

О. Ю. ПИКУЛЬ, Г. В. КУЛИКОВА, В. И. СТРОГАНОВ

## ТРАНСФОРМАЦИЯ КОНОСКОПИЧЕСКИХ КАРТИН КРИСТАЛЛА ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ НАБЛЮДЕНИЯ

Исследуется процесс трансформации коноскопической картины оптического кристалла при изменении месторасположения кристаллической фазовой пластинки  $\lambda/4$  в оптической системе наблюдения. Приведены результаты экспериментов, проведенных для оптически активного кристалла  $\text{TeO}_2$ .

**Ключевые слова:** интерференция, коноскопическая картина, циркулярная поляризация, пластинка  $\lambda/4$ .

Исследование оптических свойств кристаллов с помощью интерференционного (коноскопического) метода представляет особый интерес в связи с возможностью получения дополнительной информации об их оптических параметрах и характеристиках [1, 2].

Коноскопическая картина, традиционно наблюдаемая в поляризационном микроскопе, формируется излучением, проходящим через кристалл, который помещен между линейными поляризатором и анализатором. Вместе с тем получить сильно сходящийся пучок лучей достаточно трудно, тогда как при анализе тонких кристаллических пластинок необходимы пучки с угловой апертурой порядка  $100\text{--}120^\circ$ . Если же угловая апертура составляет  $20\text{--}30^\circ$ , то в поле зрения наблюдается только часть картины, например одна интерференционная полоса. Кроме того, небольшой масштаб коноскопической картины, наблюдаемой в поляризационном микроскопе, малый размер кристаллов, а также узкое поле зрения, обусловленное небольшой угловой апертурой светового пучка, ограничивают возможности применения коноскопического метода.

Использование схемы наблюдения коноскопических картин в сильно расходящихся пучках [3] позволяет расширить функциональные возможности коноскопического метода (рис. 1). Излучение He—Ne-лазера 1, пропущенное через поляризатор 2 и рассеиватель 3, проходит через исследуемую кристаллическую пластинку 4 и на выходе анализатора 5 образует на экране 6 крупномасштабную коноскопическую картину. Такая схема наблюдения позволяет применять коноскопический метод при исследовании оптических свойств кристаллов, при этом можно изменять форму поляризации излучения и использовать циркулярно и эллиптически поляризованное излучение; кроме того, такая схема позволяет исследовать влияние углового распределения интенсивности световых пучков на коноскопическую картину; обеспечить возможность наблюдения двойных коноскопических картин; исследовать интерференционные явления в системе из нескольких оптических элементов, в том числе с оптическими кварцевыми линзами.

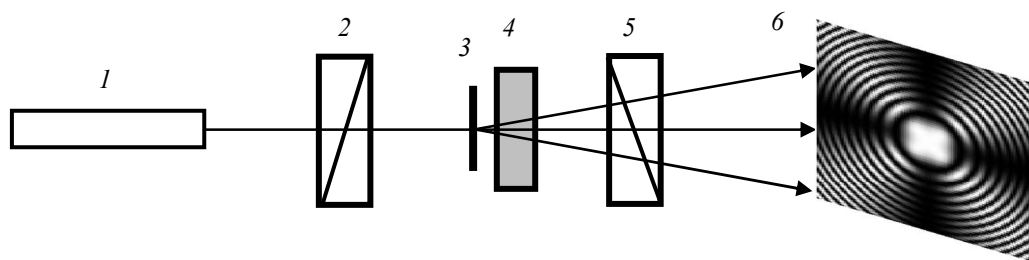


Рис. 1

Кристаллическая фазовая пластинка  $\lambda/4$  достаточно часто применяется в поляризационных измерениях для получения циркулярного излучения. Использование такой пластинки при реализации коноскопического метода приводит к весьма необычным коноскопическим

картинам, что открывает новые возможности их практического применения в различных оптических устройствах: см. рис. 2—4, *а* — результаты эксперимента, *б* — соответствующие теоретически рассчитанные коноскопические картины.

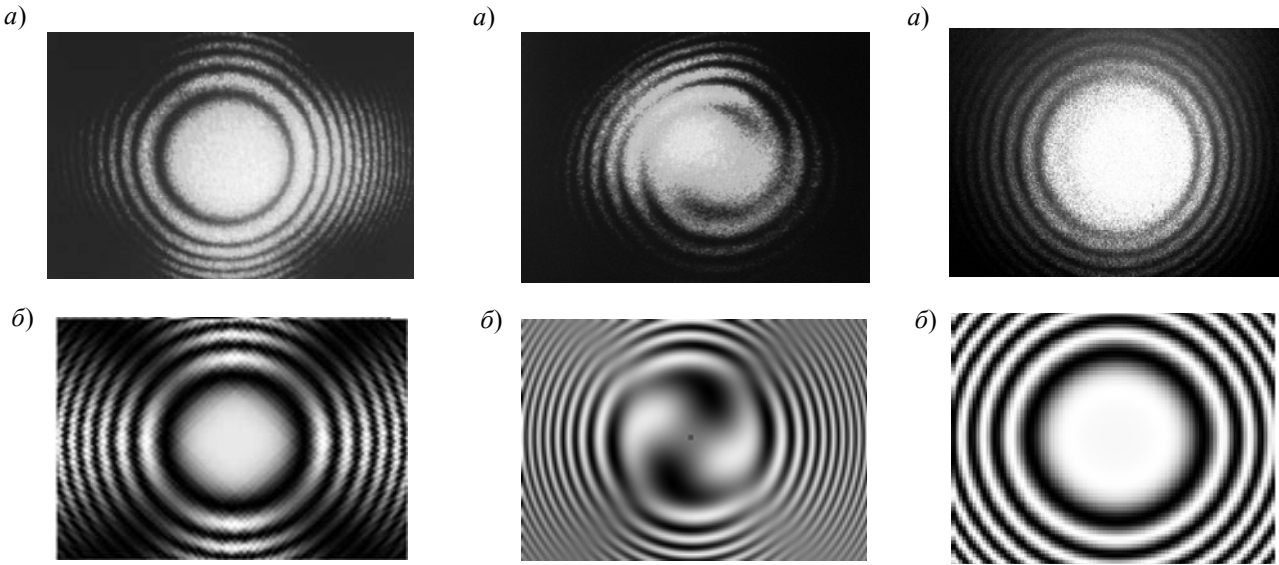


Рис. 2

Рис. 3

Рис. 4

При размещении в оптической схеме (см. рис. 1) пластинки  $\lambda/4$  после поляризатора (наблюдение с циркулярным поляризатором) излучение становится циркулярно поляризованным, и коноскопическая картина оптически активного кристалла видоизменяется. При этом система колец-изохром (см. рис. 2) трансформируется в две спирали, вложенные одна в другую (см. рис. 3), а светлый „мальтийский крест“ наблюдается на периферии поля зрения. Направление закручивания спиралей от периферии к центру (правое или левое при взгляде навстречу лучу) соответствует направлению вращения светового вектора поляризации оптически активным кристаллом [4]. Кроме того, поворот пластинки  $\lambda/4$  вокруг вертикальной оси в плоскости входной грани, приводящий к смещению изохром на коноскопической картине (от периферии к центру или наоборот), позволяет определить оптический знак кристалла без использования кварцевого клина [5].

Любопытным фактом является то, что перемещение фазовой пластинки  $\lambda/4$  из положения, при котором она размещена после поляризатора, в положение между кристаллом и анализатором (наблюдение с циркулярным анализатором) не изменяет вида коноскопической картины (рис. 3), хотя через рассеиватель  $\mathcal{Z}$  на кристалл в этом случае падает линейно поляризованное излучение. Сохранение вида коноскопической картины объясняется тем, что она формируется в результате наложения двух коноскопических картин — кристалла (см. рис. 2) и пластинки  $\lambda/4$  (в виде двух систем гипербол). Вследствие достаточно малой толщины пластинки  $\lambda/4$  гиперболы находятся далеко за пределами центра картины вне поля зрения, а центральная часть коноскопической картины совпадает с рис. 3.

Рассмотренная схема наблюдения в основном применяется в сингулярной оптике, когда анализатор циркулярной поляризации, помещенный после кристалла, используется для создания оптических вихрей и управления их геометрическим положением, а также величиной и знаком топологического заряда [6].

При размещении двух фазовых пластинок  $\lambda/4$  — до и после кристалла — „мальтийский крест“ перестает затенять коноскопическую картину и полностью исчезает, оставляя хорошо различимую систему колец-изохром, что позволяет контролировать наличие оптических дефектов (рис. 4). Еще раз отметим, что все три коноскопические картины (см. рис. 2—4) наблюдаются при использовании одной и той же кристаллической пластинки.

Расчеты, выполненные с применением программы компьютерной математики Maple, достаточно хорошо согласуются с экспериментом.

Вид коноскопических картин кристаллов с оптической осью в плоскости входной грани практически нечувствителен к любым перемещениям пластинки  $\lambda/4$  в оптической системе. Картины сохраняют вид двух систем гипербол, осью симметрии одной из которых является оптическая ось кристалла. При этом происходит некоторое смещение гипербол относительно центра картины и изменение их интенсивности.

Система наблюдения коноскопических картин в случае использования слаборасходящего широкоапертурного пучка (рис. 5) позволяет получить нетрадиционные коноскопические картины — параллельные полосы, кольца, эллипсы [7]. Излучение He—Ne-лазера 1, пропущенное через рассеиватель 2 и диафрагму 3, проходя через поляризатор 4 и положительную линзу 6, попадает на кристалл 8. Линза 6 расположена таким образом, что диафрагма 3 находится в ее фокусе и при необходимости линзу можно перемещать. Коноскопическая картина, локализованная в плоскости кристалла 8, при помощи линзы 7 через анализатор 5 проецируется на экран 9. При увеличении угла  $2\theta$  коноскопическая картина плавно трансформируется в две системы гипербол.

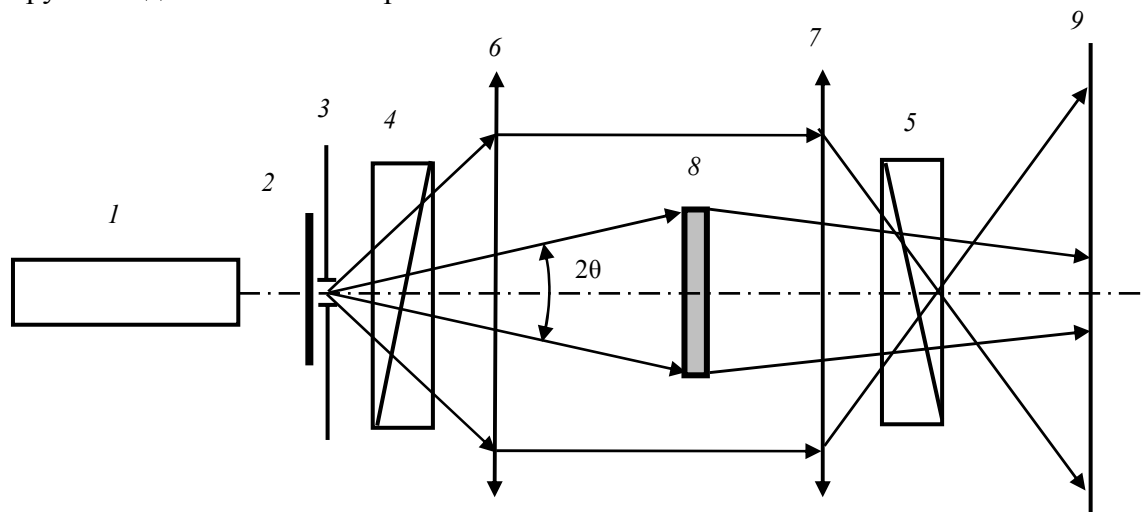


Рис. 5

Пучок лучей в этой оптической системе должен иметь такие поперечные размеры, чтобы каждая точка поверхности кристалла была освещена лучами, идущими в заданных направлениях. Тогда каждая точка изображения на экране будет соответствовать определенной точке на поверхности входной грани кристалла. Использование широкоапертурных слаборасходящихся пучков позволяет обнаружить оптические неоднородности кристалла, как приобретенные в процессе его роста, так и предварительно наведенные. При использовании двух и более близко расположенных оптических кристаллов возможна интерференция коноскопических картин.

Таким образом, варьирование схем наблюдения коноскопических картин оптических кристаллов позволяет увеличить объем информации, получаемой в ходе одного эксперимента, а также расширить ряд проводимых коноскопическим методом исследований оптически активных кристаллов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Меланхолин Н. М. Методы исследования оптических свойств кристаллов. М.: Наука, 1970.
2. Константинова А. Ф., Гречушников Б. И., Бокуть Б. В., Валяшко Е. Г. Оптические свойства кристаллов. Минск: Наука и техника, 1995.

3. Особенности оптической системы для создания коноскопических фигур больших размеров / О. Ю. Пикуль, Л. В. Алексеева, И. В. Повх, В. И. Строганов, К. А. Рудой, Е. В. Толстов, В. В. Криштоп // Изв. вузов. Приборостроение. 2004. Т. 47, № 12. С. 53—55.
4. Пат. 2288460 РФ, МПК7 G01N 21/21. Способ определения знака вращения плоскости поляризации излучения в оптически активном кристалле / О. Ю. Пикуль, В. И. Строганов // Оpubл. 27.11.06. Бюл. № 33. 13 с.
5. Пат. 2319942 РФ, МПК<sup>7</sup> G01M 11/02, G02B 26/06. Устройство для определения оптического знака кристалла / О. Ю. Пикуль // Оpubл. 20.03.08. Бюл. № 8. 16 с.
6. Воляр А. В., Фадеева Т. А., Егоров Ю. А. Векторные сингулярности гауссовых пучков в одноосных кристаллах: генерация оптических вихрей // Письма в ЖТФ. 2002. Т. 28, вып. 22. С. 70—77.
7. Карпец Ю. М., Строганов В. И., Суй А. В. Коноскопические фигуры нового вида // Нелинейная оптика: Сб. науч. тр. / Под ред. В. И. Строганова. Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2000. С. 57—60.

**Сведения об авторах**

- Ольга Юрьевна Пикуль** — канд. физ.-мат. наук, доцент; Дальневосточный государственный университет путей сообщения, кафедра физики, Хабаровск;  
E-mail: pikoul2008@gmail.com
- Генриетта Владимировна Куликова** — аспирант; Дальневосточный государственный университет путей сообщения, кафедра физики, Хабаровск;  
E-mail: kulikova\_genriet@mail.ru
- Владимир Иванович Строганов** — д-р физ.-мат. наук, профессор; Дальневосточный государственный университет путей сообщения, кафедра физики, Хабаровск;  
E-mail: garmonica@festu.khv.ru

Рекомендована кафедрой  
физики

Поступила в редакцию  
01.03.11 г.