

СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ АН СССР
ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ 34

С.Н.Коляденко, В.Е.Панченко

РЕНТГЕНОТОПОГРАФИЧЕСКИЕ СЪЁМКИ
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ КРИСТАЛЛОВ
НА СИНХРОТРОННОМ ИЗЛУЧЕНИИ
НАКОПИТЕЛЯ ВЭПП - 3

ПРЕПРИНТ 80 - 202



С.Н.Коляденко, В.Е.Панченко

РЕНТГЕНОТОПОГРАФИЧЕСКИЕ СЪЕМКИ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ КРИСТАЛЛОВ НА СИНХРОТРОННОМ ИЗЛУЧЕНИИ НАКОПИТЕЛЯ ВЭШ-3

А н н о т а ц и я

Приведены результаты съемок кристаллов кремния и арсенида галлия, а также эпитаксиальных структур на них в белом синхротронном излучении накопителя ВЭШ-3 в широком диапазоне длин волн. Цель съемок - выбор оптимальных условий получения рентгеновских топограмм кристаллов промышленного назначения.

Развитие технологии изготовления интегральных схем ведет к дальнейшей миниатюризации электронных приборов. В связи с этим структурное совершенство полупроводниковых материалов приобретает все большее значение. Среди неразрушающих методов контроля совершенства полупроводниковых монокристаллов большую роль играет рентгеновская топография, которая становится практическим методом благодаря использованию синхротронного излучения (СИ) электронных накопителей, неоспоримые преимущества которых перед рентгеновскими трубками заключаются в большой интенсивности СИ, непрерывности его спектра и его коллимированности.

Для практического использования СИ в топографии промышленных полупроводниковых материалов существенной является оптимизация условий получения топограмм. Она была выполнена на однокристалльной камере, установленной на одном из топографических каналов бункера СИ накопителя ВЭШ-3. Камера выполнена специально для СИ, т.е. имеет вертикально расположенную экваториальную плоскость во избежание потери светосилы при углах Брэгга $\sim \frac{\pi}{4}$ из-за поляризации СИ в медианной плоскости накопителя. Изучаемый материал — монокристаллы и эпитаксиальные структуры кремния и арсенида галлия с ориентацией пластин по плоскости (100). Для единообразия получаемой информации для всех съемок по Лауэ здесь был выбран рефлекс (220). Топограммы регистрировались фотопластинками типа МР с толщиной эмульсии 10 мкм. Сканирование не использовалось, т.к. вертикальный размер пучка СИ в бункере составляет ~ 10 мм и просматриваемая за одну съемку площадь кристалла достаточно велика.

Съемка топограмм кремниевых пластин по Лауэ не позволили получить информацию о распределении дефектов по объему монокристалла, потому что непланарные стороны пластин в состоянии поставки в целях геттерирования имеют остаточный нарушенный слой. Такой слой отсутствует у кремниевых эпитаксиальных структур (толщина пластин 400 мкм). Для них в интервале $0,50 + 0,75 \text{ \AA}$ $\mu t < 1$ и получают прямые изображения дислокаций, обусловленные кинематическому рассеянию рентгеновских лучей в искривленных областях кристаллической решетки вокруг дислокаций (см. рис. I -

- $\lambda = 0,66 \text{ \AA}; 10^X$). При $0,75 + 1,25 \text{ \AA}$ $\mu t \approx 1 + 5$ и получа-

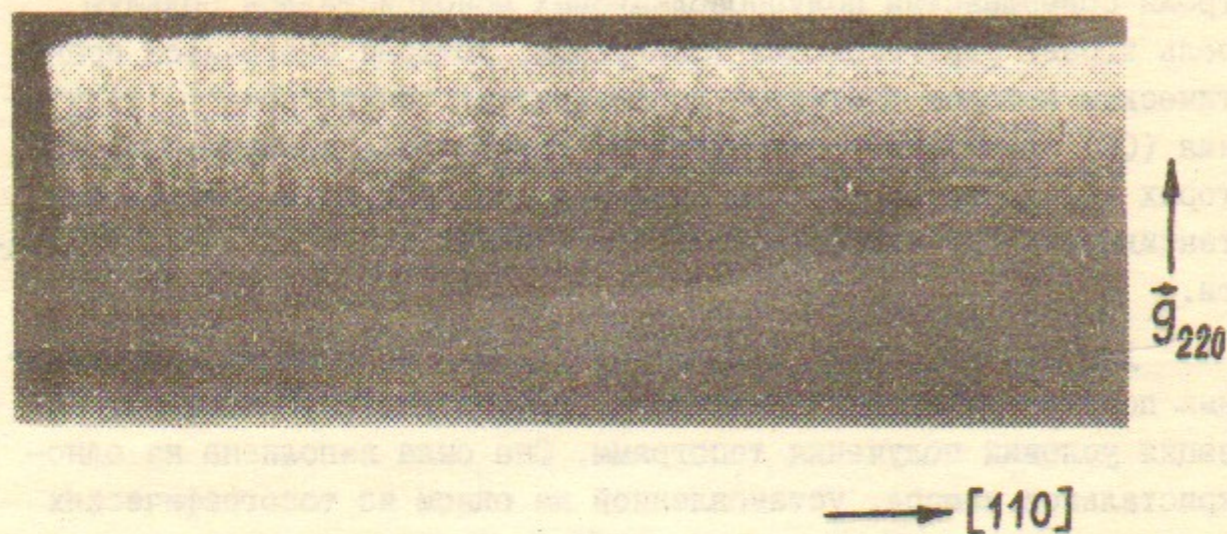


Рис.1.

ется промежуточный контраст изображения дислокаций (рис.2 - $\lambda = 1,07 \text{ \AA}; 10^X$). При $\mu t > 5$ (аномальное прохождение рентгенов-

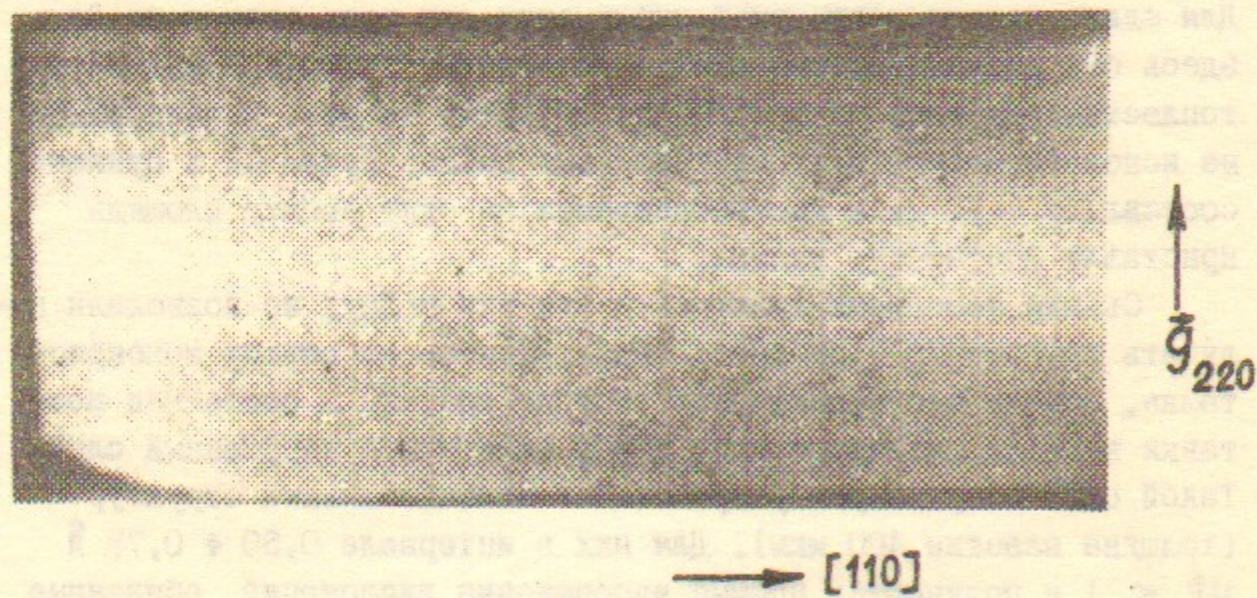


Рис.2.

ских лучей) наблюдается бормановский контраст (рис.3 - $\lambda = 1,62 \text{ \AA}; 10^X$).

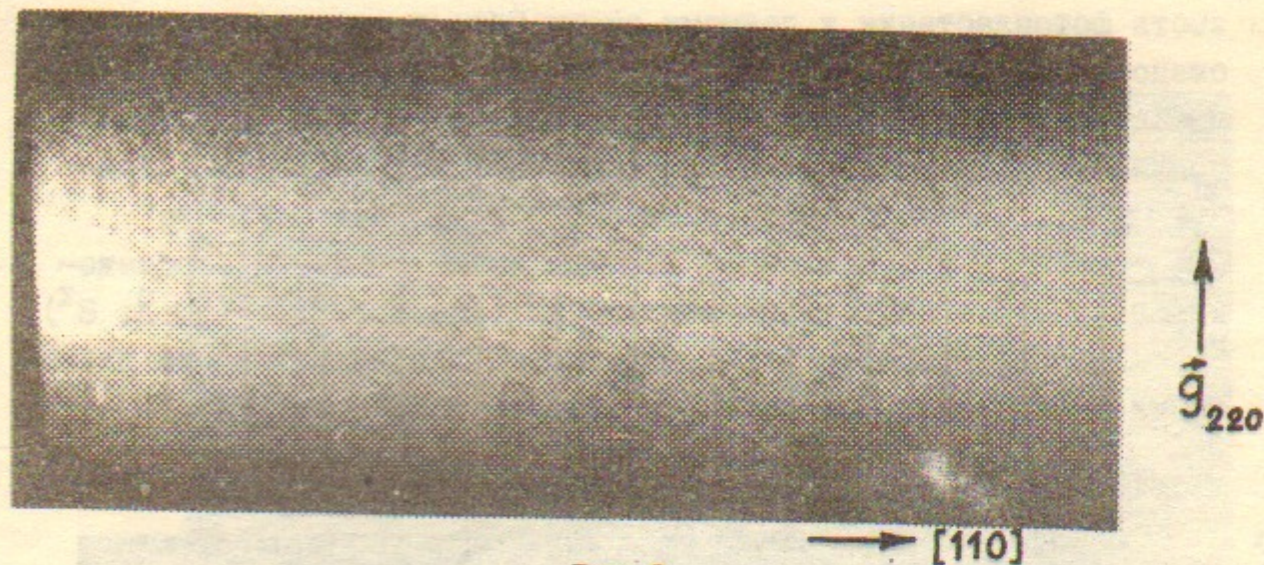


Рис.3.

В широком интервале длин волн $0,7 + 2,0 \text{ \AA}$ получаются топограммы по Лауэ кристаллов арсенида галлия толщиной 400 мкм для рефлекса (220) . При этом бормановский контраст имеет место в областях $0,7 + 1,0 \text{ \AA}$ и $1,4 + 2,0 \text{ \AA}$ (рис.4 - $\lambda = 1,5 \text{ \AA}; 10^X$), а в области $1,0 + 1,4 \text{ \AA}$ реализуется промежуточный контраст. Получить прямые изображения дислокаций в GaAs не

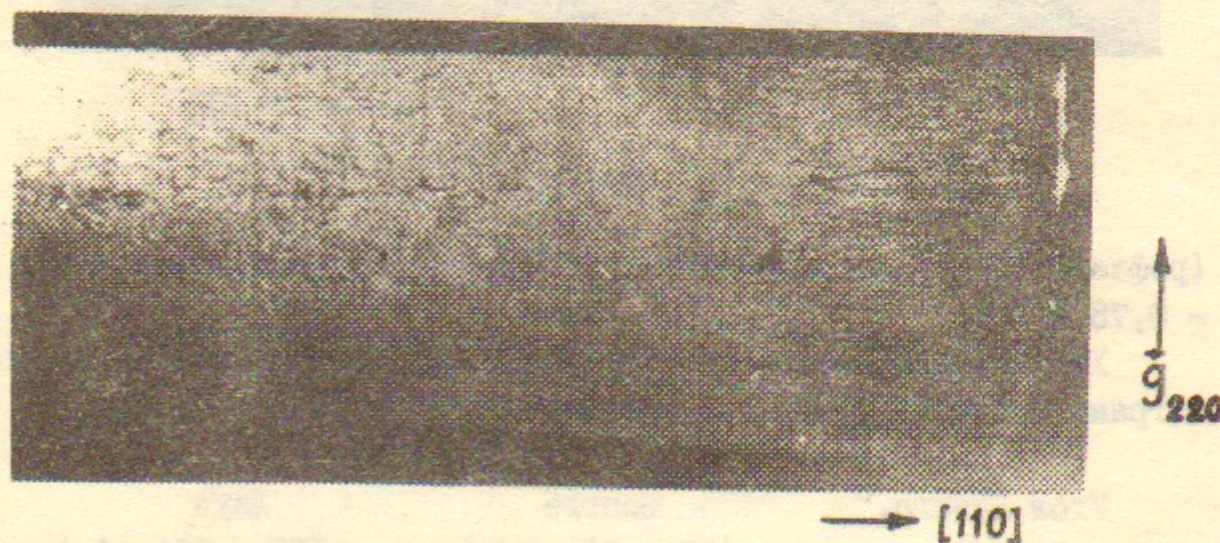


Рис.4.

удалось из-за большого уровня фона, обязанного рассеянию пря-

мого пучка СИ на образце и в воздухе (малые углы Брэгга - близость фотопластинки к прямому пучку СИ); в этом случае интенсивность СИ ВЭП-3 ($\lambda \approx 0,5 \text{ \AA}$) уже невелика, а для подавления фона неэффективен и полихлорвиниловый экран. По этим же причинам здесь наиболее целесообразны съемки GaAs при $\lambda \geq 1,1 \text{ \AA}$. Топограммы гетероэпитаксиальных структур $\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x\text{As}$ толщиной 100 мкм имеют размытые изображения вследствие внутренних напряжений (рис.5 - $\lambda = 1,0 \text{ \AA}$; 8^x).

Геометрия Брэгга также эффективна для визуализации дислокаций - см. рис.6, на котором показана топограмма

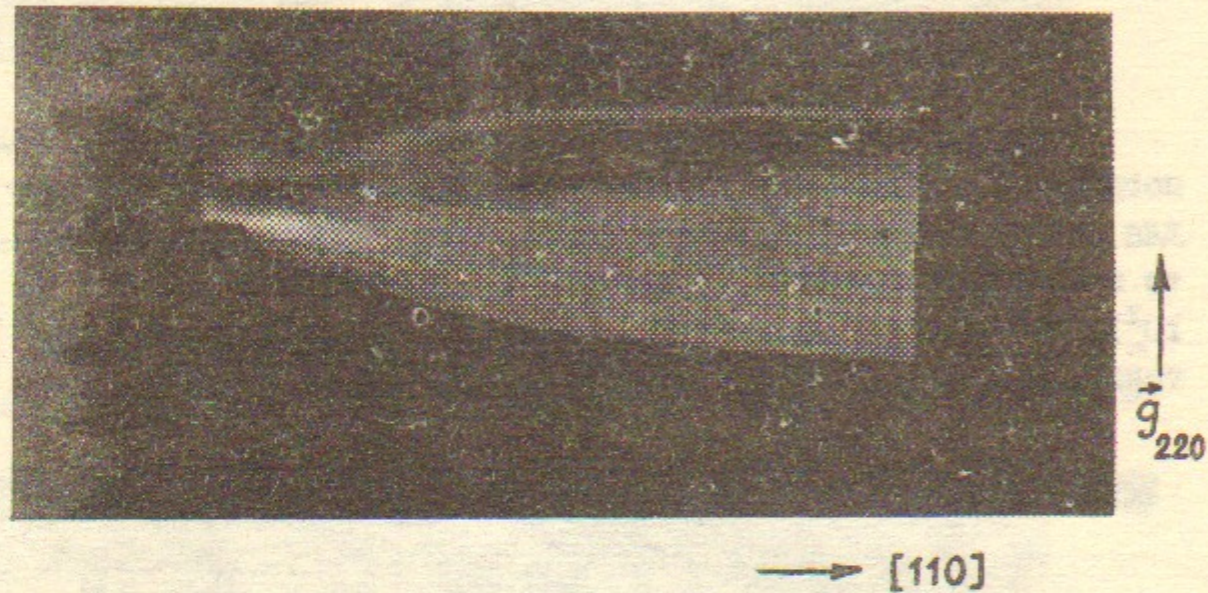


Рис.5.

(рефлекс (115)) кремниевой эпитаксиальной структуры при $\lambda = 0,75 \text{ \AA}$ (7^x).

Характерные экспозиции для получения приведенных здесь топограмм в случае кремния и кремниевых структур составляют:

Геометрия		
Угол Брэгга, °	Брэгга	Лауэ
20 ± 8	$(80 \pm 5) \text{ мА.с}$	$(155 \pm 15) \text{ мА.с}$
50 ± 5	$(60 \pm 10) \text{ мА.с}$	$(350 \pm 20) \text{ мА.с}$

В мА - ток в накопителе. Экспозиции в случае GaAs больше и составляют $\sim (650 + 800) \text{ мА.с}$.

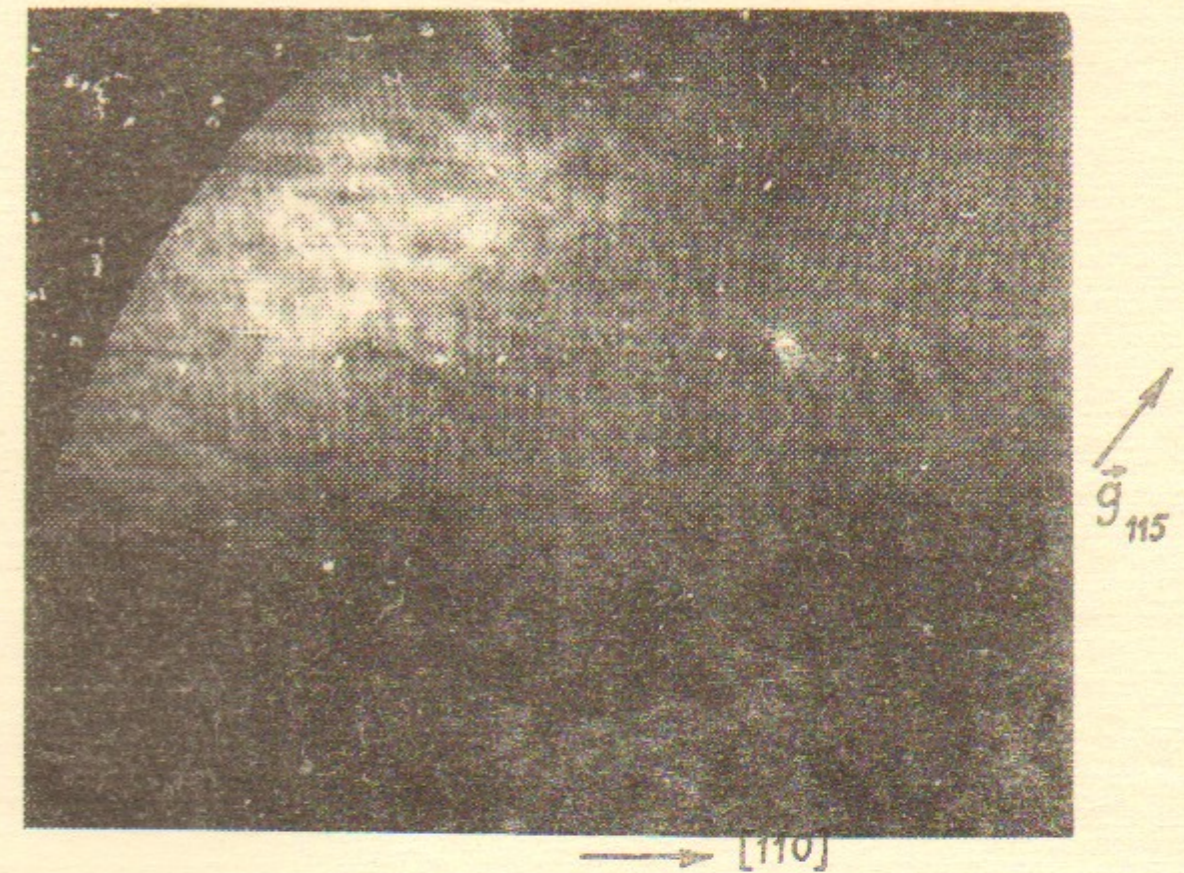


Рис.6.