

ЛОКАЛЬНОЕ ЛЕГИРОВАНИЕ КРЕМНИЯ БОРОМ ПОД ДЕЙСТВИЕМ СКАНИРУЕМОГО ИЗЛУЧЕНИЯ CO_2 ЛАЗЕРА

С.Г. Кияк, В. Крзчун*, А.А. Маненков, И. Михайлеску*, Г.Н. Михайлова, А.М. Прохоров, И. Урсу*

Осуществлено лазерное легирование кремния бором при облучении сканируемым непрерывным излучением CO_2 лазера нанесенной на поверхность кремниевой пластины тонкой пленки бора ($\sim 100 \text{ \AA}$). Изучены профили распределения примеси В в Si методом масс-спектропии вторичных ионов.

Лазерный отжиг и легирование полупроводников в последние годы приобрели определяющее значение как новые способы создания приборов современной твердотельной электроники /1/. Процесс лазерного легирования заключается в последовательном проведении двух операций: сначала на поверхность полупроводника наносится материал лигатуры, а затем полученную структуру облучают лазером. Характерно, что эффективность процесса не зависит от того, в какой фазе находится легирующая смесь: она может находиться в твердой фазе в виде пленки металла или сплава, в жидкой фазе, например, в виде раствора, прозрачного для излучения, или в газообразном состоянии /1-3/. Вид лигатуры определяет лишь особенности подготовки образца и степень сложности применяемого технологического оборудования.

В настоящей работе сообщается о возможности формирования приповерхностных легированных слоев большой площади на основе кремния под действием сканируемого излучения CO_2 лазера при таких режимах облучения, когда плавление компонентов отсутствует, и определяющую роль играют процессы стимулированной твердофазной диффузии примеси с поверхности при локальном нагреве.

Исследования лазерного легирования кремния проводились на шлифованных и полированных (механически и химически) пластинах, ориентированных в плоскости (111), толщиной $\sim 0,5 \text{ мм}$, на поверхность которых методом вакуумного напыления наносилась пленка бора толщиной $\sim 100 \text{ \AA}$. Начальная температура подогрева образцов перед облучением составляла 510°C . Облучение проводили непрерывным CO_2 лазером (длина волны $10,6 \text{ мкм}$) мощностью 35 Вт . Диаметр лазерного пятна на поверхности составлял $3,5 \text{ мм}$. Скорость сканирования луча по обрабатываемой поверхности изменялась в пределах от $0,2$ до $0,05 \text{ см/с}$ и задавалась перемещением образца.

Распределение примеси бора в легированных слоях исследовали методами спектроскопии вторичных ионов на микроанализаторе SMI-300.

На рис. 1 представлены концентрационные профили распределения бора по глубине легированного слоя для трех различных режимов облучения. Как следует из представленных экспериментальных результатов, максимальная концентрация примеси в легированных слоях возникает не на поверхности, а на некоторой глубине, изменяющейся в зависимости от режимов облучения от 190 до 275 \AA , соответственно для скоростей сканирования $0,167$ и $0,066 \text{ см/с}$. Максимальная глубина внедрения примеси получена при наименьшей скорости сканирования. Аналогичная закономерность наблюдается и для начального участка распределения бора в легированных слоях: чем ниже скорость сканирования, тем глубже от поверхности расположены слои с одинаковой концентрацией бора.

Мы полагаем, что такой характер распределения бора обусловлен спецификой протекания процессов диффузии и испарения в условиях нестационарного нагрева. Тот факт, что пик в распределении примеси бора расположен на некоторой глубине от поверхности, а не на самой поверхности, связан, по-видимому, с конкуренцией двух процессов — диффузии примеси в глубь образца и испарения примеси с поверхности.

* Центральный институт физики, г. Бухарест.

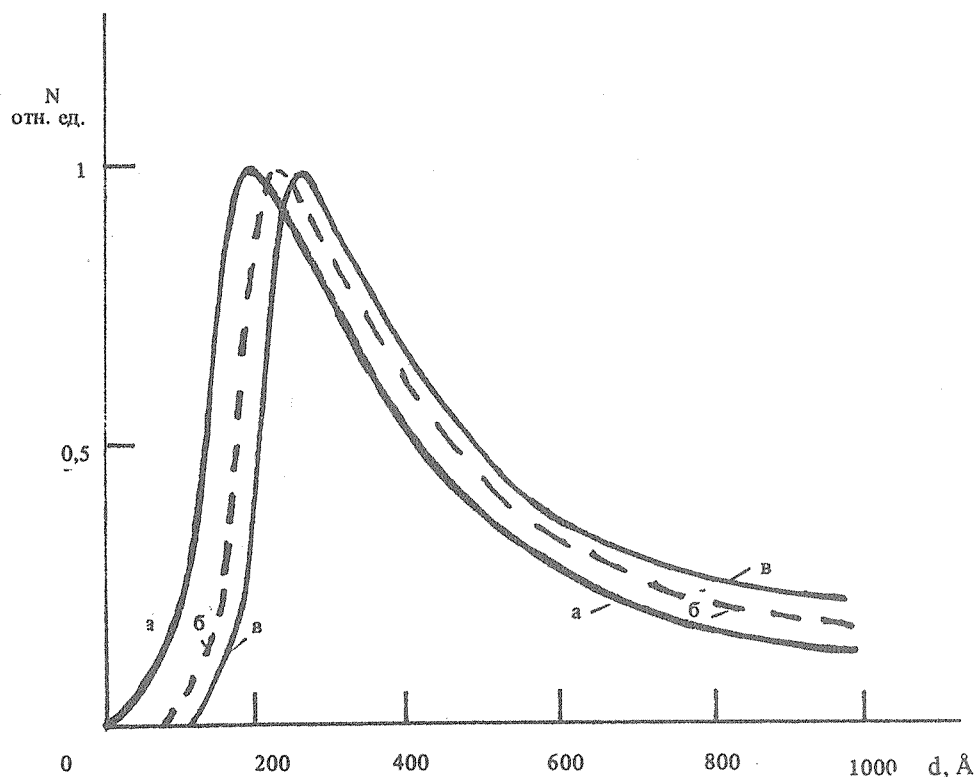


Рис. 1. Профили распределения бора в кремнии по глубине легированных слоев при скоростях сканирования луча CO_2 лазера 0,167 (а), 0,098 (б) и 0,066 (в) см/с. Абсолютные значения максимумов относятся, как 5:6, 4:7,8 соответственно для кривых а, б, в.

Количественная оценка глубины залегания примеси с учетом теплоотвода, скорости сканирования, зависимости коэффициентов теплопроводности и диффузии от температуры может быть получена из численного решения уравнения теплопроводности.

Уменьшить роль испарения примесей и сформировать однородно легированные слои с более резким задним фронтом распределения примесей удастся путем облучения легирующей пленки со стороны полупроводника. Необходимо отметить, что вышеперечисленные особенности лазерного легирования кремния особенно четко выражены именно при использовании длинноволнового лазерного излучения, для которого кремний является прозрачным, а поглощение происходит в основном в пленке материала лигатуры.

Поскольку пространственное распределение примесей в легированных слоях аналогично профилям распределения примесей при ионной имплантации [4], то можно ожидать, что лазерный метод окажется конкурентоспособным по сравнению с техникой ионной имплантации при формировании тонких легированных слоев на большой площади и может найти применение при изготовлении полупроводниковых структур с субмикронными размерами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Двуреченский А.В. и др. Импульсный отжиг полупроводниковых материалов. М., Наука, 1982, с. 208.
2. Fairfield J. M., Schwuttke G. H. Solid State Electronics, 11, № 12, 1175 (1968).
3. Turner G. V. et al. Appl. Phys. Lett., 39, № 12, 967 (1981).
4. Легирование полупроводников ионным внедрением. Сб. статей, перевод под ред. В.С. Вавилова и В.М. Гусева. М., Мир, 1971.

Поступила в редакцию 31 октября 1986 г.