

УДК 621.382

ФОРМИРОВАНИЕ ОМИЧЕСКИХ КОНТАКТОВ К InP МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОЙ ТВЕРДОФАЗНОЙ ДИФФУЗИИ

А. Ю. Бончик, С. Г. Кияк, Г. Н. Михайлова, А. В. Похмурская

Приводятся результаты экспериментальных исследований электрофизических свойств легированных слоев и омических контактов, сформированных методом лазерной твердофазной диффузии структуры Au-Au : Ge-Ni в пластину n-InP. Характеристическое сопротивление невыпрямляющих контактов составляет $5 \cdot 10^{-5}$ Ом·см².

Использование непрерывных лазеров на CO_2 для модификации свойств поверхности полупроводников позволяет реализовать твердофазный режим обработки и осуществить твердофазное легирование полупроводников на субмикронные глубины [1-3]. 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. Использование в технологии микроэлектроники процессов твердофазной диффузии примесей имеет ряд преимуществ по сравнению с известными лазерными жидкофазными процессами легирования полупроводников. Во-первых, в полупроводниках коэффициент диффузии примесей в твердом состоянии на несколько порядков ниже, чем в расплаве. Поэтому легко обеспечить субмикронные размеры диффузионной зоны в трех направлениях. Во-вторых, благодаря относительно низкой температуре проведения диффузии в полупроводниках не возникает заметных термоупругих напряжений и степень структурного совершенства материала не ухудшается. Кроме того, поскольку метод лазерного твердофазного легирования позволяет избежать длительного высокотемпературного нагрева материала, он может быть эффективно использован для легирования и формирования омических контактов к легко диссоциирующим полупроводниковым соединениям.

В настоящей работе исследованы электрофизические свойства легированных слоев и омических контактов, сформированных методом лазерной твердофазной диффузии структуры $Au-Au:Ge-Ni$ в пластину InP – легко диссоциирующего соединения группы $A^{III}B^V$.

Исследования проводились на шлифованных и полированных (механически и химически) пластинах $n-InP$ с концентрацией носителей заряда $10^{16} - 10^{17} \text{ см}^{-3}$, на поверхность которых методом вакуумного напыления наносилась многослойная структура $Au-Au:Ge-Ni$. Облучение сформированных структур проводилось со стороны полупроводника в вакуумной камере ($p = 10^{-6} \text{ торр}$) непрерывным лазером на CO_2 ($\lambda = 10,6 \text{ мкм}$), мощностью 1 кВт равномерно по всей поверхности образцов с временем воздействия 1 с . Распределение элементного состава сформированных контактов по глубине исследовали методом оже-электронной спектроскопии (ЭОС) на оже-микроанализаторе JAMP-10s фирмы Jeol.

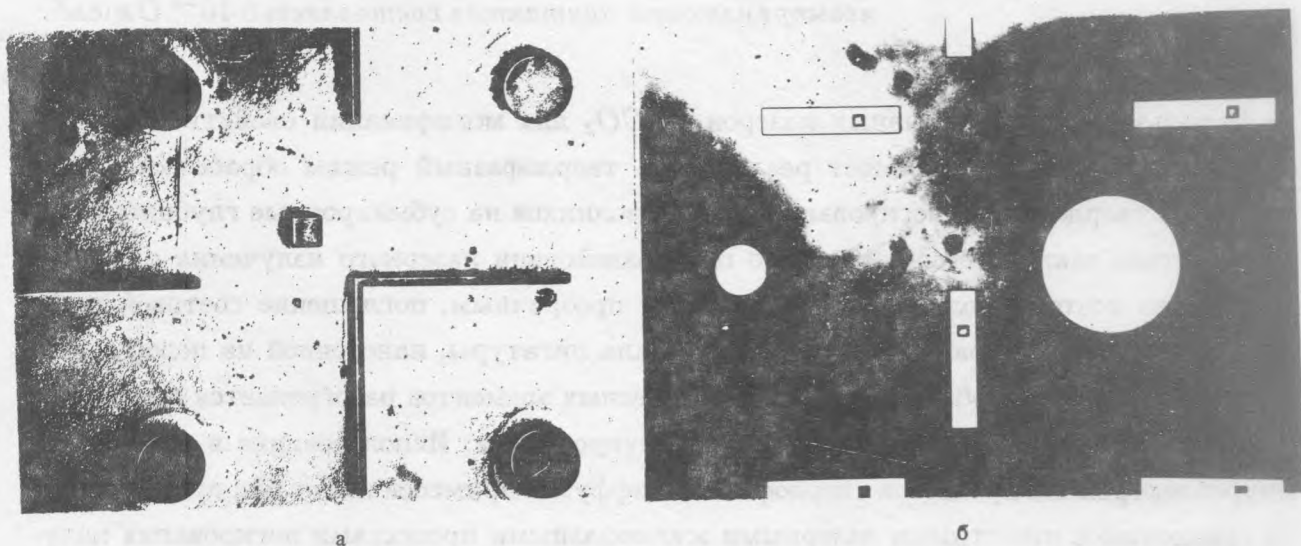


Рис. 1. Меза- (а) и планарные (б) структуры, сформированные методом лазерной твердофазной диффузии примесей в InP .

Исследование электрических свойств сформированных контактов производилось на меза-структурах площадью $0,07 \text{ мм}^2$, полученных путем химического травления (рис. 1а) и на планарных структурах, сформированных путем лазерной диффузии примесей в полупроводник через окна диаметром 80 и 200 мкм , вскрытые в защитном диэлектрическом покрытии из SiO_2 или Si_3N_4 (рис. 1б). При формировании контактов по планарной технологии установлено, что в результате облучения многослойных структур

происходит диффузия примеси в глубь пластины в зонах контакта пленки лигатуры и полупроводника и полное испарение примесей с поверхности диэлектрика. Исследования методом ЭОС показали, что в процессе твердофазной диффузии примесей локально легированные участки практически полностью воспроизводят форму и размеры окон в диэлектрике, а боковая диффузия примеси составляет сотые доли микрона.

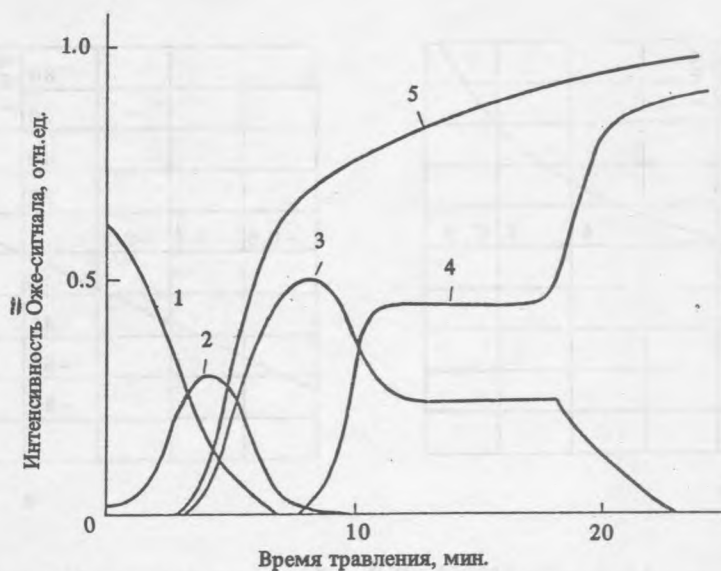


Рис. 2. Полученные методом ЭОС профили распределения химических элементов по глубине невыпрямляющих контактов $Au-Au:Ge-Ni-InP$, сформированных под действием лазерного излучения с интенсивностью 400 Вт/см^2 в течение 1 с; 1 — Au, 2 — Ge, 3 — Ni, 4 — In, 5 — P.

На рис. 2 показаны данные ЭОС, полученные при исследовании элементного состава контактов, сформированных методом лазерной твердофазной диффузии. Из приведенных данных следует, что в результате облучения контактной группы элементов произошло несущественное взаимопроникновение элементов за исключением никеля, заместившего индий в приповерхностном слое полупроводника на глубину порядка 600 \AA . Сложный вид распределения никеля по глубине легированного слоя, а именно, наличие двух характерных участков: первого — колоколообразного и второго — в виде плато, указывает на нетривиальный механизм диффузии примеси в процессе лазерного нагрева. Однако, связывать специфику распределения никеля по глубине диффузионной зоны с особенностями лазерного воздействия, на наш взгляд, не следует, так как аналогичные

результаты получены в [4] при импульсной термической диффузии примесей в пластину InP , предварительно прошедшую кратковременный термический отжиг. При этом авторы [4] объясняют нетривиальное распределение примесей по глубине образцов свойствами отожженных кристаллов InP . Поскольку температурные и временные режимы отжига фосфида индия в [4] сравнимы с режимами разогрева полупроводника в процессе лазерного легирования, то нетривиальное распределение примесей по глубине можно объяснить аналогично [4].

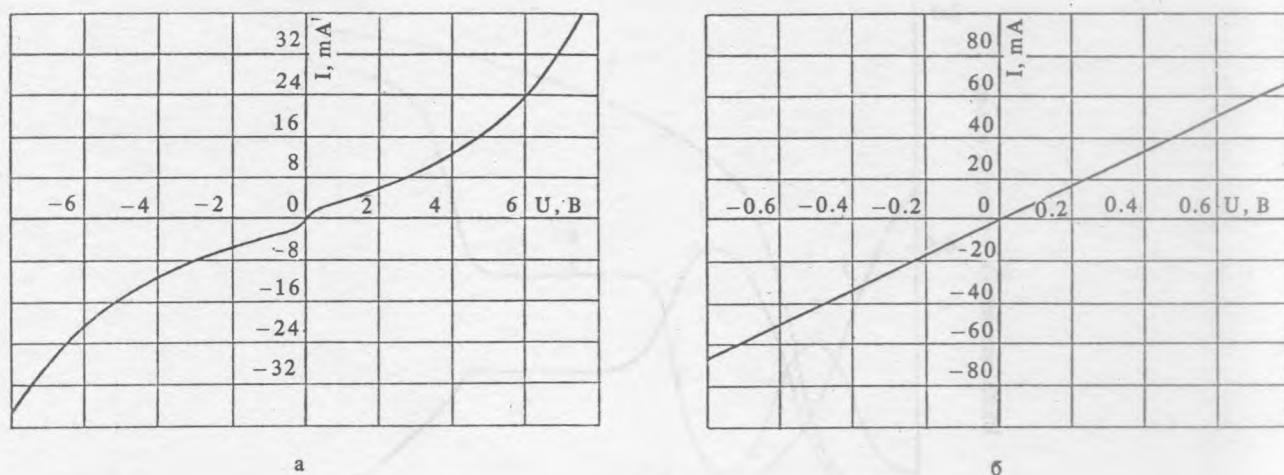


Рис. 3. ВАХ контактов $Au-Au:Ge-Ni - InP$ до облучения (а) и после воздействия лазерного излучения с интенсивностью 400 Вт/см^2 в течение 1 с (б).

Вольт-амперные характеристики контактов к $n-InP$ до облучения и после импульсного лазерного воздействия показаны на рис. 3. Первоначально нелинейная ВАХ контактов (рис. 3а) в результате проведения диффузии контактной группы элементов в $n-InP$ трансформируется в прямую линию (рис. 3б). При этом характеристическое сопротивление контактов уменьшается до значений $5 \cdot 10^{-5} \text{ Ом} \cdot \text{см}^2$, что соответствует требуемому значению для невыпрямляющих контактов к InP [5]. Поскольку метод лазерного твердофазного легирования обеспечивает также достаточно высокую степень воспроизводимости параметров формируемых полупроводниковых структур [6], он может быть эффективно использован для изготовления омических контактов к легко диссоциирующим полупроводниковым соединениям $A^{III}B^V$, таким как InP , $InGaAs$, $InGaAsP$ и другим.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] К и я к С. Г., К р э ч у н В., М а н е н к о в А. А. и др. Физика и техника полупроводников, **23**, вып. 3, 421 (1989).
- [2] P r o k h o r o v A. M., et al. Applied Surface Science, **43**, 340 (1989).
- [3] B o n c h i k A. Yu., et al. Laser Physics, **2**, N 2, 190 (1992).
- [4] W a n g K. et al. Journal of Applied Physics, **63**, N 6, 2104 (1988).
- [5] L i a u Z. L. et al. Redistribution of Implanted Zn in InP after Q-Switched Laser Annealing and the Related Specific Contact Resistance, In: Laser and Electron Beam Processing of Materials, Ed. by C. W. White, P. S. Peersy, Academic Press: New York, 1980, p. 500.
- [6] Б о н ч и к А. Ю. и др. Физика и техника полупроводников, **23**, вып. 10, 1893 (1989).

Институт общей физики РАН

Поступила в редакцию 13 июля 1993 г.