

УДК 548.0: 535.55

## ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ “МАЛЬТИЙСКОГО КРЕСТА” В КОНОСКОПИЧЕСКИХ КАРТИНАХ

© 2008 г. О. Ю. Пикуль, канд. физ.-мат. наук; К. А. Рудой, канд. физ.-мат. наук;  
В. И. Строганов, доктор физ.-мат. наук

Дальневосточный государственный университет путей сообщения, Хабаровск

E-mail: garmonica@festu.khv.ru

Показано, что в общем случае в коноскопических картинах плоскопараллельных кристаллических пластинок наблюдается двойной “мальтийский крест”. Условием наблюдения двойного “мальтийского креста” является неравенство угла между осями пропускания поляризатора и анализатора  $0^\circ$  и  $90^\circ$ .

Коды OCIS: 230.5440, 230.1150, 160.1190, 120.2130.

Поступила в редакцию 11.07.2007.

В литературных источниках указано на существование черного “мальтийского креста” в коноскопических картинах при скрещенных поляризаторе и анализаторе и светлого “мальтийского креста” при параллельных поляризаторе и анализаторе [1–4]. Описание вида “мальтийского креста” при произвольных углах между осями пропускания поляризатора и анализатора не проводилось.

Ниже, используя систему компьютерной математики Maple 6, по формулам для интенсивности излучения, прошедшего через поляризатор – кристаллическую пластинку – анализатор [5, 6], авторы рассчитали и построили коноскопические картины для различного взаимного положения осей пропускания поляризатора и анализатора.

Расчет проведен для двух случаев: для кристаллической пластинки толщиной  $d = 10$  мм, изготовленной из оптически неактивного кристалла ниобата лития ( $\text{LiNbO}_3$ ) (рис. 1), и кристаллической пластинки толщиной  $d = 1$  мм, изготовленной из оптически активного кристалла парателлурита ( $\text{TeO}_2$ ) (рис. 2). Оптическая ось кристалла в том и другом случаях перпендикулярна плоскости пластинки.

Анализ изменений интенсивности излучения на кольцах-изохромах коноскопической картины при различных положениях осей пропускания поляризатора и анализатора в соответствии с выражением [1, 2]

$$I = I_0(\cos^2\chi - \sin 2\varphi \sin 2(\varphi - \chi) \sin^2 \Delta/2), \quad (1)$$

где  $\varphi$  – текущий азимутальный угол,  $\chi$  – угол между осями пропускания поляризатора и анализатора,  $\Delta$  –

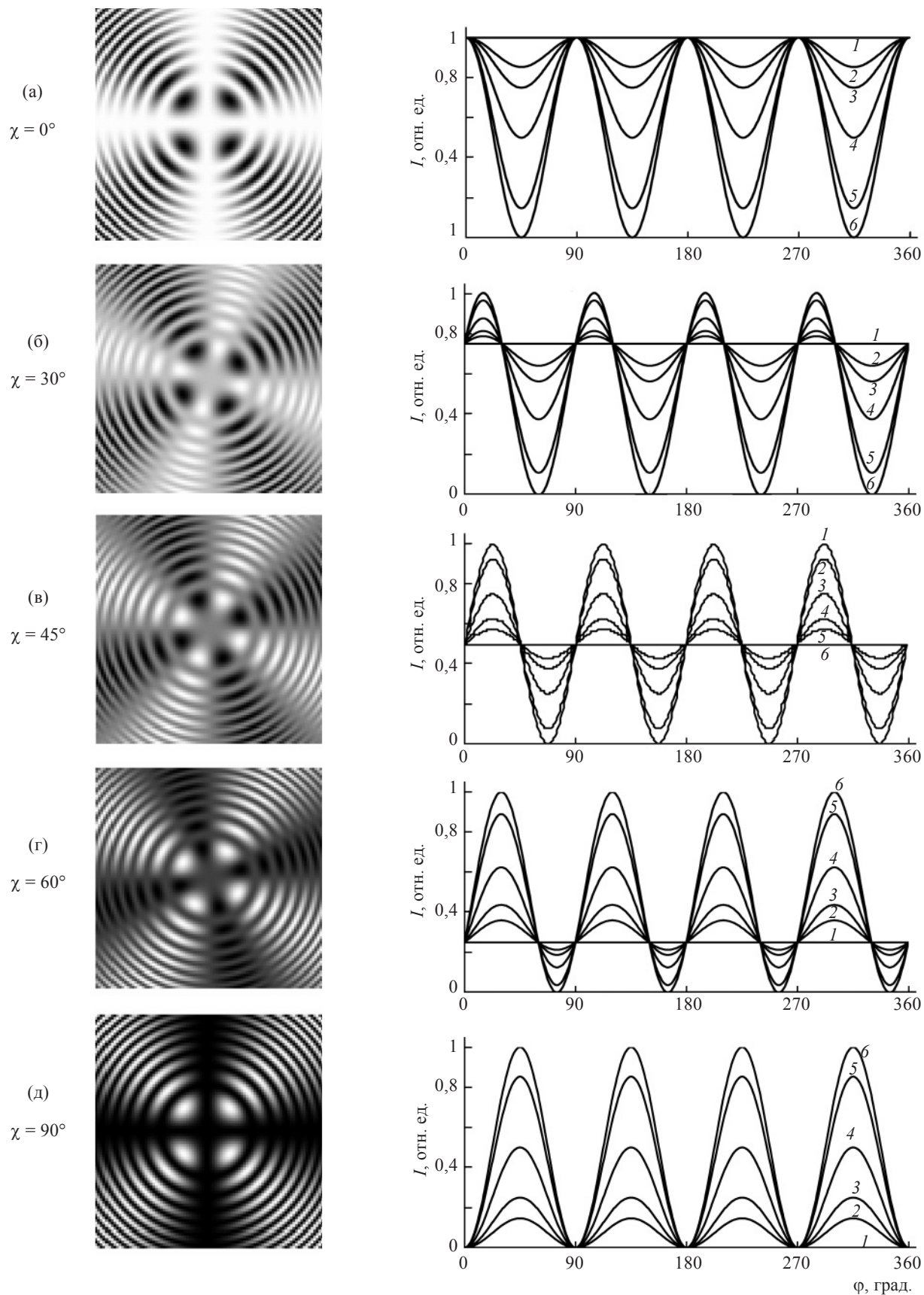
разность фаз между обыкновенным и необыкновенным лучами, показал, что существуют азимутальные углы  $\varphi$ , для которых изохромны с различными фазовыми сдвигами  $\Delta$  имеют одинаковую интенсивность. В целом эти направления и создают фрагменты “мальтийского креста”.

При параллельных поляризаторе и анализаторе ( $\chi = 0^\circ$ ) таких радиальных направлений четыре и располагаются они через  $90^\circ$  (рис. 1). Интенсивность всех изохром при пересечении с этими направлениями равна  $I_0$ , т. е. сформирован светлый “мальтийский крест” (рис. 1а).

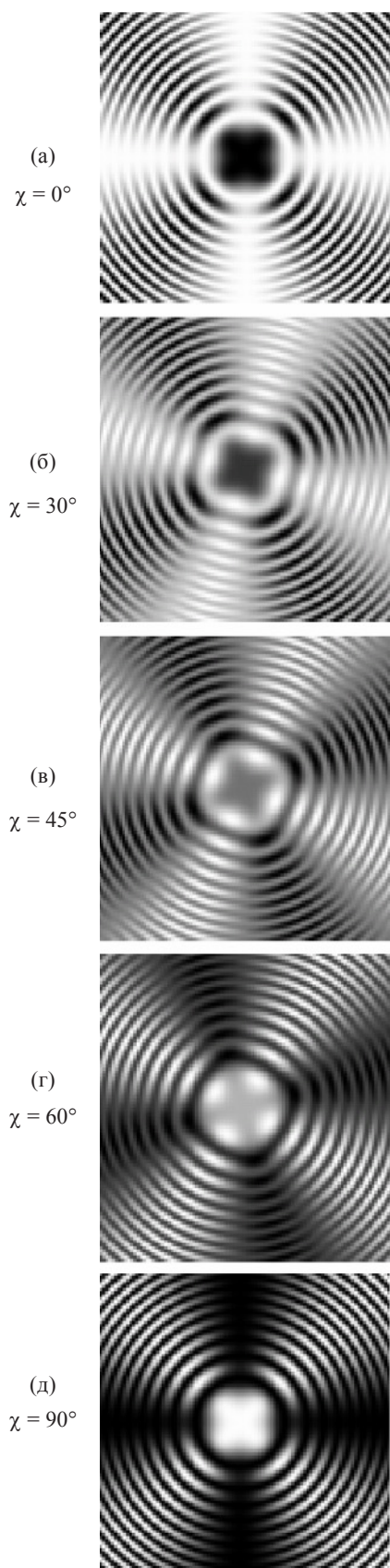
При скрещенных поляризаторе и анализаторе ( $\chi = 90^\circ$ ) таких радиальных направлений также четыре и располагаются они также через  $90^\circ$ , но интенсивность изохром в этих направлениях равна нулю, т. е. наблюдается черный “мальтийский крест” (рис. 1д).

При произвольно расположенных осях пропускания поляризатора и анализатора таких радиальных направлений уже восемь, интенсивность изохром в этих направлениях одинакова. Например, при угле  $\chi = 45^\circ$  между осями пропускания поляризатора и анализатора интенсивность радиальных направлений составляет  $I = 0,5I_0$  (рис. 1в).

При угле  $\chi = 60^\circ$  между осями пропускания поляризатора и анализатора интенсивность радиальных направлений составляет  $I = 0,25I_0$  (рис. 1г). При дальнейшем увеличении угла между осями пропускания поляризатора и анализатора максимумы и минимумы меняются местами. Во всех случаях при этом имеются четыре зафиксированных радиальных направления  $\varphi$ :  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$  и  $270^\circ$ , формирующих



**Рис. 1.** Коноскопические картины оптически неактивного кристалла ниобата лития ( $\text{LiNbO}_3$ ) толщиной 10 мм, рассчитанные в Maple 6 при соответствующих углах  $\chi$  между осями пропускания поляризатора и анализатора. С правой стороны – зависимость интенсивности излучения, прошедшего поляризатор – кристаллическую пластинку – анализатор, от угла  $\phi$ . Значения разности фаз  $\Delta$ , град. 1 – 0, 2 – 45, 3 – 60, 4 – 90, 5 – 135, 6 – 180.



**Рис. 2.** Двойной “мальтийский крест” в коноскопических картинах оптически активного кристалла парателлурида ( $\text{TeO}_2$ ).

один неподвижный “мальтийский крест” с постепенно меняющейся интенсивностью. Остальные четыре радиальных направления формируют второй “мальтийский крест”, который поворачивается вокруг неподвижного креста на угол, соответствующий углу поворота анализатора. При изменении угла между осями пропускания поляризатора и анализатора  $\chi$  от  $0^\circ$  до  $90^\circ$  интенсивность обоих крестов меняется одинаково в интервале от  $I_0$  до нуля.

Эксперимент также подтверждает, что при повороте анализатора из скрещенного с поляризатором положения темный “мальтийский крест” постепенно распадается на два “мальтийских креста”. При этом один “мальтийский крест” остается неподвижным, второй “мальтийский крест” поворачивается на угол, соответствующий углу поворота анализатора. При совпадении осей пропускания поляризатора и анализатора оба креста сливаются в один светлый крест, при ортогональном положении осей пропускания – в один темный крест.

Интенсивность обоих крестов одинакова и синхронно меняется от минимальной (при “скрещенных” поляризаторе и анализаторе) до максимальной (при “параллельных” поляризаторе и анализаторе). Интенсивность в центре коноскопической картины соответствует интенсивности крестов.

Такие же изменения, только в обратном порядке, происходят при вращении анализатора из положения, при котором оси пропускания поляризатора и анализатора параллельны.

Для кристаллической пластинки, вырезанной из кристалла парателлурида (одноосный гиротропный кристалл), такое изменение коноскопической фигуры при вращении анализатора заметно несколько хуже. Причиной этого является отсутствие “мальтийского креста” в центре картины за счет влияния оптической активности (рис. 2).

Отметим, что на рис. 1 для иллюстрации приведены графики изменения интенсивности излучения, прошедшего через систему поляризатор–кристаллическая пластинка–анализатор в зависимости от азимутального угла  $\varphi$ . Кривые 1–6 соответствуют определенной разности фаз  $\Delta$  между обычным и необыкновенным лучами (от 0 до  $\pi$ ). На коноскопических картинах разность фаз  $\Delta$ , равная 0,  $2\pi$ ,  $4\pi$  и так далее, соответствует окружностям-изохромам с минимальной или максимальной интенсивностью.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Борн М., Вольф Э. Основы оптики. М.: Наука, 1970. 855 с.
2. Константинова А.Ф., Гречушников Б.И., Бокуть Б.В.,

- Валяшко Е.Г.* Оптические свойства кристаллов. Минск: Наука и техника, 1995. 302 с.
3. *Меланхолин Н.М.* Методы исследования оптических свойств кристаллов. М.: Наука, 1970. 155 с.
4. *Сиротин Ю.И., Шаскольская М.П.* Основы кристаллофизики. М.: Наука, 1979. 640 с.
5. *Рудой К.А., Набатов Б.В., Строганов В.И. и др.* Коноскопические картины в оптически активных одноосных кристаллах // Кристаллография. 2003. Т. 48. № 2. С. 334–339.
6. *Рудой К.А.* Автореф. дисс. канд. физ.-мат. наук. Хабаровск, 2003. 16 с.
-