

- [3] Л и х а р е в К.К. Введение в динамику джозефсоновских переходов. М.: Наука, ГРФМЛ, 1985. 320 с.
- [4] S r i d h a r S. and oth. - Phys. Rev. B., 1987, v. 36, N 4, p. 2301-2304.
- [5] C h a u d h a r i P. and oth. - Phys. Rev. Lett., 1987, v. 58, N 25, p. 2684-2686.
- [6] O h B. and oth. - Appl. Phys. Lett., 1987, v. 51, N 11, p. 852-854.
- [7] W o r t h i n g t o n T.K., G a l l a g h e r D i n g e r T.R. - Phys. Rev. Lett., 1987, v. 59, N 10, p. 1160-1163.
- [8] Б е р г е р И.Ф. и др. - Письма в ЖЭТФ, 1987, т. 46, с. 27-30.
- [9] N o n g M. and oth. - Appl. Phys. Lett., 1987, v. 51, N 9, p. 694-696.
- [10] Б е л ь с к и М. и др. - Письма в ЖЭТФ, 1987, т. 46, с. 172-175.
- [11] Д и д е н к о А.Н. и др. Определение поверхностного сопротивления высокотемпературной сверхпроводящей керамики в СВЧ-диапазоне. - Проблемы высокотемпературной сверхпроводимости. Инф. мат., ч. II. Свердловск: УрО АН СССР, 1987, с. 131-132.

Ленинградский электротехнический институт им. В.И. Ульянова (Ленина)

Поступило в Редакцию 14 марта 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 12

26 июня 1988 г.

ДИФфуЗИЯ ПРАЗЕОДИМА В КРЕМНИИ

Д.Э. Н а з ы р о в, В.П. У с а ч е в а,
Г.С. К у л и к о в, Р.Ш. М а л к о в и ч

Исследование диффузии редкоземельных элементов (РЗЭ) в кремнии представляет интерес как в связи с использованием их для повышения термической и радиационной стабильности кремния [1-4], так и с точки зрения особенностей структуры электронных оболочек этой группы элементов. Однако в литературе имеются лишь фрагментарные и зачастую неоднозначные сведения о диффузии РЗЭ в кремнии [5-9], при этом для целого ряда РЗЭ (*Pr*, *Ce*, *Pm*, *La*, *Nd*, *Sm* и *Lu*) такие данные вообще отсутствуют.

В настоящем сообщении приводятся результаты впервые выполненного исследования диффузии празеодима в кремнии.

Источник диффузий создавался нанесением на шлифованную поверхность пластин КЭФ-15 хлорида празеодима, меченного радиоактивным изотопом ^{143}Pr (площадь образцов $\sim 1.5 \text{ см}^2$, толщина $\sim 350 \text{ мкм}$). Диффузия проводилась на воздухе в интервале 1100-

Температура отжига, °С	Коэффициент диффузии D , см ² ·с ⁻¹
1100	$(0.9-1.4) \cdot 10^{-13}$
1150	$(0.9-2.1) \cdot 10^{-13}$
1200	$(1.7-2.7) \cdot 10^{-13}$
1250	$(3.6-4.8) \cdot 10^{-13}$
1280	$6.3 \cdot 10^{-13}$

1280 °С в течение 22-57 ч. После диффузионного отжига образцы промывались в HF и в кипящей смеси $H_2O_2 : HCl$. Профиль празеодима определялся методом снятия тонких слоев (0.1-0.5 мкм, в растворе $1HF : 4ONNO_3$ с последующей промывкой в кипящей смеси $H_2O_2 : HCl$) и измерения остаточной β -активности образца (на установке малого фона УМФ-1500 М со счетчиком СБТ-11). Толщина слоев определялась взвешиванием. Авторадиограммы, полученные до и после отжига, а также в процессе снятия слоев, свидетельствовали о равномерном распределении празеодима по сечению образца и об отсутствии включений.

Для нахождения коэффициента диффузии D экспериментальная кривая остаточного количества радиоактивной примеси $Q(x)$ сопоставлялась с теоретической для диффузии из постоянного источника:

$$Q(x) = 2C_0 \sqrt{Dt} \operatorname{ierfc} \frac{x}{2\sqrt{Dt}}$$

(C_0 - поверхностная концентрация, x - суммарная толщина снятых слоев, t - время диффузии).

Как следует из полученных данных, коэффициент диффузии празеодима в кремнии увеличивается по мере роста температуры от $\sim 9 \cdot 10^{-14}$ до $\sim 6 \cdot 10^{-13}$ см²·с⁻¹ (см. таблицу). Поверхностная концентрация празеодима составляет при этом величину 10^{18} - 10^{19} см⁻³.

Таким образом, для празеодима характерны весьма малые значения коэффициента диффузии, как и для других элементов III группы (B, Al, Ga, In), диффундирующих в кремнии по вакансионному механизму [10].

Авторы выражают признательность А.В. Голубкову за содействие в работе и ценные консультации.

Л и т е р а т у р а

- [1] Баграев Н.Т., Власенко Л.С., Волле В.М., Воронков В.Б., Грехов И.В., Добровенский В.В., Шагун А.И. - ЖТФ, 1984, т. 54, в. 5, с. 917-928.

- [2] Mandelkorn J. - Патент США, кл. 252-62.3, N 3.409.554.
- [3] Mandelkorn J., Schwartz L., Broder Y., Kautz H., Uimann R. J. Appl. Phys., 1964, v. 35, N 7, p. 2258-2260.
- [4] Назыров Д.Э., Регель А.Р., Куликов Г.С. Препринт ФТИ им. А.Ф. Иоффе АН СССР, № 1122, 1987, 56 с.
- [5] Агеев В.В., Аксенова Н.С., Коковина В.Н., Трошина Е.П. - Изв. ЛЭТИ, 1977, в. 211, с. 80-85.
- [6] Коршунов Ф.П., Кожекина Т.В., Модорский Б.М., Юшкин Н.П. - Изв. АН БССР, сер. физ.-мат. наук, 1977, № 6, с. 108-111.
- [7] Борисенко А.И., Волокобинский Ю.М., Коковина В.Н., Трошина Е.П., Чепик Л.Ф., Фролова Т.Н. - ДАН СССР, 1982, т. 262, № 6, с. 1409-1412.
- [8] Бахадырханов М.К., Талипов Ф.М., Джурабеков У.С., Султанова Н.В., Эгамов У. - Электронная техника, сер. 6, Материалы, 1984, в. 5 (190), с. 79-80.
- [9] Усков В.А., Родионов А.И., Власенко Г.Т., Федотов А.Б. - В кн.: Легированные полупроводниковые материалы. М.: Наука, 1985, с. 80-83.
- [10] Diffusion in Crystalline Solids, ed. by G.E. Murch and A.S. Novick. Academic Press, Inc., New York et al., 1984, p. 90.

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

Поступило в Редакцию
28 марта 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 12

26 июня 1988 г.

ОПТИЧЕСКОЕ ВЫЧИТАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ СТРУКТУРЫ МДП-ЖК

Г.Г. Воеводкин, Е.М. Дианов,
А.А. Кузнецов, С.М. Нефедов

Устройства оптического вычитания изображений находят широкое применение для решения ряда задач, связанных с распознаванием образов (роботехника), сокращением избыточности передаваемых изображений (дельта-модуляция), для реализации методов некогерентной пространственной фильтрации [1]. Использование для этих