

Бюргера и протяжённость L дислокац. источника определяют разброс значений скорости роста кристаллографически идентичных граней (или одной и той же грани) в одинаковых условиях. В процессе роста грани точка выхода не перпендикулярной ей дислокации смещается и может достигнуть одного из рёбер. После этого ступень исчезает. Дальше K идёт лишь путём двумерного зарождения, и скорость роста при малых переохлаждениях падает (по крайней мере в неск. раз при K из расплава и на неск. порядков при K из раствора). Из-за относительно малых значений линейной энергии ступеней на границе кристалл — расплав и отсутствия проблемы доставки кристаллизующегося вещества β_n , β_t и R на неск. порядков выше, чем для K из растворов и газовой фазы.

Рис. 10. Интерференционные полосы от винциального холмика на грани призмы кристалла ADP (рост из водного раствора).



Ввиду малой плотности газовой фазы послойная K из неё идёт в осн. не прямым попаданием частиц на ступени, а за счёт диффузии частиц, адсорбированных на атомно-гладких «террасах» между ступенями. За время между моментами прилипания к поверхности и десорбции такая частица совершает случайные блуждания по поверхности и уходит от точки прилипания на расстояние порядка ср. длины диффузионного пробега λ_S . Поэтому достичь ступени могут лишь частицы, адсорбировавшиеся вокруг неё в полосе шириной $\sim 2\lambda_S$. Большинство частиц, падающих на поверхность с малой плотностью ступеней, испаряются — коэф. конденсации для таких поверхностей мал. Он приближается к 1 при большой плотности ступеней, т. е. при значит. пересыщениях. По той же причине скорость K из газовой фазы даже на одной дислокации квадратично увеличивается с пересыщением при малых пересыщениях и линейно — при больших. При конденсации молекулярных пучков ступени образуются путём двумерного зарождения в местах, где пересыщение в адсорбционном слое достигает критического, и потому ср. расстояние между ступенями определяется длиной пробега адсорбиров. частиц.

Подвод вещества к растущей поверхности и отвод от неё теплоты K ограничивает скорость K , когда эти процессы протекают медленнее поверхностных. Такой диффузионный режим типичен для K из расплавов и неперемешиваемых растворов. Высокая скорость K из расплава лежит в основе всех широко используемых методов выращивания монокристаллов, в K -рых скорость K задаётся механич. движением кристалла относительно независимо формируемого теплового поля. Кинетич. режим K , когда скорость K лимитируется

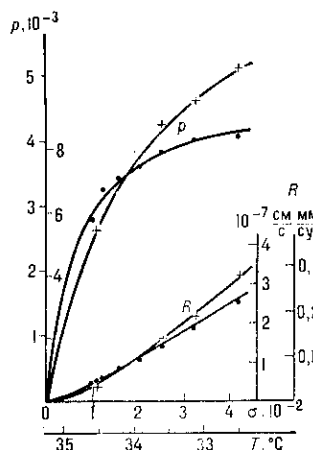


Рис. 11. Наклоны ρ винциальных холмиков, образованных двумя разными дислокационными источниками, и задаваемые ими скорости роста грани R в зависимости от пересыщения σ .

зионный режим типичен для K из расплавов и неперемешиваемых растворов. Высокая скорость K из расплава лежит в основе всех широко используемых методов выращивания монокристаллов, в K -рых скорость K задаётся механич. движением кристалла относительно независимо формируемого теплового поля. Кинетич. режим K , когда скорость K лимитируется

поверхностными процессами, характерен для K из перемешиваемых растворов, из газовой фазы и роста из перемешиваемого расплава кристаллов с высокой энтропией плавления.

Формы роста кристаллов (габитус) определяются анизотропией скорости K и условиями тепло- и массопереноса. Кристаллы с шероховатыми поверхностями имеют обычно округлую форму. Атомно-гладкие поверхности проявляются в виде граней. Стационарная форма кристаллич. многогранника такова, что расстояние от центра до каждой грани пропорционально её скорости роста. В результате кристалл оказывается образованным гранями с мин. скоростями роста (грани с большими скоростями постепенно уменьшаются и исчезают). Они параллельны плоскостям с наиб. плотной упаковкой и наиб. сильными связями в атомной структуре кристалла. Поэтому кристаллы с цепочечной и слоистой структурой имеют игольчатую или таблитчатую форму. Анизотропия скоростей роста и, следовательно, форма роста кристалла в разл. фазах зависит от состава, T , ΔT и сильно меняются под действием поверхностно-активных примесей.

Из-за большой скорости поверхностных процессов K переохлаждение ΔT на атомно-шероховатых поверхностях мало, т. е. $T = T_0$ (отсюда назв. и з о т е р м ы). Плотноупакованные грани с простыми индексами в случае неметаллов часто остаются сингулярными и появляются на округлом фронте K в виде плос-

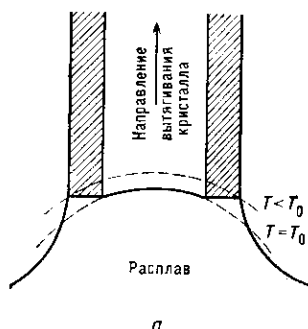


Рис. 12. Образование плоской грани на округлом фронте кристалла (кристалл вытягивается из расплава): а — осевое сечение кристалла с фронтом кристаллизации, вогнутым в сторону кристалла в центре и плоским по периферии; б — продольное сечение кристалла Si (периферич. область обогащена примесями).

кого среза в форме круга, эллипса или кольца (рис. 12, а) в зависимости от формы изотермы K . Температура вдоль такой грани не постоянна и достигает минимума в точках, наиб. удалённых от изотермы $T = T_0$. В этих точках наивысшего переохлаждения генерируются слои, определяющие скорость роста грани. Поэтому стационарный размер грани тем больше, чем больше ΔT нужно для её роста со скоростью, равной скорости округлого фронта K в направлении вытягивания кристалла. Шероховатые и гранные поверхности захватывают разные кол-ва примесей, и кристалл с сосуществующими гранными и шероховатыми формами вырастает неоднородным (рис. 12, б).

Если T в расплаве убывает по мере удаления от фронта K , то фронт неустойчив: случайно возникший на нём выступ попадает в область большего переохлаждения, скорость роста вершины выступа становится ещё больше и т. д. В результате плоский фронт распадается на прилегающие друг к другу пластинчатые или игольчатые кристаллы — в сечении, параллельном фронту, возникает полосчатая или ячеистая структура. Ячейки характерны для больших градиентов температуры и имеют обычно гексагональную форму независимо от симметрии кристалла (рис. 13). Неустойчивость не совместима с выращиванием совершенных монокристаллов, т. к. ведёт к захвату включений маточной среды. Сферич.