

Физика

УДК 548.733

К. В. АЛУМЯН, Т. С. МНАЦАКАНЯН, Т. О. ЭЙРАМДЖЯН, Ф. О. ЭЙРАМДЖЯН

СОПОСТАВЛЕНИЕ ЛИНИЙ МЕХАНИЧЕСКИХ ИЗОНАПРЯЖЕНИЙ И МАЯТНИКОВЫХ ПОЛОС РЕНТГЕНОВСКИХ ЛУЧЕЙ

В работе исследовано влияние кристаллических искажений, обусловленных дислокациями, на вид маятниковых полос, полученных от двухблочного рентгеновского интерферометра из монокристалла Si. Показано, что в областях вдали от дислокаций распределение вершин маятниковых полос совпадает с линиями механических изонапряжений.

Высокая чувствительность метода маятниковых полос (МП) рентгеновских лучей к локальным деформациям и напряжениям позволяет применить его для качественной, а в некоторых случаях и для количественной оценки степени совершенства полупроводниковых кристаллов при наличии в них скопления точечных дефектов, дислокаций, микротрещин и т.д. В частности, можно использовать этот метод для экспериментального исследования и восстановления упругих полей дислокаций, существующих (или генерированных) в монокристаллах кремния.

Для вышеупомянутой цели в настоящей работе было исследовано распределение механических напряжений вокруг генерированных дислокаций с помощью МП рентгеновских лучей [1], полученных от кремниевой монокристаллической системы клин-плоскопараллельная пластина (рис. 1). Толщина плоскопараллельной пластины – 4мм, преломляющий угол клиновидной пластины – 2° . С такой системы снималась серия секционных топограмм с использованием отражающих плоскостей $[2\bar{2}0]$ при излучении $MoK\alpha_1$, ширина первичного пучка – 50мкм.

Результаты и их обсуждение. На топограмме, полученной до введения в клиновидный кристалл дислокаций, отсутствуют смещения V-образных МП от центральной линии рефлекса (рис. 2). Это означает, что в облучаемых областях кристалла почти отсутствуют искажения кристаллической решетки. Согласно методике, приведенной в работах [2, 3], в клиновидном блоке кристаллической системы были зарожжены дислокации, после чего с того же блока получена рентгенотопографическая картина

(фотопластинка помещалась между двумя блоками). На полученной таким образом топограмме была видна группа дислокаций, выстроенная вдоль царапины, сделанной на клиновидной пластинке вдоль $[1\bar{1}0]$ (рис. 3). Глубина царапины составляла 7–9 мкм. Далее, начиная с расстояния ≈ 2 мм от края области, где были введены дислокации, последовательно снимались секционные топограммы (а, б, в на рис. 4).

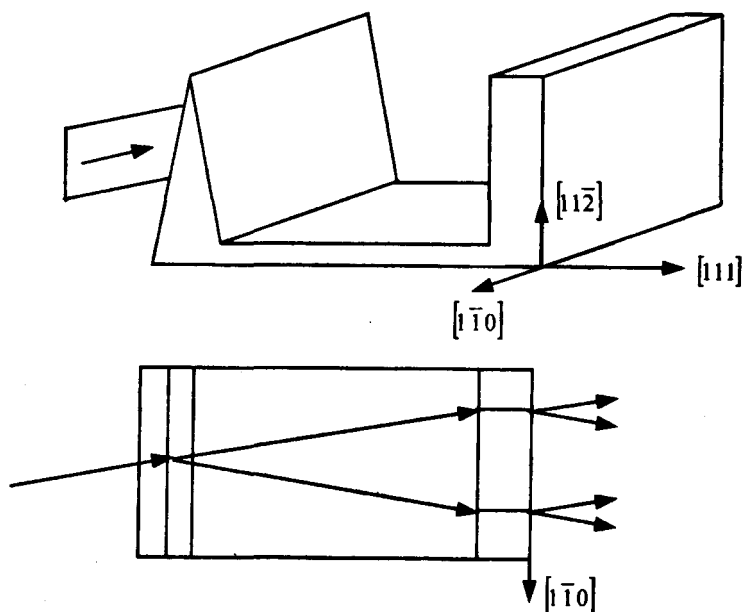


Рис. 1. Схема прибора для получения МП и ход лучей в нем.

На этих топограммах вершины V-образных МП смещены от центральной линии следа дифрагированного пучка, а ветви V-полос повернуты (искривлены) относительно их исходного положения. При этом, как отмечалось в работе [1], такая конфигурация МП сохраняется на расстоянии нескольких миллиметров от области дислокаций в клиновидном кристалле.

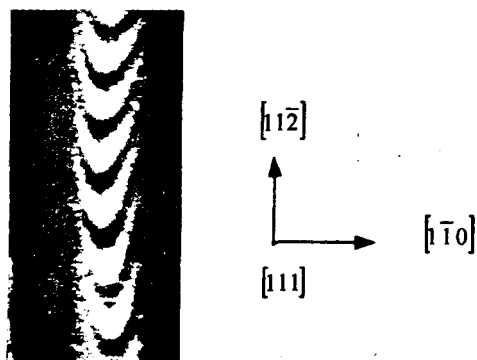


Рис. 2. МП, полученные до введения дислокаций.

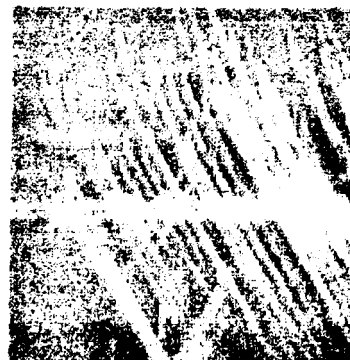


Рис. 3. Топограмма от клиновидного блока.

По мере удаления от этой области по оси OX (OX направлена по $[1\bar{1}0]$, а OY – по $[11\bar{2}]$) расположение V -полос приближается к идеальному случаю, изображенному на рис. 2. А в каждой отдельно взятой секционной топограмме имеет место распределение смещений V -полос и по оси OY . Это означает, что в клиновидном кристалле имеет место распределение напряжений как по оси OX , так и по оси OY , обусловленных генерированными дислокациями. В работе [4] нами предполагалось, что если в малых областях клиновидного кристалла имеются решеточные искажения, изменяющиеся по определенному закону, то это приведет к соответствующему изменению в распределении маятниковых полос по тому же закону. Для подтверждения такого предположения возникла необходимость сравнения экспериментальных данных с теоретическими расчетами механических напряжений, создаваемых 60° -градусными дислокациями в кристалле кремния в плоскости (111) .

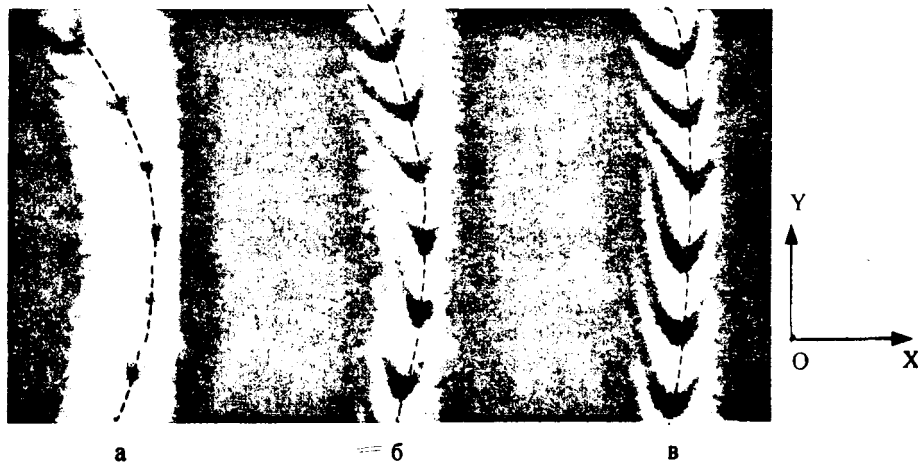


Рис. 4. МП, полученные после введения дислокаций.

В работе [5] нами построены линии изонапряжений дислокаций, рассчитанные согласно линейной теории упругости [6]. В соответствии с этим в настоящей работе на полученной рентгенофотограмме от клиновидного кристалла (рис. 3) подсчитано количество введенных дислокаций, измерены среднее расстояние между ними и средняя длина дислокационной петли. С использованием расчетов, проведенных в [5], построены линии изонапряжений, которые приведены на рис. 5, откуда следует, что в кристалле существует распределение напряжений по осям OX и OY . Это подтверждается полученными нами секционными топограммами после введения дислокаций.

Пунктирными линиями на рис. 4 нами указаны смещения вершин МП в следах дифрагированных пучков. Сравнение рис. 4 и рис. 5 показывает, что линии изонапряжений, обусловленные существующими в клиновидном кристалле дислокациями, и распределение вершин МП

(пунктирные линии на рис. 4) имеют одинаковый вид на расстоянии $\approx 2\text{мкм}$ от области нахождения дислокаций. При этом теоретически

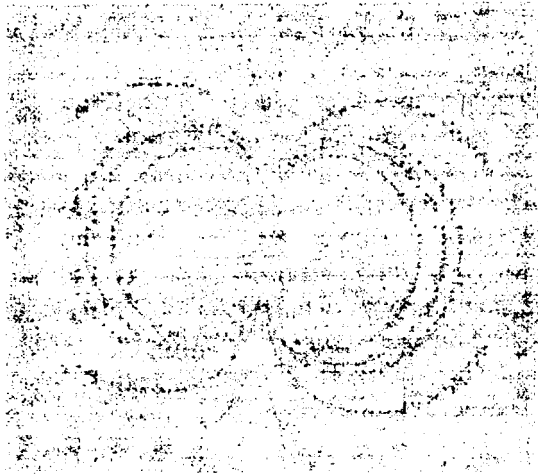


Рис. 5. Теоретические линии изонапряжений дислокаций.

рассчитанные линии изонапряжений дислокаций (рис. 5) объясняют не только смещения вершин МП в направлении $[1\bar{1}0]$, отмеченные нами в ранее выполненных работах [1, 4], но и характерные искривления ветвей V-полос в соответствии с этими линиями.

В заключение отметим, что результаты настоящей работы могут быть полезными при исследовании полей напряжений дислокаций, которые не регистрируются ни рентгеноинтерферометрическим методом (из-за высокой чувствительности), ни рентгенотопографическим методом (из-за низкой чувствительности).

Кафедра ФТТ

Поступила 24.12.2003

ЛИТЕРАТУРА

1. Алумян К.В., Багдасарян Р.И., Бальян М.К., Эйрамджян Ф.О. – Кристаллография, 1983, т. 28, вып. 5, с. 1026.
2. Никитенко В.И., Ерофеев В.Н., Надгорная Н.М. Сб. Динамика дислокаций. Харьков: Физ. техн. ин-т низких темпер. АН УССР, 1968.
3. Багдасарян Р.И., Мнацаканян Т.С., Эйрамджян Т.О., Эйрамджян Ф.О. – Ученые записки ЕГУ, 1983, № 2, с. 153.
4. Алумян К.В., Багдасарян Р.И., Бальян М.К. – Кристаллография, 1983, т. 28, вып. 5, с. 1024.
5. Алумян К.В., Багдасарян Р.И., Мнацаканян Т.С., Эйрамджян Ф.О. – Изв. высших учебных заведений. Физика (Томск), 2002, № 8, с. 45.
6. Хирт Дж., Лоте И. Теория дислокаций. М.: Атомиздат, 1972.

Վ. Վ. ԱԼՈՒՄՅԱՆ, Թ. Ս. ՄՆԱՇԱԿՅԱՆՆ, Տ. Հ. ԷՅՐԱՄՋՅԱՆ, Ֆ. Հ. ԷՅՐԱՄՋՅԱՆ

ՄԵԽԱՆԻԿԱԿԱՆ ԻՉՈՆԱՐՄԱՆ ԳԾԵՐԻ ԵՎ ՌԵՆՏԳԵՐԱԿՐԱԲԻԱԿԱՆ
ՃԱՆԱԳԱՅԹՆԵՐԻ ԾՈՃԱՆԱԿԱՅԻՆ ՇԵՐՏԵՐԻ ՀԱՍԱԴՐՈՒՄԸ

Ամփոփում

Աշխատանքում ուսումնասիրված է դիսլոկացիաներով պայմանավորված ցանցային աղավաղումների ազդեցությունը երկբյուրեղ ռենտ-

գենյան ինտերֆերոմետրից ստացված ճոճանակային շերտերի զազաթների բաշխման վրա: Ցույց է տրված, որ դիսլոկացիաներ պարունակող Si միաբյուրեղի որոշակի տիրույթների համար ճոճանակային շերտերի բաշխումը համընկնում է մեխանիկական իզոլարման գծերի հետ:

K. V. ALOUMYAN, T. C. MNATSAKANYAN, T. H. EYRAMJYAN, F. H. EYRAMJYAN

COMPARISON OF MECHANICAL ISO-STRAIN LINES AND X-RAY PENDELLOSUNG FRINGES

Summary

The effect of crystalline disturbances, arising due to dislocations, upon the form of Pendellosung fringes obtained in an X-ray two-block interferometer is considered. It is shown, that for local regions of dislocation Si monocrystals the distribution of Pendellosung fringes coincides with the isostrain lines.