

МИКРОТВЕРДОСТЬ БЕЗДИСЛОКАЦИОННОГО ГЕРМАНИЯ

Э. Г. МЕЛИКЯН, А. Г. ХАЧИЯН, Г. М. МАРКАРЯН, Г. Г. БАБАЯН

Исследованию механических свойств, в частности микротвердости полупроводников, посвящено много работ (см., напр., [1—5]). В работах [4, 5] исследована зависимость микротвердости германия от кристаллографической ориентации, удельного сопротивления, способа обработки поверхности полупроводника и т. д. Плотность дислокаций в германии, исследованном в этих работах, составляла примерно 10^4 — 10^5 см $^{-2}$.

В связи с большой анизотропией упаковки атомов в решетке германия наблюдается анизотропия микротвердости. В работе [5] микротвердость менялась примерно на 10% в зависимости от главных кристаллографических ориентаций. Отмечалось также, что ориентация пирамидки не оказывает заметного влияния на величину микротвердости в данной плоскости, т. е. анизотропия микротвердости в данной плоскости не была обнаружена.

В настоящей работе исследуется зависимость микротвердости бездислокационного германия от кристаллографической ориентации, расположения пирамидки в данной плоскости и от обработки поверхности кристалла германия.

Образцы изготовлялись из бездислокационного германия марки ГЭС—3 ± 40 ом см, плотность дислокаций в которых составляла менее 10 см $^{-2}$. Ориентация плоскостей (111), (110), (100) производилась на рентгенографической установке ДРОН-1. Образцы вырезались из одного слитка. После резки поверхность германия шлифовалась мелким порошком карбида бора, а затем полировалась алмазными пастами, минимальная величина зерен которых—0,1 мкм. Травление производилось полирующим травителем [6]. Микротвердость германия измерялась на приборе ПМТ-3 с алмазной пирамидкой. Известно, что микротвердость почти не зависит от нагрузки на индентор [7], и разброс данных получается наименьшим при максимальной нагрузке в 200 Г. Микротвердость вычислялась по известной формуле

$$H = \frac{1854}{C^2} P \frac{\kappa\Gamma}{\text{мм}^2},$$

где P —нагрузка в граммах, C —диагональ отпечатка в микронах.

Для более точного определения величины микротвердости использовался статический метод, описанный Абловой [5]. Измерения проводились по главным кристаллографическим направлениям [111], [110] и [100]. Для данной кристаллографической плоскости измерялась микротвердость в зависимости от расположения пирамидки. На рис. 1 представлена кривая, построенная для травленной поверхности (100). По оси ординат отложено значение микротвердости, по оси абсцисс — значение угла поворота между направлением [110] в плоскости (100) и диагональю отпечатка пирамидки. Как видно из рисунка, величина микротвердости сильно зависит от угла

поворота пирамидки. Наибольший сдвиг максимума микротвердости получается при повороте на 40° . Для плоскости (111) он составляет 60° . Изменение микротвердости на плоскости (100) в зависимости от угла поворота пирамидки составило 27%, а на плоскости (111)—11%. Полученные дан-

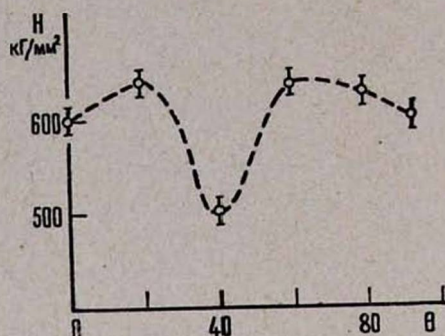


Рис. 1. Зависимость микротвердости германия с удельным сопротивлением 8 ом см от угла поворота диагонали отпечатка относительно направления $[110]$ в плоскости (100).

ные указывают на существование анизотропии в данной плоскости, что не было замечено в предыдущих работах.

При повороте пирамидки на 90° для плоскости (100) и на 120° для (111) микротвердость почти не меняется, что объясняется кристаллографической симметрией кристалла германия. При фиксированном положении пирамидки наиболее вероятное значение микротвердости меняется при переходе от одной плоскости к другой. Наибольшее значение получается для плоскости (111), а наименьшее—для (110).

Микротвердость сильно зависит от обработки поверхности кристалла германия. На рис. 2 приведены наиболее вероятные значения микротвердости в зависимости от обработки. Как видно из рисунка, микротвердость

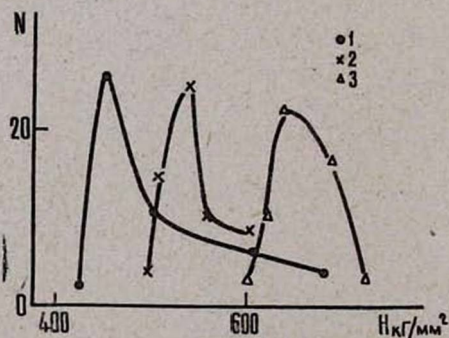


Рис. 2. Зависимость микротвердости германия с удельным сопротивлением 14 ом см от обработки поверхности. Микротвердость измерялась в плоскости (110) при фиксированном положении пирамидки: 1—шлифованная поверхность, 2—полированная поверхность, 3—травленная поверхность; N —число измерений.

германия меняется в сторону больших значений от шлифованной к травленной поверхности. В зависимости от обработки поверхности кристалла микротвердость меняется на 40—50%. Травление снимает разрушенный слой, что и увеличивает прочность германия [8]; по-видимому, это и приводит к увеличению микротвердости.

Ереванский физический институт

Поступила 8.V.1973

ЛИТЕРАТУРА

1. C. C. Wang, B. H. Alexander. Acta Met., 3, 515 (1955).
2. G. C. Kuczynski, R. F. Hochman. Phys Rev., 108, 946 (1957).
3. Н. Я. Горидько, П. П. Кузменко, Н. Н. Новиков. ФТТ, 3, 3650 (1961).
4. М. С. Аблова, А. Р. Ретель. ФТТ, 4, 1053 (1962).
5. М. С. Аблова. ФТТ, 3, 1815 (1961).
6. А. Ф. Трутко. Методы расчета транзисторов, Энергия, М., 1971.
7. А. А. Иванько. Твердость, Наукова Думка, Киев, 1968.
8. Ю. А. Концевой, Э. А. Фаттахов, Л. В. Андреева. Электронная техника, сер. 14, Материалы, вып. 1, 73 (1971).

ՈՉ-ԴԻՍԼՈԿԱՑԻՈՆ ԳԵՐՄԱՆԻՈՒՄԻ ՄԻԿՐՈԿԱՐԾՐՈՒԹՅՈՒՆԸ

Է. Գ. ՄԵԼԻԿՅԱՆ, Ա. Հ. ԽԱՉԻՅԱՆ, Գ. Մ. ՄԱՐԳԱՐՅԱՆ, Հ. Հ. ԲԱԲԱՅԱՆ

Չափումների միջոցով հայտնաբերված է ոչ-դիսլոկացիոն գերմանիումի բյուրեղի միկրո-
կարծրության անհամասեռությունը:

HARDNESS OF UNDISLOCATION GERMANIUM

E. G. MELIKIAN, A. H. KHACHIAN, G. M. MARKARIAN, H. H. BABAIAN

The anisotropy of the hardness of undislocation germanium is discovered during the measurements of sample hardness.