

с др. элементами схем, имеют рабочие токи $10^{-2} - 10^{-1}$ А при напряжениях $10^1 - 10^2$ В; Т. предельной мощности имеют рабочие токи $1 \div 3 \cdot 10^3$ А при напряжениях $(3 \div 6) \cdot 10^3$ В. Четырёхслойная $n^+ pnp^+$ -структура и протекающие в ней физ. процессы лежат в основе целого ряда приборов тиристорного типа, сильно отличающихся от описанного выше обычного Т. К ним относятся, в частности: а) симистор, состоящий из двух встречно-параллельно включённых $n^+ pnp^+$ -структур с общим электродом управления, выполненных в одной полупроводниковой пластине. Симистор обычно используется в качестве ключа переменного тока; б) фототиристор — Т., переключение к-рого осуществляется импульсом света. В этом приборе цепь управления полностью изолирована от осн. цепи, что особенно удобно при работе на больших напряжениях; в) запираемый тиристор, выключение к-рого осуществляется не переменной полярности внеш. напряжения, а импульсом запирающего тока в цепи управления, что позволяет существенно упростить конструкцию аппаратуры. Предельные параметры совр. запираемых Т. почти такие же, как и у обычных тиристор; г) реверсивно включаемый диностор, включение к-рого осуществляется кратковрем. изменением полярности внеш. напряжения. Этот прибор, в отличие от всех др. приборов тиристорного типа, включается однородно и одновременно сразу по всей рабочей площади. Это позволяет переключать очень большие ($10^5 - 10^6$ А) импульсные токи, а также работать на высоких (до 10^5 Гц) частотах при коммутации больших мощностей.

Перспективным материалом для приборов тиристорного типа является арсенид галлия. Из-за большей, чем у кремния, ширины запрещённой зоны он позволяет работать при большей темп-ре, блокировать большее напряжение при сравнительно тонкой ОПЗ и, следовательно, тонкой базе с малым τ_p ; это даёт возможность существенно улучшить быстродействие приборов.

Лит.: Управляемые полупроводниковые вентили, пер. с англ., М., 1967; Блихер А., Физика тиристор, пер. с англ., Л., 1981; Евсеев Ю. А., Дерменжи П. Г., Силовые полупроводниковые приборы, М., 1981; Тучкевич В. М., Грехов И. В., Новые принципы коммутации больших мощностей полупроводниковыми приборами, Л., 1988.

И. В. Грехов.

ТИТАН (лат. Titanium), Ti, — хим. элемент побочной подгруппы IV группы периодич. системы элементов, ат. номер 22, ат. масса 47,88. В природе представлен 5 стабильными изотопами: ^{46}Ti (8,0%), ^{47}Ti (7,3%), ^{48}Ti (73,8%), ^{49}Ti (5,5%) и ^{50}Ti (5,4%). Электронная конфигурация внеш. оболочек $3s^2 3p^6 3d^2 4s^2$. Энергии последоват. ионизации 6,82, 13,58, 27,48, 43,25 и 99,27 эВ. Кристаллохим. радиус атома Т. 0,146 нм, радиус иона Ti^{2+} 0,078 нм, Ti^{3+} 0,069 нм, Ti^{4+} 0,064 нм. Значение электроотрицательности 1,5. Работа выхода электронов 4,0 эВ.

В свободном виде — серебристо-белый, устойчивый к коррозии металл. При обычном давлении существует в двух модификациях: α -Ti и β -Ti, темп-ра фазового перехода 882 °С, теплота перехода 87,4 кДж/кг. Кристаллич. решётка α -Ti гексагональная с параметрами $a = 295,1$ пм, $c = 467,9$ пм; кристаллич. решётка β -Ti объёмно центрированная кубическая. При давлении >9 ГПа и темп-ре >900 °С α -Ti переходит в гексагональный ω -Ti. Для α -Ti плотн. 4,505 кг/дм³. Характеристики Т.: $t_{пл} = 1660 \pm 20$ °С, $t_{кип} = 3287$ °С, теплоёмкость $c_p = 25,1$ Дж/моль · К, теплота плавления 15 кДж/моль, теплота испарения 410 кДж/моль. Характеристическая темп-ра Дебая 430 К. Темп-ра перехода в сверхпроводящее состояние $T_c = 0,387$ К. Выше 73 К Т. парамагнитен, магн. восприимчивость $3,2 \cdot 10^{-9}$ (при 20 °С). Уд. электрич. сопротивление 0,58 мкОм · м (при 300 К), температурный коэф. электрич. сопротивления (в интервале 273—293 К) $3 \cdot 10^{-3}$ К⁻¹. Теплопроводность Т. чистотой 99,9% при 293 К 21,9 Вт/(м · К). Температурный коэф. линейного расширения (в интервале 153—1133 К) $9,2 \cdot 10^{-6}$ К⁻¹. Тв. по Виккерсу электролитич. Т. 790—800 МПа. Для производимого отечественного техн. Т. марок модуль нормальной упругости 103 ГПа, модуль сдвига 39,2 ГПа.

Т. отличается устойчивостью к коррозии в окислительных и хлорсодержащих средах. В хим. соединениях проявляет степени окисления +4 (наиболее часто) и реже +3 и +2. Вследствие гидролиза жидкий TiCl_4 сильно дымит на воздухе и используется как трассёр, для маскировки в военном деле и т. д.

Металлич. Т. широко применяется как высокопластичный конструкционный материал. В виде сплавов с Al, V, Mo, Cr, Fe и с др. металлами используется в авиац. и ракетной технике, морском судостроении и т. д. Диоксид Т. TiO_2 — компонент эмалей, глазурей, пигмент для лакокрасоч. материалов, резин, пластмасс. Карбид Т. и нитрид Т. применяют как жаропрочные материалы, компоненты керметов. Из искусственно полученных радионуклидов находит применение ^{44}Ti (распад по типу электронного захвата, $T_{1/2} = 47$ лет).

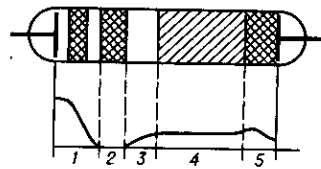
С. С. Бердонос.

ТЛЕЮЩИЙ РАЗРЯД — электрический разряд в газе, характеризующийся термодинамич. неравновесностью и квазинейтральностью возникающей плазмы. Эфф. темп-ра электронов в Т. р. существенно выше темп-ры газа и электронов, термоэмиссия с к-рых отсутствует. Т. р. делятся на 2 класса: самостоятельный и несамостоятельный (с внеш. ионизатором). Каждый из этих разрядов подразделяется на виды в зависимости от рода источника электрич. питания: импульсный, стационарный, переменного тока. Каждый вид Т. р. может гореть в покоящейся газе и в потоке газа. Самостоятельные разряды отличаются геометрией: плоской и цилиндрической.

Наиб. подробно изучен Т. р., горящий в стеклянных трубках, к-рый широко применяется в технике: лампы дневного свста, разл. осветит. приборы, газовые лазеры малой и ср. мощности. Т. р., горящий между плоскими электродами, используется в *тиратроне* и импульсных лазерах, Т. р., горящий в потоке газа, — в плазмохим. реакторах и для накачки активной среды мощных непрерывных и импульсно-периодич. газовых лазеров.

Общие свойства. Т. р. получил своё название из-за наличия на одном из электродов (катоде) т. н. тлеющего свечения (ТС, рис. 1). Это свечение обусловлено большим падением потенциала в узком слое объёмного заряда вблизи катода. Вблизи анода также имеется тонкий слой объёмного заряда, наз. анодным слоем (АС). Остальная часть

Рис. 1. Внешний вид и распределение напряжённости электрического поля в тлеющем разряде в трубке: 1 — катодный слой; 2 — тлеющее свечение; 3 — фарадеево тёмное пространство; 4 — положительный столб; 5 — анодный слой.



межэлектродного промежутка занята квазинейтральной плазмой. К зоне ТС примыкает область фарадеева тёмного пространства (ФТП), переходящая в положительный столб (ПС), к-рый является самостоят. частью разряда, не зависящей от др. слоёв разряда.

Толщина катодного слоя (КС) и его характерные времена весьма малы, поэтому он наиб. автономен и его свойства являются общими для большинства видов Т. р. Наличие большого скачка потенциала на КС стационарного Т. р. (200—400 В) обусловлено тем, что поле в КС должно обеспечивать интенсивную ионизацию и усиление ионного и электронного токов. Ширина КС d равна неск. длинам ионизации электроном атомов или молекул газа. Если ср. плотность тока на катоде меньше величины нормальной плотности тока j_n , то ТС покрывает лишь часть катода. При увеличении тока площадь, занятая током, увеличивается пропорционально току, а напряжение на КС постоянно и равно нормальному катодному падению. Это важное свойство Т. р. наз. законом нормальной плотности тока. Гидродинамич. модель (Энгеля — Штеенбека) однородного вдоль катода КС постулирует, что величины U_n и j_n равны *мин.* напряжению и соответствующей ему плотности тока теоретич. вольт-амперной характеристики (ВАХ). Эта мо-