на основе арсенида галлия, где время жизни носителей составляет ~ 100 пс [2]. Более того, CVD-алмазам (англ. — chemical vapor deposited), технологии синтеза которых бурно развиваются в последнее время [18], характерно существенно меньшее время жизни носителей, чем природным алмазам [19].

В описанных оптоэлектронных приборах, а также в детекторах ядерных излучений используется свойство всех полупроводников уменьшать свое сопротивление под действием излучения (неважно какой природы — электромагнитной или корпускулярной), способного генерировать свободные носители заряда. В случае алмаза такое уменьшение сопротивления может достигать 15 порядков величины. Как известно, данное явление называется фотопроводимостью.

В настоящей статье представлены результаты исследований явления импульсной фотопроводимости

в 2-А алмазе при облучении лазерным УФ-излучением с длиной волны 308 нм. Впервые обнаружено аномальное увеличение амплитуды и длительности фототока, протекающего через алмаз при высоких плотностях энергии падающего излучения с длиной волны 308 нм. При этом пороговая плотность энергии не зависит (или слабо зависит) от длительности импульса возбуждения.

## 1. Краткая классификация алмазов

Все природные алмазы содержат естественную примесь азота, также называемую технологической. Азот в узле решетки алмаза создает в запрещенной зоне глубокий донорный уровень  $\sim 1,7$  эВ, термически не активируемый. Во многом концентрация азотной примеси определяет оптические и электрические свойства алмазов. Исторически алмаз был поделен на два типа, исходя из ИК-спектров поглощения [20]. Как видно на рис. 1, *а*, все алмазы имеют широкую полосу поглощения от 2 до 6 мкм, которую приписывают поглощению алмазной решеткой. Широкая полоса от 8 мкм связана с азотной примесью.

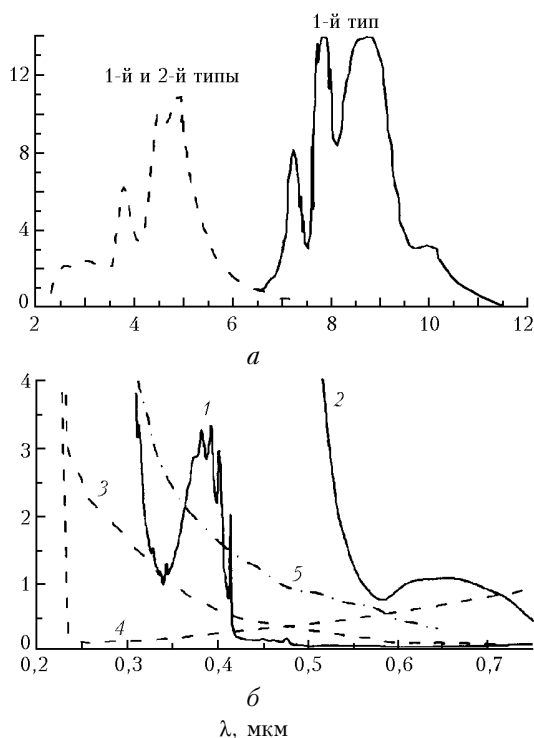


Рис. 1. Спектры поглощения природных алмазов в ИК-диапазоне (*а*) и в УФ- и видимом диапазонах (*б*): *а* — источник — [2]; *б* — кривые 1, 3, 4 — источник [21]; кривые 2, 5 — [22]

Поэтому алмазы, проявляющие измеряемое поглощение в области свыше 8 мкм и имеющие концентрацию азотной примеси до  $10^{21}$  см $^{-3}$ , отнесли к 1-му типу, а алмазы, не проявляющие поглощения в указанной области, отнесли ко 2-му типу и долгое время называли «безазотными». Но на самом деле такой тип алмазов содержит концентрацию азота до  $5 \cdot 10^{18}$  см $^{-3}$  [2].

По международной классификации алмазы 1-го типа подразделяются на 1-А и 1-Б алмазы. К алмазам 1-А типа относят  $\sim 98\%$  всех природных алмазов (рис. 1, *б*, кривая 1). В них азот формирует преимущественно объемные дефекты (двух- и многоатомные образования, сегрегации и др.), которые обуславливают глубокие донорные уровни от 1,7 до 4,1 эВ ниже дна зоны проводимости [2]. К алмазам 1-Б типа относятся наиболее редко встречающиеся в природе алмазы ( $\sim 0,1\%$  от всех алмазов), в которых азот создает преимущественно точечные дефекты в виде атомов замещения, что обеспечивает таким кристаллам желтый цвет (рис. 1, *б*, кривая 2). В то же время большинство синтетических алмазов, выращенных в режиме высоких давлений и температур, являются алмазами 1-Б типа. Удельное сопротивление алмазов 1-го типа достигает  $10^{16}$  Ом·см. В российской классификации алмазов 1-А тип детально развернут по типу дефектов, формируемых азотом, что приводит к различиям спектров поглощения (см. [2]).

Благодаря меньшей концентрации азота алмазы 2-го типа демонстрируют четкий край фундаментального поглощения, начиная с  $\sim 226$  нм, что соответствует ширине запрещенной зоны идеального алмаза (рис. 1, *б*, кривые 3 и 4).

В свою очередь было установлено, что некоторые из алмазов 2-го типа содержат примесь бора в виде атомов замещения с концентрацией до  $5 \cdot 10^{16}$  см $^{-3}$  и имеют голубой оттенок. Их отнесли к алмазам 2-Б типа (рис. 1, *б*, кривая 4). Примесь бора создает в запрещенной зоне акцепторный уровень с энергией активации  $\sim 0,36$  эВ, поэтому при комнатной температуре данный уровень активируется лишь частично. Тем не менее 2-Б алмаз является полупроводником *p*-типа и имеет удельное сопротивление  $10\text{--}10^3$  Ом·см [2]. По содержанию азота алмазы 2-Б типа имеют наиболее низкую концентрацию среди всех природных алмазов  $\sim 10^{15}$  см $^{-3}$ . В российских месторождениях 2-Б алмазы не обнаружены [2].

Содержание других установленных в природных алмазах примесей слишком мало, чтобы заметно влиять на оптические и электрические свойства. Помимо примесей алмазы имеют большое многообразие собственных дефектов: вакансии, атомы в междоузлиях, дислокации и т.д. Все эти дефекты создают в запрещенной зоне определенный рельеф плотности состояний, что отражается на оптических и электрических свойствах. В частности, природные алмазы, подвергшиеся пластическим деформациям, могут иметь цвет от розового до коричневого (рис. 1, *б*, кривая 5).

Таким образом, алмазы 2-А типа (рис. 1, *б*, кривая 3) являются «малоазотными» кристаллами с удельным сопротивлением более  $10^{13}$  Ом·см. Малое содержание азота обеспечивает высокую подвижность носителей заряда (электроны — до  $2500$  см $^2$ /(В·с), дырки — до  $2100$  см $^2$ /(В·с)), а также повторяемость оптических и электрических свойств. Во многом благодаря этому алмазы 2-А типа наиболее используются среди алмазов при создании различных оптоэлектронных устройств. Кроме того, использование

алмазов в качестве детекторов ядерных излучений показало, что наличие высокой концентрации азотной примеси ухудшает счетные свойства таких детекторов ввиду эффектов, связанных с накоплением объемного заряда [23]. При исследовании импульсной фотопроводимости 2-А алмазы продемонстрировали амплитуду фотоотклика, на порядок большую, чем алмазы других типов [24]. Немаловажно и то, что алмазы 2-А типа мало пригодны для ювелирных украшений.

Таким образом, в оптоэлектронных приложениях используется преимущественно 2-А природный алмаз. В последнее время бурно развивается синтез CVD-алмаза, который по своим свойствам и качеству близок к 2-А природному алмазу, однако в данной области сдерживающим фактором являются поликристалличность CVD-алмаза и его высокая дефектность.

## 2. Экспериментальное оборудование и методика измерений

Для исследования импульсной фотопроводимости в алмазе использовались три лазерные установки, разработанные в Институте сильноточной электроники СО РАН, которые обеспечивали импульсное лазерное излучение с длиной волны 308 нм различной длительности. Параметры данных лазеров приведены в таблице.

Параметры лазерных установок

Лазер	Смесь	Длина волны, нм	Длительность импульса по полувывсоте, нс	Энергия в импульсе, Дж	Ссылка
Фотон-2	НCl:Хе:Ne = 1:10:750	308	20	до 0,35	[25]
ЛИДА Т	НCl:Хе:Ne = 1:6:560	308	50	до 1	[26]
ЛИДА Д	НCl:Хе:Ne = 1:8:1510	308	120	до 0,8	[27]

Лазерное излучение подавалось на алмазный детектор излучений (АДИ), который был создан в Alameda Applied Sciences Corporation. АДИ имеет в основе алмазный кристалл 2-А типа с размерами 3×0,5 мм, который помещен в коаксиальный держатель с волновым сопротивлением 50 Ом [17]. Электрические контакты к алмазу выполнены осаждением на противоположные грани кристалла 3×0,5 мм трехслойной структуры Ti/Pt/Au. Лазерному облучению подвергалась грань 3×1 мм.

Один из контактов АДИ был подключен к конденсатору, заряжаемому от источника постоянного напряжения (рис. 2). При импульсном уменьшении сопротивления алмазного кристалла конденсатор разряжался через нагрузку.

Компоновка электрической схемы обеспечивала сопротивление нагрузки 25 Ом. Ранее в [28] мы использовали электрическую схему с 50-Ом нагрузкой, что обусловило меньшие токи через АДИ.

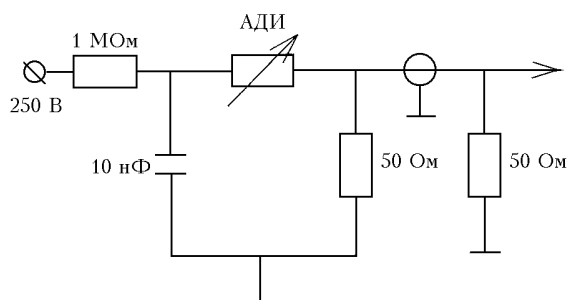


Рис. 2. Электрическая схема измерения импульсной фотопроводимости в алмазе

Для всех приведенных ниже экспериментальных данных использовалось зарядное напряжение конденсатора 250 В, что обеспечивало напряженность прикладываемого к кристаллу электрического поля 2,5 кВ/см. Изменение полярности напряжения приводило лишь к смене полярности регистрируемого сигнала, но не к изменению характера получаемых зависимостей, что свидетельствует о хорошей симметрии системы.

Импульсное напряжение на нагрузке регистрировалось цифровым осциллографом TDS-220 или TDS-224 (TEKTRONIX Inc.). Энергия лазерных импульсов измерялась калориметром ИМО-2Н или пироэлектрическим приемником PE25-SH (OPHIR OPTRONICS Ltd.). Форма лазерных импульсов регистрировалась вакуумным фотодиодом ФЭК-22. Подробное методика измерений описана в нашей работе [28].

## 3. Экспериментальные результаты и обсуждение

Как мы сообщали ранее, при облучении алмаза лазерным излучением [неважно, попадает оно в полосу собственного поглощения алмаза ( $\lambda < 226$  нм) или поглощение обусловлено примесью или дефектами решетки ( $\lambda > 226$  нм)] АДИ отрабатывает форму импульса в наносекундном диапазоне (см. рис. 4 в [28]). Однако при приближении амплитуды коммутационного сигнала к зарядному напряжению коммутируемого конденсатора сигнал с АДИ претерпевает искажения, но это есть эффект электрической схемы, нежели свойство самого алмаза [29].

Пиковый ток (см. рис. 5 в [28]) в данных условиях ограничен сопротивлением нагрузки, что обуславливает выход на насыщение зависимости тока от интенсивности. Это происходит тем быстрее, чем выше коэффициент поглощения излучения. Соответственно измеряемая чувствительность уменьшается ([28, рис. 6]). С уменьшением длины волны чувствительность увеличивалась ввиду роста коэффициента поглощения.

Таким образом, для получения максимальных токов через алмаз необходимо использовать излучение, характеризующееся большим коэффициентом поглощения. Однако при этом поглощение излучения происходит в тонком слое. Для длины волны 222 нм практически полное поглощение происходит

в слое  $\sim 30\text{--}50$  мкм, т.е. в наших условиях задействованной оказывается лишь  $1/10$  кристалла. При этом, несмотря на высокую теплопроводность алмаза, в случае коммутации больших мощностей возможна графитизация поверхностного слоя. Поэтому возникает резонный вопрос: можно ли достичь токов амплитуды как на 222 нм при возбуждении алмаза излучением, обеспечивающим объемное поглощение (например, 308 нм). Естественным ходом было увеличивать пиковую интенсивность излучения.

Проведенные эксперименты показали, что при увеличении интенсивности излучения с длиной волны 308 нм и длительностью по полувысоте 20 нс до  $\sim 35$  МВт/см<sup>2</sup> произошло резкое увеличение амплитуды тока с АДИ (рис. 3).

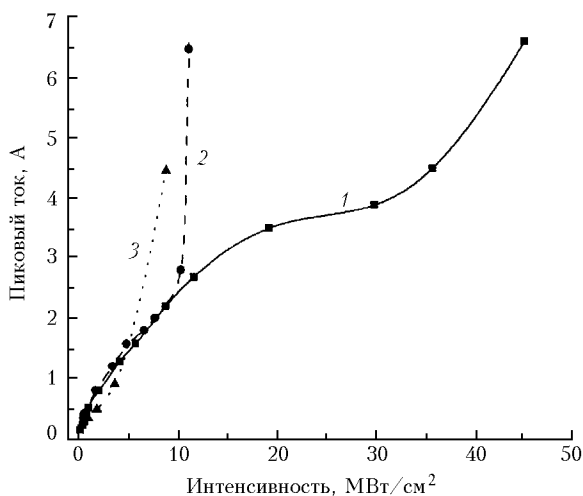


Рис. 3. Зависимости пикового тока через АДИ от интенсивности лазерного излучения 308 нм для различных длительностей импульсов по полувысоте: кривая 1 – 20; 2 – 50; 3 – 120 нс

Начав варьировать длительность импульса, мы обнаружили, что с ее увеличением этот эффект наблюдается при меньших пиковых интенсивностях. Если длительность равна 50 нс, то данный эффект возникает уже при интенсивности  $\sim 10$  МВт/см<sup>2</sup>, а если 120 нс – при  $\sim 5$  МВт/см<sup>2</sup>. Увеличение тока в данных условиях приводит также и к увеличению длительности импульса с АДИ (рис. 4), т.е. в обычном режиме импульс с АДИ хорошо повторяет лазерный (рис. 4, а), но в «аномальном» режиме, когда резко возрастает ток, длительность импульса достигает 1 мкс и более (рис. 4, б).

Построив зависимость длительности импульса алмазного детектора от падающей плотности энергии (рис. 5), мы обнаружили, что возникновение данного эффекта происходит при примерно одинаковой плотности энергии лазерного излучения  $0,7\text{--}1$  Дж/см<sup>2</sup> для всех длительностей импульса. Если принять коэффициент поглощения алмаза на 308 нм равным  $1,5\text{ см}^{-1}$  [22], а показатель преломления 2,53 [1], то величина поглощенной энергии для толщины кристалла 0,5 мм составляет 7% от падающей. Тогда увеличение амплитуды тока и длительности импульса с АДИ происходило в наших условиях при

поглощенной энергии лазерного излучения  $\sim 1\text{--}1,4$  Дж/см<sup>3</sup>.

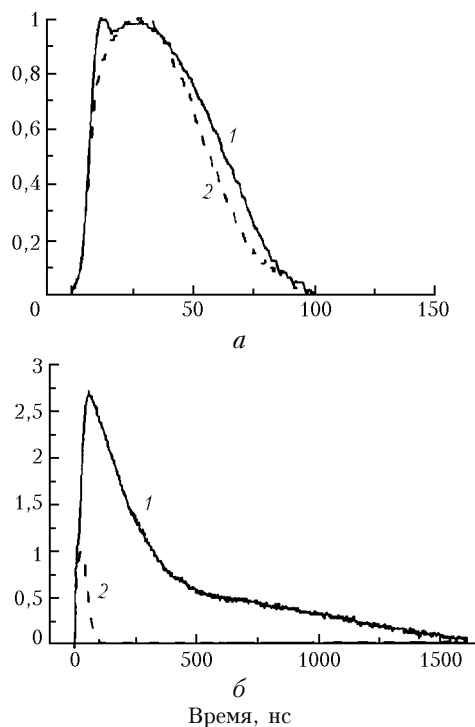


Рис. 4. Лазерные импульсы и импульсы АДИ в нормальном (а) и в «аномальном» (б) режимах: 1 – импульс АДИ; 2 – лазерный импульс

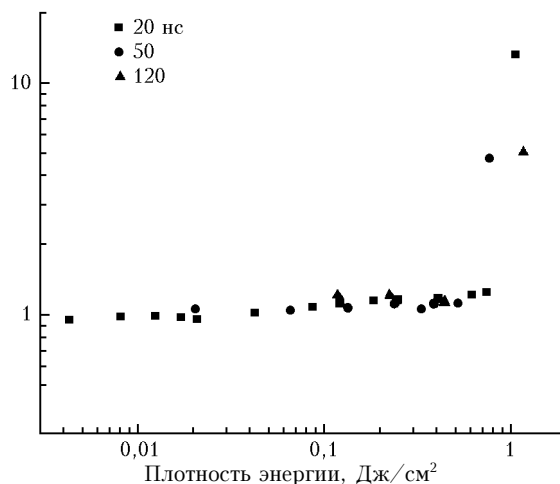


Рис. 5. Относительная длительность по полувысоте импульсов АДИ в зависимости от плотности энергии для различных длительностей импульсов лазерного излучения

Данный эффект наблюдался уже в первых работах по коммутации 2-А алмаза лазерным излучением, но на длинах волн менее 250 нм. В [30] проводилось изучение импульсной фотопроводимости в 2-А алмазе на длине волны 222 нм и при длительности импульсов  $\sim 7$  нс по полувысоте. При напряженности прикладываемого поля к образцу свыше 6 кВ/см и частичной засветке алмазного кристалла (освещение  $1/3$  межэлектродного зазора вблизи катода) происходило увеличение длительности тока через

алмаз до 60 нс по полувысоте. При этом постепенное уменьшение интенсивности с 0,5 до 0,2 МВт/см<sup>2</sup> вызывало расщепление сигнала фотопроводимости на две составляющие и увеличение задержки между ними вплоть до 40 нс. Для нагрузки 50 Ом и интенсивности излучения 0,32 МВт/см<sup>2</sup> амплитуда тока через алмаз достигала ~ 0,1 А для нормальной компоненты и ~ 0,25 А для дополнительной составляющей. Характерно, что полная засветка межэлектродного зазора или частичная засветка вблизи анода не приводили к появлению аномальной составляющей токового импульса. На основании этого авторы данной работы связали наблюдаемый эффект с инжекцией электронов из катода ввиду накопления вблизи него захваченных дырок. При этом необходимо обеспечить определенную величину напряженности внешнего поля.

Позднее та же исследовательская группа опубликовала схожие результаты для лазерного возбуждения 2-А алмаза на длине волны 193 нм при длительности импульсов 10 нс по полувысоте [31]. Однако в последнем случае не наблюдалось расщепления и существенного затягивания токового сигнала, но при напряженности поля свыше 1,7 кВ/см и в диапазоне интенсивности от 0,1 до 3 МВт/см<sup>2</sup> наблюдалось появление второго пика на заднем фронте импульса. Максимальный ток до 4 А был получен при напряженности поля свыше 16 кВ/см.

Появление указанной особенности на осциллограммах также было приписано инжекции на контактах. Там же [31] указывалось на возможное влияние поверхностных состояний на возникновение инжекции, поскольку на 193 и 222 нм поглощение излучения происходит в тонком слое от единиц до десятков микрометров, а в [15] для длины волны 355 нм (объемное поглощение), длительности импульса 30 пс и интенсивности до 330 МВт/см<sup>2</sup> описанный эффект не наблюдался. Однако на основании результатов наших исследований можно предположить, что при длительности импульса 30 пс данный эффект мог бы проявиться при существенно больших интенсивностях.

В [32] появление аномальной компоненты фототока в 2-А алмазе наблюдалось на длине волны 248 нм для интенсивностей излучения свыше 0,05 МВт/см<sup>2</sup>. При этом напряженность поля составляла более 400 кВ/см. Кроме того, для возникновения данного эффекта необходима была подсветка излучением видимого диапазона. В данном случае амплитуда аномальной компоненты фототока не превышала амплитуды нормальной составляющей. На основании необходимости подсветки видимым излучением авторы данной работы сделали предположение, что оптически активные центры в алмазе влияют на возникновение дополнительной компоненты фототока.

Несколько иная интерпретация возникающего затягивания импульса и усиления тока предложена в [2], где данный эффект, описанный в [30–32], связывается с возникновением оптоэлектронной неустойчивости в алмазе, т.е. под действием внешнего электрического поля происходит перестройка спектра уровней в запрещенной зоне. В результате алмаз переключается в высокопроводящее состояние.

По нашему мнению, более правдоподобным является инжекционный характер данного эффекта, нежели проявление оптоэлектронной неустойчивости. Однако это — тема отдельного сообщения.

Необходимо также отметить, что в [31] данный эффект был отнесен к паразитным явлениям и давались рекомендации, как его не допустить. Безусловно, если использовать алмаз в качестве фотодетектора, то этот эффект является нежелательным, так как происходят существенное искажение и затягивание импульса с АДИ относительно оптического. Но этому эффекту можно найти практическое применение.

Как справедливо было отмечено в [5], данный эффект может служить дополнительным механизмом увеличения тока в лазерно-управляемых алмазных оптоэлектронных коммутаторах. Однако создание алмазных твердотельных коммутаторов, конкурирующих с плазменными, требует компактности и доступной стоимости. Развитие технологий синтеза CVD-алмазов обеспечивает коммерческую доступность алмазного материала, поэтому становится актуальным использование в алмазных коммутаторах нелазерных источников УФ-излучения. Использование спонтанных УФ-источников даст не только снижение стоимости, но и обеспечит компактность устройства. Источники спонтанного УФ-излучения, такие как ксеноновые импульсные лампы, эксимерные и эксиплексные лампы (эксилампы), характеризуются микросекундными и более длительными импульсами, поэтому эффект аномального увеличения амплитуды тока через алмаз может быть использован, при этом возможно отсутствие существенного увеличения длительности фототока. Конечно, остается выяснить: проявится ли эффект увеличения амплитуды фототока при микросекундном возбуждении?

## Заключение

Таким образом, на длине волны 308 нм при высоких плотностях энергии 0,7–1 Дж/см<sup>2</sup> обнаружено аномальное увеличение амплитуды и длительности тока импульсной фотопроводимости в 2-А алмазе. Установлено, что пороговая плотность энергии практически не зависит от длительности импульса. Возникновение дополнительной компоненты импульсного фототока в 2-А алмазе происходит при поглощении определенной энергии УФ-излучения (в наших условиях ~ 1–1,4 Дж/см<sup>3</sup>), при этом пороговая интенсивность излучения изменяется обратно пропорционально длительности импульса.

Полное понимание механизмов возникновения описанного эффекта в алмазе и возможность его применения требуют проведения дополнительных экспериментов. В частности, необходимо провести исследование на разных кристаллах с различной геометрией. Интересным может быть и влияние спектральных характеристик возбуждающего излучения на возникновение аномального увеличения тока. Кроме того, необходим простой и компактный источник спонтанного УФ-излучения, обеспечивающий пиковую интенсивность в единицы МВт/см<sup>2</sup> при микросекундной длительности импульсов. Мы предполагаем проведение дальнейших исследований в данном направлении.

Авторы выражают глубокую признательность доктору М. Krishnan и доктору J. Schein за предоставление для исследований алмазного детектора.

Настоящая работа проведена при частичной финансовой поддержке Фонда CRDF (проект RP1-538).

1. *Физические свойства алмаза: Справочник* / Под ред. Н.В. Новикова. Киев: Наукова думка, 1987. 190 с.
2. *Природные алмазы России* / Под ред. В.Б. Кваскова. М.: Полярон, 1997. 304 с.
3. Kohn E., Adamschik M., Schmid P., Denisenko A., Aleksov A., Ebert W. Prospects of diamond devices // J. Phys. D. 2001. V. 34. P. 77–85.
4. Бокий Г.Б., Безруков Г.Н., Клюев Ю.А., Налетов А.М., Ненца В.И. Природные и синтетические алмазы. М.: Наука, 1986. 224 с.
5. *Алмаз в электронной технике* / Под ред. В.Б. Кваскова. М.: Энергоатомиздат, 1990. 248 с.
6. Canali C., Gatti E., Kozlov S.F., Manfredi P.F., Manfredotti C., Nava F., Quirini A. Electrical properties and performances of natural diamond nuclear radiation detectors // Nuclear instruments and methods. 1979. V. 160. P. 73–77.
7. Moazed K.L., Zeidler J.R., Taylor M.J. A thermally activated solid state reaction process for fabricating ohmic contacts to semiconducting diamond // J. Appl. Phys. 1990. V. 68. P. 2246–2254.
8. Werner M. Diamond metallization for device applications // Semicond. Sci. and Technol. 2003. V. 18. № 3. P. S41–S46.
9. Salvatori S., Pace E., Rossi M.C., Galluzzi F. Photoelectrical characteristics of diamond UV detectors: dependence on device design and film quality // Diamond and Related Materials. 1997. V. 6. P. 361–366.
10. Foulon F., Bergonzo P., Borel C., Marshall R.D., Jany C., Besombes L., Brambilla A., Riedel D., Museur L., Caster M.C., Gicquel A. Solar blind chemically vapor deposited diamond detectors for vacuum ultraviolet pulsed light-source characterization // J. Appl. Phys. 1998. V. 84. № 9. P. 5331–5336.
11. Whitfield M.D., Lansley S.P., Gaudin O., McKeag R.D., Rizvi N., Jackman R.B. High-speed diamond photoconductors: a solution for high rep-rate deep-UV laser applications // Diamond and Related Materials. 2001. V. 10. P. 650–656.
12. Schein J., Campbell K.M., Prasad R.R., Binder R., Krishnan M. Radiation hard diamond laser beam profiler with subnanosecond temporal resolution // Rev. Sci. Instrum. 2002. V. 73. № 1. P. 18–22.
13. Kania D.R., Pan L.S., Bell P., Landen O.L., Kornblum H., Pianetta P. Absolute x-ray power measurements with subnanosecond time resolution using type IIa diamond photoconductors // J. Appl. Phys. 1990. V. 68. № 1. P. 124–130.
14. Spielmann R. A five-channel, diamond photoconducting X-ray detector array for z-pinch experiments // Rev. Sci. Instrum. 1992. V. 63. № 10. P. 5056–5058.
15. Ho P.-T., Lee C.H., Stephenson J.C., Cavanagh R.R. A diamond opto-electronic switch // Opt. Commun. 1983. V. 46. № 3–4. P. 202–204.
16. Yoneda H., Ueda K.-I., Aikawa Y., Baba K., Shohata N. Photoconductive properties of chemical vapor deposited diamond switch under high electric field strength // Appl. Phys. Lett. 1995. V. 66. № 4. P. 460–462.
17. Prasad R., Schein J., Gensler S.W., Krishnan M. Optically triggered diamond switch // Proc. of the 12th IEEE Pulsed Power conference. Monterey, CA, USA. 1999. P. 142–145.
18. Coe S.E., Sussmann R.S. Optical, thermal and mechanical properties of CVD diamond // Diamond and Related Materials. 2000. V. 9. P. 1726–1729.
19. Yoneda H., Ueda K.-I., Aikawa Y., Baba K., Shohata N. The grain size dependence of the mobility and lifetime in chemical vapor deposited diamond photoconductive switches // J. Appl. Phys. 1998. V. 83. № 3. P. 1730–1733.
20. Robertson R.J., Fox J.J., Martin A.E. Two types of diamond // Phil. Trans. Roy. Soc. London. A. 1934. V. 232. P. 463–465.
21. Clark C.D., Ditchburn R.W., Dyer H.B. The absorption spectra of natural and irradiated diamonds // Proc. Roy. Soc. London. A. 1956. V. 234. P. 363–381.
22. Wilks J., Wilks E. Properties and applications of diamond. Oxford: Butterworth-Heinemann Ltd., 1991. 525 p.
23. Борзенко С.Ю. Центры захвата носителей заряда в природных алмазах и их влияние на электрофизические процессы в алмазных детекторах: Дис. ... к.ф.-м.н. Иркутск: Иркут. гос. ун-т, 1990. 167 с.
24. Panchhi P.S., van Driel H.M. Picosecond optoelectronic switching in insulating diamond // IEEE J. Quantum. Electron. 1986. V. QE-22. № 1. P. 101–107.
25. Верховский В.С., Ломаев М.И., Панченко А.Н., Тарасенко В.Ф. Универсальные импульсные лазеры серии «Фотон» // Квант. электрон. 1995. Т. 22. № 1. С. 9–11.
26. Панченко А.Н., Тарасенко В.Ф. Компактный электроразрядный ХеСl-лазер с энергией излучения ~1 Дж и длительностью импульса 100–300 нс // Квант. электрон. 1993. Т. 20. № 7. С. 663–664.
27. Бакут Е.Х., Панченко А.Н., Тарасенко В.Ф. Эффективный длинноимпульсный ХеСl-лазер с предимпульсом, формируемым индуктивным накопителем энергии // Квант. электрон. 2000. Т. 30. № 6. С. 506–508.
28. Липатов Е.И., Панченко А.Н., Тарасенко В.Ф., Шейн Дж., Кришнан М. Фоточувствительность алмазного детектора к лазерному излучению в диапазоне 220–355 нм // Квант. электрон. 2001. Т. 31. № 12. С. 1115–1117.
29. Lansley S.P., McKeag R.D., Whitfield M.D., Rizvi N., Jackman R.B. Diamond photodetector response to deep UV excimer laser excitation // Diamond and Related Materials. 2003. V. 12. P. 677–681.
30. Gliniski J., Gu X.-J., Code R.F., van Driel H.M. Space-charge-induced optoelectronic switching in IIa diamond // Appl. Phys. Lett. 1984. V. 45. № 3. P. 260–262.
31. Huo Y.S., Gu X.-J., Code R.F., Fuh Y.G. Optical switching mechanism in type IIa diamond // J. Appl. Phys. 1986. V. 59. № 6. P. 2060–2067.
32. Feng S., Ho P.-T., Goldhar J. Photoconductive switching in diamond under high bias field // IEEE Trans. Electron. Devices. 1990. V. 37. № 12. P. 2511–2516.

*E.I. Lipatov, A.N. Panchenko, V.F. Tarasenko. Peculiarities of the pulse photoresponse of 2-A diamond under laser UV irradiation at 308 nm.*

Results of studies of a 2-A type diamond photoresponse to pulsed laser radiation at 308 nm have been reported. An anomalous increase of the amplitude and duration of photocurrent at high energy density of laser radiation has been revealed. It was found that an additional component of the pulse photocurrent appears at energy density of 0.7–1 J/cm<sup>2</sup> being independent of duration and intensity of laser pulses. It was suggested to use this effect to increase the current in diamond optoelectronic switches controlled by spontaneous UV radiation.