ЛИТЕРАТУРА

1. Милейко С. Т. Мех. композит. материалов, 1979, № 2.
2. Милейко С. Т., Сулейманов Ф. Х. Ibid., 1981, № 3.

548.0(048)

В. А. Татарченко. Профилированные кристаллы: выращивание и применение. Выращивание монокристаллов контролируемых размеров и формы является важной научно-технической проблемой, так как применение монокристаллов металлов, полупроводников, диэлектриков в форме труб, лент и других более сложных профилей позволяет создавать новые приборы и устройства в самых передовых областях современной техники.

В основе большинства конкретных схем получения профилированных кристаллов, используемых в нашей стране и за рубежом, лежит способ Степанова, предложенный еще в 1938 г. [1]. Суть способа Степанова состоит в том, что в расплав помещается твердое тело — формообразователь, с помощью которого столбу расплава придается определенная форма. Кристаллизуя столб расплава на определенной высоте, получают кристалл с фиксированным поперечным сечением.

1. Теоретический анализ. Задачей теоретического анализа процесса выращивания профилированных кристаллов является, во-первых, нахождение связи между конструкцией формообразователя и формой столба расплава; во-вторых, обеспечение устойчивости процесса кристаллизации; в-третьих, нахождение условий кристаллизации, обеспечивающих получение кристаллов с заданными физическими свойствами.

Для решения первой проблемы сформулирована в общем виде задача капиллярного формообразования [2–5]. Показано, что роль формообразователя сводится либо к зацеплению столба расплава за кромки, либо к фиксации угла между расплавом и стенками формообразователя. Эти два различных режима задают два типа граничных условий для капиллярного уравнения Лапласа, описывающего форму поверхности столба расплава. Решение сформулированных таким образом краевых задач позволяет найти связь между формой столба расплава и конструкцией формообразователя [2–5].

Исследование устойчивости процесса кристаллизации [6, 7] проводилось с использованием метода Ляпунова [5, 8]. Применение уравнений теплопроводности для системы кристалл—расплав, уравнения Навье—Стокса и других фундаментальных соотношений позволило получить в явном виде систему уравнений Ляпунова. Анализ устойчивости этой системы позволил выбрать режимы и схемы кристаллизации, обеспечивающие устойчивость процесса кристаллизации, т. е. получение кристалла постоянного поперечного сечения. Оказалось, что этот метод исследования устойчивости применим и для других способов кристаллизации, использующих капиллярное формообразование — способов Чохральского, Вернейля, Киропулоса, зонной плавки [9–13].

Решение третьей проблемы требует исследования гидродинамики расплава и распределения температуры в растущем кристалле с целью получения необходимых значений коэффициентов распределения легирующих примесей и уменьшения температурных напряжений в кристалле [14].

2. Эксперименты по выращиванию профилированных кристаллов. Для выращивания профилированных кристаллов использованы важные в технологическом плане материалы: сапфир, кремний, ниобат лития.

Сапфир выращивается в форме пластин, трубок и других замкнутых профилей более сложной формы. Основные дефекты, от которых приходится избавляться в процессе выращивания: отдельные поры и скопления, границы блоков, включения второй фазы. Основные области применения: подложки структур «кремний на сапфире», баллоны натриевых ламп высокого давления, высокоинтенсивные источники света и др.

Применительно к сапфиру разработан способ вариационного формообразования, который позволяет менять форму поперечного сечения кристалла в процессе вытягивания. Таким способом изготовлены сапфировые тигли [15].

Кремний также выращивается в форме пластин, трубок и других замкнутых профилей. Основные дефекты, от которых приходится избавляться: границы блоков, двойниковые границы, включения частиц карбида кремния. Основные области применения: фотопреобразователи солнечной энергии, элементы технологической оснастки в электронике вместо используемого в настоящее время кварца [16–17].

Ниобат лития выращивается в форме лент. Основные дефекты, от которых нужно избавляться в процессе выращивания,— скопления пор и полидоменная структура. Основная область применения — электронные устройства, работающие на основе поверхностных акустических волн, и пьезоакустические преобразователи [18].

ЛИТЕРАТУРА

1. Степанов А. В.— ЖТФ, 1959, т. 29, № 3, с. 381.
2. Татарченко В. А.— Ibid., № 5, с. 145.
3. Татарченко В. А.— Ibid., № 7, с. 135.
4. Татарченко В. А.— Ibid., № 9, с. 141.
5. Tatarchenko V. A.— J. Cryst. Growth, 1977, v. 37, p. 272.
6. Татарченко В. А.— Физ. и хим. обработки материалов, 1973, № 6, с. 47.
7. Татарченко В. А.— ИФК, 1976, т. 30, с. 532.
8. Татарченко В. А., Бренер Е. А.— Изв. АН СССР. Сер. физ., 1976, т. 40, с. 1456.
9. Brener E. A., Tatarchenko V. A.— Acta Phys. Acad. Sci. Hung., 1979, v. 47, No. 1—3, p. 133.
10. Brener E. A., Tatarchenko V. A.— Ibid., p. 133.
11. Borodin V. A., Brener E. A., Tatarchenko V. A.— Ibid., p. 151.
12. Brener E. A., Satunkin G. A., Tatarchenko V. A.— Ibid., p. 159.
13. Бренер Е. А., Татарченко В. А.— Изв. АН СССР. Сер. физ., 1979, т. 43, с. 1926.
14. Erofeev V. N., Tatarchenko V. A.— Acta Phys. Acad. Sci. Hung., 1979, v. 47, No. 1—3, п. 195.
15. Бородин В. А., Стериополо Т. А., Татарченко В. А., Яловец Т. Н.— Изв. АН СССР. Сер. физ., 1983, т. 47, с. 368.
16. Осипьян Ю. А., Татарченко В. А.— Ibid., с. 346.
17. Абросимов Н. В., Брантов С. К., Люкс Б.— Ibid., с. 351.
18. Редькин Б. С., Сатункин Г. А., Татарченко В. А., Умаров Л. М., Губина Л. И.— Ibid., с. 386.