

УДК 548.52

КРИСТАЛЛОГРАФИЯ

Г. И. ДИСТЛЕР, А. Н. ЛОБАЧЕВ, В. П. ВЛАСОВ,
О. К. МЕЛЬНИКОВ, Н. С. ТРИОДИНА

НОВЫЙ МЕТОД ВЫРАЩИВАНИЯ МОНОКРИСТАЛЛОВ

(Представлено академиком Н. В. Беловым 2 XI 1973)

В работах одного из авторов (1-3) было установлено, что граничные слои, приготовленные на поверхности монокристаллов, могут обладать информационными свойствами, т. е. считывать, передавать и во многих случаях запоминать (после их отделения) соответствующую структурную информацию, «записанную» на поверхности реальных кристаллов. Информационная структура реальных монокристаллов представляет собой в первую очередь совокупность закономерных отклонений от «идеальной» структуры, причем эти отклонения, будучи, как правило, электрически активными, отражают строение и свойства матрицы — идеальных кристаллов. Важнейшими элементами информационной структуры кристаллов являются точечные дефекты и линейные поляризационные мостики, возникающие между противоположно заряженными точечными дефектами. Под влиянием электрически активной информационной структуры поверхности кристаллов в граничных слоях создаются локальные информационные микроструктуры. Было установлено, что «монокристальная» информация может передаваться как через дифракционно аморфные, так и через поликристаллические граничные слои. В результате нанесения аморфных или поликристаллических граничных слоев фактически возникают новые «монокристальные» поверхности, информационные свойства которых зависят от материала, структуры и толщины граничных слоев.

В данной работе граничные слои, обладающие монокристальными информационными свойствами, были использованы в качестве активной поверхности при выращивании монокристаллов. Идея нового метода выращивания монокристаллов состоит в том, что монокристальные затравки покрываются различными граничными слоями, которые существенно изменяют информационные свойства «обычных» затравок.

Примером эффективности нового метода может служить кристаллизация гидросодалита в гидротермальных условиях. Выбор именно этого процесса кристаллизации был обусловлен тем, что, как правило, отсутствуют затравки гидросодалита хорошего качества, что существенно затрудняет кристаллизацию. Для выращивания монокристаллов гидросодалита ранее использовались затравки из природных кристаллов, совершенно непрозрачные благодаря присутствию большого количества трещин. В результате селекции — проведения большого числа циклов выращивания — удалось получить довольно прозрачные монокристаллы, которые, однако, все еще содержали достаточно много трещин, так что не представляли собой затравки хорошего качества.

Для выращивания монокристаллов по новому методу в качестве затравок были использованы различные, и во многих случаях весьма дефектные, образцы гидросодалита $\text{Na}_8[\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}](\text{OH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, причем не требовалось проведения опытов по селекции кристаллов. Пластиинки гид-

росодалита толщиной 1–2 мм вырезались параллельно граням (110), (100) и (111) соответственно. Полированные поверхности затравок перед нанесением граничных слоев очищались либо органическими растворителями, либо бомбардировкой электронами или ионами в тлеющем разряде. Граничные слои приготавливались из различных материалов. В большинстве экспериментов граничными слоями являлись поликристаллические слои золота и серебра (рис. 1), информационность которых была изучена ранее (4, 5) и которые вполне устойчивы к воздействию химически достаточно агрессивных кристаллизационных сред. Слои приготавливались методом термического испарения, их толщина составляла от 200 до 4000 Å.

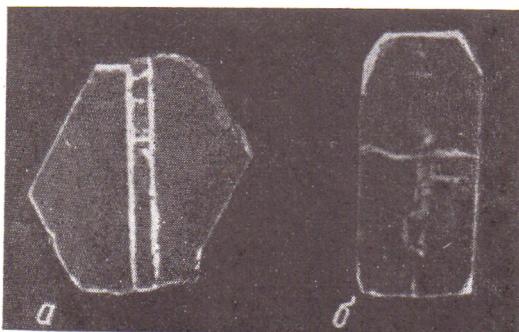


Рис. 3. Пластиинки монокристаллов гидросодалита, вырезанные параллельно направлению роста [111]. *а* – дефекты затравки, покрытой граничным слоем из поликристаллического золота толщиной 1000 Å, не наследуются наросшим монокристалльным слоем. *б* – дефекты затравки без граничного слоя переходят в наросший монокристалльный слой

Кристаллы гидросодалита выращивались в аппаратуре и по методике, описанной в (6). В автоклавы, кроме затравок, покрытых граничными слоями, помещались для сравнения вырезанные из тех же кристаллов контрольные затравки без граничных слоев.

В результате опытов было установлено, что монокристаллы гидросодалита вырастали на внешней стороне поликристаллических граничных слоев серебра и золота (рис. 2). Кроме самого факта роста монокристаллов через поликристаллические граничные слои следует отметить, что выращенные по новому методу монокристаллы гидросодалита характеризуются существенно большим совершенством структуры, чем выращенные на обычных затравках, в частности содержат гораздо меньше дислокаций и микро- и макротрещин. Срезы, сделанные перпендикулярно-плоскости затравок, показали, что трещины и другие дефекты, содержащиеся в затравках, не переходят через граничные слои в наросшие монокристаллы (рис. 3а). Напротив, при выращивании на затравках без граничных слоев трещины и другие дефекты, как правило, наследуются наросшими монокристаллами (рис. 3б).

Следует подчеркнуть, что монокристаллы гидросодалита, выращенные через граничные слои, чрезвычайно легко отделяются от затравок, т. е. отсутствует какое-либо сцепление наросшего монокристалла с поверхностью граничного слоя (рис. 4). Это показывает, что кристаллизация может происходить без химического взаимодействия осаждающихся из раствора молекул или их комплексов с поверхностью затравок.

Были установлены значения предельной толщины поликристаллических металлических граничных слоев, при которых в данных условиях гидротермального синтеза эти слои сохраняли информационные свойства, обеспечивающие рост монокристаллов гидросодалита. Для кристаллографических направлений [100] и [111] граничные слои золота обладают информационными свойствами вплоть до 2500 Å, а для направления [110] – до 2000 Å; для граничных слоев из серебра предельная толщина составляет 2000 Å для направления [100] и [111] и 1500 Å для направле-

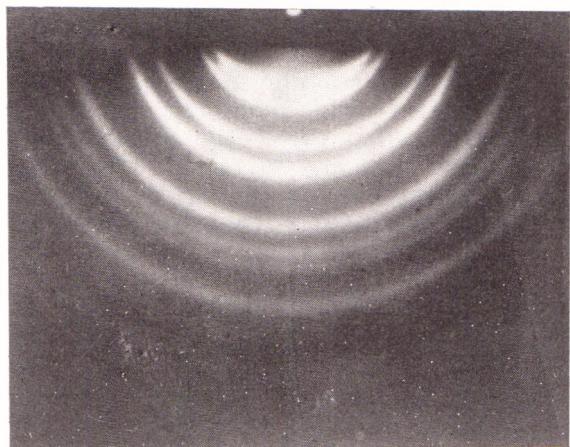


Рис. 1. Электронограмма на отражение от пленки золота толщиной 1000 Å, полученной методом термического испарения, показывающая поликристалличность граничного слоя



Рис. 2. Монокристалл гидросодалита, выращенный на затравке, покрытой граничным слоем из поликристаллического серебра толщиной 800 Å. 4×

ния [110]. При толщине граничных слоев золота порядка 3000 Å и толщине слоев серебра порядка 2500 Å рост монокристаллов гидросодалита уже не имеет места и на внешней стороне граничных слоев возникает большое количество неориентированных паразитных кристаллов гидросодалита.

Таким образом, нами создан новый метод выращивания монокристаллов, основанный на использовании монокристалльных затравок, на которые нанесены информационные граничные слои. Разработанный метод обеспечивает получение более совершенных монокристаллов по сравнению с теми, которые вырастают на «обычных» затравках. Кроме того, метод позволяет значительно сократить количество циклов селекции и

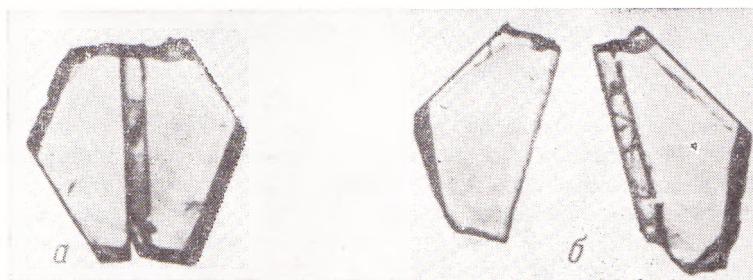


Рис. 4. Пластиинка монокристалла гидросодалита, вырезанная из кристалла, выращенного на затравке, покрытой граничным слоем из поликристаллического золота (а). Затравка свободно отделяется от наросшего монокристалла (б)

тем самым уменьшить время, необходимое для выращивания монокристаллов с определенными физическими и физико-химическими свойствами.

Механизм действия граничных слоев, обуславливающий возможность выращивания более совершенных монокристаллов, можно объяснить следующим образом. В граничных слоях под влиянием различных электрически активных элементов поверхности кристаллов-подложек создается совокупность различных локальных информационных поляризационных микроструктур. В случае использования металлических граничных слоев поляризационные микроструктуры представляют собой диэлектрические и (или) полупроводниковые соединения (4, 5). В зависимости от материала, структуры, толщины и условий приготовления граничных слоев в них создаются определенные информационные микроструктуры с различными сферами дальности действия, отражающие различные электрически активные элементы поверхности затравок, т. е. граничные слои как бы отфильтровывают структурные дефекты, имеющиеся на поверхности исходных монокристалльных затравок. В результате многие дефекты не переходят из затравок в растущие монокристаллы, что, в частности, и обеспечивает высокое совершенство выращиваемых по новому методу монокристаллов.

Из проведенных экспериментов — рост на поликристаллической, по по информационным свойствам «монокристалльной» активной поверхности, отсутствие химического контакта между наросшим монокристаллом и поверхностью затравки — следует, как нам кажется, принципиальный вывод, что теории кристаллизации, основанные на идеальной структуре кристаллов-затравок или на их микрогоеометрии (включая дислокационный механизм роста), можно применять только к сугубо частным случаям кристаллизации. В общем случае рост монокристаллов осуществляется на элементах информационной структуры монокристалльных затравок (или граничных слоев).

Новый метод, основанный на использовании информационных граничных слоев, естественно может быть реализован в самых различных способах выращивания монокристаллов, когда применяются монокристальные затравки.

Институт кристаллографии им. А. В. Шубникова
Академии наук СССР
Москва

Поступило
10 IX 1973

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Г. И. Дистлер, Сборн. Рост кристаллов, т. 8, М. К., «Наука», 1968, стр. 108. ² Г. И. Дистлер, Матер. 4-й Конференции по росту кристаллов, ч. I, Цахкадзор, Ереван, 1972, стр. 109. ³ Г. И. Дистлер, Изв. АН СССР, сер. физ., т. 36, 1846 (1972). ⁴ Г. И. Дистлер, Ю. М. Герасимов, В. Г. Обронов, Кристаллография, т. 17, 62 (1972). ⁵ Г. И. Дистлер, В. Г. Обронов, Ю. М. Герасимов, ФТТ, т. 14, 682 (1972). ⁶ О. К. Мельников, Б. Н. Литвин, Кристаллография, т. 10, 266 (1965).