

Диэлектрики в электростатическом поле. Поляризация диэлектриков

Диэлектрики – это вещества, в которых нет свободных зарядов, способных перемещаться под действием сил электрического поля.

У изолятора или диэлектрика электрические заряды, а точнее, электрически заряженные частицы – электроны и ядра в нейтральных атомах связаны друг с другом; они не могут, подобно свободным зарядам проводника, перемещаться под действием электрического поля по всему объему тела. Электрическое поле может существовать внутри диэлектрика. При этом диэлектрик оказывает на поле определенное влияние.

Например, при замыкании стеклянной палочкой заряженного и незаряженного электроскопа заряды по изолятору стеклянной палочки не протекают.

Смещение электрических зарядов вещества под действием электрического поля называется поляризацией. Способность к поляризации является основным свойством диэлектриков. Поляризуемость диэлектрика включает составляющие – электронную, ионную и ориентационную (дипольную).

На большом расстоянии молекулу можно рассматривать как совокупность двух точечных зарядов, равных по модулю и противоположных по знаку, находящихся на некотором расстоянии (эль) l друг от друга. Такую в целом нейтральную систему зарядов называют электрическим диполем.

В однородном электрическом поле на диполь действует пара равных кулоновских сил, созданная этими двумя точечными зарядами молекулы. Момент этих сил вращает диполь до тех пор, пока сила взаимодействия зарядов не совпадет с направлением напряженности поля. В неоднородном электрическом поле кулоновские силы не равны, поэтому ориентация диполей вдоль силовых линий напряженности электрического поля неполная.

Внутри диэлектрика электрические заряды диполей компенсируют друг друга. Но на внешних поверхностях диэлектрика, прилегающих к электродам, появляются заряды противоположного знака (поверхностно связанные заряды).

Существующие диэлектрики можно разбить на два вида: полярные, состоящие из таких молекул, у которых центры распределения положительных и отрицательных зарядов не совпадают (спирты, вода);

неполярные, состоящие из атомов или молекул, у которых центры распределения положительных и отрицательных зарядов совпадают (инертные газы, кислород, водород, бензол, полиэтилен).

Следовательно, молекулы у этих диэлектриков разные.

Полярный диэлектрик состоит из молекул, которые можно рассматривать как электрические диполи. Тепловое движение приводит к беспорядочной ориентации диполей, поэтому на поверхности диэлектрика, а также и в любом его объеме, содержащем большое число молекул, электрический заряд в среднем равен нулю. Напряженность электрического поля в диэлектрике в среднем также равна нулю.

Поместим диэлектрик между двумя параллельными металлическими пластинами, несущими заряды противоположного знака. Если размеры пластин много больше расстояния между ними, то поле между пластинами однородно. Со

стороны этого поля на каждый электрический диполь будут действовать две силы, одинаковые по модулю, но противоположные по направлению. Они создадут момент силы, стремящийся повернуть диполь так, чтобы его ось была направлена по силовым линиям поля. При этом положительные заряды смещаются в направлении электрического поля, а отрицательные – в противоположную сторону. Смещение положительных и отрицательных связанных зарядов диэлектрика в противоположные стороны называют поляризацией.

Однако тепловое движение препятствует созданию упорядоченной ориентации всех диполей; только при температуре равной абсолютному нулю, все диполи выстроились бы вдоль силовых линий. Таким образом, под влиянием поля происходит лишь частичная ориентация диполей. Это означает, что в среднем число диполей, ориентированных вдоль поля, больше, чем число диполей, ориентированных против поля. В результате на поверхности диэлектрика возникает связанный заряд. Внутри диэлектрика положительные и отрицательные заряды диполей компенсируют друг друга, и средний связанный электрический заряд по-прежнему равен нулю.

Неполярный диэлектрик в электрическом поле также поляризуется. Под действием поля положительные и отрицательные заряды молекулы смещаются в противоположные стороны и центры распределения положительного и отрицательного зарядов перестают совпадать как у полярной молекулы. Такие деформированные молекулы можно рассматривать как электрические диполи, оси которых направлены вдоль поля. На поверхностях диэлектрика, примыкающих к заряженным пластинам, появляются связанные заряды, как и при поляризации полярного диэлектрика.

Связанный заряд создает в диэлектрике электрическое поле напряженностью (ϵ_1) E_1 , которая направлена против напряженности внешнего поля зарядов на пластинах. Из-за этого поле внутри диэлектрика ослабляется. Степень ослабления диэлектрика зависит от свойств диэлектрика.

В электрическом поле связанные заряды диэлектрика смещаются в противоположные стороны; происходит поляризация диэлектрика. Поляризованный диэлектрик сам создает электрическое поле. Это поле ослабляет внутри диэлектрика внешнее электрическое поле.

Обобщим вышесказанное. Диэлектрики с неполярными молекулами в электрическом поле приобретают электрический момент, направленный строго вдоль поля. Это явление назовем деформационной поляризацией. У диэлектриков с полярными молекулами в электрическом поле наблюдается преимущественная ориентация электрических моментов молекул вдоль поля. Это явление назовем ориентировочной поляризацией.

Диэлектрическая проницаемость среды характеризует электрические свойства диэлектрика. Эта величина равна отношению напряженности электрического поля в вакууме к напряженности электрического поля в среде.

Некоторые диэлектрики поляризуются не только под действием электрического поля, но и под действием механической деформации. Это явление называется пьезоэлектрическим эффектом.

Явление открыто братьями Пьером и Жаком Кюри в 1880 году.

Если на грани кристалла наложить металлические электроды (обкладки), то

при деформации кристалла на обкладках возникнет разность потенциалов.

Если замкнуть обкладки, то потечет ток.

Возможен и обратный пьезоэлектрический эффект:

возникновение поляризации сопровождается механическими деформациями.

Если на пьезоэлектрический кристалл подать напряжение, то возникнут механические деформации кристалла, причем, деформации будут пропорциональны приложенному электрическому полю с напряженностью (E нулевое) E_0 .

Изучим практическое применение пьезоэффекта.

В течение последних 5-7 лет сформировалась и интенсивно развивается новая отрасль медицины, основанная на использовании близкодействующих статических электрических полей для стимулирования позитивных биологических процессов в организме человека.

Попадая вместе с имплантатом в организм человека, электретная пленка своим полем оказывает дозированное локальное воздействие на поврежденный орган, способствуя его лечению в оптимальных биофизических условиях.

В основе этого процесса лежит природный эффект, состоящий в том, что внешнее близкодействующее электрическое поле определенной величины и знака, действуя на клеточном уровне, является катализатором появления здоровых новообразований в живых тканях.

Блоки пьезоэлектрических преобразователей предназначены для совместной работы с электронным блоком дефектоскопа УДС2-РДМ-2. Используются в схемах проверки нитей железнодорожного пути.

Пьезоэлектрические преобразователи ПЭП 3 предназначены для создания в жидкостях ультразвуковых колебаний, их приема с последующим преобразованием в электрический сигнал в составе ультразвуковых счетчиков жидкостей и тепла.