

Лекция 16. Электреты

Электреты, так же как сегнето- и пьезоэлектрики, относятся к классу полярных диэлектриков. Их главной особенностью является способность сохранять объемные или поверхностные заряды, т.е. остаточную поляризацию, в течение длительного времени после выключения электрического поля. Вследствие наличия остаточной поляризации электрет создает вокруг себя электрическое поле, подобно тому как постоянный магнит создает в окружающем пространстве магнитное поле. Сохранение остаточной поляризации может происходить вследствие закрепления различных механизмов поляризации или наличия заряженных дефектов, обладающих дипольным моментом.

Формирование остаточной поляризации в полярных диэлектриках происходит в приложенном электрическом поле по двум основным механизмам, связанным с образованием гетерозарядов или гомозарядов. Гетерозаряды, т.е. заряды, противоположные по знаку полярности формирующих электродов (рис. 3.6. а), образуются за счет поляризации микродиполей. Гомозаряды, имеющие одинаковый знак с полярностью электродов, возникают вследствие инжекции электронов с катодного электрода или внешней инжекции электронов. Электроны закрепляются на поверхностных ловушках или диффундируют вглубь, заполняя объемные ловушки. На нижнем электроде формируется компенсирующий заряд (рис. 3.6. б). Пространственно разделенные заряженные области создают внутри и вне электрета электрическое поле. Важными условиями длительного существования сформированного электрета являются малая электропроводность исходного диэлектрика и отсутствие влияния внешних воздействий (сильные электрические поля, изменение температуры и т.д.). Существуют несколько реальных способов формирования электретов, в которых для увеличения и ускорения процесса дополнительно к сильному электрическому полю используют различные воздействия. По характеру воздействий различают следующие виды электретов: термоэлектреты, фотоэлектреты, электроэлектреты, радиоэлектреты, механоэлектреты.

Только при формировании электроэлектретов достаточно сильного электрического поля. За счет различных способов электризации на поверхности электрета, находящийся под высоким электрическим потенциалом, формируется гомозаряд. В ряде случаев для формирования электретного состояния используются коронный или искровой электрические разряды, а также электронные пучки или пучки ионов. В любом случае электризация происходит на одной из поверхностей диэлектрика, а другая с помощью электрода из металлической пленки заземляется.

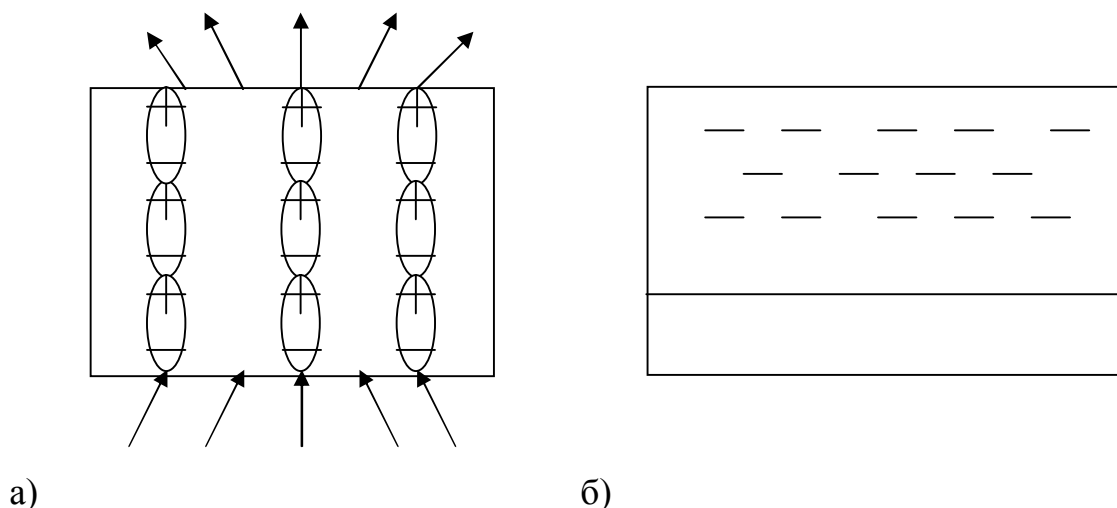


Рис. 3.6. Основные механизмы получения остаточной поляризации электретов: а – поляризация макрополей; б – внедрение в диэлектрик электрического заряда (электронов)

Термоэлектреты формируются при нагревании диэлектрика в сильном электрическом поле. При этом за счет термической диффузии электронов или ионов происходит разделение различных по знаку частиц (гетерозаряд). После окончания температурной поляризации диэлектрик охлаждают в приложенном электрическом поле, что приводит к "замораживанию" поляризации.

Фотоэлектретами называются диэлектрики с высокой фоточувствительностью к изменению поляризации. Формирование электрического заряда происходит при одновременном оптическом облучении и приложении электрического поля. Под действием оптического пучка происходит генерация подвижных носителей заряда (электронов и дырок), которые под действием электрического поля мигрируют по диэлектрику и закрепляются на ловушках.

Подобным образом происходит формирование электронного состояния при облучении диэлектрика рентгеновским пучком или γ -лучами. Возбужденные электроны после миграции в электрическом поле захватываются примесными или структурными заряженными центрами (ловушками).

Во всех видах электретов их электрический заряд убывает со временем. Наибольшее уменьшение происходит в первый момент после изготовления, а далее электрический заряд мало изменяется в отсутствие внешних воздействий. Электретный эффект сохраняется ($\sim 90\%$) в течение многих лет и даже десятилетий, что позволило использовать его в практических исследованиях.

Принципиально остаточная поляризация может быть создана в любом твердом диэлектрике путем нагревания в электрическом поле за счет закрепления термоактивирующих подвижных носителей на заряженных

дефектах структуры. Однако для практических целей необходимы электретные материалы с достаточной механической прочностью и временной стабильностью электрического поля.

К реально используемым электретным материалам относятся:

- сегнетокерамика, а в частности титанат цирконат свинца, остаточная поляризация которого обусловлена ориентацией доменов (термоэлектреты). Фотоэлектретными свойствами обладают $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$, селен, оксид цинка, сульфиды и селениды цинка;

- полимерные материалы, например, поливинилиденфторид, (термоэлектрет), политетрафторэтилен (электроэлектрет).

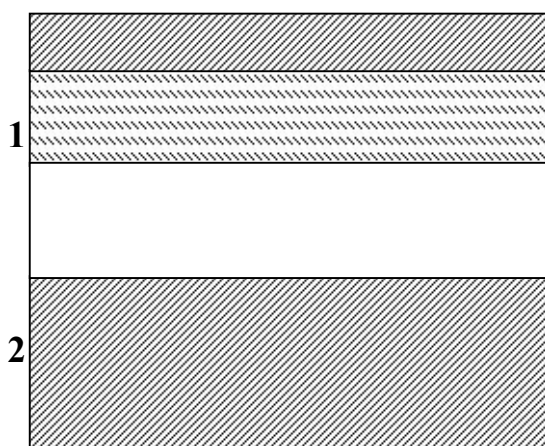


Рис. 3.7. Электретный микрофон: 1- металлизированная диафрагма из пленочного электрета; 2 – металлическое основание

Электретные микрофоны нашли применение в электроакустике для преобразования акустических колебаний в электрические сигналы в частотном диапазоне 10^{-3} - 10^8 Гц с предельной чувствительностью до 0,1 мВ/мкбар. Физический принцип действия микрофона представлен на рис. 3.7. Микрофон образован электронной пластиной с металлизированным электродом и металлической платой-основанием. В зазоре между ними образуется электрическое поле, которое модулируется по величине при колебаниях электронной пластины. В результате на пластину-основание наводится переменный электрический сигнал, соответствующий частоте и амплитуде колебаний звуковой волны.

Помимо микрофонов электреты используются в качестве датчиков в гидрофонах, детектирующих колебания и волны в жидких средах, и датчиков постоянных и переменных давлений. Разновидностью последних являются сенсорные переключатели. При легком прикосновении руки за счет смещения электретной диафрагмы наводятся электрические поля напряженностью 10-100 В/м.

Фотоэлектреты нашли широкое применение в современных фотокопировальных устройствах (ксероксах). Основой ксерографического процесса является деполяризация светом ранее заряженного электрета.

Фоточувствительное устройство представляет собой слой фотоэлектрета, нанесенного на металлическую пластину. Первоначально однородная поляризация фотоэлектрета создается коронным разрядом в темноте. Затем на электрет проецируется изображение, подлежащее репродукции. Под действием света будет происходить фотогенерация электронов, которые, оседая на ловушках, будут уменьшать первоначальный заряд. Степень разряда отдельных областей электрета будет пропорциональна интенсивности светового потока. В результате после прекращения оптического облучения будет возникать электрический рельеф, соответствующий распределению световых тонов изображения. Это электрическое изображение затем "проявляется" пути осаждения красящего порошка, частицы которого притягиваются к заряженным областям электрета за счет электростатического взаимодействия.

Радиоэлектреты используют в радиометрах для регистрации и измерения доз излучения.