

Attention Microfiche User,

The original document from which this microfiche was made was found to contain some imperfection or imperfections that reduce full comprehension of some of the text despite the good technical quality of the microfiche itself. The imperfections may be:

- missing or illegible pages/figures
- wrong pagination
- poor overall printing quality, etc.

We normally refuse to microfiche such a document and request a replacement document (or pages) from the National INIS Centre concerned. However, our experience shows that many months pass before such documents are replaced. Sometimes the Centre is not able to supply a better copy or, in some cases, the pages that were supposed to be missing correspond to a wrong pagination only. We feel that it is better to proceed with distributing the microfiche made of these documents than to withhold them till the imperfections are removed. If the removals are subsequently made then replacement microfiche can be issued. In line with this approach then, our specific practice for microfiching documents with imperfections is as follows:

1. A microfiche of an imperfect document will be marked with a special symbol (black circle) on the left of the title. This symbol will appear on all masters and copies of the document (1st fiche and trailer fiches) even if the imperfection is on one fiche of the report only.
2. If imperfection is not too general the reason will be specified on a sheet such as this, in the space below.
3. The microfiche will be considered as temporary, but sold at the normal price. Replacements, if they can be issued, will be available for purchase at the regular price.
4. A new document will be requested from the supplying Centre.
5. If the Centre can supply the necessary pages/document a new master fiche will be made to permit production of any replacement microfiche that may be requested.

The original document from which this microfiche has been prepared has these imperfections:

- missing pages/figures numbered: PAGES MISSING. Pictures 2 to 6
- wrong pagination
- poor overall printing quality
- combinations of the above
- other

INIS Clearinghouse
IAEA
P. O. Box 100
A-1400, Vienna, Austria

ԵՐԵՎԱՆԻ ՖԻԶԻԿԱՅԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ
ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ЕФИ-394(1)-80

И.П.КАРАБЕКОВ, Д.Л.ЕГИКЯН, Р.А.МИКАЭЛЯН,
В.Г.БАГДАСАРЯН, Э.В.СУВОРОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ КРИСТАЛЛОВ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИНХРОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

INIS input
MF prepared

ԵՐԵՎԱՆ 1980 ԵՐԵՎԱՆ

УДК.548.73

И.П.КАРАБЕЖОВ, Д.Л.ЕГИКЯН, Р.А.МИКАЭЛЯН,
В.Г.БАГДАСАРЯН, Э.В.СУВОРОВ ж)

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ КРИСТАЛЛОВ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИНХРОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

В настоящей работе представлены результаты рентгенотопографических исследований дислокационных структур в монокристаллах кремния с использованием пучка СИ ускорителя электронов Ереванского физического института. Анализ топограмм, полученных с использованием СИ, показывает, что разрешение их не уступает разрешению метода Ланга, давая одновременно преимущество в сокращении времени экспозиции на два, три порядка для исследуемых в настоящей работе образцов. Это позволило значительно ускорить процесс получения информации о структурном совершенстве кристаллов.

Ереванский физический институт

Ереван 1980

ж) ИФТИ АН СССР

EdM-394(I)-80

I.P.KARABEKOV, D.L.EGIKYAN, R.A.MIKAELYAN
V.G.BAGDASARYAN, E.V.SUVOROV*

INVESTIGATION OF A REAL STRUCTURE OF CRYSTALS
USING SYNCHROTRON RADIATION

The results of X-ray topographical investigations of dislocational structures in silicon monocrystals using the SR beam of the Yerevan electron accelerator are given. The analysis of topograms obtained using SR beams shows, that their resolution is not inferior to the resolution of the Lang method and at the same time has a great advantage in reducing of time of exposition by two, three orders for the specimens under investigation in this work. This permitted to accelerate substantially the process of gaining the information on perfection of crystals structure.

Yerevan Physics Institute

Yerevan 1980

* ISSP AN USSR

ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ЕФИ-394(1)-80

И.П.КАРАБЕКОВ, Д.Л.ЕГИКЯН, Р.А.МИКАЭЛЯН,
В.Г.БАГДАСАРЯН, Э.В.СУВОРОВ *)

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ КРИСТАЛЛОВ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИНХРОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

*) ИФТТ АН СССР

Ереван 1980

© *Ереванский физический институт, 1980*

Развитие электронной и других отраслей современной промышленности, использующих монокристаллы, требует разработки методов исследования и контроля структурного совершенства кристаллов в процессе производства с целью улучшения качества полупроводниковых приборов. Применение методов [1,2] исследования степени совершенства образца с использованием традиционных источников рентгеновского излучения сопряжено с большим временем экспозиции, которое в зависимости от параметров источника и характеристик образца может составить от единиц до нескольких десятков часов. Кроме того, необходима многократная встировка аппаратуры при смене образцов и для получения изображения дефектов структуры в различных рефлексах. Сравнительно малая интенсивность и большая расходимость пучков современных трубок не позволяет выбрать геометрию съёмки топограммы, при которой достигается максимальное разрешение изображения дефектов. В частности, для улучшения угловых характеристик пучка, излучение коллимируется узкими щелями (~ 10 мкм), что в связи с малой угловой плотностью потока фотонов также приводит к увеличению времени экспозиции. Применение столь медленных методов контроля в промышленности практически невозможно. В связи с этим

разработка новых приемов, позволяющих увеличить экспрессность рентгенотопографических методов, является актуальной задачей.

Синхротронное излучение (СИ), генерируемое ускорителями и накопителями при орбитальном движении заряженных частиц - электронов, характеризующееся большой плотностью потока фотонов, непрерывностью спектра, почти полной поляризацией фотонов в плоскости орбиты электронов, малой расходимостью и большим значением поперечного сечения пучка [3-5], позволяет за короткое время экспозиции получать своеобразные лауэграммы, каждый рефлекс которой является дифракционной топограммой исследуемой области кристалла [6-9]. Таким образом, одновременно получается семейство топограмм, соответствующих различным длинам волн, отраженным от плоскостей с различными миллеровскими индексами (h , k , l).

Эта особенность топограмм, получаемых с помощью СИ позволяет, в частности, легко реализовать различные методы определения типа дислокаций, в том числе и методику, основанную на погасании контраста дислокаций.

В настоящей работе представлены результаты рентгенотопографических исследований дислокационных структур в монокристаллах кремния с использованием пучка СИ ускорителя электронов Ереванского физического института, позволивших значительно ускорить процесс получения и обработки информации о структурном совершенстве кристаллов и тем самым, повысить экспрессность анализа.

Исследования проводились с помощью камеры для рентгенотопографических исследований с низким уровнем флуоресцентного фона [8], позволяющей однозначно ориентировать и фиксировать

образец и пленку относительно направления падающего пучка СИ при многократном разборе камеры и заправке новой кассеты (рис. 1).

Камера устанавливалась на встирочном столе на расстоянии 26 м от точки возникновения излучения. Пучок СИ транспортировался к месту проведения эксперимента с помощью вакуумного пучкопровода длиной 25,5 м и выводился на продольную ось камеры через бериллиевую фольгу толщиной 200 мкм. Для уменьшения горизонтальной расходимости синхротронного пучка и рассеянного от стенок пучкопровода фона на расстоянии 7,96 м от места расположения экспериментальной установки на трассе пучка устанавливался дистанционный встируемый коллиматор со щелью 2 x 12 мм. Рабочий размер пучка после формирования СИ был равен 4 x 6 мм.

При съемке использовалась эмульсия МК, нанесенная на гибкую лавсановую подложку. Специально изготовленная кассета со стенкой из плексигласа позволяла устанавливать гибкую топографическую пленку на экранирующей трубке перпендикулярно относительно направления падающего пучка. Расстояние между регистрирующей пленкой и исследуемым кристаллом было выбрано равным 55 мм. Такое, относительно большое расстояние позволило исключить наложение рефлексов от различных кристаллографических плоскостей. Однако, при этом теряются рефлексы с малыми значениями индексов h , k , l . Этого можно избежать, приблизив пленку к кристаллу, выбрав оптимальную геометрию или повернув кристалл на некоторый фиксированный угол ψ , который в дальнейшем, при обработке результатов необходимо учитывать.

Для отработки методики исследования дислокационной струк-

туры кристаллов использовались образцы с единичными прямолинейными дислокациями с известными значениями вектора Бюргерса. Образцы вырезались из бездислокационного кремния, выращенного по методу Чохральского с осью роста $[111]$. После механической обработки и химического полирования по методике, описанной в $[10]$, в кристалл вводились единичные линейные дислокации. Входная поверхность образцов параллельна кристаллографической плоскости (100) . Толщина кристаллов составляла 300–500 мкм. Кроме того, для иллюстрации возможностей метода использовались пластины монокристаллического кремния с ростовыми дефектами — дислокациями и дефектами упаковки.

При снятии топограмм на пластинке одновременно регистрировалось до 50 рефлексов (рис. 2). Для облегчения идентификации рефлексов в той же геометрии снималась лауэграмма образца (рис. 3). Анализ лауэграммы для определения индексов Миллера рефлексов проводился стандартным методом $[11, 12]$. Время экспозиции на пучке СИ для исследуемых образцов составляло $\sim 1 + 2$ мин при среднем токе ускоренных электронов $\sim 1 + 2$ мА.

На рис. 4 приведены некоторые наиболее характерные рефлексы семейства топограмм. На топограммах хорошо видны две прямолинейные дислокации ориентированные вдоль направления $[\bar{1}\bar{1}0]$. Из условий деформирования и геометрии введения дислокаций $[13]$ известно, что это смешанные дислокации, для которых вектор Бюргерса составляет 60° с осью дислокации. Анализ изображений на топограммах показывает, что вектор Бюргерса для дислокации 1 ориентирован вдоль направления $[\bar{1}01]$, а для дислокации 2 — $[101]$. Это совпадает с данными, полученными обычными методами Ланговской топографии. На рис 5 в качестве примера

приведена типичная топограмма того же кристалла, снятая по методу Ланга на излучении $M\alpha K_{\alpha}$. Время съёмки в данном случае составило 6 часов, не считая времени юстировки образца на топографической камере. На рис.6(а,б) представлены две топограммы кристалла кремния с наличием ростовых дислокаций, снятых на синхротронном излучении (рис.6б) и на излучении $M\alpha K_{\alpha}$ рентгеновской трубки (рис.6а). Сопоставление топограмм, снятых на СИ и на обычном микрофокусном рентгеновском источнике показывает, что синхротроннограммы по своему разрешению не уступают топограммам, снятым методом Ланга, давая одновременно значительное преимущество в экспрессности. Тот факт, что на СИ одновременно получается большой набор топограмм от различных отражающих плоскостей, является несомненным преимуществом метода. Однако, здесь следует помнить, что все эти топограммы получены на разных длинах волн, а значит условие образования дифракционного изображения будет различным. Часть топограмм будет иметь чисто Бормановский контраст ($\mu t \gg 1$), часть — чисто экстинкционный ($\mu t \leq 1$) и целый ряд топограмм будет получен в промежуточном контрасте ($\mu t \sim 1$).

Применение СИ в рентгеновской топографии открывает большие возможности для повышения экспрессности методик без потери в разрешении. Наряду с некоторыми сложностями, возникающими при анализе синхротроннограмм в связи с непрерывностью спектра СИ, открываются перспективы для изучения механизма образования изображения дефектов, так как одновременно получается широкий набор топограмм с различными значениями μt и различными векторами дифракции.

Малые времена экспозиции при съёмке топограмм (~ 1 мин) позволят осуществить покадровую съёмку структурного состояния образца для исследования динамики и механизма взаимодействия дислокаций с другими дефектами решетки кристалла и при воздействии на него внешних возмущений.

Авторы считают своим приятным долгом поблагодарить профессора В.Л.Индѣнбома за идею постановки этой работы и постоянный интерес, а также сотрудников Лаборатории реальной структуры кристаллов ИФТТ АН СССР за помощь в получении секционных топограмм.

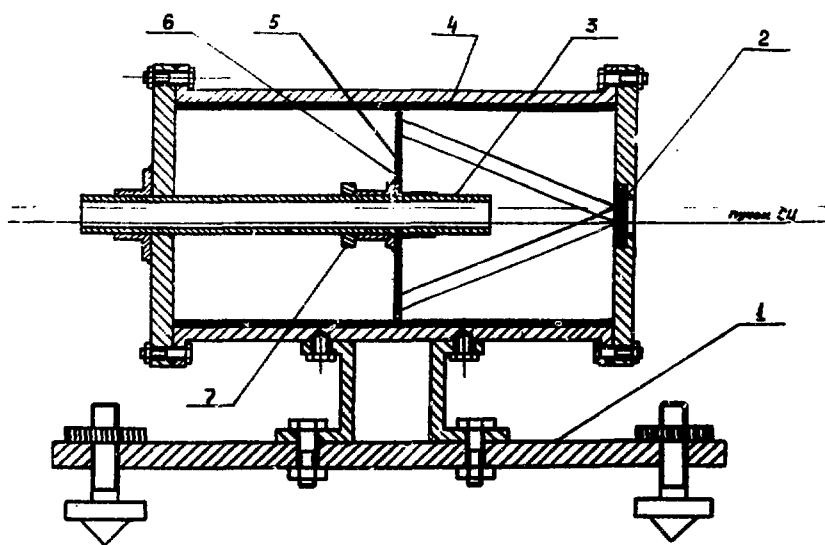


Рис. I

ПОДПИСИ К РИСУНКАМ .

Рис.1 Конструкция рентгенотопографической камеры.

- 1-встеровочный стол
- 2-исследуемый объект
- 3-экранирующая трубка
- 4-многослойный корпус камеры
- 5-регистрирующая плёнка
- 6-кассета
- 7-фиксатор расстояния "объект-плёнка".

Рис.2 Семейство топограмм, полученное на СИ от кристалла кремния с единичными дислокациями.

Рис.3 Лауэграмма того же образца.

Рис.4 Наиболее характерные рефлексы семейства топограмм кристалла кремния с единичными дислокациями, полученными на СИ.

Время экспозиции $t = 40$ сек.

Рис.5 Топограмма того же кристалла, снятая по методу Ланга на излучении MoK_{α} ($\lambda = 0,711 \text{ \AA}$).

Время экспозиции $t = 6$ часов.

Рис.6 а) Топограмма кристалла кремния с наличием ростовых дислокаций, снятая методом Ланга на излучении MoK_{α} ($\lambda = 0,711 \text{ \AA}$).

Время экспозиции $t = 32$ часа.

б) Одна из топограмм семейства рефлексов того же кристалла, полученная с помощью СИ

На рис.6а указана область, которая исследовалась на СИ.

Время экспозиции $t \approx 1$ мин.

ЛИТЕРАТУРА

1. С.Амеликс "Методы прямого наблюдения дислокаций", Москва, "Мир", 1968.
2. U.K.Bonse, M.Hart, X-Ray Diffraction Topography, Advances Analysis, 1,10, 1967
3. D.H.Tombouliau, P.L.Hartman, Phys.Rev., 102, 1423, 1956
4. Синхротронное излучение в исследовании твердых тел.Сборник статей, Москва, "Мир" 1972.
5. А.И.Алиханян, Ц.М.Авакян, П.А.Безирганян, И.П.Карабеков, М.А.Мартиросян, А.М.Кочинян, С.С.Увакимян, ПТЭ, 3,39,1974.
6. Т.Фуџивара, S.Pohi, S.Sanada, Jap.J.Appl.Phys.,3,129,1964
7. T.Tuomi, K.Naukarinen, P.Rabe, Phys.Stat.Sol.(a),25,93 1974
8. Л.И.Даценко, Д.Л.Егикян, И.П.Карабеков, Р.А.Микаэлян, И.В.Прокопянко, Ю.А.Тхорик, Препринт-ЕФИ-206(52)-76.
9. M.Suuvage, Topography with Synchrotron Radiation,limoges, France, p.S-1, 1975
10. В.И.Никитенко, В.Н.Ерофеев, Н.М.Надгорная Сборник "Динамика дислокаций". Физ-тех институт низких температур АН УССР, Харьков, 84, 1968.
11. М.А.Порай-Кошиц. Практический курс рентгеноструктурного анализа I, Москва,1969.
12. С.С.Горелик, Л.Н.Расторгуев, Ю.А.Скаков.Рентгенографический и электроннографический анализ. Изд. металлургия 1970.
13. В.Н.Ерофеев,В.И.Никитенков,В.И.Половинкина. Э.В.Зуворов. Кристаллография 16, 1,190, 1971.

Рукопись поступила 25-го декабря 1979.

Редактор Д.П. Мукаян
Тех. редактор А.С. Абрамян

Заказ 456

ВФ-05062

Тираж 299

Препринт ЕФИ

Формат издания 60 x 84/16

Подписано к печати 7/III-80г.

I, Оуч. изд. л. Ц. 7 к.

Издано Отделом научно-технической информации
Ереванского физического института, Ереван-36, пер. Маркарян 2

индекс 3624