

тельно высокой проводимостью, связанной с вакансиями Pb, обладают кристаллы $PbTiO_3$. Кристалл $SrTiO_3$ (как и $PbTe$) рассматривается как потенциальный (виртуальный) С., т. е. при снижении T вплоть до 0 К этот кристалл приближается к фазовому переходу в сегнетоэлектрич. состояние, но переход не успевает произойти при реальных темп-рах. Для чистых кристаллов $\sigma \approx 10^{-10} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$. Легиров. кристаллы имеют проводимость до $1 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$ при $\mu \approx 5 \text{ см}^2/\text{В} \cdot \text{с}$. Кристаллы $SrTiO_3$ с концентрацией носителей $\sim 10^{19} - 10^{20} \text{ см}^{-3}$ становятся сверхпроводящими при $T = 0,3 - 0,5 \text{ К}$ (см. *Сверхпроводники*).

Сегнетоэлектрик $LiNbO_3$ с широкой запрещённой зоной имеет проводимость $\sigma \sim 10^{-15} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$, т. е. является типичным изолятором. Однако при сильном легировании (напр., Fe) σ может достигать $10^{-7} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$ при $\mu \approx 0,5 \text{ см}^2/\text{В} \cdot \text{с}$. Легиров. кристаллы обладают заметной фотопроводимостью. Нек-рые характеристики С. приведены в табл. К С. можно отве-

ления (ПТКС). Сопротивление керамики при изменении T резко уменьшается (до 6 порядков) в узкой области T при фазовом переходе в сегнетоэлектрич. фазу. Объяснение основано на представлении о Шоттки-барьерах на границах зёрен с относительно высокой проводимостью, к-рые разделены изолирующим зазорным слоем. В области фазового перехода резко возрастает диэлектрич. проницаемость, что приводит к уменьшению высоты барьера и соответственно к исключительному уменьшению сопротивления образца.

В керамике, состоящей из зёрен с полупроводниковой проводимостью и тонких изолирующих слоёв, наблюдается увеличение эфф. диэлектрич. проницаемости $\epsilon_{\text{эфф}}$ на низких частотах. Кроме того, $\epsilon_{\text{эфф}}$ изменяется при приложении слабых электрич. полей E , что связано с зависимостью от поля E толщины обеднённого слоя.

Применение. С., обладающие фоторефрактивным эффектом, используются для записи и обработки оптич. сигналов. Сегнетокерамика с эффектом ПТКС применяется для создания приборов в системах теплового контроля и в измерит. технике. Полупроводниковая сегнетокерамика с тонкими межзёренными прослойками используется в конденсаторах большой ёмкости. Высокоомные С. применяются в гибридных структурах, где возможно управление проводимостью *полевого транзистора* в канале исток — сток путём переключения спонтанной поляризации в сегнетоэлектрич. затворе. Возможно использование переключения сегнетоэлектрич. доменов в плёнках для создания энергонезависимых устройств памяти с высокой ёмкостью и высоким быстродействием (технология таких устройств совместима с кремниевой технологией).

Лит.: Фридкин В. М., Сегнетоэлектрики — полупроводники, М., 1976; е го ж е, Фотосегнетоэлектрики, М., 1979; Лайнс М., Гласс А., Сегнетоэлектрики и родственные им материалы, пер. с англ., М., 1981; Барфут Д., Тейлор Д., Полярные диэлектрики и их применения, пер. с англ., М., 1981. В. В. Леманов.

СЕГНЕТОЭЛАСТИКИ (ферроэластики) — кристаллич. вещества, в к-рых при понижении темп-ры возникает спонтанная деформация кристаллич. решётки относительно исходной в отсутствие внеш. механич. напряжений. Термин «С.» ввёл К. Айзэу (К. Aizu) в 1969. Спонтанная деформация является результатом *структурного фазового перехода* из более симметричной (параллельной) в менее симметричную (сегнетоэластич.) фазу. Напр., кубич. сингония переходит в тетрагональную, гексагональная или тетрагональная — в ромбическую или моноклинную, ромбическая — в моноклинную (см. *Сингония*).

При сегнетоэластич. переходе кристалл без разрыва своей сплошности теряет ориентац. однородность и разбивается на сегнетоэластич. домены, каждый из к-рых принадлежит к одному из нескольких (двух, трёх — в зависимости от изменения симметрии) состояний, отличающихся ориентацией кристаллич. решётки (рис. 1, 2). Возникновение сегнетоэластич. (ориентац.) доменов можно рассматривать как частный случай механич. *двойникования*, причём элементами двойникования служат утраченные при переходе элементы поворотной (точечной) симметрии (см. *Симметрия кристаллов*). В прозрачных С. доменную структуру можно наблюдать с помощью оптич. поляризац. микроскопа благодаря раориентации оптич. индикатрис или разл. двойному лучепреломлению доменов. Наличие ориентац. доменов — характерный признак сегнетоэластич. фазы.

Домены могут «переключаться» из одного ориентац. состояния в другое под действием механич. напряжений определённой величины и направления. Процесс переключения может происходить, напр., путём рождения тонких клиновидных или линзообразных доменов с последующим их ростом и движением регулярных плоских или зигзагообразных доменных границ или путём перемещения одной доменной границы.

Некоторые характеристики сегнетополупроводников

Кристалл	$T_k, \text{ К}$	Группа симметрии	Поляризация P , мкКл/см ²	$\epsilon_{\text{эф}}$, эВ
GeTe	670	$m3m \leftrightarrow 3m$	—	0,1—0,2
SnTe	≤ 100	—	—	0,2—0,3
SbSI	295	$mmm \leftrightarrow mm2$	25	2
BaTiO ₃	408	$m3m \leftrightarrow 4mm$	26	3,2
PbTiO ₃	763	—	57	3
SrTiO ₃	<0	$m3m$	0	3,2
LiNbO ₃	1483	$3m \leftrightarrow 3m$	70	3,7

сти также кристаллы Ag_3AsS , $Sn_2P_2S_6$, $TlGaSe_2$. Для всех С. связь электронной подсистемы с сегнетоэлектрич. свойствами приводит к небольшому изменению в точке фазового перехода величин σ , μ , ϵ_g .

Фотоэлектрические свойства. Взаимосвязь сегнетоэлектрич. и полупроводниковых свойств приводит к ряду фотоэлектрич. эффектов. Так, при освещении С. наблюдается сдвиг T_k ($BaTiO_3$, $SbSI$) до 1% от величины T_k . При этом наблюдаются и изменения температурной зависимости диэлектрич. проницаемости в области фазового перехода (фотогистерезисный эффект). Поскольку свободные носители в С. экранируют спонтанную поляризацию и оказывают тем самым сильное влияние на доменную структуру, то генерация свободных носителей при освещении С. может приводить к изменению его доменной структуры (фотодоменный эффект).

При однородном освещении в С. возникает стационарный электрич. ток (см. *Фотогальванический эффект*). Для света с линейной поляризацией ток в кристалле i_i пропорц. интенсивности света I :

$$i_i = \chi_{ikl} e_k e_l I,$$

где e_k, e_l — компоненты единичного вектора электрич. поля световой волны. Тензор χ_{ikl} отличен от 0 во всех кристаллах без центра инверсии (см. *Симметрия кристаллов*), но, как правило, особенно большую величину он имеет в сегнетоэлектриках. В освещённом С. возникает фотоэдс, к-рая достигает больших значений. Так, в кристаллах $LiNbO_3$ она соответствует электрич. полю $E \sim 10^4 - 10^5 \text{ В/см}$.

При локальном освещении С. фотогальванич. эффект (или) диффузия приводят к переносу возбуждённых носителей на периферию светового пучка, где происходит захват носителей ловушками. В результате создаётся объёмный заряд, поле к-рого за счёт электрооптич. эффекта приводит к изменению показателей преломления кристалла (фоторефрактивный эффект).

Сегнетокерамика. В полупроводниковых керамиках (на основе легированного $BaTiO_3$ и др.) взаимное влияние сегнетоэлектрич. и полупроводниковых свойств проявляется в положит. температурном коэф. сопротив-