

## ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКЦИИ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ТИГЛЯ НА ИЗМЕНЕНИЕ ФОРМЫ ФРОНТА КРИСТАЛЛИЗАЦИИ

Шкодин А. А., Хулап Д. Г.

научный руководитель доцент, канд. техн. наук Кравцова Е.Д.

*Сибирский федеральный университет*

Для получения равномерного распределения примеси по длине кристалла, а также для получения кристаллов с совершенной структурой большое значение имеет форма фронта кристаллизации между расплавом и растущим кристаллом. Как выпуклый, так и вогнутый фронт кристаллизации в значительной степени ухудшают структуру кристалла. Внесение различных изменений в конструкцию тигля так же отражается на форме фронта кристаллизации.

Применяемый в практике выращивания дополнительный тигель может иметь различную величину и расположение отверстий. Для улучшения поступления расплава к растущему кристаллу дополнительно к центральному отверстию могут быть в хаотичном порядке просверлена целая группа неосесимметрично расположенных отверстий. В практике выращивания кристаллов германия применяются дополнительные тигли с отверстиями в боковой части.

Моделирование течения расплава было проведено в программе CGSim [1]. При моделировании учитываются строго осесимметричные конструкции. Учет дополнительно просверленных отверстий в реально существующем дополнительном тигле приводит к не совсем корректной постановке условий гидродинамики в основном и дополнительном тигле. На нижеследующем рисунке сопоставлены варианты дополнительных тиглей и принятые к моделированию их аналоги.

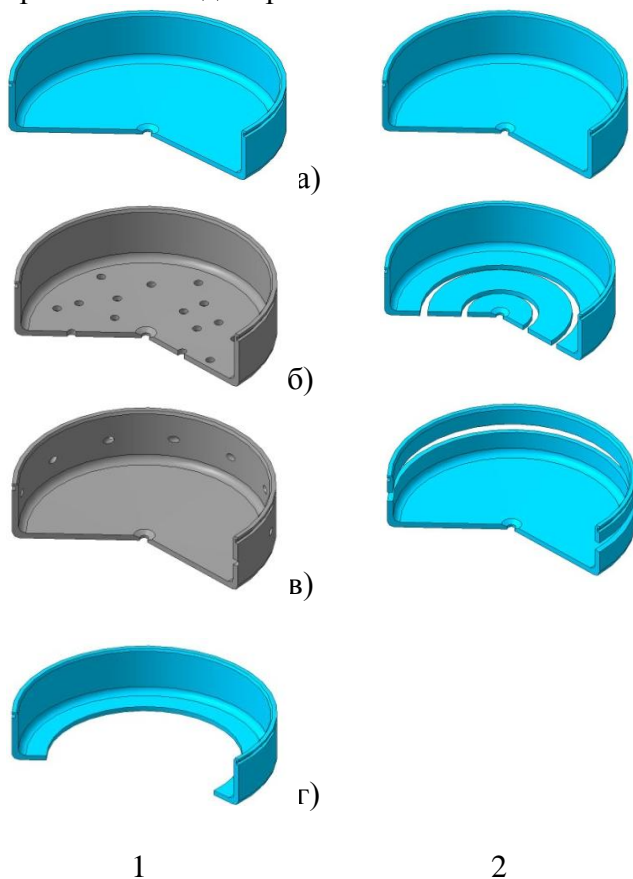


Рис.1 – Варианты дополнительных тиглей, применяющихся практике выращивания монокристаллов германия (1) и их аналоги (2), использующиеся в моделях с постановкой осесимметричной задачи:  
 а) с одним центральным отверстием;  
 б) с отверстиями в дне дополнительного тигля;  
 в) с отверстиями в боковой части дополнительного тигля;  
 г) тигель без дна.

Дополнительно был рассмотрен вариант использования дополнительного тигля без дна, чтобы рассмотреть влияние только боковых стенок тигля на гидродинамику расплава.

Изменение тепловых и гидродинамических условий при использовании того или иного тигля, естественно сказывается на форме фронта кристаллизации.

Анализ полученных фронтов кристаллизации показывает, что прогиб увеличивается пропорционально количеству «отверстий» в дополнительном тигле (Рис. 2). Так одно центральное отверстие приводит к прогибу фронта кристаллизации на 2 мм, несколько отверстий дают прогиб в 3,5 мм, тигель «без дна» дает наибольший прогиб фронта кристаллизации. Наиболее благоприятен с точки зрения формы фронта тигель с одним центральным и несколькими боковыми отверстиями в дополнительном тигле. Условия моделирования: высота кристалла – 190 мм,  $V_{затр.}$  – 0,17 мм/мин,  $w_{затр.}$  – 12 об/мин,  $w_{тиг.}$  – -4,5 об/мин.

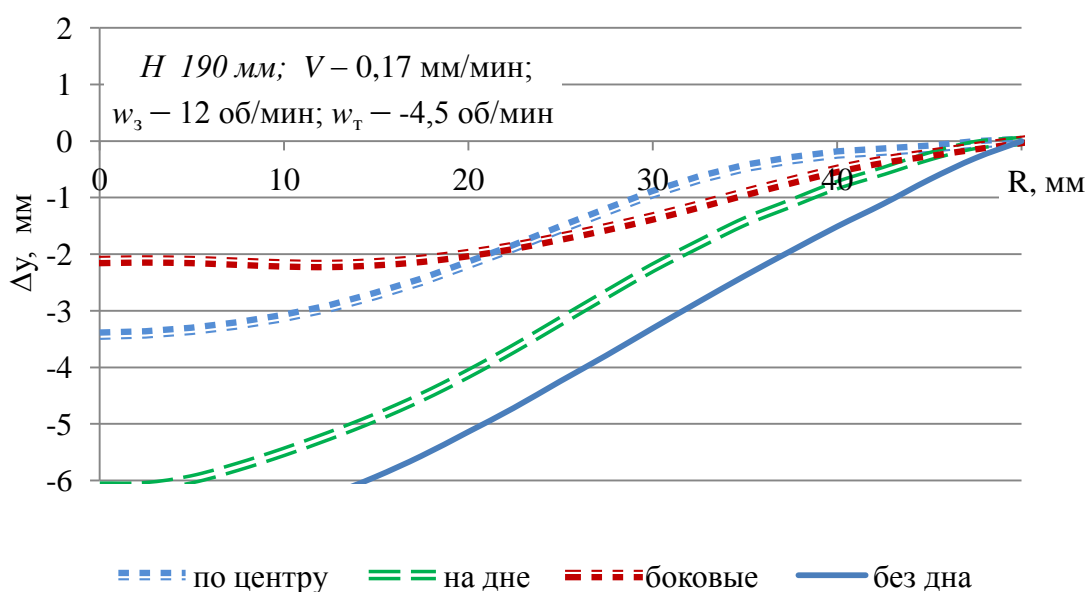


Рис. 2 – Форма фронта кристаллизации при использовании дополнительного тигля с различной распиловкой отверстий

Объяснение столь большой разницы в форме фронта кристаллизации следует искать в изменении температурных условий и гидродинамики в расплаве. При большом количестве отверстий в донной части дополнительного тигля расплав циркулирует между дополнительным тиглем и донной частью основного тигля, где температура минимальна. Наличие одного отверстия в центральной части дополнительного тигля приводит к «подсосу» более горячих слоев расплава из периферических частей основного тигля. Наконец наличие отверстий в боковой части дополнительного тигля способствует поступлению наиболее прогретых порций расплава в дополнительный тигель. Скорости перемещения расплава так же наиболее высоки в тигле с боковыми отверстиями.

#### Список литературы

1. Crystal Growth Simulator (CGSim) [www.softimpact.ru](http://www.softimpact.ru)