

УДК: 548.0; 535.347

**ИЗМЕРЕНИЕ КОНСТАНТЫ ВЕРДЕ КРИСТАЛЛОВ
ПАРАТЕЛЛУРИТА ДЛЯ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО СВЕТА С
ДЛИНОЙ ВОЛНЫ 355 НМ**

**С. И. Чижиков¹, С.Е.Ильяшенко², С.А.Третьяков³, М. А. Архипова³,
В. Я. Молчанов¹, Е. Ю. Воронцова³, А. Р. Спиридонов³,
И. А. Каплунов³, А. И. Колесников³, А. Б. Залётов⁴**

¹Национальный исследовательский технический университет «МИСиС»,
НТЦ Акустооптики

²Тверской государственной технической университет,
кафедра технологии металлов и материаловедения

³Тверской государственной университет,
кафедра прикладной физики

⁴Тверская государственная медицинская академия,
кафедра физики

С помощью излучения лазера ультрафиолетового диапазона измерено фарадеевское вращение плоскости поляризации в кристаллах парателлурифта. Образец размещался внутри постоянного магнита в виде полого цилиндра с аксиальным полем 0,1 Т. По измеренному значению угла поворота плоскости поляризации прошедшего света, равному 14°40', рассчитана константа Верде для важной в практическом отношении длины волны 355 нм.

Ключевые слова: *парателлурифт, константа Верде*

**VERDET CONSTANT MEASUREMENT FOR PARATELLURITE
CRYSTALS IN ULTRAVIOLET WAVELENGTH 355 nm**

**S. I. Chizhikov¹, S. E. Pyashenko², S. A. Tretiakov³, M. A. Arkhipova³,
V. Ya. Molchanov¹, E. Yu. Vorontsova³, A. R. Spiridonov³,
I. A. Kaplunov³, A. I. Kolesnikov³, A. B. Zalyotov⁴**

¹National Research Technical University "MISA",
RTC Acoustooptics

²Tver State Technical University,
Chair of Metal Technology and Materials Science

³Tver State University,
Chair of Applied Physics

⁴Tver State Medical Academy,
Chair of Physics

Faraday rotation of the polarization plane in paratellurite crystals was measured with the aid of ultraviolet laser. The sample was placed inside a hollow cylindrical permanent magnet with an axial field of 0.1 T. The Verdet constant was calculated by the measured transmitted light polarization plane rotation of 14°40' for a practically important wavelength value of 355 nm.

Keywords: *paratellurite, Verdet constant*

Уникальные акустооптические, нелинейные и пьезоэлектрические свойства кристаллов парателлуриата ($\alpha\text{-TeO}_2$) делают этот материал чрезвычайно перспективным для применения во многих областях науки и техники. До настоящего времени использование парателлуриата в устройствах, связанных с его оптическими свойствами, ограничивалось собственным поглощением на длине волны 0,35 мкм, соответствующей ближнему УФ диапазону [1]. Считалось, что даже для длины волны 0,36 мкм кристаллы практически непрозрачны. Сравнительно недавно появились сообщения о том, что низкое пропускание света на этих длинах волн связано не столько с поглощением, сколько с резким возрастанием коэффициента отражения, обусловленным, в свою очередь, резким увеличением показателя преломления [2]. Оказалось также, что в диапазоне 0,35–0,36 мкм, помимо показателей преломления, очень резко увеличивается и удельное оптическое вращение – до значений более 700 град/мм [2], что больше, чем предсказывалось аппроксимационными зависимостями, полученными в видимом диапазоне [2–5]. В указанный диапазон попадает длина волны современных лазеров, находящихся в промышленном производстве, а именно, 0,355 мкм – третья гармоника излучения лазеров на генерационных средах, в состав которых входят ионы Nd^{3+} ($\lambda = 1,06$ мкм) [6]. Поэтому оптические свойства парателлуриата для этой длины волны представляют особый интерес, и, в частности, фарадеевское вращение – вращение плоскости поляризации луча, распространяющегося соосно с вектором напряженности \mathbf{H} наложенного на кристалл постоянного магнитного поля. При этом поворот на угол θ плоскости поляризации связан с длиной кристалла l в направлении поля соотношением [7]

$$\theta = VHI, \quad (1)$$

где V – константа Верде. В работе [8] были получены значения V для двух длин волн излучения: $V(\lambda = 0,53 \text{ мкм}) = 6,11 \cdot 10^{-5} \text{ рад} \cdot \text{А}^{-1}$; $V(\lambda = 0,63 \text{ мкм}) = 3,78 \cdot 10^{-5} \text{ рад} \cdot \text{А}^{-1}$. В настоящей работе константа Верде была измерена для излучения лазера ультрафиолетового диапазона с длиной волны $\lambda = 0,355$ мкм. Для измерения фарадеевского вращения из монокристалла парателлуриата был изготовлен и отполирован по граням (001) кубический образец с размерами $1 \times 1 \times 1 \text{ см}^3$ вдоль осей [001], [110] и $[\bar{1}\bar{1}0]$. Исследуемый кубик размещался между поляризатором и анализатором так, чтобы лазерный луч был перпендикулярен входной грани (001) и проходил через ее центр. За анализатором находился фотоприемник (Laser Power Meter), сигнал с которого усиливался и поступал на измерительную схему. Для создания магнитного поля применялся кольцевой постоянный магнит на основе Nd-Fe-B с

внутренним диаметром 2,0 см. Напряженность магнитного поля на оси магнита составляла $1,43 \cdot 10^5 \text{ А} \cdot \text{м}^{-1}$. Магнит мог перемещаться вдоль оптической схемы и коаксиально надвигаться на кристалл. Сначала при отодвинутом магните лазерный луч гасился анализатором до минимума. Затем на кристалл надвигался магнит. Поворот плоскости поляризации регистрировался по возрастанию фототока. Далее вышедший из кристалла луч вновь гасился до минимума поворотом анализатора, снабженного отсчетным устройством, позволяющим фиксировать углы с точностью $\pm 0,5'$. Угол θ поворота плоскости поляризации оказался равным $14^\circ 40' \pm 0,5'$. Это дает согласно (1) значение константы Верде для длины волны $\lambda = 0,355 \text{ мкм}$ $V = 1,7 \cdot 10^{-4} \text{ рад} \cdot \text{А}^{-1}$. Дисперсия эффекта Фарадея приближенно описывается формулой [7]

$$V = A/\lambda^2 + B/\lambda^4. \quad (2)$$

В работе [8] значения констант дисперсии были рассчитаны ($A = 3,37 \cdot 10^{-14} \text{ м}^2 \cdot \text{рад} \cdot \text{А}^{-1}$; $B = 2,06 \cdot 10^{-30} \text{ м}^4 \cdot \text{рад} \cdot \text{А}^{-1}$). Согласно этим значениям, угол поворота плоскости поляризации в условиях поставленного в настоящей работе опыта должен быть не более 12° . Таким образом, парателлурит обнаруживает вблизи края фундаментального поглощения резкое усиление и магнитооптических свойств. Высокое значение константы Верде в принципе может быть использовано для создания модуляторов лазерного излучения с длиной волны 0,355 мкм изготавливаемых из кристаллов парателлурита и основанных не на акустооптическом взаимодействии, а на эффекте Фарадея.

Работа выполнена в рамках реализации ФЦП "Научные и научно-педагогические кадры инновационной России" на 2009-2013 годы и при поддержке гранта РФФИ № 09-07-00190.

Список литературы

1. Колесников А.И., Гречишкин Р.М., Молчанов В.Я., Смирнов Ю.М., Сошин С.С. Удельное магнитное вращение в монокристаллах парателлурита // Физика кристаллизации. Тверь: ТвГУ, 1999. С. 69-71.
2. Mc. Carthy K.A., Goutzoulis A.P., Gottlieb M., Singh N.B. Optical rotatory power in crystals of the mercurous halids and tellurium dioxide // Optics Communications. 1987. V. 47. P. 157-159.
3. Кизель В.А., Бурцев В.И. Гиротропия кристаллов. М.: Наука, 1980. С. 304.
4. Блистанов А.А., Бондаренко В.С., Переломова Н.В. и др. Акустические кристаллы. Справочник. М. 1982. С. 252.
5. Kaminsky W., Hartmann E. Anisotropy of optical activity and Faraday effect in TeO_2 // Z.Phys. B. 1993. V. 90. P. 47-50.

6. Молчанов В.Я., Макаров О.Ю., Колесников А.И., Смирнов Ю.М. Перспективы применения монокристаллов TeO_2 в акустооптических дефлекторах УФ диапазона // Вестник ТвГУ. Серия: Физика. 2004. Выпуск 6. №4(6). С. 88-93.
7. Воронцова В.Ю., Гречишкин Р.М., Каплунов И.А., Колесников А.И., Молчанов В.Я., Талызин И.В., Третьяков С.А. Проявление гиротропии при рассеянии света в кристаллах парателлурита // Оптика и спектроскопия. 2008. Т. 104, № 5. С. 822-825.
8. Ландсберг Г.С. Оптика. М.: Наука, 1976. С. 619.

Об авторах:

ЧИЖИКОВ Сергей Иванович - кандидат физ.-мат наук, директор НТЦ акустооптики НИТУ МИСИС;

ИЛЬЯШЕНКО Светлана Евгеньевна - кандидат физ.-мат наук, доцент кафедры технологии металлов и материаловедения ТГТУ;

ТРЕТЬЯКОВ Сергей Андреевич - аспирант ТвГУ;

АРХИПОВА Марина Алексеевна - аспирант ТвГУ;

МОЛЧАНОВ Владимир Яковлевич - кандидат физ.-мат наук, главный научный сотрудник, зам. директора НТЦ акустооптики НИТУ МИСИС;

ВОРОНЦОВА Елена Юрьевна - аспирант ТвГУ;

СПИРИДОНОВ Антон Романович - студент кафедры прикладной физики ТвГУ;

КАПЛУНОВ Иван Александрович - доктор техн. наук, профессор кафедры прикладной физики ТвГУ;

КОЛЕСНИКОВ Александр Игоревич - кандидат физ.-мат наук, доцент кафедры прикладной физики ТвГУ;

ЗАЛЁТОВ Алексей Борисович - кандидат физ.-мат наук, доцент ТГМА.