

ДИЭЛЕКТРИК КАК ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ БАТАРЕЯ. СПОНТАННАЯ ПОЛЯРИЗАЦИЯ

Пак П.О., Иванушкина А.В.,
научный руководитель Четвергов Н.А.

В настоящее время актуален вопрос о существовании материала, в котором электрическая поляризация создавалась бы не под действием поля E , а возникала самопроизвольно и существовала в отсутствие внешнего электрического поля. Тем более, что представление о постоянном магните стало вполне привычным (примеры: железо, никель, кобальт). Такой магнетизм (ферромагнетизм) обусловлен упорядочным расположением магнитных моментов электронов, которые и образуют намагниченное состояние кристалла, его спонтанную (самопроизвольную) намагниченность, т.е. кристалл, может быть намагничен в отсутствие внешнего электрического поля. А могут ли существовать электрические аналоги постоянных магнитов – постоянные «поляриты», т.е. материалы, которые создавали бы в окружающем их пространстве электрическое поле, также как создают его заряженные электрические конденсаторы? На основе формальных суждений между намагниченностью и электрической поляризацией, казалось бы нельзя ожидать, что в природе найдутся вещества, обладающие электрической поляризацией. Однако такие вещества существуют, хотя они менее известны и изучены, чем ферромагнетики.

Несмотря на то, что в диэлектриках нет заранее заготовленных элементарных диполей отдельных частиц, электрическую поляризацию можно получить за счет упорядоченного расположения заряженных частиц противоположных знаков. Наиболее простой случай – электрический диполь. В структуре некоторых диэлектриков такие электрические диполи действительно имеются, и если они ориентированы в одном направлении - кристалл будет спонтанно поляризованным.

Спонтанно поляризованный диэлектрик.

Рис1. поле спонтанной поляризации в отсутствие нейтрализующих зарядов.

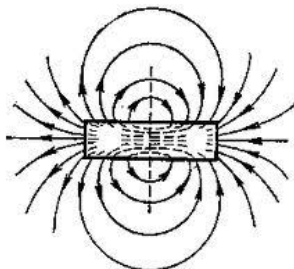


Рис1.

Рис2. Спонтанная поляризация нейтрализована внешними свободными зарядами.

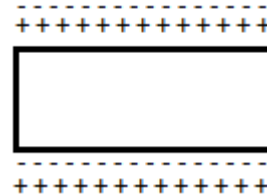


Рис2.

Наряду с постоянными магнитами могут существовать постоянные «электрики», т.е. вещества, обладающие свойствами электрической батареи или искусственно заряженного электрического конденсатора. Связанные заряды спонтанной поляризации при этом создают внешнее электрическое поле (Рис1). Однако различие между веществами, обладающими спонтанной намагниченностью состоит не только в разной природе этих состояний. Спонтанно намагниченное состояние, в отличие от спонтанного поляризованного может сохраняться сколько угодно долго и не утрачиваться за счет внешней среды. Причина этого отличия заключается в том, что за счет внутренней проводимости любого диэлектрика заряды противоположных знаков достигают выступающих на поверхности, связанных зарядов спонтанно поляризованного диэлектрика и нейтрализуют их. В результате чего упомянутая выше электр. батарея быстро разряжается за счет свободных зарядов в атмосфере (Рис2).

Известно 2 типа диэлектриков, обладающих спонтанной поляризацией: пиро- и сегнетоэлектрики.

**Схематическая ориентация
диполей в элементарных ячейках**

Рис1. линейный пироэлектрик

Рис2. сегнетоэлектрик

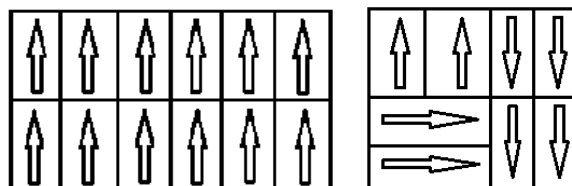


Рис1.

Рис2.

В пироэлектриках электрические диполи всех элементарных ячеек кристалла ориентированы в одном направлении (Рис1). Изменить это направление внешним полем невозможно без нарушения кристаллической структуры, поскольку асимметричное расположение ионов в элементарной ячейке, ответственная за спонтанную поляризацию, возникает момент образования кристалла при его выращивании. По этой причине в пироэлектриках поляризация \mathbf{P} линейно зависит от величины поля \mathbf{E} , т.е. пироэлектрики являются линейными диэлектриками:

$$\mathbf{P} = \alpha \cdot \mathbf{E}$$

Примеры типичных линейных пироэлектриков: турмалин (диметоалюмиборосиликат, $\text{NaMg}(\text{Al}_3\text{B}_3 \cdot \text{Si}_6(\text{O}(\text{OH})_{30}))$), сахар ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$), сульфат лития ($\text{Li}_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$), Виннокислый калий ($\text{K}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$).

В сегнетоэлектриках одинаковая ориентация диполей элементарных ячеек имеет место в пределах одного домена, в то время как в доменах диполи ориентированы по разному (Рис2). В них спонтанно поляризованное состояние существует в ограниченной области температур, она исчезает при некоторой критической температуре, называемой точкой Кюри. Характерной особенностью сегнетоэлектриков является то, что направление спонтанной поляризации в полярной фазе может быть изменено внешним электрическим полем. Поскольку поляризуемость α зависит от величины поля \mathbf{E} , то зависимость между \mathbf{P} и \mathbf{E} нелинейная и, значит, сегнетоэлектрики - это нелинейные диэлектрики:

$$\mathbf{P} = \alpha(\mathbf{E})\mathbf{E}.$$

Из изложенного выше следует, что понятие «пироэлектрик» является более общим, чем «сегнетоэлектрик». Можно сказать, что сегнетоэлектрики есть пироэлектрики с реориентируемой внешним полем поляризацией.

Примеры: сегнетова соль ($\text{NaKC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), триглицинсульфат ($\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COONH}_3 \cdot \text{H}_2\text{SO}_4$), дигидрофосфат калия (KH_2PO_4) и др.