

ВЛИЯНИЕ МОЩНОСТИ ЭКРАНА-НАГРЕВАТЕЛЯ НА ТЕРМИЧЕСКИЕ НАПРЯЖЕНИЯ В СЛИТКАХ ГЕРМАНИЯ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ИХ МЕТОДОМ ЧОХРАЛЬСКОГО

Гейдт И. С.,
научный руководитель канд. техн. наук Кравцова Е. Д.
Сибирский федеральный университет

Германий в монокристаллическом виде широко используется в оптике, работающей в инфракрасном диапазоне, а так же в электронной технике. Основным требованием, предъявляемым к использованию германия в этом качестве, является минимальное содержание в монокристалле дефектов структуры - дислокаций.

Один из способов предотвращения появления дислокаций при выращивании монокристаллов германия – это применение экрана-нагревателя, основная функция которого уменьшение температурных градиентов и как следствие термических напряжений в слитке.

С целью определения влияния мощности дополнительного экрана-нагревателя на тепловые процессы в ростовой камере было произведено численное моделирование процесса тепломассопереноса в установке, включающей тигель, расплав, основной и дополнительный нагреватель (рис. 1). Для этого в программе CGSim был создан осесимметричный чертеж теплового узла, заданы граничные условия, и теплотехнические характеристики применяемых футеровочных материалов, расплава германия и кристаллического германия. Технологические характеристики процесса выращивания соответствовали средним, применяемым в практике работы при выращивании кристаллов германия на данной установке, высота выращенного слитка 200 мм включая верхний конус.

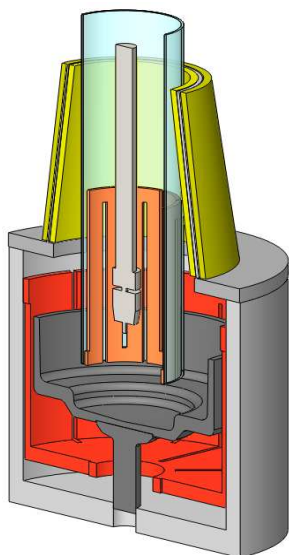


Рис. 1. Схема теплового узла:

- 1 – кварцевая труба;
- 2 – верхний шток с затравкодержателем;
- 3 – боковые экраны;
- 4 – экран-нагреватель;
- 5 – тигель;
- 6 – основной нагреватель

Оптимальная мощность экрана-нагревателя должна обеспечивать минимальные напряжения в растущем кристалле при небольшом градиенте температуры в расплаве. Результаты математического расчета распределения касательных напряжений в слитках германия высотой 200 мм при мощности экрана-нагревателя 0, 500 и 1000 Вт приведены на рис. 2.

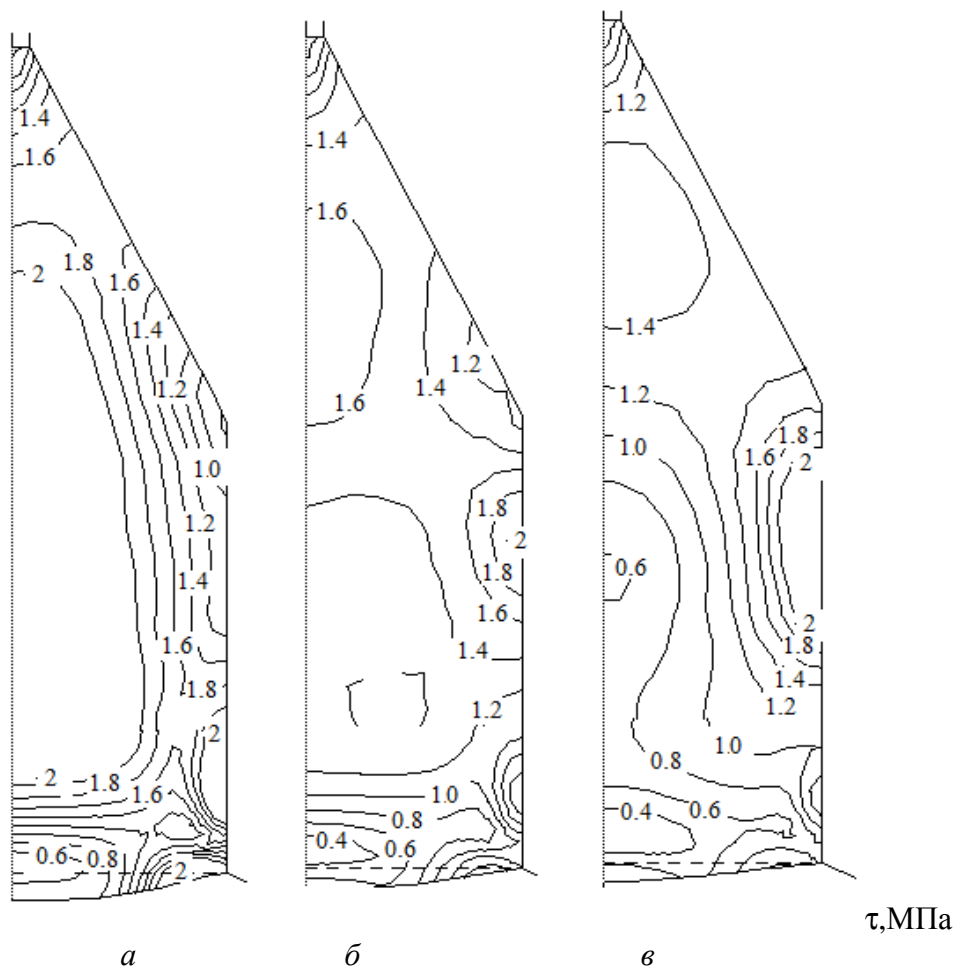


Рис. 2. Распределение касательных напряжений в монокристаллах германия при мощностях экрана-нагревателя, Вт: *а* – 0; *б* – 500; *в* – 1000

При отсутствии дополнительного бокового подогрева (рис. 2, *а*) центральная часть кристалла значительно теплее боковой и максимальные касательные напряжения концентрируются в центральной части слитка, при значительной мощности экрана-нагревателя (рис. 2, *в*) наблюдается противоположный эффект – перегрев периферии слитка и переход максимальных касательных напряжений из центральной части к боковой поверхности монокристалла. Минимальным касательным напряжением соответствует мощность экрана-нагревателя – 500 Вт. В соответствии с данными математического моделирования касательные напряжения в данном случае во всем кристалле не превышают величины 2 МПа.

С учетом того, что для германия предел прочности при сдвиге при 1211 К составляет 1 МПа, и при $0,7 T_{пл}$ (≈ 850 К) равняется 7 МПа, вероятность образования дислокаций вызванных термическим напряжением минимальна, при мощности экрана-нагревателя 500 Вт.

На основании подобранной оптимальной мощности экрана-нагревателя был произведен опытный процесс, при котором был получен слиток с плотностью дислокаций меньше чем 100 см^{-1} .