

ՋՐԻ ՖՈՏՈԼԻԶԻ ԵՂԱՆԱԿՈՎ ԱՐԵԳԱԿԱՆԱՅԻՆ ԷՆԵՐԳԻԱՅԻ
ՓՈԽԱԿԵՐՊՄԱՆ ԱՐԴՅՈՒՆԱՐԱՐՈՒԹՅԱՆ ՍՊԵԿՏՐԱԼ ԿԱԽՎԱՍՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ

ժ. Բ. ՓԱՆՈՍՅԱՆ, Վ. Մ. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ, Ա. Գ. ՍԱՐԳՍՅԱՆ,
Վ. Ա. ՄԵԼԻՔՍԵՅԱՆ, Հ. Լ. ՄԱՐԳԱՐՅԱՆ, Ա. Ա. ՊՈԳՈՍՅԱՆ

Հետազոտված են ֆոտոլիզի պրոցեսում օգտագործվող կիսահաղորդչային TiO_2 և ZnO ֆոտոանոդների բվանային արդյունաբարության սպեկտրալ կախվածությունները: Քննարկված են ֆոտոանոդների դոնորային և ակցեպտորային խառնուրդներով միաժամանակ լեզիրացման, ինչպես նաև արտաքին էլՇՈՒ-ի և մակերևութային վիճակների ազդեցությունները էֆեկտիվության սպեկտրալ կախվածության վրա:

SPECTRAL DEPENDENCIES OF THE EFFICIENCY
OF SOLAR ENERGY CONVERSION BY MEANS
OF WATER PHOTOLYSIS

J. R. PANOSYAN, V. M. HARUTYUNYAN, A. G. SARKISYAN,
V. A. MELIKSEYAN, H. L. MARGARYAN, A. A. POGHOSYAN

Spectral dependencies of the quantum efficiency of TiO_2 and ZnO semiconductor photoanodes obtained at the conversion of solar energy by means of the method of water photolysis were investigated. The influence of an external bias, of doping the photoanodes with donor and acceptor impurities as well as of photoanode surface states on the spectral dependencies of the efficiency is considered and a qualitative account for the measured dependencies is given.

Изв. АН Армянской ССР, Физика, 17, 35—39 (1982)

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

ВЛИЯНИЕ ОТЖИГА НА УДЕЛЬНОЕ ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕ-
НИЕ ОБЛУЧЕННЫХ ОБРАЗЦОВ $n-GaP$

С. А. АЙРАПЕТЯН, С. К. НИКОГОСЯН, В. А. СААКЯН, А. С. САРОЯН

Известно, что крупномасштабные флуктуации в распределении электрически активных примесей в объеме полупроводника приводят к возникновению неоднородного электростатического потенциала, который, в свою очередь, модулирует края энергетических зон [1]. Последнее обстоятельство сильно влияет на электрические характеристики полупроводника. Поэтому измерение температурной зависимости удельного электросопротивления и коэффициента Холла может дать сведения об этих крупномасштабных дефектах (размеры, зарядовое состояние и т. д.).

Дефекты в монокристаллах образуются как технологическим путем, во время выращивания, так и вследствие облучения однородного полупроводника различными высокоэнергетическими частицами. В работах [2, 3] исследовались эффект Холла и электропроводность образцов $n-GaP$ после облучения электронами с энергией 1 и 50 МэВ. В этих работах главным

образом обращалось внимание на то, что при низких энергиях бомбардирующих электронов возникают точечные дефекты, а при больших энергиях — также и крупномасштабные дефекты.

Целью настоящей работы является изучение влияния радиационных разупорядоченных областей на температурную зависимость удельного электросопротивления облученных и отожженных образцов n -GaP.

Образцы n -GaP с концентрациями $n_1 \approx 5,2 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$ и $n_2 \approx 3,6 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$ облучались электронами соответственно с энергией 7,5 МэВ, дозой $1,3 \cdot 10^{17} \text{ эл/см}^2$ и 50 МэВ, дозой $1,2 \cdot 10^{17} \text{ эл/см}^2$. После облучения проводились измерения температурной зависимости удельного электросопротивления на постоянном токе в интервале температур 100—300 К. Затем такие измерения повторялись после каждого 15-минутного изохронного отжига при различных температурах. Экспериментальные результаты приведены на рис. 1 и 2. По сравнению с исходными значениями концентрации свободных носителей тока после облучения уменьшились на 5—6 порядков.

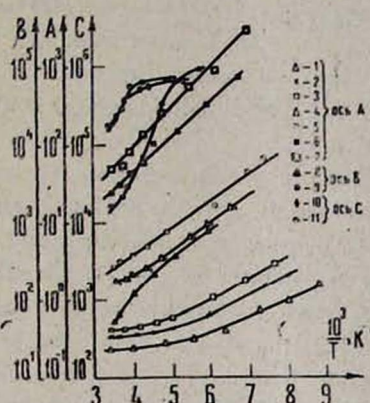


Рис. 1.

Рис. 1. Температурная зависимость удельного электросопротивления образца n -GaP, облученного электронами с энергией 7,5 МэВ, дозой $1,3 \cdot 10^{17} \text{ эл/см}^2$: 1 — до облучения, 2 — после отжига при 800°C , 3 — 600°C , 4 — 450°C , 5 — 350°C , 6 — 250°C , 7 — 200°C , 8 — 175°C , 9 — 150°C , 10 — 100°C , 11 — сразу после облучения.

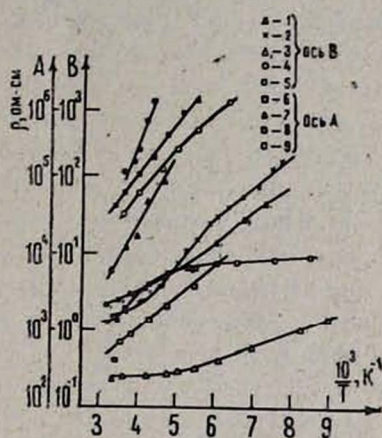


Рис. 2.

Рис. 2. Температурная зависимость удельного электросопротивления образца n -GaP, облученного электронами с энергией 50 МэВ, дозой $1,2 \cdot 10^{17} \text{ эл/см}^2$: 1 — до облучения, 2 — после отжига при 800°C , 3 — 600°C , 4 — 500°C , 5 — 400°C , 6 — 300°C , 7 — 200°C , 8 — 150°C , 9 — 700°C .

Обсуждение результатов

1. Удельное электросопротивление образца n -GaP, облученного электронами с энергией 7,5 МэВ, с уменьшением температуры быстро растет и достигает насыщения (рис. 1). Такое поведение ρ наблюдается и после 15-минутного изохронного отжига при 100 и 150°C . Далее, при высоких температурах отжига ρ монотонно уменьшается, а его температурная зависимость не меняет наклона (для каждой данной температуры отжига).

Изменение наклона $\log \rho$ от $10^3/T$ сразу после облучения и низкотемпературных отжига обусловлено неравномерностью облучения, так как образцы были технологически довольно однородными. Неравномерность облучения приводит к возникновению областей с различной компенсацией исходных свободных носителей тока, т. е. к крупномасштабным флуктуациям электрического потенциала. Однако эти флуктуации обусловлены точечными радиационными дефектами, поэтому они и исчезают при сравнительно низких температурах отжига (см. рис. 1).

2. В случае облучения *n-GaP* электронами с энергией 50 МэВ из-за сильной компенсации свободных носителей тока на нашей установке удалось провести измерения удельного сопротивления только после 15-минутного изохронного отжига при температуре 150°С и выше (см. рис. 2).

Здесь, в противоположность первому случаю, наклон $\log \rho$ от $10^3/T$ изменяется при высоких температурах изохронного отжига (выше 600°С). Отжиг при сравнительно низких температурах приводит в основном к исчезновению точечных радиационных дефектов и к сильному уменьшению степени компенсации образца. Как видно из рис. 2, с понижением температуры (на кривых, соответствующих температуре отжига выше 600°С) заметно изменяется наклон зависимости $\log \rho$ от $10^3/T$. Заметим, что после отжига при 700°С удельное электросопротивление резко увеличилось (вместо ожидаемого уменьшения). Этот факт требует дальнейшего изучения, и мы пока ограничиваемся только его констатацией.

При низких температурах темп увеличения ρ замедляется. По-видимому часть электронов, находящихся в свободной зоне, с понижением температуры не покидает ее, не переходит на пустые донорные уровни. Такое поведение ρ можно объяснить влиянием разупорядоченных областей. Действительно, если эти области окружены слоем пространственного заряда, тогда обусловленный ими электростатический потенциал $V(r)$ модулирует края энергетических зон *GaP*, придавая им извилистую форму с различными максимумами и минимумами (повторяя форму электростатического потенциала). Уровни мелких донорных центров тоже повторяют ход $V(r)$. Таким образом, если электроны находятся в минимумах зоны проводимости, а свободные донорные уровни — около максимумов $V(r)$, то с понижением температуры электроны не могут перейти на эти уровни (связанное состояние). Процесс принимает активационный характер, и темп роста ρ с понижением температуры замедляется, т. е. электроны, находящиеся в минимумах $V(r)$, все-таки участвуют в проводимости путем заброса их на так называемый «уровень протекания», характерный для неоднородных структур [1]. Энергия забрасывания электрона на этот уровень заметно меньше энергии активации донорных уровней.

Ереванский физический
институт

Поступила 20. I. 1981

ЛИТЕРАТУРА

1. Шейнман М. К., Шик А. Я. ФТП, 10, 209 (1976).
2. Брайловский Е. Ю., Конозенко И. Д., Тартачник В. П. ФТП, 9, 769 (1975).
3. Брайловский Е. Ю., Ерицян Г. Н., Тартачник В. П. ФТП, 9, 1805 (1975).

ՋԵՐՄԱՄԵՆԱԿԱՆ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ՀԱՌԱԳԱՅԹՎԱՆ n -GaP
ԵՄՈՒՇՆԵՐԻ ՏԵՍԱԿԱՐԱՐ ԷԼԵԿՏՐԱԴԻՄԱԴՐՈՒԹՅԱՆ ՎՐԱ

Ս. Հ. ՀԱՅՐԱՊԵՏՅԱՆ, Ս. Կ. ԵԿԻՂՈՍՅԱՆ, Վ. Հ. ՍԱՀԱԿՅԱՆ, Ա. Ս. ՍԱՐՈՅԱՆ

Ցույց է տրված, որ n -GaP միաբյուրեղներում էլեկտրոնային ճառագայթումով ստեղծված անկանոն տիրույթները, շրջապատված լինելով տարածական լիցքով, հանգեցնում են էներգետիկ դոտիների մոդուլյացիայի: Որպես դրա հետևանք ջածր չեղմաստիճաններում տեսակարար դիմադրության աճը դանդաղում է թրժաթողարկված (600°C -ից բարձր) նմուշների համար:

THE INFLUENCE OF ANNEALING ON THE RESISTIVITY
OF IRRADIATED n -GaP SAMPLES

S. A. AIRAPETYAN, S. K. NIKOGOSYAN, V. A. SAAKYAN, A. S. SAROYAN

It is shown that the space charge of disordered regions formed at an electron irradiation of n -GaP samples modulates the energy zone edges. As a result, the rise of specific resistivity for annealed (above 600°C) samples at low temperatures is moderated.

Изв. АН Армянской ССР, Физика, 17, 39—41 (198

ЗОНДИРОВАНИЕ АТМОСФЕРЫ ЛИДАРОМ
НЕПРЕРЫВНОГО РЕЖИМА

А. В. СИНЯВСКИЙ

В задачах лазерного зондирования атмосферы [1] используются мощные импульсные лазеры с модулированной добротностью. Частота повторения импульсов в подобных системах обычно не превышает нескольких десятков импульсов в минуту. Описанный в работах [2, 3] метод измерения общего (интегрального) коэффициента ослабления излучения основан на измерении разности фаз посылаемого в атмосферу и принимаемого отраженного сигнала лазера непрерывного режима с низкочастотным законом модуляции излучения.

В случае лазера непрерывного режима (см. рисунок) модуляцию выходного излучения можно производить с достаточно высокой частотой повторения, получая последовательность коротких импульсов с длительностью t_n и периодом следования T . Отраженный атмосферным аэрозолем сигнал принимается оптической системой, усиливается и поступает на вход линейного пропускающего устройства и далее на фильтр низких частот (ФНЧ). Для ФНЧ с постоянной времени $\tau_{\phi} = RC$ при периоде повторения импульсов T среднее значение напряжения на емкости в установившемся режиме есть

$$U_c \approx U_0 \frac{t}{T}, \quad (1)$$