

05; 06.1; 12

© 1993

ВЛИЯНИЕ ВНУТРЕННИХ УПРУГИХ НАПРЯЖЕНИЙ НА ДИФФУЗИЮ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НИКЕЛЯ В КРЕМНИИ

Ф.М. Т а л и п о в, Р.Х. Х а м и д о в

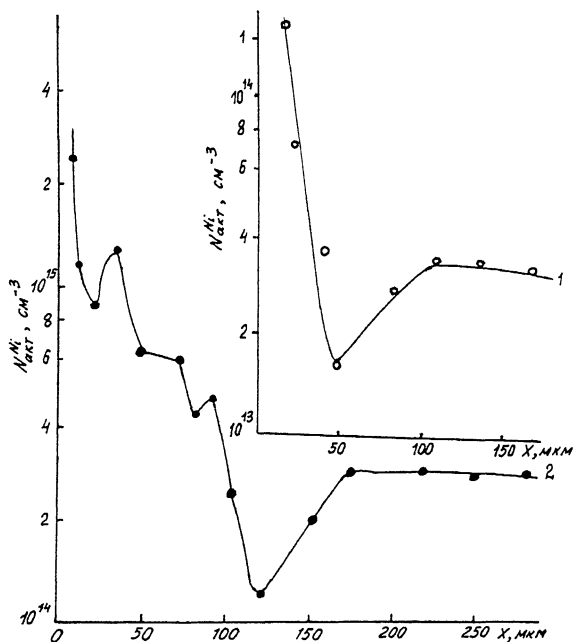
Легирование кремния никелем представляет большой научный и практический интерес в связи с возможностью повышения стабильности полупроводниковых приборов и интегральных схем на его основе к воздействию различных внешних факторов [1, 2]. Однако наличие в таком материале примесных микровключений никеля [3] может служить серьезным препятствием на пути внедрения материала в микроэлектронике. Установлено [4], что одним из путей устранения таких микровключений является воздействие всестороннего гидростатического давления, т.е. внешних упругих напряжений.

В данной работе исследовалось влияние внутренних упругих напряжений на диффузионный профиль и распределение никеля в кремнии.

Диффузия никеля проводилась из нанесенного в вакууме на поверхность образцов металлического слоя никеля при температуре 1200–1250 °С в атмосфере аргона. Внутренние упругие напряжения в кремнии создавались также как и в [5] легированием его оловом. Предварительное легирование кремния оловом осуществлялось на стандартной установке выращивания кремния по методу Чохральского «РЕДМЕТ». Концентрация олова в образцах п-типа с удельным сопротивлением 8–13 Ом·см, определенная методом нейтронно-активационного анализа, составляла $5 \cdot 10^{17} - 10^{18} \text{ см}^{-3}$. Наряду с легированным оловом образцами использовались также образцы кремния без олова с аналогичными параметрами.

Концентрационный профиль распределения электрически активной части примеси никеля определялся методом диффузионного сопротивления, который заключается в многократном измерении поверхностного сопротивления диффузионного слоя с помощью 4-х зондовой головки при последовательном удалении тонких поверхностных слоев. Использовалась также методика ИК-микроскопии для изучения размеров и распределения микровключений никеля.

Полученный концентрационный профиль распределения электрически активной части примеси никеля в кремнии, легированном оловом, представлен на рисунке (кривая 1). Для сравнения там же приведен такой же профиль распределения в контрольном (без олова) образце кремния (кривая 2). Видно, что в контрольном образце наблюдается неоднородное распределение примеси никеля, что практически подтверждает результаты работы [6]. В образцах же кремния, легированного оловом, наблюдается резкий спад concentra-



Профиль распределения электрически активной части примеси никеля в легированном (1) и нелегированном оловом (2) образцах кремния.

ции никеля в приповерхностной области протяженностью 40–50 мкм и далее объемный участок имеет более пологую форму. Эти результаты можно объяснить также как и в [5] (для марганца) влиянием на диффузию никеля внутренних упругих напряжений, которые приводят к повышению энергетического барьера в процессе миграции атомов никеля по междоузлиям при его диффузии, т.е. повышением энергии активации диффузии примеси. В этом случае наблюдается торможение диффузионного потока в упругонапряженном слое, что приводит к эффективному увеличению растворимости никеля в кремнии, легированном оловом.

Исследования микровключений никеля по снимкам ИК-микроскопии (ИНФРАМ-4, увеличение в 5000 раз) показали, что в контрольных образцах образуются микровключения никеля размером в несколько микрон, что согласуется с литературными данными [3, 4]. В образцах кремния, легированного оловом, наблюдаются микровключения намного меньшего размера (приблизительно на порядок), и они более однородно распределены по объему кремния. С увеличением концентрации олова этот эффект усиливается.

В заключение можно сделать следующие выводы:

1. Наличие внутренних упругих напряжений в кремнии замедляет диффузию никеля в нем, что вероятно связано с повышением энергии активации диффузии никеля.
2. Изменяя концентрацию олова, создающего внутренние упругие напряжения, можно получать кремний, однородно легированный никелем.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Т а л и п о в Ф.М., Б а х а д ы р х а н о в М.К. // Электронная техника. Сер. 6. Материалы. 1985. В. 5 (204). С. 49-51.
- [2] Т а л и п о в Ф.М., Б а х а д ы р х а н о в М.К. // Неорганические материалы. 1992. Т. 28. В. 2. С. 283-287.
- [3] Б а х а д ы р х а н о в М.К., Т а л и п о в Ф.М. // Докл. АН УзССР. 1982. № 8. С. 28-30.
- [4] З а й н а б и д и н о в С.З., Т у р а е в А.Р.; Фистуль В.И., Х о д ж а е в М.Д. // ФТП. 1989. Т. 23. В. 12. С. 2118-2121.
- [5] Б а х а д ы р х а н о в М.К., Т а л и п о в Ф.М., Д ж у р а б е к о в У.С. // Письма в ЖТФ. 1990. Т. 16. В. 16. С. 77-79.
- [6] Б а х а д ы р х а н о в М.К. Исследование физических явлений в кремнии, компенсированном элементами переходной группы железа и возможности его использования в полупроводниковой электронике. Автореф. доктор. диссер. Л., 1982. 35 с.

Ташкентский государственный
университет

Поступило в Редакцию
30 ноября 1992 г.