

Пьезоэлектрические коэффициенты и полупроводниковые характеристики некоторых полупроводников

Кристалл	Группа симметрии	ϵ_0 , эВ	ϵ_{11} , Кл/м ²	ϵ_{14} , Кл/м ²	ϵ_{15} , Кл/м ²	ϵ_{21} , Кл/м ²	ϵ_{23} , Кл/м ²	ϵ/ϵ_0^{**}	K_L^* , %	K_s^* , %
Te	32	0,38	0,5	0,72	0	0	0	$\epsilon_1=33; \epsilon_3=53$	35	53
GaAs	43 m	1,43	0	-0,18	0	0	0	12	2	7
GaP	—»—	2,3	0	-0,1	0	0	0	8,5	—	11
InSb	—»—	0,18	0	0,08	0	0	0	16	3	4
β -ZnS	—»—	3,8	0	0,14	0	0	0	8,3	—	5,4
α -ZnS	6 mm	3,6	0	0	0,07	—	0,14	—	6	4
ZnO	—»—	3,4	0	0	-0,59	-0,61	1,14	$\epsilon_1=8,3; \epsilon_3=8,8$	28	32
CdS	—»—	2,4	0	0	-0,21	-0,24	0,44	$\epsilon_1=9,0; \epsilon_3=9,5$	15	19
6H-SiC	—»—	3,0	0	0	0,08	—	0,2	$\epsilon_1=9,7; \epsilon_3=10$	2,8	2
Bi ₁₂ GeO ₂₀	23	3,2	0	0,99	0	0	0	38	19	50

* K_L, K_s — коэф. эл.-механич. связи для продольных и поперечных упругих волн, распространяющихся в кристалле; ** $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м; две величины указывают на анизотропию.

ционные эффекты в полупроводниках, М., 1972; Физическая акустика, под ред. У. Мэсона, Р. Терстона, пер. с англ., т. 7, М., 1974, гл. 5. Э. М. Эшштейн.

ПЬЕЗОПОЛУПРОВОДНИКИ — пьезоэлектрические материалы, обладающие полупроводниковыми свойствами. К П. относятся полупроводники, деформирование к-рых сопровождается возникновением электрич. поля (электрич. поляризации), пропорционального величине деформации (прямой пьезоэлектрич. эффект). Под действием электрич. поля в П. возникают внутр. механич. напряжения, пропорциональные электрич. полю E (обратный пьезоэлектрич. эффект) (см. Пьезоэлектрики).

П. являются представители разл. групп полупроводниковых материалов. К ним относятся элементарные полупроводники (Te, Se), соединения группы АІІІ V V (GaAs, GaP, InSb и др.), группы АІІ V VI (GdS, ZnO, ZnS и др.). Пьезоэлектрич. свойствами обладают SiC, соединения группы АІ V VI (GeTe, SnTe и др.), к-рые одноврем. характеризуются и сегнетоэлектрич. свойствами (см. Сегнетополупроводники). К П. могут быть отнесены также высокоомные пьезоэлектрич. материалы с примесной проводимостью, напр. группа германосилленита (Bi₁₂GeO₂₀). Кристаллы этой группы обладают собств. фотопроводимостью, могут быть легированы разл. примесями; их примесная проводимость $\sigma \sim 10^{-8} - 10^{-7}$ Ом⁻¹·см⁻¹.

В табл. для нек-рых П. приведены пьезоэлектрич. коэф. (пьезомодули) $\epsilon_{11}, \epsilon_{14}, \epsilon_{15}, \epsilon_{23}$, ширина запрещенной зоны E_g и диэлектрич. проницаемость ϵ . Важной характеристикой П. является коэф. эл.-механич. связи K . Величина K^2 показывает, какая доля энергии упругой деформации (электрич. энергии) может превратиться в электрич. энергию (энергию упругой деформации) за счёт пьезоэлектрич. взаимодействия. Коэф. эл.-механич. связи зависит от направления электрич. поля, от возбуждаемой упругой моды и сильно меняются от кристалла к кристаллу.

Распространение акустич. волн в П. сопровождается возникновением электрич. полей, с к-рыми могут взаимодействовать свободные носители заряда. Это имеет место как для тепловых фононов, так и для когерентных УЗ-волн, вводимых в кристалл извне. В последнем случае наблюдаются эффекты, обусловленные акустоэлектронным взаимодействием. К наиб. важным из них относятся акустоэлектрический эффект и усиление УЗ-волн дрейфом свободных носителей заряда. Акустоэлектрич. эффект представляет собой возникновение пост. электрич. тока или эдс в П. при распространении в нём бегущей УЗ-волны. Этот эффект связан с пространств. группировкой свободных электронов (дырок) в электрич. полях УЗ-волны, с увеличением их волной и с передачей импульса от волны к электронам (см. Увеличение электронов фононами). Плотность акустоэлектрич. тока $j = \alpha I/v_s$, где $\alpha \propto K^2$ — коэф. электронного поглощения, μ — подвижность электронов, I — интенсивность УЗ-волны; v_s — скорость звука. В разомкнутой цепи возникает акустоэдс $U = j/\sigma$ (σ — электропроводность П.). В П.

с большой константой эл.-механич. связи акустоэдс при $I \sim 1$ Вт/см² может достигать неск. единиц В/см. Если к П. приложено пост. электрич. поле E , в к-ром скорость дрейфа электронов $v_{др} = \mu E > v_s$, то происходит усиление УЗ-волны. Коэф. усиления пропорционален K^2 и зависит от соотношения частоты УЗ, т. е. максвелловской частоты $\omega_c = \sigma/\epsilon$ и диффузионной частоты $\omega_d = v^2/D$, где D — коэф. диффузии. В области частот $\omega/2\pi = 100-500$ МГц коэф. усиления может достигать 100 дБ/см.

Высокоомные П. применяются в качестве пьезоэлектрических преобразователей для генерации и приёма УЗ, в ультразвуковой дефектоскопии, в акустических линиях задержки, акустооптич. устройствах (см. Акустооптика). Использование акустоэлектронного взаимодействия в П. позволяет создавать усилители УЗ-волн, фазовращатели и преобразователи частоты, устройства аналоговой обработки радиосигналов (ф-ции свёртки, корреляции и др.).

Лит.: Гуревич В. Л., Теория акустических свойств пьезоэлектрических полупроводников, «ФТП», 1968, т. 2, в. 11, с. 1557; Пустовойт В. И., Взаимодействие электронных потоков с упругими волнами решетки, «УФН», 1969, т. 97, в. 2, с. 257; Такер Дж., Рэмington В., Гиперзвук в физике твёрдого тела, пер. с англ., М., 1975; Гальперин Ю. М., Гуревич В. Л., Акустоэлектроника полупроводников и металлов, М., 1978. В. В. Леманов.

ПЬЕЗОПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ — акустроакустич. преобразователи, действие к-рых основано на свойствах обеднённого носителя заряда тонкого слоя пьезополупроводника. Обычно П. п. являются вибраторами, работающими на резонансной частоте (в диапазоне частот от 10 МГц до 75 ГГц). Используются пьезополупроводники Cds, ZnO, CdSe, GaAs, AlN, GaP, ZnS и Se. Кристалл пьезополупроводника, в к-ром формируют обеднённый слой, служит звукопроводом. Благодаря тому, что изменение электросопротивления обеднённого полупроводника не вызывает заметного изменения его акустич. параметров, создаётся возможность получения интегральной структуры, объединяющей тонкий высокоомный обеднённый слой пьезополупроводника и низкоомный звукопровод. Электрич. ВЧ-напряжение, приложенное к такой структуре, почти полностью падает на высокоомном слое, а сам слой работает как пьезопластика (см. Пьезоэлектрические преобразователи). Обеднённый слой может быть создан разл. способами (диффузией примеси, нанесением плёнки, образованием зазорного слоя).

П. п. характеризуются большой шириной частотной полосы пропускания, превышающей в отд. случаях 100% от резонансной частоты. Эффективность работы П. п. определяется в осн. электрич. потерями, связанными с наличием электрич. проводимости пьезополупроводников, и потерями, обусловленными отражением волновых полей от П. п. Используются П. п. и в пассивных и активных УЗ-линиях задержки, в пьезоэлектрич. усилителях, фильтрах, а также при исследовании распространения гиперзвука в веществе, в частности в исследовании электрон-фононного взаимодействия.