

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

## ОБ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УРОВНЯХ ДЕФЕКТОВ, СОЗДАВАЕМЫХ БЫСТРЫМИ НЕЙТРОНАМИ В КРЕМНИИ *p*-ТИПА

И. Д. КОНОЗЕНКО, Г. Н. ЕРИЦЯН, В. И. ХИВРИЧ

В настоящее время для кремния *p*-типа, в отличие от кремния *n*-типа, неизвестна достоверно природа энергетических уровней в запрещенной зоне, созданных радиационными дефектами, возникшими в результате облучения быстрыми нейтронами.

В ряде работ [1, 2, 3] показано, что быстрые нейтроны создают в кремнии *p*-типа энергетические уровни, расположенные в середине запрещенной зоны, и уровни, расположенные на 0,49 и 0,3 эв выше валентной зоны.

Нами были исследованы образцы кремния *p*-типа с удельным сопротивлением 80 ом.см (легирован бором) и плотностью дислокаций  $10^4 \text{ см}^{-2}$  с различной концентрацией кислорода. Образцы первого типа были выращены методом Чохральского и имели концентрацию кислорода  $10^{16} \text{ см}^{-3}$ ; образцы второго типа — зонной плавкой с концентрацией кислорода  $10^{16} \text{ см}^{-3}$ . Образцы имели размеры  $1,5 \times 3 \times 10 \text{ мм}$ , шлифовались и травились в СР-4. Контакты осуществлялись путем втирания галлия с цинком, обеспечивая омичность в интервале температур 100—340°К.

Облучение образцов производилось в реакторе ВВРМ при температуре 60°С быстрыми нейтронами. Тепловые нейтроны отсекались кадмиевым фильтром. По оценке относительный вклад  $\gamma$ -лучей по отношению к быстрым нейтронам составляла 4%. Образцы обоих типов были облучены дозой  $6,6 \times 10^{18} \text{ н}^\circ/\text{см}^2$  в одинаковых условиях.

В результате облучения удельное сопротивление образцов первого типа возросло до  $1,3 \times 10^6 \text{ ом. см}$ , а второго типа — до  $10^6 \text{ ом. см}$ .

Подвижность дырок уменьшалась с 220 до 20 см<sup>2</sup>/сек, почти одинаково для обоих типов образцов. На рис. 1 и 2 представлены результаты измерений эффекта Холла для первого и второго типа образцов соответственно. Эти данные указывают на то, что облучение быстрыми нейтронами резко уменьшает концентрацию дырок (почти на три порядка величины) и приводит к появлению радиационных дефектов типа донорной примеси, создающих новые электронные уровни. Из наклона кривых была вычислена глубина залегания этих уровней, которые оказались на  $E_v + 0,45 \text{ эв}$  ( $\pm 0,01 \text{ эв}$ ) и  $E_v + 0,42 \text{ эв}$  ( $\pm 0,01 \text{ эв}$ ) для первого и второго типа соответственно.

Исследование отжига возникших дефектов (рис. 3) показало, что они устойчивы вплоть до 300°С и отжигаются при 400°С. При этом появляется уровень  $E_v + 0,29 \text{ эв}$ , имеющий малую концентрацию ( $2,74 \times 10^{13} \text{ см}^{-3}$ ), который был обнаружен и в работе [3]. Из данных рис. 1 и 2 можно также показать, что эффективность образования дефектов быстрыми нейтронами составляет  $10^{-4} \text{ см}^{-1}$ . Учитывая, что

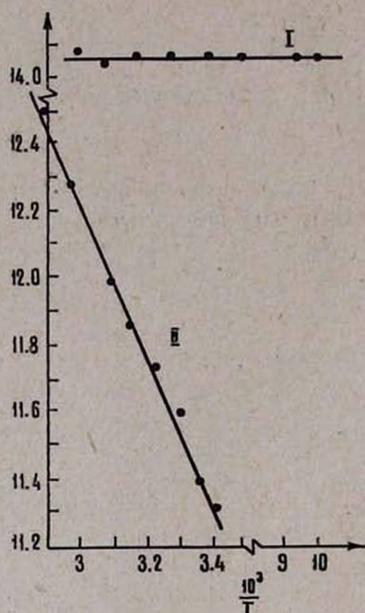


Рис. 1.

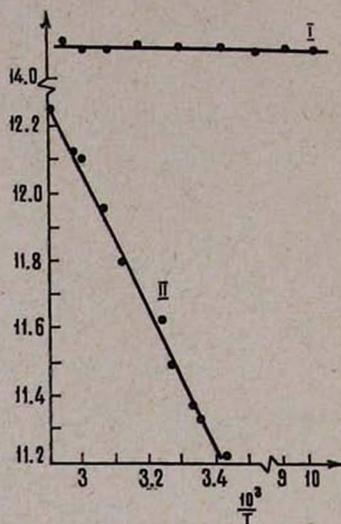


Рис. 2.

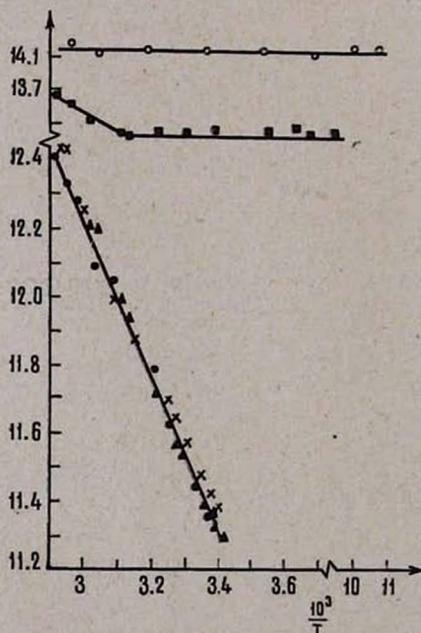


Рис. 3.

образцы имели одинаковую малую плотность дислокаций, следует предположить, что данные энергетические уровни не принадлежат к дефектам, локализованным на дислокациях.

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. G. K. Wertheim, Phys. Rev., 111, 1500 (1958).
2. B. C. Vasuлов, УФН, 84, 431 (1964).
3. G. C. Bailey and C. M. Williams, J. Appl. Phys., 34, 1935 (1963).

ԱՐԱԳ ՆՅՏՏՐՈՆՆԵՐՈՎ ՌՄԲԱԿՈՑՎՈՂ p-ՏԻՊԻ ՍԻԼԻՑԻՈՒՄԻ ՄԵՋ  
ԱՌԱՋԱՅՈՂ ԷՆԵՐԳԵՏԻԿ ՄԱԿԱՐԴԱԿՆԵՐԻ ՄԱՍԻՆ

Ի. Գ. ԿՈՆՈՋԵՆԿՈ, Հ. Ն. ԵՐԻՑՅԱՆ, Վ. Ի. ԽԻՎՐԻՉ

p-տիպի սիլիցիումը արագ նեյտրոններով ոմրակոծելիս տեսակարար դիմադրությունը ստացվում է սեփականից բարձր՝ շարժունակության համարյա 10 անգամ նվազելու հետևանքով: Ռադիացիոն էներգետիկ մակարդակները՝ ստացվում են 0,45, 0,42, 0,29 էլեկտրոնվոլ՝ վալենտային շերտից վեր:

ON THE ENERGY LEVELS OF DEFECTS IN p-Si PRODUCED  
BY FAST NEUTRON

by J. D. KONOSSENKO, G. N. YERITSIAN, V. J. HIVRICH

Following a p-Si irradiation by fast neutrons; a resistivity higher than the intrinsic is obtained (in consequence of a decrease of the Hall mobility of the order almost one value) and three levels in the band gap 0,45; 0,42; 0,29 eV from the valence band are discovered.

О ВОЗМОЖНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ИОНИЗАЦИИ ЗАРЯЖЕННЫХ  
ЧАСТИЦ В СТРИМЕРНОЙ КАМЕРЕ

Т. Л. АСАТИАНИ, К. А. ГАЗАРЯН, В. Н. ЖМЫРОВ, В. А. ИВАНОВ,  
Э. М. МАТЕВОСЯН, А. А. НАЗАРЯН, А. Ф. ФИЛОЗОВ, Р. О. ШАРХАТУНЯН

При исследовании свойств элементарных частиц с помощью трековых камер одной из основных задач является определение удельной ионизации заряженных частиц.

Возможность определения ионизирующей способности заряженных частиц в следящей искровой камере подробно рассмотрена в работе В. А. Любимова и др. [1]. В работе Фукуи и Захарова [2] имеется указание на наличие эффекта ионизации в проекционной искровой камере. Некоторые соображения и подсчеты по поводу возможности определения удельной ионизации в стримерной камере приведены в работе Г. Е. Чиковани и др. [3].

С целью экспериментальной проверки возможности определения удельной ионизации заряженных частиц в стримерной камере нами были поставлены опыты на протонном пучке синхроциклотрона ЛЯП ОИЯИ.

В настоящей статье приведены результаты первого эксперимента. Через стримерную камеру объемом  $(50 \times 35 \times 15)$  см<sup>3</sup>, наполненную чистым неоном до давления 1 атм, пропускались протоны