

УДК 539

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ КРИСТАЛЛОВ GaAs, ПОДВЕРГНУТЫХ ТЕРМИЧЕСКОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ

© П.М. Кузнецов, М.В. Бойцова, М.В. Озерова

Ключевые слова: арсенид галлия; поверхность монокристаллов GaAs; термическое воздействие; морфологические превращения; двойники.

Рассматриваются особенности непрерывного термического воздействия на поверхность монокристаллов GaAs.

ВВЕДЕНИЕ

Некоторые электронные свойства *арсенида галлия* (GaAs) превосходят свойства кремния. Арсенид галлия обладает более высокой подвижностью электронов, которая позволяет устройствам микроэлектроники работать на частотах до 250 ГГц.

Полупроводниковые приборы на основе GaAs генерируют меньше шума, чем кремниевые приборы на той же частоте. Из-за более высокой напряженности электрического поля пробоя в GaAs по сравнению с Si приборы из арсенида галлия могут работать при большей мощности. Эти свойства делают GaAs широко используемым в полупроводниковых лазерах, некоторых радарных системах. Полупроводниковые приборы на основе арсенида галлия имеют более высокую радиационную стойкость, чем кремниевые, что обуславливает их использование в условиях радиационного излучения (например, в солнечных батареях, работающих в космосе).

Стремительное развитие рынка устройств сотовой связи послужило толчком для более широкого использования полупроводника арсенида галлия. На его основе создают высокоскоростные микросхемы, способные работать на высоких частотах, что идеально подходит для устройств беспроводной передачи/приема информации. Сегодня около 90 % рынка микросхем для беспроводной телефонии занято именно устройствами на основе GaAs, и аналогов им пока просто не существует.

В связи с этим изучение механических и электрических свойств является актуальной задачей.

Цель работы – исследовать морфологические превращения в кристаллах GaAs, подвергнутых термическому воздействию.

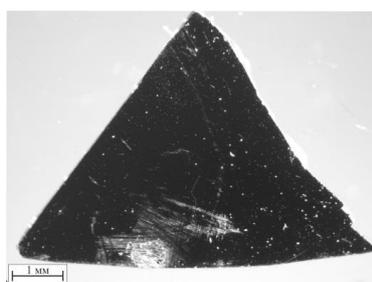
МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТОВ

В экспериментах исследовались образцы GaAs толщиной $d = 0,95$ мм. Исследования термического воздействия на кристаллы осуществляли в электропечи SNOL 8,2/1100 при температуре 1000 °С в течение 1–30 мин. Индентирование производилось на микротвердомере ПМТ-3 с нагрузкой 1 Н на плоскость {111}.

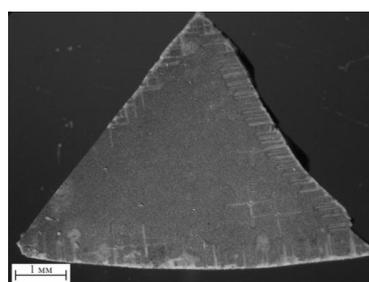
РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Было замечено, что после теплового воздействия (отжига) происходят морфологические изменения поверхности монокристаллического GaAs [1].

На рис. 1а и 1б, рис. 2а и 2б представлены фотографии образцов до и после термического воздействия в течение 1 и 5 мин. соответственно при температуре 1000 °С. Во всех образцах после термического воздействия на поверхности образуются полоскопараллельные линии, длина и ширина которых увеличивается в зависимости от времени выдержки в печи. При времени выдержки 30 мин. эти линии исчезают, и поверхность имеет характерный белый цвет (рис. 3).



а)



б)

Рис. 1. Образец: а) до отжига; б) 1 мин. после отжига (1000 °С)

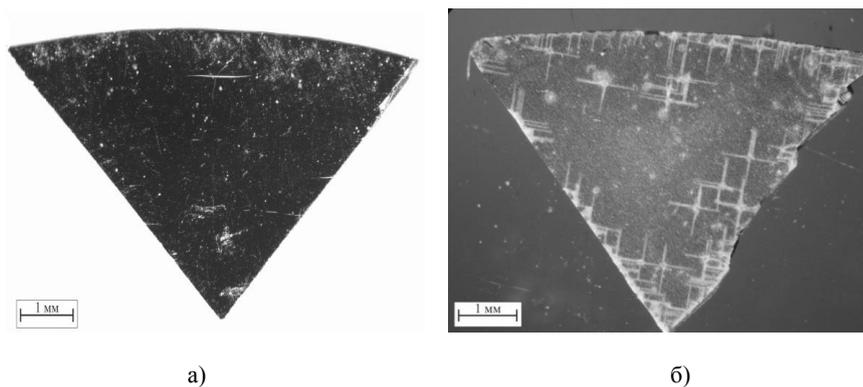


Рис. 2. Образец: а) до отжига; б) 5 мин. после отжига (1000 °С)

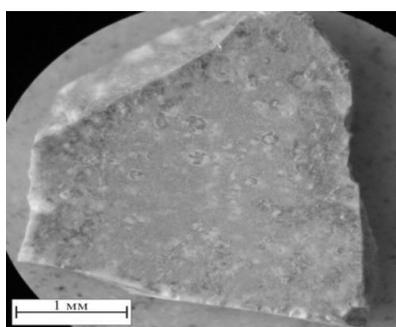


Рис. 3. Образец, подвергнутый отжигу в течение 30 мин.

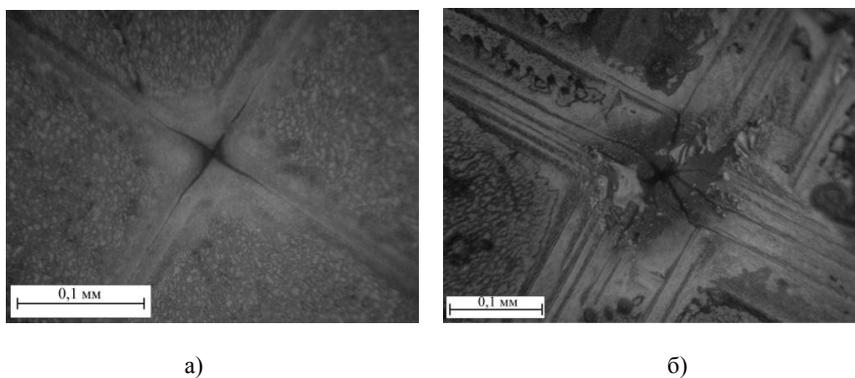


Рис. 4. Увеличенный характерный вид двойников отжига при: а) 1 мин. и б) 5 мин. соответственно

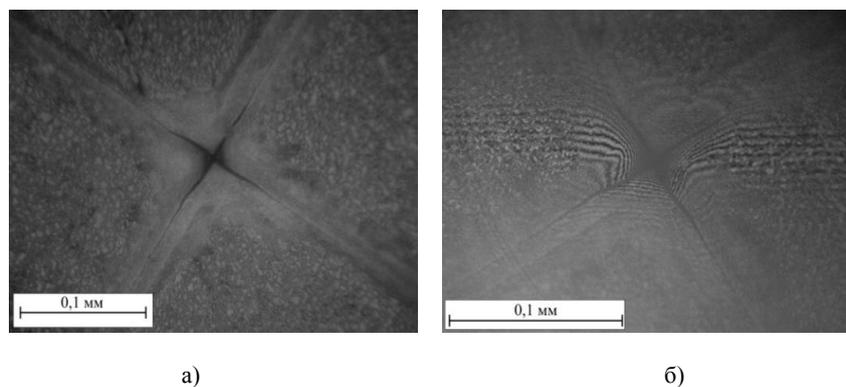


Рис. 5. Увеличенная область трещины: а) без интерференционных полос и б) с интерференционными полосами

Известно, что рекристаллизация многих материалов происходит при температуре $0,9 \cdot T_{пл}$, где $T_{пл}$ – температура плавления. Для арсенида галлия $T_{пл} = 1238$ °С и температура рекристаллизации ~ 1000 °С. Из этого следует, что наблюдаемые линии на поверхности GaAs после термического воздействия являются, вероятно, двойниками рекристаллизации.

Более детальное изображение плоскопараллельных полос представлено на рис. 4а, б. Видно образование трещин в форме буквы «х». Ширина полос увеличивается при увеличении времени термического воздействия.

Известно [2], что характерной особенностью двойников является наличие ступеньки с резким спадом и пологим подъемом. Таким образом, если исследовать профиль полос, то можно однозначно идентифицировать их проявление с двойниками рекристаллизации. С этой целью исследовался рельеф плоскопараллельных полос при помощи интерферометра Линника. Как видно из рис. 5б, интерференционные полосы имеют крутой спад и пологий подъем. Это говорит о том, что получившиеся образования являются двойниками.

Появление двойников отжига связано с переориентацией кристаллической решетки в энергетически более выгодное состояние. В месте пересечения двойников появляются сквозные трещины. Размер трещины составляет около 2 мкм.

ВЫВОДЫ

1. Образование трещины на пересечении двойников связано с различной ориентацией кристаллографических плоскостей в материале.
2. Количество двойников и их размеры зависят от времени отжига.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бойцова М.В., Кузнецов П.М., Федоров В.А., Лобачев А.А.* Изучение рельефа поверхности кристаллов GaAs после термического воздействия // Физика прочности и пластичности материалов: труды 18 междунар. конф. Самара, 2–4 июля 2012 г. Самара, 2012. С. 34.
2. *Класен-Неклюдова М.В.* Механическое двойникование кристаллов. М.: АН СССР, 1960. 257 с.

БЛАГОДАРНОСТИ: Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 12-01-97519_p_a).

Поступила в редакцию 23 ноября 2012 г.

Kuznetsov P.M., Boytsova M.V., Ozerova M.V. RESEARCH OF SURFACE OF GaAs CRYSTALS, SUBJECTED TO THERMAL STRESS

Features of permanent thermal influence on the surface of mono-crystals of GaAs are considered.

Key words: gallium arsenide; surface of mono-crystals GaAs; thermal influence; morphological transformation; doubles.