

УДК 537.311.31 : 548.731

Влияние механической обработки на изгиб монокристаллических пластин из сплава GaAs.

В. П. КЛАДЬКО, Т. Г. КРЫШТАБ, А. В. ФОМИН, Б. Л. ДРУЗЬ, П. Н. ПЕТРОВ

Поступила в редакцию 18.12.89.

Для изготовления полупроводниковых пластин используются различные виды механической обработки поверхностей. Известно [1], что однотипная обработка поверхностей пластин

не приводит к их макроизгибу. Однако в технологическом процессе часто применяется гетерирование, которое можно проводить путем введения упругих напряжений или пластин

тической деформации на одной из поверхностей пластин после финишной обработки с последующей термообработкой при повышенной температуре [2]. Для создания упругой или пластической деформации используется, в частности, шлифовка, которая может привести к заметному изменению геометрической формы пластин. В этой связи целью настоящей работы являлось изучение макроизгиба монокристаллических пластин из GaAs, возникающего в результате односторонних формирующих механических обработок.

Использовались промышленные пластины GaAs, вырезанные из слитков по поверхности (100). Одна сторона каждой пластины прошла затем полный цикл обработки: резка, травление после резки, шлифовка, химико-механическая полировка (ХМП) и супер-химико-механическая полировка (СХМП), а на второй стороне проведена обработка до операции шлифовки. На этом этапе поверхности шлифовались кругом типа АПВ с абразивом АСМ 20/14 в синтетической связке (ТА) на станке ХМП, либо кругом с абразивом на эластической резиновой основе Р1-ПС-75-28 с зернистостью 40/28 (АР). Исследованные пластины были ориентированы по плоскости (100) с точностью $10'$. После твердых шлифовок ТА и АР поверхность пластин имела характерный «матовый» вид с хорошо просматривающейся системой ориентированных царапин, свидетельствующих о направленном характере обработки. Для изучения величины макроизгиба использовался двукристалльный спектрометр в геометрии Брэгг-Брэгг (n, m) с $\text{CuK}\alpha$ -излучением по методике, изложенной в книге [3]. Регистрировались отражения типа $h00$. Используемая в эксперименте аппаратура позволяла измерять минимальный изгиб пластины с радиусом $R=10^4$ м. Структурное совершенство неизогнутых образцов GaAs контролировалось дифрактометрически по величине интегральной интенсивности (ИИ) дифрагированных рентгеновских лучей и полуширине кривых дифракционного отражения (КДО). Анализ этих характеристик для отражений 400 показал, что КДО имеет полуширину $\sim 20''$, а экспериментальные значения ИИ соответствуют расчетным. Однако для отражений 200 и 600 значения ИИ несколько превышают расчетные для идеального кристалла, что свидетельствует о наличии в кристалле нарушений, которые могут быть обусловлены как нарушенным поверхностным слоем $\sim 0,1$ мкм, так и дислокациями с плотностью менее 10^3 см^{-2} . Обработка пластин СХМП и ХМП не выявила каких-либо различий в структурном совершенстве поверхностей.

Исследовались тонкие пластины GaAs толщиной $t=200 \dots 300$ мкм и толстые $t=1500 \dots 3000$ мкм. На тонких образцах, с двух сторон обработанных СХМП и ХМП, не было обнаружено изгиба в пределах точности эксперимента. В таблице приведены значения радиусов изгибов тонких монокристаллов GaAs с различными обработками одной из поверхностей, измеренные в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

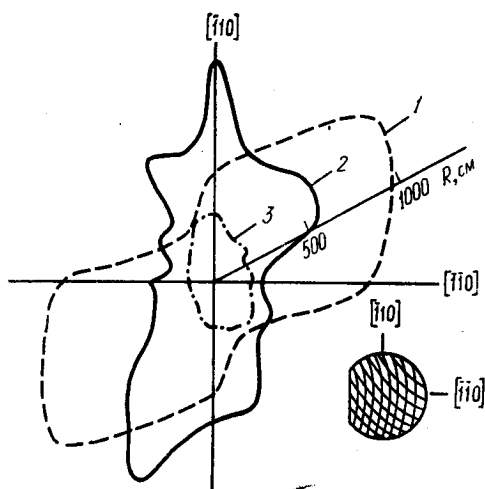
Наименование операций	Радиус изгиба R, см			Полуширина КДО, угл. с
	[110]	[110]	Среднее значение	
«Алмаз в резине»	260	270	265	—
Р1-ПС-75-28	850	220	535	66
Твердый	860	520	690	—
Абразив	980	490	735	35
АСМ 20/14	660	535	597	—

Из анализа таблицы следует, что изгиб пластин имеет ярко выраженную анизотропию. Особенно отчетливо она заметна при измерении азимутальной зависимости этого параметра на примере кристаллов, шлифованных твердым абразивом и «алмазом в резине» (см. рисунок). Как видно из рисунка, подложка характеризуется сложным немонотонным изгибом, причем минимальный его радиус направлен вдоль следа шлифования в направлении, близком к [100]. Имеющаяся анизотропия позволяет предположить качественную взаимосвязь между кинематикой процесса шлифовки и структурной однородностью образца — максимальную неоднородность остаточных напряжений в кристалле следует ожидать при направленной обработке, в то время как при хаотичном движении кристалла или полировальника остаточный изгиб должен приближаться, по-видимому, к сферическому. Представляется, что и величина нарушенного слоя может колебаться в некоторых пределах в зависимости от вектора абразивного воздействия и его интенсивности.

С целью выяснения причин направленного характера изгиба было проведено азимутальное измерение радиусов изгибов кристаллов различных толщин, шлифованных свободным абразивом М-10 хаотически.

При шлифовке тонкого образца, обработанного АР, изменилось азимутальное распределение радиусов изгиба (см. рисунок). Из рисунка видно, что максимум и минимум изгиба наблюдаются в двух взаимно перпендикулярных направлениях $\langle 110 \rangle$. При этом,

следует отметить, что при ориентации поверхности кристалла по плоскости (100) направления типа $\langle 110 \rangle$ полностью идентичны с точки зрения кристаллографии.



Азимутальное распределение радиусов изгибов в тонких пластинах GaAs после различных односторонних шлифовок: 1—твердым абразивом АСМ 20/14; 2—«алмазом в резине» Р1-ПС-75-28; 3—свободным абразивом ЭБМ 10-В

Далее эксперименты проводились на толстых образцах. На промышленных пластинах GaAs толщиной $t=3$ мм не удалось наблюдать макроизгиб в пределах точности измерений. При толщине образца 1300 мкм, шлифованного с одной стороны, уже наблюдался изгиб, имеющий анизотропное распределение радиусов аналогично тонкому образцу. Исследованные пластины GaAs имели эллиптическую форму с осями параллельными направлениям $\langle 110 \rangle$. При этом максимальный изгиб во всех образцах наблюдался вдоль

большой оси эллипса. Необходимо также отметить, что вдоль направления $[100]$ наблюдалась анизотропия изгиба, вызванная анизотропией упругих свойств вдоль направлений $[100]$ и $[110]$. В результате проведенных исследований установлено, что для данной серии пластин GaAs изгиб имеет анизотропный характер, при этом его азимутальное распределение зависит от вида шлифовки поверхности. Кроме того, для выяснения влияния геометрии образцов на анизотропию изгиба изменялась их форма методом скалывания по одной или двум взаимно перпендикулярным плоскостям (110) . Изменение формы образцов не оказывало существенного влияния на анизотропию изгиба.

Таким образом, промышленные пластины из GaAs, обработанные по технологии ХМП/СХМП, не испытывают макроизгиба, что связано, вероятно, с соизмеримостью создаваемых в результате обработок двухсторонних нарушений, менее 0.1 мкм.

Пластины из GaAs, шлифованные с одной стороны, испытывают анизотропный изгиб, вызванный двумя основными причинами:

анизотропией внутренних напряжений вдоль взаимно перпендикулярных направлений $\langle 110 \rangle$, возникающей в процессе роста кристаллов [4] и проявляющейся в результате равномерной хаотической шлифовки;

кинematikой процесса шлифовки при направленной обработке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Даценко Л. И. и др. // Поверхность.—1985.— № 8.— С. 69.
2. Рейви К. Дефекты и примеси в полупроводниковом кремнии.— М.: Мир, 1984.— 470 с.
3. Бублик В. Т., Дубровина А. Н. Методы исследования структуры полупроводников и металлов.— М.: Металлургия, 1978.— 271 с.
4. Мильвидский М. Г., Освенский В. Б. Структурные дефекты в монокристаллах полупроводников.— М.: Металлургия, 1984.— 255 с.