

Объемная и поверхностная эквивалентные температуры оптических кристаллов

Н.В. Коваленко¹, О.А.Рябушкин^{1,2}

¹Московский физико-технический институт (государственный университет)

²Институт радиотехники и электроники им. В.А.Котельникова РАН

Термодинамическая температура играет важнейшую роль в работе мощных источников излучения [1]. Однако область применения этого фундаментального физического параметра ограничивается только однородным разогревом.

При распространении оптического излучения температура в среде распределяется неоднородно, связано это с наличием границ сред, имеющих отличный от объемного коэффициент поглощения, оптическим поглощением и рассеянием. Особенно ярко неоднородность температуры проявляется в случаях нелинейно-оптических преобразований, ввиду спектральной зависимости коэффициентов оптического поглощения.

Недавно был предложен новый метод измерения эквивалентной температуры, основанный на использовании пьезорезоэлектрических свойствах нелинейно оптических кристаллов [2].

При неоднородном разогреве кристалла излучением, мощностью P температуру кристалла можно представить, как:

$$T(x, y, z, P) = T_0 + \Theta_{eq}(P) + \Delta T(x, y, z, P). \quad (1)$$

Где T_0 – однородная температура кристалла при $P = 0$; ΔT – величина температуры, обусловленная неоднородным разогревом; Θ_{eq} – эквивалентная объемная температура кристалла, измеряемая по сдвигу частоты пьезоэлектрического резонанса.

Однако введенная эквивалентная объемная температура недостаточна для задания граничных условий физических моделей разогрева лазерных элементов, так как необходимо знать распределения температуры по поверхности кристалла. В данной работе рассматривается один из методов измерения поверхностной температуры кристалла в условиях прохождения через него лазерного излучения.

В работе исследовался кристалл KDP ($40 \times 20 \times 20$ мм³) с шлифованными гранями

Измерения температуры проводились в различных точках кристалла с помощью терморезонаторов – небольших оптически-прозрачных кристаллов, обладающих пьезорезоэлектрическими свойствами (рис. 1).

Локальную эквивалентную температуру разогрева поверхности кристалла $\Theta_{eq}^{sur}(x, y, z)$ в области k -того терморезонатора можно определить, как эквивалентную объемную температуру данного терморезонатора (2).

$$\Theta_{eq}^{sur}(x, y, z) = \Delta Rf_{Irk} / K_{Irk}^{prt}. \quad (2)$$

Где ΔRf_{Irk} - изменение частоты k -того терморезонатора, а K_{Irk}^{prt} его пьезорезонансный термический коэффициент.

Отклик антенны, с помещенными в её поле терморезонаторами, на радиочастотный сигнал, подаваемый с генератора, измерялся на нагрузочном сопротивлении R (рис.1). Частоты резонансов измерялись в условиях прохождения через кристалл излучения волоконного лазера с длиной волны 1,06 мкм мощностью 11 В, а также при комнатной температуре. Полученные данные, а также эквивалентные температуры поверхности при прохождении лазерного излучения в области терморезонаторов Θ_{eq}^{sur} и величина погрешности σ_T приведены в таблице 1. Фаза тока в цепи для двух случаев приведена на рис. 2.

Полученные результаты подтверждают возможность измерения локальной эквивалентной температуры поверхности кристалла, необходимых для задания граничных условий задачи теплопроводности методами РЧ-спектроскопии.

Таблица 1. Эквивалентная температура поверхности в различных областях кристалла

	Rf_{tr_k} , МГц (11 Вт)	Rf_{tr_k} , МГц (25,8 °C)	Θ_{eq}^{sur} , °C	σ_T , °C
TR_1	1,49455	1,49703	27.1	0.1
TR_2	1,49362	1,49558	19.8	0.1

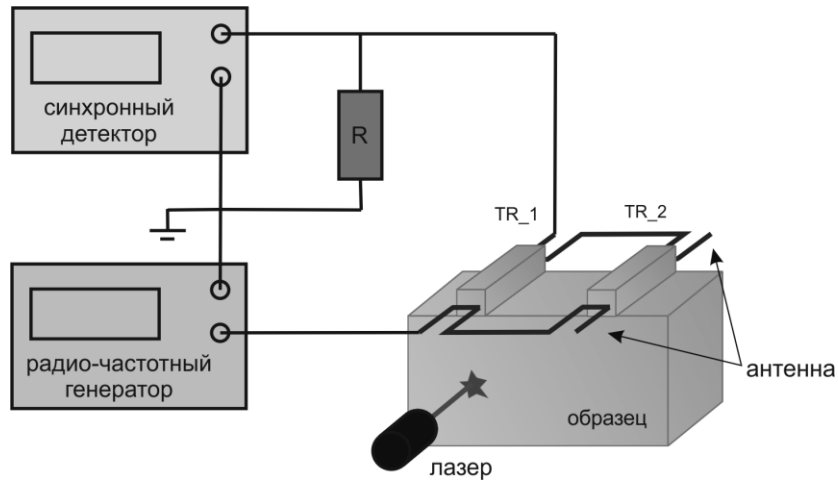


Рисунок 1. Блок-схема экспериментальной установки

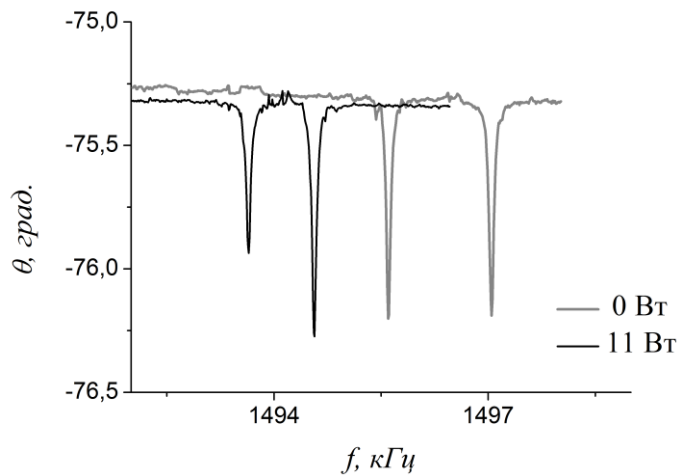


Рисунок 2. Фаза тока в цепи

Литература

1. Ryabushkin O.A., Myasnikov D.V., Baranov A.I. Crystal equivalent temperature model in process of nonlinear conversion of laser radiation // Journal of Physics: Conference Series. 2014. V. 510. N. 1. P. 012031
2. Ryabushkin O.A. [et al.] Equivalent temperature of nonlinear-optical crystals interacting with laser radiation // Journal of the European Optical Society. 2011. V. 6. P. 11032