

**МОМЕНТЫ** случайной величины  $\xi$  — ср. значения её степеней; момент порядка  $n$  ( $n = 1, 2, 3, \dots$ ) для непрерывно распределённой случайной величины с плотностью  $p(x)$  равен

$$M\xi^n \equiv \langle \xi^n \rangle = \int_{-\infty}^{\infty} x^n p(x) dx.$$

Для дискретной случайной величины, принимающей значения  $\{x_k\}$  с вероятностями  $\{p_k\}$ ,  $n$ -й момент равен

$$M\xi^n = \langle \xi^n \rangle = \sum_k x_k^n p_k.$$

Момент 1-го порядка  $M\xi$  — математическое ожидание. Величина  $M(\xi - M\xi)^n$  наз. центральным  $M$ . порядка  $n$ , центральный  $M$ . 2-го порядка наз. дисперсией.

В случае конечного или бесконечного семейства случайных величин  $\{\xi_i, i \in T\}$ , где  $T$  — некое множество, помечающее эти величины, смешанные моменты (мультимоменты) этого семейства определяются  $\phi$ -лой

$$M_{n_1, \dots, n_k}(t_1, \dots, t_k) = \langle \xi_{t_1}^{n_1} \dots \xi_{t_k}^{n_k} \rangle,$$

где  $\{t_1, \dots, t_k\}$  — произвольный набор попарно различных точек  $T$ , а  $\{n_1, \dots, n_k\}$  — целочисленный мультииндекс; среднее  $\langle \rangle$  вычисляется по совместному распределению вероятностей значений случайных величин  $\xi_{t_1}, \dots, \xi_{t_k}$ .

Р. А. Милос.

**МОНОКРИСТАЛЛОВ ВЫРАЩИВАНИЕ** — осуществляют из газовой, жидкой и твёрдой среды (см. Кристаллизация). Выбор метода выращивания определяется областью устойчивости вещества, наличием, типом и темп-рой фазовых переходов, хим. свойствами, давлением насыщенного пара и др. Большие, совершенные кристаллы получают, применяя «затравки» и создавая оптим. пересыщение (переохлаждение)  $\sigma$  на поверхности кристаллизации. Наиб. крупные (до 1 м) кристаллы получают из расплава или раствора.

**М. в. из расплава.** На вращающейся затравке переохлаждение  $\sigma$  создаётся регулируемым теплоотводом от поверхности кристалла и мениска прилегающего к нему расплава (метод Чохральского, рис. 1,а). Вытягиванием через щель на поверхности расплава получают профилированные кристаллы, напр. трубы, пластины (метод Степанова, рис. 1,б). При М. в. внутри расплава  $\sigma$  создаётся охлаждением, напр. проточной водой держателя затравки (метод Киропулоса, рис. 1,в). При направленной кристаллизации контейнер с расплавом перемещают в горизонтальном или вертикальном направлении из горячей в холодную зону печи, при этом кристаллизацию начинают в специальном образом суженной передней части контейнера, что обеспечивает получение монокристаллич. слитка (метод «лодочки», рис. 1,г; метод Стокбергера — Бриджмена, рис. 1,з). В т. н. методе гарниссаж а контейнер может быть сам из кристаллизующегося материала, охлаждаемого снаружи водой, тогда как его внутр. часть плавится токами высокой частоты; М. в. проводится «вытягиванием на затравку» или медленным охлаждением. В методе зонной плавки расплавленная зона передвигается от затравки через поликристаллич. слиток. Зонная плавка может проводиться в контейнере или без него (рис. 1,з). В последнем случае мениск расплава удерживается капиллярными силами, а иногда и эл.-магн. «поддержкой». Для тугоплавких веществ используют давление порошка, сыплющегося в горячую плазму, с оседанием получающихся капель расплава на затравку (метод Вернейля, рис. 1,е). Монокристаллы в виде волокон толщиной 10—200 мкм получают вытягиванием через фильеру либо из капли расплава, образующейся на стержне

(в 1,5—2 раза большей толщины) при нагревании его лазерным лучом (метод «пьедестала», рис. 1,ж).

Скорости выращивания из расплава 0,1—1 см/ч. Однородные кристаллы получают из расплава устойчивого хим. соединения. В присутствии примесей для получения однородных кристаллов целесообразно использовать метод вытягивания, обеспечив при выращивании постоянство формы границы раздела фаз.

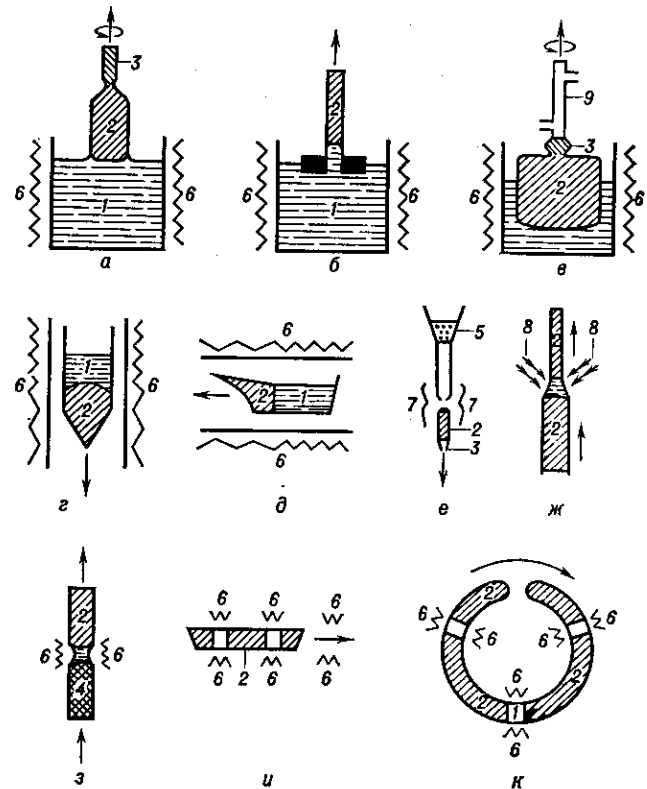


Рис. 1. Выращивание монокристаллов из расплава: а — метод Чохральского; б — метод Степанова; в — метод Киропулоса; г — метод Стокбергера — Бриджмена; д — метод «лодочки»; е — метод Вернейля; ж — метод «пьедестала»; з — зонная плавка без тигля; и, к — способы зонной плавки. 1 — расплав; 2 — монокристалл; 3 — затравка; 4 — поликристалл; 5 — порошок; 6 — электрический нагреватель; 7 — газовый нагреватель; 8 — лазерное излучение; 9 — охлаждаемый водой держатель затравки.

Гл. усилия при М. в. из расплава направляются на управление полем темп-р способом перемешивания расплава (естеств. и принудит. конвекция), контролем атмосферы выращивания.

**М. в. из раствора.** Переохлаждение создаётся снижением  $T$ , испарением растворителя (рис. 2,а) или «подпиткой» более концентрированным раствором (рис. 2,б). В т. н. методе температурного градиента в аппаратуре создаётся более горячая зона, где вещество растворяется и диффузией или конвекцией переносится к растущему кристаллу (рис. 2, в, г). Гидротермальное выращивание малорастворимых веществ проводят в автоклавах при высоких темп-рах и давлениях. Скорость выращивания 0,1—1 мм/сут. Для получения совершенных кристаллов из раствора необходимо, чтобы подвод вещества к растущей поверхности не лимитировал скорости роста. Это достигается, напр., перемешиванием раствора. В таких условиях возможна скорость 1 мм/ч и более (скоростное выращивание). Важны очистка сырья, стабилизация  $T$  и  $\sigma$ , создание гидродинамич. течений, обеспечивающих равномерное питание графит.