

УДК 621.375

ФИЗИКА

Т. И. Бутаева, А. В. Геворкян, А. С. Кузаян, А. Г. Петросян.

**Форма поверхности раздела фаз при кристаллизации алюминиевых гранатов из расплава**

(Представлено академиком АН Армянской ССР М. Л. Тер-Микаеляном 1/IX 1986)

Форма границы раздела кристалл—расплав создается совокупным действием ряда факторов и, прежде всего, теплопереносом от растущей поверхности кристалла. Большая кривизна поверхности раздела фаз может приводить к появлению в кристаллах сложных оксидов структурных неоднородностей, например, гранных форм роста. При кристаллизации оксидов условия теплообмена в системе определяются в основном теплопереносом излучением через растущий кристалл, и формируемый профиль границы раздела имеет обычно выпуклую в сторону расплава форму. При совпадении полос поглощения кристалла с положением максимума спектральной плотности теплового излучения расплава форма границы раздела может измениться. Такая ситуация имеет место, например, при выращивании методом Чохральского кристаллов  $Dy_3Al_5O_{12}$ , обладающих (в отличие от остальных членов кристаллохимического ряда алюминиевых гранатов) большой поглощательной способностью в инфракрасной области спектра <sup>(1)</sup>.

В настоящей работе изучена форма поверхности раздела фаз в алюминиевых гранатах при кристаллизации вертикальным методом Бриджмена. Рассчитана разница поглощательной способности кристаллов (номинально чистых и содержащих в качестве примеси ионы  $Zr^{3+}$  <sup>(2)</sup>), которая согласуется с экспериментально наблюдаемыми количественными изменениями эффекта.

Выращивание кристаллов проводили методом Бриджмена. Концентрация  $ZrO_2$  в расплавах составляла 0,1—1 вес.%. Образцы для исследований формы границы раздела ( $d=0,2$  см) изготавливали из продольных диаметральных срезов кристаллов. Для фотографирования полос роста и измерений использовали микроскопы МПС-2, МБИ-15. Для количественного сравнения поглощательной способности кристаллов  $Y_3Al_5O_{12}-Zr^{3+}$ ,  $Dy_3Al_5O_{12}$ ,  $Dy_3Al_5O_{12}-Zr^{3+}$  и кристалла  $Y_3Al_5O_{12}$  вычисляли долю излучения, поглощаемую кристаллом ( $\Delta A$ ), по отношению к суммарному излучению, проходящему через  $Y_3Al_5O_{12}$  ( $T$ ) по формуле <sup>(1)</sup>

$$\Delta A/T = \left( \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} I_{\lambda} d\lambda - \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} I_{\lambda} e^{-a_{\lambda}(Zr^{3+}, Dy^{3+})} d\lambda \right) / \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} I_{\lambda} d\lambda,$$

где  $I_{\lambda}$ —спектральная интенсивность излучения черного тела при тем-

пературе  $1970^{\circ}\text{C}$ ,  $\alpha_{\lambda}$  — коэффициент поглощения на длине волны  $\lambda$ . Для определения коэффициентов поглощения снимали спектры поглощения кристаллов ( $d = 1\text{ см}$ ) в области от 1 до 6 мкм (спектрофотометры СФ-8 и ИКС-22). Расчеты проводили с использованием микро-ЭВМ ДЗ-28.

Полученные результаты приведены в таблице и на рис. 1 и 2.

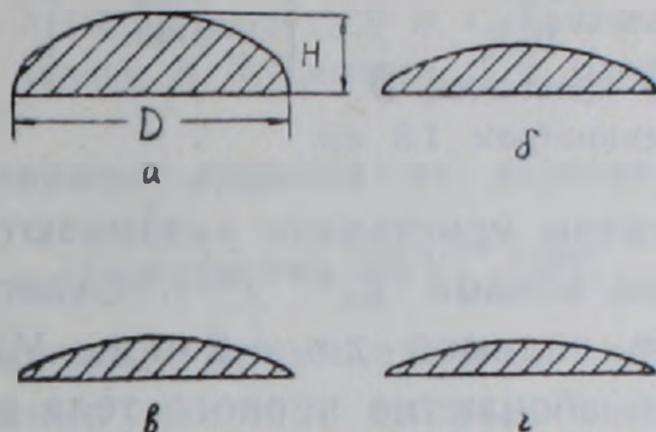


Рис. 1. Форма поверхности раздела фаз кристаллов:  $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$  (а),  $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}-\text{Zr}^{3+}$  (0,5 ат. %) (б),  $\text{Dy}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$  (в) и  $\text{Dy}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}-\text{Zr}^{3+}$  (0,5 ат. %) (г). Диаметр кристаллов = 15 мм

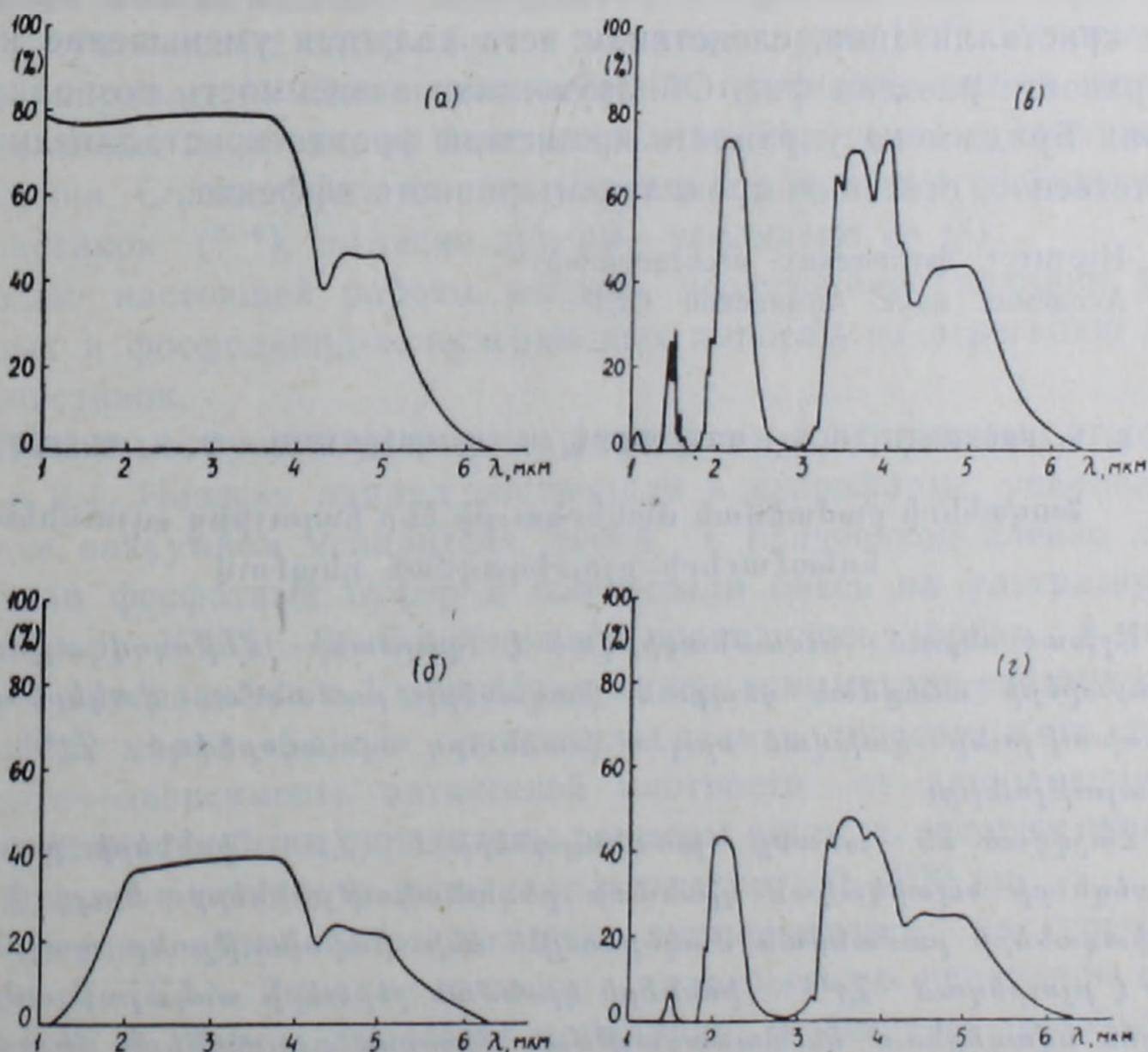


Рис. 2. Спектры пропускания кристаллов:  $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$  (а),  $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}-\text{Zr}^{3+}$  (0,5 ат. %) (б),  $\text{Dy}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$  (в) и  $\text{Dy}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}-\text{Zr}^{3+}$  (0,5 ат. %) (г) при 300 К

Они показывают, что форма поверхности раздела фаз в кристаллах  $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}-\text{Zr}^{3+}$  по сравнению с  $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$  приближается к плоской; еще больший эффект имеет место в кристаллах  $\text{Dy}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$  и  $\text{Dy}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}-\text{Zr}^{3+}$ .

Доля излучения, поглощаемая кристаллами, и параметры, характеризующие форму и кривизну поверхности раздела фаз

| Кристалл                 | Концентрация, ат. %<br>в расплаве | $\Delta A/T$ | H/D*  | Радиус<br>кривизны** |
|--------------------------|-----------------------------------|--------------|-------|----------------------|
| $Y_3Al_5O_{12}$          | —                                 | 0            | 0,294 | 0,9                  |
| $Y_3Al_5O_{12}-Zr^{3+}$  | 0,1                               | 0,3          | —     | —                    |
|                          | 0,5                               | 0,35         | 0,156 | 1,35                 |
| $Dy_3Al_5O_{12}$         | —                                 | 0,55         | 0,147 | 1,45                 |
| $Dy_3Al_5O_{12}-Zr^{3+}$ | 0,5                               | 0,65         | 0,108 | 1,75                 |

\* Высота, H/диаметр кристалла, D.

\*\* Для кристаллов диаметром 1,5 см.

Оптические спектры кристаллов указывают (рис. 2), что поглощение, обусловленное ионами  $Zr^{3+}$  (2,3), охватывает широкую спектральную область от видимой до  $\sim 2$  мкм. Максимум спектральной плотности излучения абсолютно черного тела при температурах порядка  $2000^\circ C$  лежит в области  $\sim 1,3$  мкм, поэтому поглощение кристаллов, содержащих ионы  $Zr^{3+}$ , так же как и в случае ионов  $Dy^{3+}$  (1), приводит к существенному уменьшению теплопереноса излучением через растущий кристалл.

Это приводит к изменению распределения температуры в системе расплав—кристалл в сторону уменьшения температурного градиента в зоне кристаллизации, следствием чего является уменьшение кривизны поверхности раздела фаз. Обнаруженная зависимость позволяет в геометрии Бриджмена управлять кривизной фронта кристаллизации и, соответственно, степенью проявления гранного эффекта.

Институт физических исследований  
Академии наук Армянской ССР

Տ. Ի. ԲՈՒՏԱԵՎԱ, Ա. Վ. ԳԵՎՈՐԳՅԱՆ, Ա. Ս. ԿՈՒԶՆԵՅԱՆ, Ա. Գ. ՊԵՏՐՈՍՅԱՆ

Ֆազաների բաժանման մակերևույթի ձևի հալույթից ալյումինային  
նոնաբարերի բյուրեղացման դեպքում

Աշխատանքում ուսումնասիրված է Բրիջմանի մեթոդով ալյումինային նոնաբարերի աճեցման դեպքում ֆազաների բաժանման մակերևույթի ձևի փոփոխությունը՝ կախված որպես խառնուրդ օդտազործված  $Zr^{3+}$  իոնների առկայությունից:

Հաշվված են առանց խառնուրդների և  $Zr^{3+}$  իոնների խառնուրդով բյուրեղների օպտիկական կլանման ընդունակությունները: Ցույց է տրված, որ ֆազաների բաժանման մակերևույթի ձևի փոփոխությունը պայմանավորված է բյուրեղում  $Zr^{3+}$  իոնների կլանման շերտերի առկայությամբ, որոնք էապես նվազեցնում են ճառագայթման միջոցով բյուրեղների միջով ջերմափոխանցումը: Արդյունքում ֆազաների բաժանման սահմանի տեսքը դառնում է մոտավորապես հարթ:

#### ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

- <sup>1</sup> B. Cockayne, M. Chesswas, D. B. Gasson, J. Material Sci., v. 4, 450 (1969).
- <sup>2</sup> Г. Р. Асатрян, А. С. Кузанын, А. Г. Петросян и др., ФТТ, т. 27, 3441 (1985).
- <sup>3</sup> H. R. Asatryan, A. S. Kuzanyan, A. G. Petrosyan e. a., Phys. stat. sol. (b), v. 135, 343 (1986).