

филлированного кремния выявлено нами с помощью автордиографической методики. На рис. 2 в качестве примера приведена автордиограмма диффузионно легированной радиоактивной медью пластины профилированного кремния. На ней отчетливо видно скопление примеси на ростовой борозде.

#### Список литературы

- [1] Степанов А. В. // Проблемы современной кристаллографии. М., 1975. С. 66—79.
- [2] Абросимов Н. В., Брантов С. К., Люкс Б., Татарченко В. А. // Изв. АН СССР. Сер. физ. 1983. Т. 47. В. 2. С. 351—355.
- [3] Абросимов Н. В., Ерофеева С. А., Татарченко В. А. // Изв. АН СССР. Сер. физ. 1985. Т. 49. В. 12. С. 2361—2363.
- [4] Болтакс Б. И. Диффузия и точечные дефекты в полупроводниках. Л., 1972. 384 с.
- [5] Технология СВИС. Т. 1. / Под ред. С. Зи. М., 1986. 405 с.
- [6] Болтакс Б. И., Созинов И. И. // ЖТФ. 1958. Т. 28. В. 3. С. 673—679.
- [7] Ши Дж., Гейтос Г., Абросимов Н. В. // Изв. АН СССР. Сер. физ. 1979. Т. 43. В. 9. С. 1992—1994.
- [8] Абросимов Н. В., Брантов С. К., Татарченко В. А., Эпельбаум Б. М. // Изв. АН СССР. Неорг. матер. 1982. Т. 18. В. 2. С. 181—183.
- [9] Евтолий Б. Н., Егоров Л. П., Гринюте Г. А. // Изв. АН СССР. Сер. физ. 1985. Т. 49. В. 12. С. 2349—2354.

Физико-технический институт  
им. А. Ф. Иоффе АН СССР  
Ленинград

Получено 25.04.1989  
Принято к печати 28.04.1989

*ФТП, том 23, вып. 10, 1989*

## ЛАЗЕРНОЕ ТВЕРДОФАЗНОЕ ЛЕГИРОВАНИЕ ФОСФИДА ИНДИЯ

Бончик А. Ю., Кияк С. Г., Огнева О. В., Поройков Ю. А.,  
Похмурская А. В., Равич В. Н.

Лазерные методы модификации свойств и структуры материалов находят все большее применение в полупроводниковом материаловедении [1]. В частности, лазерное легирование полупроводников применяется для формирования активных и пассивных элементов в полупроводниковых приборах. Новые возможности применения лазерного излучения в технологии полупроводниковых приборов были продемонстрированы в [2-5] для формирования субмикронных легированных слоев на основе кремния под действием непрерывного излучения лазеров на  $\text{CO}_2$ . Суть метода заключается в том, что при воздействии лазерного излучения с длиной волны, для которой полупроводник является прозрачным, поглощение световой энергии происходит в основном в пленке материала лигатуры, нанесенной на поверхность образцов. В процессе облучения пленка примесных элементов разогревается и происходит твердофазная диффузия лигатуры в полупроводник. Поскольку метод лазерного твердофазного легирования позволяет избежать длительного высокотемпературного нагрева материала, он может быть эффективно использован для легирования легко диссоциирующих полупроводниковых материалов.

Известно [6], что процесс контролируемого легирования фосфида индия традиционными методами связан с определенными трудностями, заключающимися в необратимом изменении свойств материала при термообработке, и низкой электрической активностью акцепторных примесей, например цинка, в легированных слоях.

В настоящей работе исследованы электрофизические свойства легированных слоев и  $p-n$ -переходов, сформированных методом лазерной твердофазной диффузии цинка в пластину фосфида индия — легко диссоциирующего соединения группы  $\text{A}^{\text{III}}\text{B}^{\text{V}}$ .

Исследования проводились на шлифованных и полированных (механически и химически) пластинах  $n$ -InP с концентрацией носителей  $10^{16}$ – $10^{17}$   $\text{см}^{-3}$ , ориентированных в плоскости (100), толщиной 0.5 мм, на поверхность которых методом вакуумного напыления наносилась пленка цинка толщиной  $\approx 1000$  Å. Облучение структур проводили в вакуумной камере ( $P=10^{-6}$  Тор) непрерывным лазером на  $\text{CO}_2$  ( $\lambda=10.6$  мкм) мощностью 1 кВт равномерно по всей поверхности образцов с временем воздействия  $\sim 1$  с. Облучение осуществлялось как со стороны пленки лигатуры, так и со стороны полупроводника. Распределение концентрации носителей заряда в легированных слоях определяли методом вольтёмкостных измерений барьерной емкости структуры полупроводник—электролит на электрохимическом профилометре PN4200 фирмы Polaron. Электрические и фотоэлектрические характеристики диодов исследовали на меза-структурах площадью 0.07  $\text{мм}^2$ , полученных методом химического травления, и на планарных структурах, сформированных путем лазерной диф-

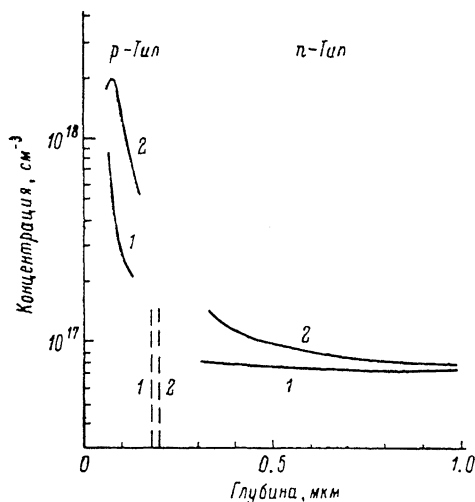


Рис. 1. Профили распределения концентрации носителей заряда в  $p$ - $n$ -переходах, сформированных методом лазерной твердофазной диффузии цинка в пластину фосфида индия.

Штриховыми линиями показаны границы раздела  $p$ - (1) и  $n$ -областей (2) переходов. Режимы легирования: плотность мощности лазерного излучения  $P_1=200$  (2),  $P_2=180$  Вт/ $\text{см}^2$  (2), длительность облучения  $t_1=0.9$  (1),  $t_2=1.2$  с (2).

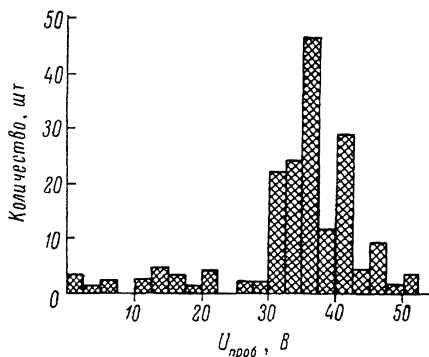


Рис. 2. Гистограммы распределения планарных диодов по напряжению пробоя.

Формирование  $p$ - $n$ -переходов на пластине InP осуществлялось методом лазерной твердофазной диффузии цинка через окна в диэлектрическом покрытии из  $\text{Si}_3\text{N}_4$ .

фузии цинка в полупроводник через окна в диэлектрическом покрытии из  $\text{Si}_3\text{N}_4$ . При формировании планарных диодов дополнительной обработки поверхности образцов не производилось, поскольку процесс диффузии примеси в окна одновременно сопровождался испарением пленки цинка в областях ее контакта с диэлектриком.

Характерные концентрационные профили распределения носителей заряда в  $p$ - $n$ -переходах, сформированных на InP, приведены на рис. 1. Особенностью концентрационных профилей является наличие максимума не на поверхности, а на некоторой глубине, зависящей от времени воздействия лазерного излучения. Установлено, что такой характер распределения примесей обусловлен специфической протеканием процессов диффузии и испарения примесей в процессе легирования. Увеличение длительности облучения приводит к увеличению времени диффузии в глубь полупроводника и экспоненциальному возрастанию скорости диффузии за счет более интенсивного разогрева. С другой стороны, процесс испарения примесей, продиффундировавших с поверхности в полупроводник, проявляется более сильно с увеличением времени облучения. Совместное действие указанных процессов и определяет характер изменения профилей распределения концентрации носителей заряда в легированных слоях InP : Zn (рис. 1).

Максимальная концентрация носителей заряда в легированных слоях

( $p=2 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$ ) соответствует значению, характерному для низкотемпературных [7] или неравновесных процессов диффузии Zn в InP.

Исследования электрических характеристик  $p-n$ -переходов, сформированных на InP методом лазерной твердофазной диффузии, показали, что при обратном смещении  $\approx 10 \text{ В}$  темновой ток для лучших образцов составляет  $\approx 1 \text{ нА}$ , а напряжение пробоя достигается при 40–50 В. Характеристики диодов на InP соответствуют требуемому уровню параметров  $p-n$ -переходов, получаемых на таком материале традиционным методом диффузии и ионной имплантации [8].

На рис. 2 приведены гистограммы напряжения пробоя  $p-n$ -переходов, сформированных на одной пластине InP методом лазерной твердофазной диффузии по планарной технологии. Эти результаты показывают достаточно высокую воспроизводимость параметров  $p-n$ -переходов по пластине и свидетельствуют о перспективности применения метода лазерной твердофазной диффузии примесей для изготовления диодов на основе легко диссоциирующих соединений  $A^{III}B^V$ , таких как InP, InGaAs, InGaAsP и др.

#### Список литературы

- [1] Двуреченский А. В., Качурин Г. А., Нидаев Е. В., Смирнов Л. С. Импульсный отжиг полупроводниковых материалов. М., 1982. 208 с.
- [2] Кляк С. Г., Кречун В., Маненков А. А., Михаилеску И., Михайлова Г. Н., Прохоров А. М., Урсу И. // Кр. сообщ. по физике ФИ АН СССР. М., 1987. № 3. С. 10–11.
- [3] Ursu I., Crăciun V., Mihăilescu I. N., Medianu R., Popa Al., Prokhorov A. M., Kiyak S. C., Manenkov A. A., Mikhailova G. N. // Appl. Phys. Lett. 1987. V. 51. N 25. P. 2109–2111.
- [4] Александреску Р., Кляк С. Г., Кречун В., Маненков А. А., Михайлова Г. Н., Михаилеску И. Н., Моржан И., Прохоров А. М., Урсу И. // ДАН СССР. 1989. Т. 301. В. 4. С. 859–861.
- [5] Prokhorov A. M., Kiyak S. G., Manenkov A. A., Mikhailova G. N., Seferov A. S., Ursu I., Crăciun V., Mihăilescu I. N. // Third international conference trends in quantum electronics. Bucharest. 1988. P. 300–301.
- [6] Jung H., Marschall P. // Electron. Lett. 1987. V. 23. N 19. P. 1010–1011.
- [7] Wang K., Parker S. M., Cheng C., Long J. // J. Appl. Phys. 1988. V. 63. N 6. P. 2104–2109.
- [8] Георгобани А. Н., Микуленок А. В., Огнева О. В., Равич В. Н., Стоянова И. Г., Тигияню И. М. // ФТП. 1985. Т. 19. В. 1. С. 160–161.

Институт прикладных проблем  
механики и математики АН УССР  
Львов

Получено 10.05.1989  
Принято к печати 19.05.1989

ФТП, том 23, вып. 10, 1989

## РАЗОГРЕВ НОСИТЕЛЕЙ ТОКА И ФОНОНОВ ПОСТОЯННЫМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПОЛЕМ

Гредескул Т. С., Гуревич Ю. Г., Машкевич О. Л.

При протекании электрического тока поперек тонкой полупроводниковой пластины, когда теплоотвод осуществляется через токовые контакты, происходит разогрев носителей тока и фононов, определяемый конкуренцией объемных и контактных механизмов. В результате влияние этого разогрева на вид вольт-амперных характеристик (ВАХ) существенно отличается от случая теплоотвода через боковые грани [1]. В линейном по электрическому полю приближении разогрев квазичастиц и его влияние на вид ВАХ были изучены в [2]. При этом, естественно, неравновесность носителей тока и фононов была связана с эффектом Пельтье.

В настоящей работе исследуется влияние на ВАХ разогрева квазичастиц в квадратичном по полю приближении. Механизмами такого разогрева (кроме