

ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ГЕНЕРАЦИЯ СВЕТА В ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ НЕЛИНЕЙНЫХ КРИСТАЛЛАХ LiJO_3 И $\alpha\text{-HJO}_3$

А.И. Израиленко, А.И. Ковригин, П.В. Никлес

Предметом настоящей работы является изложение результатов исследования перестраиваемых параметрических генераторов света (ПГС) ближнего ИК и видимого диапазонов на новых нелинейных кристаллах группы иодатов. Ранее эти кристаллы использовались в удвоителях частоты [1, 2] и в опытах по параметрической люминесценции [3]. Нами на этих кристаллах впервые созданы эффективные параметрические генераторы (КПД по энергии $\sim 10\%$). Исследование нелинейных свойств и оптической прочности выращенных кристаллов показали, что предельный коэффициент модуляции диэлектрической проницаемости в кристаллах LiJO_3 и $\alpha\text{-HJO}_3$ соответственно на порядок превышает таковую для кристаллов LiNbO_3 и KDP. Оба кристалла выращиваются из раствора и в настоящее время выращены кристаллы размером в несколько сантиметров хорошего оптического качества. Кристаллы LiJO_3 выращивались на затравках z среза методом испарения из раствора при 40 и 60°C при $\text{pH} \sim 1,5$. Скорость роста кристаллов не превышала 0,5 мм в сутки. Исходными материалами для выращивания LiJO_3 служили HJO_3 марки ЧДА и Li_2CO_3 особой чистоты.

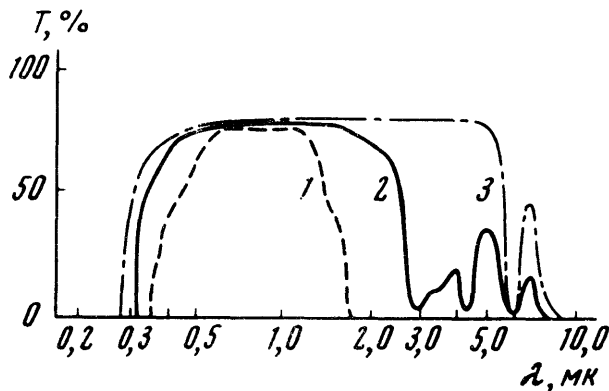


Рис. 1. Область прозрачности в кристаллах $\alpha\text{-HJO}_3$ и LiJO_3 . Свет поляризован $E \parallel z$.
1 - $\alpha\text{-HJO}_3$, $\ell = 20,1$ мм, 2 - LiJO_3 , $\ell = 16,05$ мм,
3 - LiJO_3 , $\ell = 2,72$ мм из работы [5]

В качестве источника накачки ПГС в экспериментах использовалась вторая гармоника лазера на стекле с неодимом, работавшего в одномодовом режиме. Плотность мощности излучения второй гармоники составляла до 250 Вт/см^2 , диаметр пучка 2,5 мм. Кристалл LiJO_3 . Рабочий элемент вырезался под углом $\theta = 30^\circ$ относительно оси z . Длина кристалла составляла $\ell = 1,6$ см. Эффективный нелинейный коэффициент для взаимодействия $00 - e$

в этом случае равен $d_{эф} = 2 \sin \theta d_{31}$ ¹⁾. Резонатор ПГС образовывался плоскими диэлектрическими зеркалами с высоким коэффициентом отражения только для сигнальной волны: $F_c > 99\%$.

Коэффициент отражения для холостой волны и волны накачки был меньше 20% (однорезонаторный ПГС) [5, 6]. Область перестройки определялась прозрачностью кристалла (рис. 1), полоса поглощения в образце начиналась вблизи 2,7 мк.

Перестройка осуществлялась поворотом кристалла внутри резонатора ПГС (рис. 2), при этом сигнальная волна перестраивалась от вырожденного режима $\lambda_c = 1,06$ мк до $\lambda_c = 0,68$ мк и соответственно холостая волна от 1,06 до 2,4 мк. Дальнейшая перестройка оказалась невозможной вследствие повышения порога генерации из-за роста поглощения на холостой частоте.

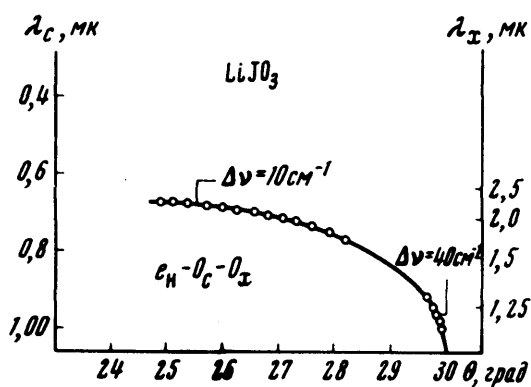


Рис. 2. Перестроечная кривая кристалла LiIO_3 . $\Delta\nu$ — полуширина линий параметрической люминесценции ($\ell = 16,05$ мк)

Спектральные характеристики излучения ПГС исследовались на спектрографе ДФС-8 (регистрировалось только излучение сигнальной волны). Спектральная ширина выходного излучения вблизи вырожденного режима составляла 40 – 60 Å и сужалась до 1 – 2 Å при $\lambda_c = 0,68$ мк. Соответствующие расчетные значения полуширины линии параметрической люминесценции равны 40 и 5 Å.

Теоретический порог генерации для нашей схемы составлял $\sim 1 \text{ Мвт/см}^2$. Однако вследствие того, что для накачки были использованы сравнительно короткие импульсы $\tau_H = 15 \text{ нсек}$, стационарный режим не успевал устанавливаться. При этом экспериментальный порог, определяемый нарастанием мощности ПГС и чувствительностью нашей аппаратуры, был равен 10 Мвт/см^2 . При мощности накачки $P_H = 45 \text{ Мвт/см}^2$ коэффициент преобразования по энергии $W_x/V_H = 8\%$.

¹⁾Примечание. Величины d_{31} , измеренные в различных лабораториях, несколько отличаются: $d_{31 \text{LiIO}_3} = (31 \pm 3) d_{36 \text{KDP}}$ [2], $d_{31 \text{LiIO}_3} = (16 \pm 2) d_{36 \text{KDP}}$ [4].

Исследования показали, что кристалл LiJO_3 оказался значительно более стойким к излучению чем кристалл LiNbO_3 . Пороги разрушения, составляли соответственно $40 - 50 \text{ Мвт/см}^2$ и 10 Мвт/см^2 . Если характеризовать предельную нелинейную эффективность кристалла при равной длине как произведение $P_{\text{проб}}$ на $d_{\text{эф}}^2/n^2$, то кристалл LiJO_3 оказывается в $\sim 9,4$ раза эффективнее кристалла LiNbO_3 . Таким образом хотя кристаллы LiJO_3 не обладают 90° -синхронизмом и тем самым не могут быть использованы для непрерывных ПГС, их следует считать наиболее перспективными для мощных импульсных ПГС видимого и инфракрасного диапазона.

Кристалл $\alpha\text{-HJO}_3$. Использовался кристалл длиной $\ell = 2,5 \text{ см}$, вырезанный в плоскости ab под углом $\theta = 25^\circ$ к оси b для взаимодействия $e_H = e_o$. В этом случае $d_{\text{эф}} = 2 \sin 2d_{14}$ и $d_{14} = (1,5 \pm 1)d_{31 \text{LiNbO}_3}$.

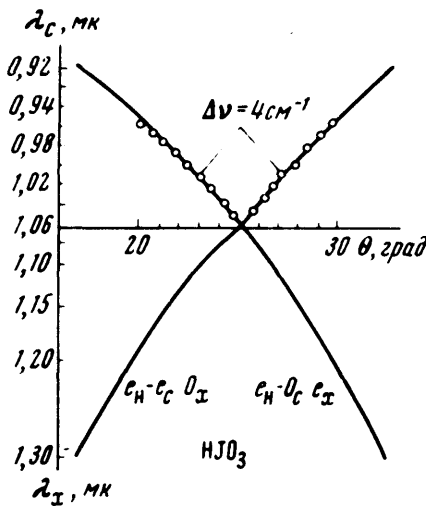


Рис. 3. Область перестройки в $\alpha\text{-HJO}_3$ (сплошные линии теоретические данные, $\ell = 20,1 \text{ мм}$)

Рабочие поверхности торцов кристалла защищались стеклянными пластинами, посаженными на оптический контакт с помощью иммерсионной жидкости.

Перестройка длины волны излучения генератора в диапазоне $0,96 - 1,2 \text{ мк}$ также осуществлялась поворотом кристалла. Экспериментальные данные согласуются с расчетными (рис. 3).

Были исследованы спектральные характеристики входного излучения ПГС с резонатором по обеим параметрическим частотам, и в случае резонатора только по сигнальной частоте. В первом случае спектр состоит из групп линий, определяемых условиями совпадения мод [7]. Общая ширина была $\leq 8 \text{ \AA}$ и расстояние между группами линий $\Delta \lambda = 2,2 \text{ \AA}$. Соответственно расчетная ширина линии люминесценции равна 4 \AA , а $\Delta \lambda_{\text{рас}} = 1,9 \text{ \AA}$. В схеме с резонатором только по сигнальной частоте спектр состоял из одной линии шириной $\delta \lambda = 0,1 \text{ \AA}$, т. е. из одной продольной моды, межмодовое расстояние для нашего резонатора равно $0,25 \text{ \AA}$. Спектр регистрировался с помощью интерферометра Фабри - Перо. При значительном превышении мощности накачки P_H пороговую мощность $F_{\text{пор}}$ появлялось несколько мод и даже две группы линий с расстоянием характерным для резонатора по двум частотам. По-видимому, сказывалось остаточное отражение зеркал по холостой частоте $F_x \sim 2\%$. Коэффициент преобразования по мощности был сравним с КПД для генератора на кристалле КТР.

Кристалл α -HfO₂ достаточно стойкий к радиационному разрушению. Повреждения кристалла в виде нитей имели место при $P_{\text{проб}} \geq 55 \text{ МэВ/см}^2$ (для кристалла KDP $P_{\text{проб}} \approx 500 \text{ МэВ/см}^2$). Таким образом предельная эффективность α -HfO₂ в 9 раз выше KDP.

Физический факультет
Московского
государственного университета
им. М.В.Ломоносова

Поступила в редакцию
16 октября 1970 г.

Литература

- [1] S.K.Kurtz, T.T.Perry, J.G.Bergman. Appl. Phys. Lett., 12, 186, 1968.
 - [2] G.Nath, S.Haussühl. App. Phys. Lett., 14, 154, 1969.
 - [3] A.J.Campillo, C.L.Tang. Appl. Phys. Lett., 16, 242, 1970.
 - [4] F.R.Nash, J.G.Bergman et al. J. Appl. Phys., 40, 5201, 1969.
 - [5] Т.И.Фрейдман. Нелинейная оптика. Труды 2-го Всесоюзного симпозиума по нелинейной оптике.
 - [6] J.E.Björkholm. Appl. Phys. Lett., 13, 53, 1968.
 - [7] А.И.Ковригин, П.Б.Никлес и др. Вестник МГУ, 11, №5, 1970.
-