

Полупроводник	Примесь (А — акцептор, Д — донор)	Энергия ионизации, эВ *	Ковалентный радиус, нм	Коефф. расширения, К	Макс. растворимость, ат/см ³ **
Si	B (А)	$\epsilon_{\text{св}} + 0,045$	0,88	0,8	$6 \cdot 10^{20}$ (1400 °С)
	Al (А)	$\epsilon_{\text{св}} + 0,057$	0,126	0,02	$2 \cdot 10^{19}$ (1250 °С)
	Ga (А)	$\epsilon_{\text{св}} + 0,065$	0,126	0,003	$1 \cdot 10^{19}$ (1250 °С)
	In (А)	$\epsilon_{\text{св}} + 0,16$	0,144	$4 \cdot 10^{-4}$	
	Tl (А)	$\epsilon_{\text{св}} + 0,26$	0,147	$\sim 10^{-5}$	
	P (Д)	$\epsilon_{\text{св}} - 0,044$	0,11	0,35	$1,3 \cdot 10^{21}$ (1200 °С)
	As (Д)	$\epsilon_{\text{св}} - 0,049$	0,118	0,3	$1,8 \cdot 10^{21}$ (1200 °С)
	Sb (Д)	$\epsilon_{\text{св}} - 0,039$	0,136	0,023	$6 \cdot 10^{19}$ (1350 °С)
	Bi (Д)	$\epsilon_{\text{св}} - 0,069$	0,146	$7 \cdot 10^{-4}$	$8 \cdot 10^{17}$ (1320 °С)
	Fe (Д)	$\epsilon_{\text{св}} - 0,53$	0,126	$8 \cdot 10^{-6}$	$3,2 \cdot 10^{16}$ (1320 °С)
	Fe (Д)	$\epsilon_{\text{св}} + 0,40$			
	Mn (Д)	$\epsilon_{\text{св}} - 0,53$	0,127	$\sim 10^{-5}$	$3,8 \cdot 10^{18}$ (1320 °С)
	Au (А)	$\epsilon_{\text{св}} + 0,39$	0,150	$2,5 \cdot 10^{-5}$	$1,2 \cdot 10^{17}$ (1300 °С)
	Ge	Au (Д)	$\epsilon_{\text{св}} - 0,30$		
B (А)		$\epsilon_{\text{св}} + 0,01$	0,88	~ 10	$4 \cdot 10^{20}$ (700 °С)
Al (А)		$\epsilon_{\text{св}} + 0,01$	0,126	0,073	$5 \cdot 10^{20}$ (700 °С)
Ga (А)		$\epsilon_{\text{св}} + 0,01$	0,126	0,087	$4 \cdot 10^{18}$ (800 °С)
In (А)		$\epsilon_{\text{св}} + 0,01$	0,144	$1,2 \cdot 10^{-3}$	
Tl (А)		$\epsilon_{\text{св}} + 0,01$	0,147	$4 \cdot 10^{-3}$	
P (Д)		$\epsilon_{\text{св}} - 0,01$	0,110	0,12	
As (Д)		$\epsilon_{\text{св}} - 0,01$	0,118	0,03	$6 \cdot 10^{19}$ (800 °С)
Sb (Д)		$\epsilon_{\text{св}} - 0,01$	0,136	0,003	$5 \cdot 10^{20}$ (700 °С)
Bi (Д)		$\epsilon_{\text{св}} - 0,01$	0,146	$4,5 \cdot 10^{-3}$	
Fe (Д)		$\epsilon_{\text{св}} - 0,27$	0,126	$\sim 1 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{16}$ (870 °С)
Fe (Д)		$\epsilon_{\text{св}} + 0,34$			
Cu (А)		$\epsilon_{\text{св}} + 0,34$			
Cu (А)		$\epsilon_{\text{св}} + 0,04$	0,135	$1,5 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{18}$ (750 °С)
Au (А)	$\epsilon_{\text{св}} + 0,05$	0,150	$2,1 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{16}$ (900 °С)	
Au (А)	$\epsilon_{\text{св}} + 0,15$				
GaAs	Au (Д)	$\epsilon_{\text{св}} - 0,04$			
	Zn (А)	$\epsilon_{\text{св}} + 0,024$	0,131	0,42	$2 \cdot 10^{20}$ (1238 °С)
	Cd (А)	$\epsilon_{\text{св}} + 0,021$	0,148	0,02	
	Si (Д)	$\epsilon_{\text{св}} - 0,002$	0,117	0,14	$1 \cdot 10^{20}$ (1238 °С)
	Si (А)	$\epsilon_{\text{св}} + 0,025$			
	Ge (Д)	$\epsilon_{\text{св}} - 0,03$	0,122	0,015	$6 \cdot 10^{19}$ (1238 °С)
	Ge (А)	$\epsilon_{\text{св}} + 0,03$			
	Sn (Д)	$\epsilon_{\text{св}} - 0,004$	0,104	0,5	
	S (Д)	$\epsilon_{\text{св}} - 0,003$	0,114	0,40	
	Se (Д)	$\epsilon_{\text{св}} - 0,003$	0,132	0,046	
	Tc (Д)	$\epsilon_{\text{св}} - 0,003$	0,132	0,046	
	Fe (А)	$\epsilon_{\text{св}} + 0,37$	0,126	$2,0 \cdot 10^{-3}$	
	Fe (А)	$\epsilon_{\text{св}} + 0,52$			
	Cr (А)	$\epsilon_{\text{св}} + 0,81$	0,130	$5,8 \cdot 10^{-4}$	
Cu (А)	$\epsilon_{\text{св}} + 0,023$	0,135	$2 \cdot 10^{-3}$		
Cu (А)	$\epsilon_{\text{св}} + 0,15$				
Cu (А)	$\epsilon_{\text{св}} + 0,24$				
Cu (А)	$\epsilon_{\text{св}} + 0,51$				

* $\epsilon_{\text{св}}$ — дно зоны проводимости, $\epsilon_{\text{в}}$ — потолок валентной зоны.

** В скобках указана темп-ра, соответствующая макс. растворимости.

щими примесями и дефектами. Из-за малых коефф. диффузии диффузионное Л. п. обычно проводят при высоких темп-рах (для Si при 1100—1350 °С) и в течение длительного времени. Оно, как правило, сопровождается генерацией значит. кол-ва дефектов, в частности дислокаций. Методом диффузии трудно получить тонкие легиров. слои и резкие p - n -переходы.

Для получения тонких легиров. слоёв используется ионная имплантация, позволяющая вводить практически любую примесь и управлять её концентрацией и профилем распределения. Однако в процессе ионного Л. п. возникают точечные дефекты структуры, области разупорядочения решётки, а при больших дозах — аморфизованные слои. Поэтому необходим последующий отжиг. Отжиг проводят при темп-рах, существенно более низких, чем при диффузии (напр., для Si ≤ 700 —800 °С).

Лит.: Горелик С. С., Дашевский М. Я., Материаловедение полупроводников и металловедение, М., 1973; Мильвидский М. Г., Целевин О. В., Сахаров Б. А., Физикохимические основы получения разлагающихся полупроводниковых соединений, М., 1974; Легирование полупроводников методом ядерных реакций, Новосибир., 1981. М. Г. Мильвидский.

ЛЕГКОГО НАМАГНИЧИВАНИЯ ОСЬ — см. Ось лёгкого намагничивания.

ЛЕЖАНДРА ПРЕОБРАЗОВАНИЕ — преобразование ϕ -ции $f(x)$, $x = (x_1, \dots, x_n)$, в новую ϕ -цию

$$g(p) = \sum_i p_i x_i(p) - f(x(p)),$$

где $x(p)$ находят из системы уравнений $p = \partial f / \partial x$. Эти ур-ния разрешимы, т. е. Л. п. существует, если $\det || \partial^2 f / \partial x_i \partial x_j || \neq 0$. Л. п. инволютивно; применённое повторно к $g(p)$, оно даёт $f(x)$. Введено А. Лежандром (А. Legendre) в 1789.

Геом. смысл Л. п. состоит в переходе от описания поверхности (в $n+1$ -мерном пространстве) как геом. места точек (x, y) , таких, что $y=f(x)$, к описанию её как огибающей n -параметрич. семейства касательных плоскостей $y=px-g(p)$ (p — параметры семейства). Используется в классич. механике (переход от ϕ -ции Лагранжа к ϕ -ции Гамильтона), термодинамике (преобразование термодинамич. потенциалов) и др. разделах физики.

Лит.: Кубо Р., Термодинамика, пер. с англ., М., 1970; Арнольд В. И., Математические методы классической механики, 2 изд., М., 1979. Ю. А. Данилов.

ЛЕЖАНДРА ФУНКЦИИ — ϕ -ции, являющиеся решениями дифференц. ур-ния Лежандра

$$(1-x^2)f'' - 2xf' + [\nu(\nu+1) - \mu^2/(1-x^2)]f = 0,$$

где μ и ν — произвольные параметры. Если ν — целое положит. число, $\mu=0$, Л. ф. вырождаются в полиномы Лежандра. При целых μ , ν и $-\nu \leq \mu \leq \nu$ получаются присоединённые полиномы Лежандра (см. Ортогональные полиномы). В общем случае вводят Л. ф. первого $P_\nu^\mu(x)$ и второго $Q_\nu^\mu(x)$ рода, они выражаются через гипергеометрическую функцию

$$P_\nu^\mu(x) = \frac{1}{\Gamma(1-\mu)} \left(\frac{x+1}{x-1}\right)^{\mu/2} F\left(-\nu, \nu+1; 1-\mu; \frac{1-x}{2}\right),$$

$$Q_\nu^\mu(x) = e^{i\pi\mu} 2^{-\nu-1} \sqrt{\pi} \frac{\Gamma(\nu+\mu+1)}{\Gamma(\nu+3/2)} x^{-\nu-\mu-1} (x^2-1)^{\mu/2} \times \\ \times F\left(\frac{\nu+\mu}{2}+1, \frac{\nu+\mu+1}{2}; \nu+\frac{3}{2}; x^{-2}\right).$$

Эти ϕ -ции однозначны и регулярны на плоскости с разрезом вдоль вещественной оси от 1 до ∞ . Л. ф. встречаются, напр., при решении ур-ния Лапласа, волнового ур-ния или ур-ния диффузии в сферич. координатах. Л. ф. $P_{i\lambda-1/2}^0(x)$ и $Q_{i\lambda-1/2}^0(x)$ наз. ϕ у н к ц и я м и к о н у с а.

ЛЕНГМУРА ФОРМУЛА — аналитич. зависимость электрич. тока i между двумя электродами в вакууме от разности потенциалов U между ними. Обычно ток переносится электронами, эмитируемыми накалившимся катодом (см. Термоэлектронная эмиссия), хотя в несколько изменённом виде Л. ф. пригодна и в случае ионных токов. Л. ф. справедлива при токах, меньших тока насыщения. В этих условиях электроны, не достигшие анода, формируют отрицательный пространственный заряд, определяющий вид зависимости $i(U)$. Конкретный вид Л. ф. зависит от формы электродов и геометрии межэлектродного пространства, но при всех простых геометриях ток оказывается пропорциональным $U^{3/2}$.

Для частного случая бесконечно протяжённых плоских электродов такую зависимость впервые (1911) получил К. Д. Чайлд (С. D. Child) при упрощающем предположении, что нач. скорости электронов равны нулю:

$$i = \frac{1}{9\pi} \left(\frac{2e}{m}\right)^{1/2} \frac{U^{3/2}}{d^2}.$$

Здесь d — расстояние между электродами, e и m — заряд и масса электронов.

Однако своё назв. Л. ф. получила по имени И. Ленгмура (I. Langmuir), исследовавшего эту зависимость