



(51) МПК
C30B 29/46 (2006.01)
C30B 11/02 (2006.01)
G02F 1/355 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

C30B 29/46 (2019.05); *C30B 11/02* (2019.05); *G02F 1/3551* (2019.05); *Y10T 117/1092* (2019.05); *C01P 2002/50* (2019.05)

(21)(22) Заявка: 2019105444, 26.02.2019

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
26.02.2019

Дата регистрации:
06.09.2019

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 26.02.2019

(45) Опубликовано: 06.09.2019 Бюл. № 25

Адрес для переписки:

630090, г. Новосибирск, пр-кт Академика
Коптюга, 3, ИГМ СО РАН, Королевой Л.И.

(72) Автор(ы):

Криницын Павел Геннадьевич (RU),
Исаенко Людмила Ивановна (RU),
Елисеев Александр Павлович (RU),
Молокеев Максим Сергеевич (RU),
Голошумова Алина Александровна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки Институт геологии и
минералогии им. В.С. Соболева Сибирского
отделения Российской академии наук
(Институт геологии и минералогии СО РАН,
ИГМ СО РАН) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: ISAENKO L.I. et al., Recent studies
of nonlinear chalcogenide crystals for the mid-
IR, "Semiconductor Science and Technology",
2016, Vol.31, No.12, 123001. RU 2344208 C1,
20.01.2009. ИСАЕНКО Л.И. и др., Нелинейные
кристаллы халькогенидных соединений: Рост,
структура, свойства, "ГЕОЛОГИЯ И
МИНЕРАГЕНИЯ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ",
материалы совещания, (см. прод.)

(54) Нелинейный монокристалл литиевых халькогенидов общей формулы $\text{LiGa}_x\text{In}_{1-x}\text{Te}_2$ и способ его получения

(57) Реферат:

Изобретение относится к монокристаллам литиевых халькогенидов, предназначенных к применению в нелинейной оптике для реализации перестройки лазерного излучения видимого и ближнего ИК-диапазона в средний ИК-диапазон. Получен нелинейный монокристалл литиевых халькогенидов общей формулы $\text{LiGa}_x\text{In}_{1-x}\text{Te}_2$, где x принимает любое значение от 0,1 до 0,9, имеющий пространственную группу $I\bar{4}2d$ тетрагональной симметрии, $Z=4$, с параметрами

элементарной ячейки $6,3295 < a < 6,398 \text{ \AA}$,

$11,682 < c < 12,460 \text{ \AA}$ и объемом $468,01 < V < 510,0$

Å^3 , характеризующийся функциональными параметрами: диапазоном прозрачности от 0,76 до 14,8 микрон, шириной запрещенной зоны 1,837 эВ при 300 К, значениями двулучепреломления 0,049 при 2 мкм и нелинейными коэффициентами $d_{13}=3,70 \text{ пм/В}$ и $d_{14}=48,73 \text{ пм/В}$. Способ получения монокристалла литиевых халькогенидов общей

формулы $\text{LiGa}_x\text{In}_{1-x}\text{Te}_2$, где x принимает любое значение от 0,1 до 0,9, включает предварительный синтез соединения $\text{LiGa}_x\text{In}_{1-x}\text{Te}_2$ из элементарных компонентов Li, In, Ga и Te в условиях обеспечения стехиометрического соотношения компонентов, рост монокристалла модифицированным методом Бриджмена-Стокбаргера в вакуумированной ампуле при обеспечении изменения соотношения температурных градиентов в расплаве и растущем кристалле при скорости выращивания от 2 до 10 мм/сутки и среднем значении аксиального температурного градиента от 2 до 3°С/мм и охлаждение печи со скоростью порядка 10°С/ч. Технический результат заключается в обеспечении

возможности сдвига края поглощения в короткую область (по мере увеличения x) в сочетании с увеличением коэффициента преобразования за счет достижения не критичного фазового синхронизма. Ожидаемый эффект увеличения КПД преобразования лазерного излучения при использовании данного нелинейного монокристалла составит 10-30% по сравнению с нелинейными монокристаллами LiGaTe_2 . При варьировании значения (x) можно обеспечить согласование групповых и фазовых скоростей лазерного излучения, при котором увеличивается эффективная длина взаимодействия для фемтосекундного режима генерации, что обеспечит дополнительный эффект порядка 10-20% КПД. 2 н.п. ф-лы, 3 ил., 3 пр.

(56) (продолжение):

приуроченного к 60-летию Института геологии и геофизики СО АН СССР, 3-5 октября 2017, Новосибирск, стр.93-94.

RU 2 6 9 9 6 3 9 C 1

RU 2 6 9 9 6 3 9 C 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
C30B 29/46 (2006.01)
C30B 11/02 (2006.01)
G02F 1/355 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

C30B 29/46 (2019.05); *C30B 11/02* (2019.05); *G02F 1/3551* (2019.05); *Y10T 117/1092* (2019.05); *C01P 2002/50* (2019.05)

(21)(22) Application: **2019105444, 26.02.2019**(24) Effective date for property rights:
26.02.2019Registration date:
06.09.2019

Priority:

(22) Date of filing: **26.02.2019**(45) Date of publication: **06.09.2019** Bull. № 25

Mail address:

**630090, g. Novosibirsk, pr-kt Akademika
Koptyuga, 3, IGM SO RAN, Korolevoj L.I.**

(72) Inventor(s):

**Krinityn Pavel Gennadevich (RU),
Isaenko Lyudmila Ivanovna (RU),
Eliseev Aleksandr Pavlovich (RU),
Molokeev Maksim Sergeevich (RU),
Goloshumova Alina Aleksandrovna (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe byudzhethnoe
uchrezhdenie nauki Institut geologii i
mineralogii im. V.S. Soboleva Sibirskogo
otdeleniya Rossijskoj akademii nauk (Institut
geologii i mineralogii SO RAN, IGM SO RAN)
(RU)**

(54) **NONLINEAR MONOCRYSTAL OF LITHIUM CHALCOGENIDES OF GENERAL FORMULA $LiGa_xIn_{1-x}Te_2$ AND A METHOD FOR PRODUCTION THEREOF**

(57) Abstract:

FIELD: technological processes.

SUBSTANCE: invention relates to monocrystals of lithium chalcogenides, intended for use in nonlinear optics for implementation of laser visible and near infrared laser radiation adjustment in medium infrared range. Obtained nonlinear monocrystal of lithium chalcogenides of general formula $LiGa_xIn_{1-x}Te_2$, where x takes any value from 0.1 to 0.9, having spatial group $\bar{4}2$ tetragonal symmetry, $Z = 4$, with elementary cell parameters $6.3295 < a < 6.398 \text{ \AA}$, $11.682 < c < 12.460 \text{ \AA}$ and volume of $468.01 < V < 510.0 \text{ \AA}^3$, characterized by functional parameters: transparency range from 0.76 to 14.8 micron, band gap width of 1.837 eV at 300 K, birefringence values of 0.049 at 2 mcm and nonlinear coefficients $d_{13} = 3.70 \text{ pm/V}$ and $d_{14} = 48.73 \text{ pm/V}$. Method of producing monocrystal of lithium chalcogenides of general formula $LiGa_xIn_{1-x}Te_2$, where x takes any value from 0.1 to 0.9, includes previous synthesis of compound $LiGa_xIn_{1-x}Te_2$ of elementary components Li, In, Ga and Te in conditions providing

stoichiometric ratio of components, monocrystal growth by a modified Bridgman-Stockbarger method in a vacuum ampoule while providing change ratios of temperature gradients in melt and growing crystal at growth rate from 2 to 10 mm/day and average value of axial temperature gradient from 2 to 3 °C/mm and furnace cooling at rate of about 10 °C/h.

EFFECT: technical result consists in providing the possibility of shifting the absorption edge to a short region (as x increases) in combination with increasing the conversion coefficient by achieving non-critical phase synchronism; expected effect of increasing efficiency of laser radiation conversion using said nonlinear monocrystal is 10–30 % compared to nonlinear $LiGaTe_2$ monocrystals; at variation of value (x) it is possible to ensure matching of group and phase velocities of laser radiation, at which effective interaction length for femtosecond generation mode is increased, which will provide additional effect of about 10–20 % of efficiency.

2 cl, 3 dwg, 3 ex

RU 2 699 639 C1

RU 2 699 639 C1

Изобретение относится к монокристаллам литиевых халькогенидов, предназначенных к применению в нелинейной оптике для реализации перестройки лазерного излучения видимого и ближнего ИК-диапазона в средний ИК-диапазон.

Монокристаллы халькогенидов являются перспективными нелинейно-оптическими материалами для среднего инфракрасного диапазона. В настоящее время для преобразования лазерного излучения в среднем ИК-диапазоне наиболее часто используют монокристаллы тиогаллата серебра AgGaS_2 , селеногаллата серебра AgGaSe_2 и тиогаллата ртути HgGa_2S_4 (см., например, Rotermund F., Petrov V., Noack F. OPTICS COMMUNICATIONS. - 2000, v. 185. - P. 177-183). Недостатками этих материалов являются: во-первых, большое двухфотонное поглощение, что неизбежно снижает эффективность преобразования лазерного излучения, во-вторых, значительная анизотропия теплового расширения (для AgGaS_2 и AgGaSe_2) и низкая теплопроводность, которая не позволяет использовать материалы при больших мощностях излучения из-за низкой лучевой стойкости, а также значительного эффекта образования тепловых линз.

Возможность управления составом в ряду непрерывных твердых растворов нелинейных соединений позволяет реализовать наиболее эффективное преобразование излучения в перестраиваемых лазерных системах. На сегодняшний день наиболее востребованными являются лазерные системы, реализующие некритичный фазовый синхронизм, поскольку именно такие системы обладают целым рядом достоинств: обладают большими значениями спектральной и угловой ширины синхронизма, являются высокоэффективными и удобными в эксплуатации, дают возможность использовать максимальный тензорный коэффициент нелинейности. Некритичный фазовый синхронизм определяется сочетанием определенного характера дисперсии показателей преломления и двулучепреломления используемого монокристалла. Использование полупроводниковых монокристаллов, смешанных четверных халькогенидов позволяет достигать некритичного фазового синхронизма в системах параметрической генерации света в среднем ИК диапазоне. Особый интерес представляют четверные соединения ряда твердых растворов, крайние члены которых (тройные халькогениды) отличаются по своим характеристикам: например, нелинейные тройные соединения AgInSe_2 характеризуются более высокими нелинейными коэффициентами второго порядка по сравнению с аналогичными галлий-содержащими монокристаллами, но коэффициент двулучепреломления для них существенно ниже, чем для AgGaSe_2 [Apollonov V.V., Lebedev S.P., Komandin G.A. et al. - LASER PHYSICS, 1999, v. 9, p. 1236-1239]. Именно в таком случае в ряду $\text{AgGa}_x\text{In}_{1-x}\text{Se}_2$ может быть достигнута оптимальная комбинация функциональных характеристик, позволяющая достичь положительных результатов с точки зрения повышения эффективности преобразования лазерного излучения, благодаря достижению некритичного фазового синхронизма. Новый тип смешанных нелинейных монокристаллов $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Ga}_2\text{S}_4$ и $\text{AgGa}_{1-x}\text{In}_x\text{Se}_2$ позволил путем подбора оптимального значения x обеспечить выполнение условий некритичного фазового синхронизма при комнатной температуре и обеспечить условия выполнения группового синхронизма в направлении фазового. Условия некритичного фазового синхронизма, реализованные в монокристаллах $\text{AgGa}_{1-x}\text{In}_x\text{Se}_2$, при определенных значениях x обеспечили увеличение эффективности генерации второй гармоники CO_2 -лазеров в 1.9 раза по сравнению с тройным соединением AgGaSe_2 . [Bhar G.C., Das S. et al. - OPTICS LETTERS, 1995, v. 20, p. 2057]. В последнее время оптическая

параметрическая генерация в диапазоне 2.85-3.27 микрон в условиях некритичного синхронизма была продемонстрирована на монокристаллах смешанного состава $\text{Hg}_x\text{Cd}_{1-x}\text{Ga}_2\text{S}_4$ [Banerjee S., Miyata K., Kato K. - Proc. of SPIE, 2008, v. 6875, p. 687517].

Авторы изобретения на примере монокристаллов LiInSe_2 и LiGaSe_2 показали, что замещение Ag на Li приводит к увеличению ширины запрещенной зоны, сдвигу края пропускания в коротковолновую область и, как следствие, к уменьшению двухфотонного поглощения в Li-содержащих монокристаллах по сравнению с Ag-содержащими халькогенидами. [L. Isaenko, A. Yeliseyev, S. Lobanov etc. - Journal of Applied Physics, 2002, v. 91, №12, p. 9475-80]. Кроме того, литийсодержащие халькогениды имеют теплопроводность примерно в 5 раз выше теплопроводности наиболее распространенных серебросодержащих халькогенидов. [L. Isaenko, A. Yeliseyev, S. Lobanov etc. - Journal of Non-Crystalline Solids, 2006, v. 352, p. 2439-2443]. Эффект тепловых линз в Li-содержащих монокристаллах в 10 раз ниже, чем в AgGaSe_2 . [A. Yeliseyev, L. Isaenko, S. Lobanov etc. - Journal of Applied Physics, 2004, v. 96 №7, p. 3659-3664]. Монокристаллы LiInSe_2 и LiGaSe_2 характеризуются низкой анизотропией коэффициента теплового расширения вдоль кристаллографических направлений. В результате в процессе роста не образуются типичные двойники и напряжения, связанные с этим явлением. Это обеспечивает технологичность процессов роста и изготовления элементов, а также покрытий на оптические поверхности. Монокристаллы теллурида LiGaTe_2 демонстрируют увеличение нелинейной восприимчивости d_{ij} по сравнению с сульфидами и селенидами: в ряду $\text{LiGaS}_2 - \text{LiGaSe}_2 - \text{LiGaTe}_2$ d_{ij} составляет 10.7, 18.2 и 43 пм/В, соответственно [Nikogosyan D.N. Nonlinear optical crystals, A complete survey - Springer Science+ Business Media, Inc.: New-York, USA, 2005]. Значения d_{ij} для индиевых аналогов этих соединений обычно на 30-50% выше, при этом теллуриды имеют примерно в 2 раза большее двулучепреломление Δn . Поэтому четверные смешанные монокристаллы на базе галлий- и индийсодержащих тройных теллуридов с большой разницей в показателях преломления могут оказаться очень перспективными с точки зрения получения некритического фазового синхронизма в системах параметрической генерации света в среднем ИК диапазоне [Isaenko L.I., Yeliseyev A.P. - Semiconductor Science and Technology, 2016, v. 31, p. 123001].

Задачей изобретения является создание нелинейного монокристаллического материала на базе твердых растворов $\text{LiGa}_x\text{In}_{1-x}\text{Te}_2$ при различных значениях (x) для реализации перестройки лазерного излучения видимого и ближнего ИК-диапазона в средний ИК-диапазон, сочетающего низкое двухфотонное поглощение и достаточно высокий нелинейный коэффициент.

Технический результат заключается в обеспечении возможности сдвига края поглощения в короткую область (по мере увеличения x), в сочетании с увеличением коэффициента преобразования за счет достижения некритичного фазового синхронизма. Ожидаемый эффект увеличения КПД преобразования лазерного излучения при использовании данного нелинейного материала составит 10-30% по сравнению с нелинейными монокристаллами LiGaTe_2 . Также при варьировании значения (x) можно добиться такого согласования групповых и фазовых скоростей лазерного излучения, при котором увеличивается эффективная длина взаимодействия, что очень важно для фемтосекундного режима генерации, и это даст дополнительный эффект порядка 10-20% КПД. Таким образом, можно ожидать увеличение КПД на 30-50%.

Поставленная задача решена созданием нелинейного монокристалла литиевых

халькогенидов общей формулы $\text{LiGa}_x\text{In}_{1-x}\text{Te}_2$, где x принимает любое значение от 0.1 до 0.9, имеющего пространственную группу $\bar{1}42d$ тетрагональной симметрии, $Z=4$, параметры элементарной ячейки $6.3295 < a < 6.398 \text{ \AA}$, $11.682 < c < 12.460 \text{ \AA}$, объем

5 $468.01 < V < 510.0 \text{ \AA}^3$

Монокристалл состава $\text{LiGa}_{0.55}\text{In}_{0.45}\text{Te}_2$ характеризуется диапазоном прозрачности от 0.76 до 14.8 микрон, шириной запрещенной зоны 1.837 эВ при 300 К. Рассчитанные значения двулучепреломления составляют 0.049 при 2 микрон и нелинейных

10 коэффициентов $d_{13} = -3.70 \text{ пм/В}$ и $d_{14} = -48.73 \text{ пм/В}$

Монокристалл общей формулой $\text{LiGa}_x\text{In}_{1-x}\text{Te}_2$, где x принимает любое значение от 0.1 до 0.9, выращивают модифицированным методом Бриджмена-Стокбаргера в вакуумированной ампуле с предварительным синтезом соединения состава $\text{LiGa}_x\text{In}_{1-x}\text{Te}_2$

15 из элементарных компонентов Li, In, Ga и Te в условиях обеспечения стехиометрического соотношения компонентов. В процессе роста обеспечивается изменение соотношения температурных градиентов в расплаве и растущем кристалле при скорости выращивания от 2 до 10 мм/сутки при среднем значении аксиального температурного градиента от 2 до 3°C/мм. Эти условия обеспечивают сохранение постоянства состава (x)

20 выращиваемого кристалла. Затем печь охлаждают со скоростью порядка 10°C/час. Небольшие нарушения стехиометрии, возникающие в процессе синтеза из-за высокой химической активности Li и летучести теллура, корректируют путем введения избытка лития и теллура. После загрузки исходных веществ в стеклографитовый тигель его помещают в кварцевый контейнер. Особая геометрия тигля [патент РФ 2189405, МПК: С30В 11/02, опубл. 20.09.2002] и загрузки предотвращает прямое сплавление

25 компонентов, приводящее к выделению большого количества тепла и существенному нарушению стехиометрии в процессе синтеза.

Частичная замена ионов Ga^{3+} на In^{3+} позволяет улучшать нелинейные свойства $\text{LiGa}_x\text{In}_{1-x}\text{Te}_2$ по сравнению с LiGaTe_2 (48.73 для $\text{LiGa}_{0.55}\text{In}_{0.45}\text{Te}_2$ и 43 пм/В для LiGaTe_2),

30 сохраняя при этом возможность широкой настройки полосы в оптических параметрических осцилляторах.

На фиг. 1 представлен выращенный слиток $\text{LiGa}_x\text{In}_{1-x}\text{Te}_2$ (а) и его изображение в проходящем свете (б), полученное с помощью телевизионной камеры, чувствительной в инфракрасном диапазоне.

35 На фиг. 2 приведена кристаллическая структура $\text{LiGa}_{0.55}\text{In}_{0.45}\text{Te}_2$.

На фиг. 3 представлен спектр пропускания монокристалла $\text{LiGa}_{0.55}\text{In}_{0.45}\text{Te}_2$ (а) и построение по Тауну для прямых межзонных электронных переходов (б).

Примеры конкретного выполнения.

40 Пример 1. Для получения образца $\text{LiGa}_{0.55}\text{In}_{0.45}\text{Te}_2$ массой 30 г используют исходные элементарные компоненты: литий, галлий, индий и теллур высокой чистоты: литий - 0.763 г, галлий - 3.482 г, индий - 5.741 г, теллур - 26,158 г. Исходные элементарные вещества имели чистоту квалификации о.с.ч. Содержание основного вещества в исходных материалах: Li - 99.9 %, In - 99.9999 %, Ga - 99.9999 %, Te - 99.9999 %. Небольшие

45 нарушения стехиометрии, возникающие в процессе синтеза из-за высокой химической активности Li и летучести теллура, корректировали путем введения избытка лития и теллура. После загрузки исходных веществ в стеклографитовый тигель его помещают внутрь кварцевого контейнера. После загрузки исходных веществ контейнер с тиглем

подключают к вакуумному посту. Свободный объем контейнера откачивают или заполняют инертным газом, после чего проводят его отпайку. Для синтеза $\text{LiGa}_x\text{In}_{1-x}\text{Te}_2$, кварцевый контейнер с размещенным в нем стеклографитовым тиглем медленно задвигают в трубчатую печь сопротивления, прогретую до 850°C градусов. Затем контейнер выдерживают при 850°C в течение суток, снижают температуру до 700°C и выдерживают еще сутки, после чего охлаждают до комнатной температуры в режиме выключенной печи. В результате получают плотные темные мелкокристаллические слитки с содержанием фазы $\text{LiGa}_{0.55}\text{In}_{0.45}\text{Te}_2$, близким к 100%. Раскалывание и перекалывание слитков в ростовой контейнер проводят в инертной атмосфере. Ростовой контейнер помещают в вертикальную печь сопротивления. После перекалывания контейнер с загрузкой подключают к вакуумному посту и отпайвают до остаточного давления 10^{-4} торр. Выращивание монокристалла осуществляют модифицированным методом Бриджмена-Стокбаргера с возможностью изменения соотношения температурных градиентов в расплаве и растущем кристалле. Печь нагревают, доводя шихту до плавления. Аксиальный температурный градиент составляет от 2 до $3^\circ\text{C}/\text{мм}$. Скорость выращивания составляет 4 мм/сутки. Использована конструкция печи, позволяющая менять соотношение температурных градиентов в расплаве и растущем кристалле, что позволяет преодолеть ряд сложных моментов, связанных с особенностью теплофизических свойств теллуридов [Hönle W., Kühn G., Neumann H. Zeitschrift für anorganische und allgemeine Chemie, 1986, v. 532, p. 150-156]. После стадии выращивания печь охлаждают со скоростью $10^\circ\text{C}/\text{час}$.

Параметры ячейки полученного монокристалла: $a=6.38124(8)$ Å, $c=12.1108(2)$ Å, $V=493.16(2)$ Å³. Диапазон прозрачности от 0.76 до 14.8 мкм, ширина запрещенной зоны 1.837 эВ при 300 К, рассчитанные значения двулучепреломления 0.049 при 2 микрон и нелинейных коэффициентов $d_{13}=-3.70$ пм/В и $d_{14}=-48.73$ пм/В.

Пример 2. Для получения монокристаллического образца $\text{LiGa}_{0.75}\text{In}_{0.25}\text{Te}_2$ используют исходные элементарные компоненты: литий, галлий, индий и теллур высокой чистоты: литий - 0.694 г, галлий - 5.301 г, индий - 2.874 г, теллур - 25.520 г. Условия получения, как в примере 1. Получен образец $\text{LiGa}_{0.75}\text{In}_{0.25}\text{Te}_2$ массой до 30 г. Диапазон прозрачности от 0.64 до 15 мкм.

Пример 3. Для получения образца $\text{LiGa}_{0.25}\text{In}_{0.75}\text{Te}_2$ массой до 30 г используют исходные элементарные компоненты: литий, галлий, индий и теллур высокой чистоты: литий - 0.703 г, галлий - 1.749 г, индий - 8.621 г, теллур - 25.532 г. Условия получения, как в примере 1. Диапазон прозрачности от 0.87 до 15.5 мкм.

(57) Формула изобретения

1. Нелинейный монокристалл литиевых халькогенидов общей формулы $\text{LiGa}_x\text{In}_{1-x}\text{Te}_2$, где x принимает любое значение от 0,1 до 0,9, имеющий пространственную группу $I\bar{4}2$ тетрагональной симметрии, $Z=4$, с параметрами элементарной ячейки $6,3295 < a < 6,398$ Å, $11,682 < c < 12,460$ Å и объемом $468,01 < V < 510,0$ Å³, характеризующийся функциональными параметрами: диапазоном прозрачности от 0,76 до 14,8 микрон, шириной запрещенной зоны 1,837 эВ при 300 К, значениями двулучепреломления 0,049 при 2 мкм и нелинейными коэффициентами $d_{13}=3,70$ пм/В и $d_{14}=48,73$ пм/В.

2. Способ получения монокристалла литиевых халькогенидов общей формулы

LiGa_xIn_{1-x}Te₂, где x принимает любое значение от 0,1 до 0,9, включает предварительный синтез соединения LiGa_xIn_{1-x}Te₂ из элементарных компонентов Li, In, Ga и Te в условиях обеспечения стехиометрического соотношения компонентов, рост монокристалла модифицированным методом Бриджмена-Стокбаргера в вакуумированной ампуле при 5 обеспечении изменения соотношения температурных градиентов в расплаве и растущем кристалле при скорости выращивания от 2 до 10 мм/сутки и среднем значении аксиального температурного градиента от 2 до 3°С/мм и охлаждение печи со скоростью порядка 10°С/ч.

10

15

20

25

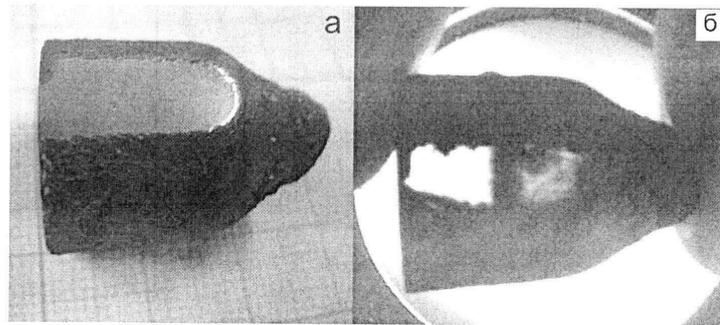
30

35

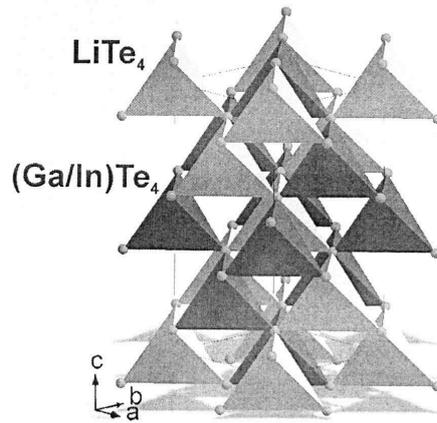
40

45

1

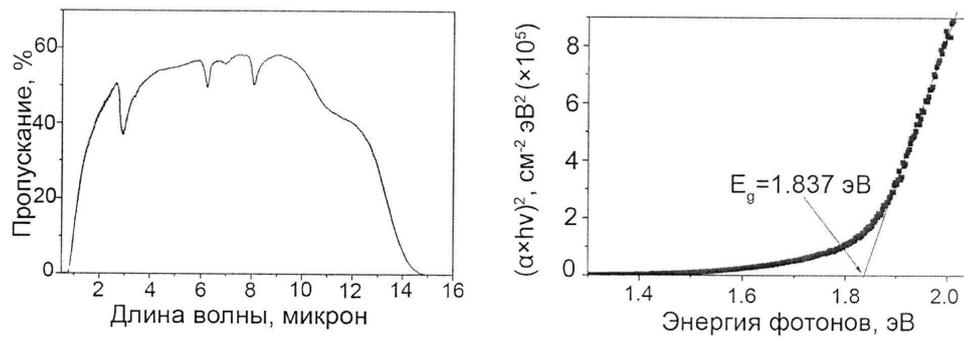


Фиг. 1



Фиг. 2

2



Фиг. 3.