

$$\frac{dE_0}{dz} = -I_{sa} \cdot \frac{\ln(1/T_0)}{L} \cdot \left[(1-\gamma) \cdot \left(1 - e^{-\frac{E_0}{I_{sa}}}\right) + \gamma \cdot \frac{E_0}{I_{sa}} \right]$$

где $I_{sa} = h\nu/\sigma_a$ – интенсивность насыщения поглощения; $\gamma = \sigma_{esa}/\sigma_a$ – контраст просветления; σ_a и σ_{esa} – поперечное сечение поглощения из основного и возбужденного состояния, соответственно. Было установлено, что используемый материал достаточно хорошо просветляется. Значения контраста просветления и поперечного сечения поглощения из основного состояния для каждого материала указаны в таблице

Таблица

Температура вторичной термообработки, T(°C)	γ (σ_{esa}/σ_a)	σ_a , 10^{-19} см ²
800	0,33	1,8
850	0,17	2,5
900	0,16	2,6
1000	0,08	1,3

Таким образом, в работе был синтезирован материал на основе стекла цинк-галлий-алюмосиликатного состава, где в стеклообразной матрице сформирована смешанная кристаллическая структура цинк-алюминиевых и галлий-алюминиевых шпинелей.

В результате исследования спектроскопических и нелинейно-оптических свойств данных материалов определены величины поперечных сечений поглощения из основного и возбужденного состояний на длине волны 1,54 мкм и показано, что данный материал является перспективной средой для пассивных модуляторов добротности лазеров спектрального диапазона 1,4-1,7 мкм.

УДК 621.315.592

ВОЗМОЖНОСТИ ЭПР СПЕКТРОСКОПИИ В ДИАГНОСТИКЕ АЛМАЗНОГО СЫРЬЯ РАЗЛИЧНОГО ГЕНЕЗИСА

Олешкевич А.Н.¹, Нгуен Т.Т.Б.², Долматов В.Ю.³, Сернов С.П.⁴,
Колесникова А.В.¹, Лапчук Т.М.¹, Лапчук Н.М.¹

¹Белорусский государственный университет

Минск, Республика Беларусь

²Каунг Бинь университет

Провинция Каунг Бинь, Вьетнам

³ФГУП «СКТБ «Технолог»

Санкт-Петербург, Российская Федерация

⁴Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

Данная работа посвящена исследованию близких по структурному совершенству алмазов различного происхождения с помощью одного из чувствительнейших методов диагностики алмазного сырья, который относится к неразрушающим структуре исследуемых объектов.

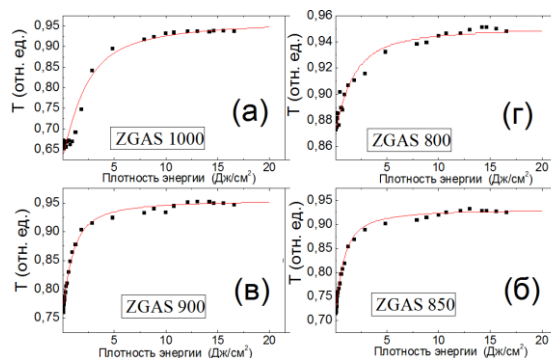


Рисунок 3 – Зависимость пропускания образцов Co:ZGAS от падающей энергии на длине волны 1,54 мкм

Литература

1. Denisov I.A., Demchuk M.I., Kuleshov N.V., Yumashev K.V. Co²⁺:LiGa₅O₈ saturable absorber passive Q-switch for 1.34 μm Nd³⁺:YAlO₃ and 1.54 μm Er³⁺:glass lasers // J. Applied Physics Letters, 2000, Vol.77, № 16, p 2455–2457.
2. Alexander M. Malyarevich, Igor A. Denisov, Konstantin V. Yumashev, Olga S. Dymshits, Alexander A. Zhilin, and Uk Kang, "Cobalt-doped transparent glass ceramic as a saturable absorber Q switch for erbium:glass lasers," Appl. Opt. 40, 4322-4325 (2001).
3. Konstantin V. Yumashev, "Saturable absorber Co²⁺:MgAl₂O₄ crystal for Q switching of 1.34-μm Nd³⁺:YAlO₃ and 1.54-μm Er³⁺:glass lasers," Appl. Opt. 38, 6343–6346 (1999).
4. John B. Gruber, Ann W. Kennedy, Bahram Zandi and James A. Hutchinson "Modeling of the Co²⁺-saturable absorber Q-switch for the Er:Yb:glass laser (1.534 μm)", Proc. SPIE 3928, Nonlinear Materials, Devices, and Applications, 142 (March 23, 2000).
5. K.V. Yumashev, I.A. Denisov, N.N. Posnov, P.V. Prokoshin, V.P. Mikhailov "Nonlinear absorption properties of Co²⁺:MgAl₂O₄ crystal" Appl. Phys. B 70, 179–184 (2000).

природный алмаз. Исследуемые кристаллы НРНТ-алмаза выращивались методом температурного градиента в системе Fe-Ni-C при давлении 6,0 ГПа и температурах от 1370 до 1550 °С. Время роста варьировалось от 80 до 126 ч. Исследуемые пленки CVD-алмаза осаждались на кремниевую подложку в процессе химического газофазного осаждения с использованием реакционной смеси 1% CH₄ + 99% H₂. Синтез ДНА осуществлялся подрывом заряда взрывчатого вещества при температуре 3000–4000 К с включением примесных атомов (бора, фосфора и германия) в кристаллическую решетку алмаза. Используемый кристалл природного алмаза типа Па представлял пластинку толщиной ≈ 0,85 мм и площадью ≈ 5,6 мм².

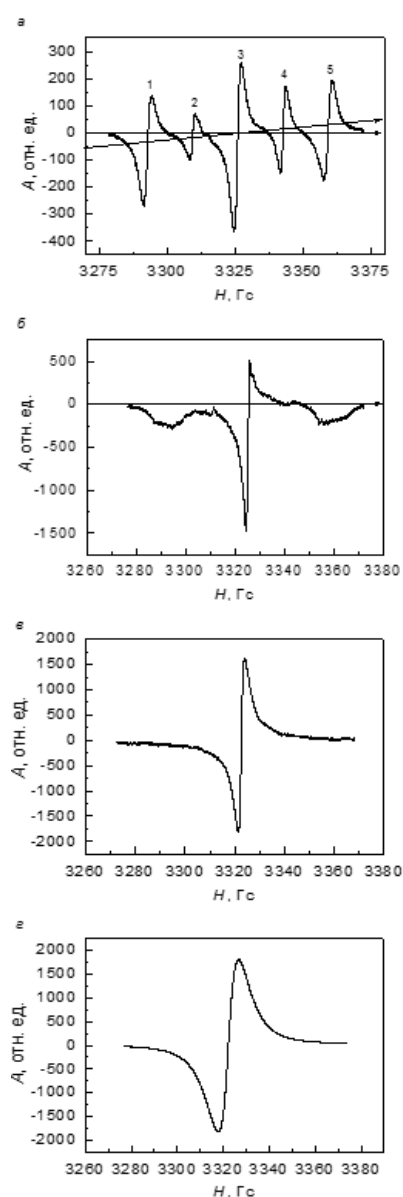


Рисунок 1 – Спектры ЭПР образцов алмаза НРНТ (а), CVD (б), природного (в) и ДНА (г), зарегистрированные при мощности СВЧ-излучения 200 мВт

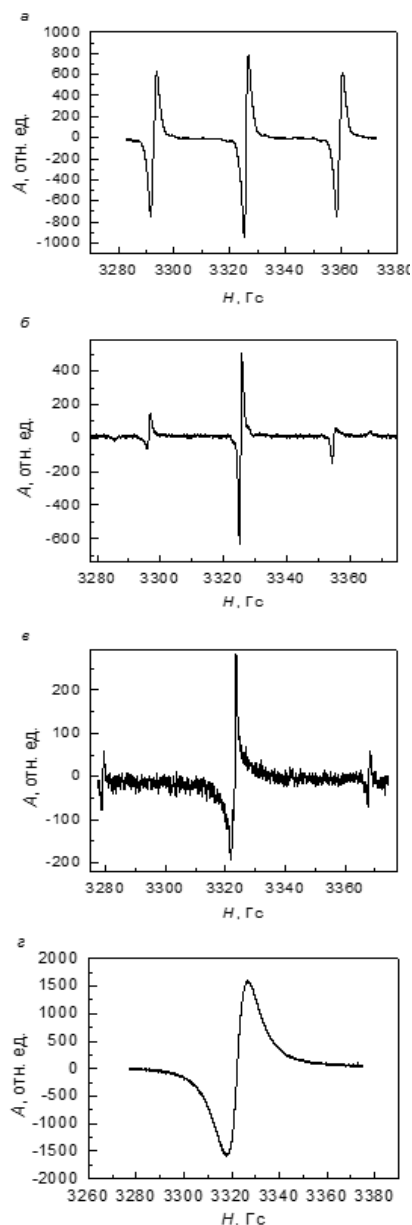


Рисунок 2 – Спектры ЭПР образцов алмаза НРНТ (а), CVD (б), природного (в) и ДНА (г), зарегистрированные при мощности СВЧ-излучения 2 мВт

Спектры ЭПР регистрировались на спектрометре «RadioPan SE/X-2543» с резонатором H_{102} в X-диапазоне при комнатной температуре. Максимальная мощность сверхвысокочастотного (СВЧ) излучения в резонаторе – 200 мВт. Для контроля добротности измерительного резонатора, настройки фазы модуляции магнитного поля и калибровки магнитной компоненты СВЧ излучения использовался кристалл рубина, закрепленный на стенке резонатора. Чувствительность спектрометра составляла 3×10^{12} спин/мТл. Во время регистрации сигнала ЭПР образцы располагались в центре резонатора H_{102} в пучности H_1 компоненты СВЧ поля. Для всех исследуемых образцов алмаза, использовалась регистрация

спектров в идентичных условиях при двух значениях мощности СВЧ-излучения: 200 мВт и 2 мВт. Такой режим выбора микроволновой мощности обусловлен разделением парамагнитных центров по временам релаксации. Так на рисунке 1 приведены спектры ЭПР исследуемых образцов, регистрируемые при максимальной микроволновой мощности, которая приводит к насыщению парамагнитных центров и искажению сигналов ЭПР.

Как видно из рисунка, сверхтонкая структура парамагнитного центра P1 (атом азота, замещающий углерод в узле кристаллической решетке алмаза) регистрируется только в алмазах НРНТ. Используя известное свойство данного центра насыщаться при большой мощности СВЧ излучения [1], можно, уменьшая ее до минимума, зарегистрировать P1 центр в этих же образцах. На рисунке 2 показаны спектры, зарегистрированные при минимальной микроволновой мощности, что позволило выделить парамагнитные центры с большими (≈ 5 мкс) временами релаксации.

Таблица – Времена парамагнитной релаксации в образцах алмаза различного генезиса

Образцы алмазов	Время спин-решеточной релаксации, T_1 (с)	Время спиновой релаксации, T_2 (с)
НРНТ	$3,0837 \times 10^{-4}$	$4,42 \times 10^{-8}$
CVD	$4,6887 \times 10^{-4}$	$8,1726 \times 10^{-8}$
Природный	$9,0615 \times 10^{-4}$	$3,56 \times 10^{-8}$
ДНА	$4,3286 \times 10^{-4}$	$7,395 \times 10^{-9}$

Отсутствие в спектрах ЭПР наноалмазов сверхтонкой структуры P1 центра обусловлено вкладом поверхности наноструктур в парамагнетизм ДНА, т.е. значительным вкладом в спектр ЭПР поверхностных состояний некомпенсированных спинов в наноалмазах детонационного синтеза [2].

УДК 621.315.592

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛАЗЕРНО-ИНДУЦИРОВАННЫХ ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ В ТРЕХСЛОЙНЫХ ГЕТЕРОСТРУКТУРАХ

Гацкевич Е.И., Князев М.А.

Белорусский национальный технический университет,
Минск, Республика Беларусь

В настоящей работе проанализировано использование схем сквозного счета при моделировании лазерно-индуцированных процессов плавления и отвердевания в трехслойных структурах. Моделирование проводилось для структуры вида *Ge/pc-Si/c-Si* с толщинами слоёв германия 320 нм и поликристаллического кремния 30 нм соответственно, подложка кристаллического кремния имела толщину 350 мкм. Данного типа структуры широко используются как перспективные материалы современной оптоэлектроники [1]. При моделировании рассматривалось воздействие на указанную структуру 80 наносекундных импульсов

Рассчитанные времена парамагнитной релаксации в исследуемых образцах алмаза представлены в таблице.

Полученное время релаксации T_1 порядка 10^{-4} с свидетельствует о существовании достаточной совершенной структуры в исследуемых образцах. Под совершенной структурой понимается наличие дальнего порядка и предельно низкое (на уровне чувствительности спектрометра ЭПР) содержание дефектов, не дающее вклад в орбитальный момент [3]. Таким образом, уже на основании сопоставления времен парамагнитной релаксации в исследуемых образцах различного генезиса возможно проводить экспресс-диагностику алмазного сырья. Следует отметить, что отсутствие сигнала ЭПР в исследуемых образцах не является свидетельством полного отсутствия дефектов. В данной работе показано, что примесный центр P1 является чувствительной спин-меткой к окружающему его кристаллическому пространству. Так, по параметрам спектра P1-центра и по его зависимости от мощности СВЧ-излучения можно сделать вывод о степени совершенства алмаза, а по форме спектра – установить моно- или поликристалл мы исследуем.

Литература

1. Loubster, J. H. N. Electron Spin Resonance in the Study of Diamond / J. H. N. Loubster, J. A. van Wyk // Rep.Prog. Phys. – 1978. – Vol. 41. – P. 1201–1248.
2. Долматов В. Ю. Детонационные наноалмазы: синтез, строение, свойства и применение // Успехи химии. – 2007. – Т. 76. – №. 4. – С. 375–397.
3. Locating inherent unpaired orbital spins in detonation nanodiamonds through the targeted surface decoration by paramagnetic probes / A.I. Shames [et al.] // Diam Relat Mater. – 2011. – Vol. 20, № 3. – P. 318–321.

излучения рубинового лазера в диапазоне плотностей энергий, достаточных для инициирования плавления.

Применение схем сквозного счёта для задач с фазовыми переходами заключается в следующем [2]. При моделировании процессов плавления и кристаллизации необходимо решать задачу Стефана. Она состоит в определении поля температур и координат границы фазового перехода. Считается, что агрегатное состояние среды изменяется только по механизму теплопроводности под воздействием источников тепла. Передача энергии в каждой фазе рассматриваемого ве-