

В. В. ВОРОНОВ, Ю. С. КУЗЬМИНОВ, В. В. ОСИКО,
академик А. М. ПРОХОРОВ, Л. С. ШУМСКАЯ,
Г. П. ШИПУЛО

НИОБАТ БАРИЯ-НАТРИЯ-КАЛИЯ — ПЕРСПЕКТИВНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ НЕЛИНЕЙНОЙ ОПТИКИ

Кристаллы ниобата бария-натрия (НБН) являются эффективными преобразователями ближнего инфракрасного излучения с $\lambda=1,06$ мкм в видимое с $\lambda=0,53$ мкм, обладают относительно высокими электрооптическими коэффициентами (более высокими, чем у ниобата лития) и прозрачны в области $0,35-5,5$ мкм (¹, ²). Эти свойства обуславливают широкие возможности его использования для управления лазерным излучением.

Температура фазового согласования кристаллов НБН при прохождении первичного излучения с $\lambda=1,06$ мкм перпендикулярно оптической оси для разных направлений, составляет $100-80^\circ\text{C}$, полуширина выхода второй гармоники в зависимости от температуры составляет всего $0,8-1^\circ$. Это значит, что для эффективного преобразования излучения необходимо достаточно стабильно поддерживать температуру кристалла. Наличие дополнительного нагревателя усложняет использование кристалла внутри резонатора лазера.

Частичная замена в кристалле НБН ионов Na на ионы K приводит к значительному снижению температуры фазового согласования, а также оказывает влияние на другие физические свойства (³, ⁴).

Нами были выращены кристаллы составов $K_xNa_{(1-x)}Ba_2Nb_5O_{15}$, в которых x изменяется от 0 до 0,6, и исследованы их диэлектрические, электрооптические и генерационные характеристики.

Выращивание производилось из платиновых тиглей по методу Чохральского с индукционным нагревом. Предварительный синтез соединения проводился в твердой фазе при температуре $1100-1200^\circ\text{C}$ в течение 3—4 час. В качестве исходных соединений использовались углекислые соли и пятиокись ниобия марки особой чистоты. Из кристаллических буль вырезались элементы в форме параллелепипедов, ориентация которых выполнялась на рентгеновском дифрактометре. Раздвойникование кристаллов проводилось путем приложения статической нагрузки, вдоль направления [100] псевдотетрагональной решетки кристалла при повышенной температуре. Нагрузка варьировалась от 80 до 160 кг/см².

Измерялись температурные зависимости диэлектрической проницаемости ϵ и тангенса диэлектрических потерь $\text{tg } \delta$ на чистоте 1 кгц; при температуре Кюри ϵ достигало 10^3 , $\text{tg } \delta$ составлял 3—4.

На рис. 1 представлена зависимость температуры Кюри от состава кристалла. Здесь же показано изменение температуры перехода из орторомбической в тетрагональную фазу, которая определяет температуру раздвойникования. Из приведенных зависимостей видно, что при увеличении содержания ионов K в кристалле монотонно снижается и температура Кюри, и температура фазового перехода.

Измерение полуволнового напряжения $U_{\lambda/2}$ проводилось динамическим методом. В качестве источника излучения использовался (He—Ne)-лазер с $\lambda=0,63$ мкм и диаметром пучка $\sim 0,5$ мм. Луч лазера пропусклся через кристалл вдоль осей X и Y. Кристалл перемещался вдоль оси Z, что позво-

ляло измерять $U_{\lambda/2}$ в отдельных точках кристаллических элементов. Результаты измерений представлены на рис. 2а. При увеличении содержания калия в исследуемых кристаллах происходит уменьшение полуволнового напряжения, которое вызвано увеличением электрооптических коэффициентов. Последнее обстоятельство может быть объяснено ростом степени ионности связи в решетке кристалла при замене натрия на калий.

Исследование температурной зависимости выхода второй гармоники проводилось по методу, аналогичному изложенному в работе (5). Нами

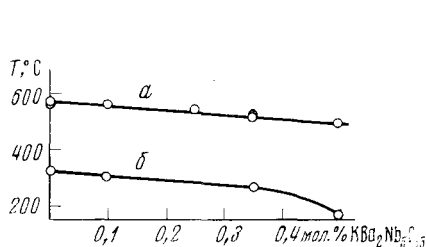


Рис. 1. Зависимость температуры Кюри (а) и температуры фазового перехода (тетрагональная-орторомбическая модификация) (б) от состава кристаллов ниобата бария-натрия-калия

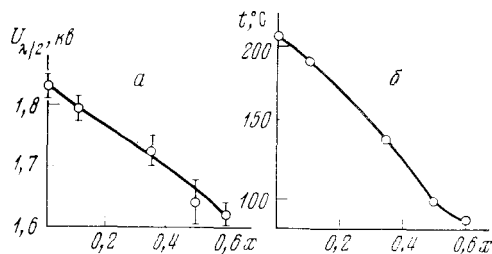


Рис. 2. Зависимость полуволнового напряжения $U_{\lambda/2}$ ($\lambda=0,63$ мкм) (а) и температуры t фазового согласования генерации второй гармоники ($\lambda=1,15$ мкм) (б) от состава кристаллов ниобата бария-натрия-калия

использовалось излучение (He—Ne)-лазера с длиной волны $\lambda=1,15$ мкм. Луч света имел поляризацию, перпендикулярную оптической оси кристалла. Нагревание кристалла производилось при помощи ультратермостата У-10. Запись второй гармоники производилась на двухкоординатном самописце. На рис. 2б приведены температуры фазового согласования в зависимости от состава исследуемых кристаллов. При увеличении содержания калия в кристаллах температура фазового согласования уменьшается, т. е. ведет себя так же, как температура Кюри. Для излучения лазера на гранате с неодимом с $\lambda=1,06$ мкм и мощностью излучения 4 Вт в квази непрерывном режиме получена генерация второй гармоники при комнатной температуре для состава кристалла $K_{0,35}Na_{0,65}Ba_2Nb_5O_{15}$. Лазерный луч при этом пропускаться по направлениям X или Y.

Таким образом, полученные результаты показывают, что на замещенных кристаллах бария-натрия-калия возможно создание устройств для эффективного преобразования излучения неодимового лазера во вторую гармонику при комнатной температуре.

Физический институт им. П. Н. Лебедева
Академии наук СССР
Москва

Поступило
26 IV 1974

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ J. E. Geusic, H. J. Levinstein et al., Appl. Phys. Lett., v. 12, 306 (1968). ² В. В. Воронов, Е. В. Жариков и др., ФТТ, т. 16, 162 (1974). ³ D. F. O'Kane, C. Burns et al., J. Electrochem. Soc., v. 116, 1555 (1969). ⁴ G. Burns, E. A. Giess et al., J. Appl. Phys., v. 40, 901 (1969). ⁵ Л. И. Иванова, Ю. С. Кузьминов, Л. С. Шумская, ФТТ, т. 14, 3137 (1972).