Оскирко А. Д.

Выпускник СПбГУ

Ульянов С. В.

Д. ф.-м. н., доцент, профессор, СПбГУ

Вальков А. Ю.

Д. ф.-м. н., профессор, профессор, СПбПУ и СПбГУ

Влияние флексоэлектрического эффекта на ориентационные трансформации холестерического жидкого кристалла во внешнем электрическом поле. Случай сильного флексоэлектричества.

В данной работе рассматривается ячейка холестерического жидкого кристалла (ХЖК), состоящая из самого ХЖК, заключённого между двумя плоскопараллельными проводящими пластинами (рис. 1).



Рис. 1. Ячейка ХЖК в декартовой системе координат

При этом всюду предполагается, что в плоскости $(x,y)$ директор ориентирован одинаково, и существует зависимость только от координаты $z$. Профиль директора в ячейке в таком случае описывается азимутальным углом к вертикали $θ(z)$.

Отметим, что в данной работе при написании функционала свободной энергии ХЖК учтены вклад флексоэлектрической поляризации в свободную энергию, вклад от взаимодействия ХЖК с подложкой (при помощи потенциала Рапини-Папулара), а также неоднородность электрического поля в ячейке. Ключевая же особенность – рассмотрение случая достаточно большого усреднённого флексоэлектрического коэффициента и немалого приложенного напряжения, таких, что выполняется неравенство $\overbar{e}U/K\gg 1$ (где $K$ – максимальная из констант Франка, $\overbar{e}$ – усреднённый флексоэлектрический коэффициент, $U$ – напряжение на обкладках) при положительной анизотропии диэлектрической проницаемости $ε\_{a}$.

Оказалось, что при таких условиях можно аналитически рассчитать профиль ХЖК в ячейке при любой комбинации параметров (совместной с указанными выше условиями).

При этом результат не зависит от модуля сцепления с границей $W\_{1}$, относящегося к границе $z=0$, но зависит от модуля $W\_{2}$, относящегося к $z=L$ (но может быть и наоборот, это зависит от знака произведения $\overbar{e}U$, в данном случае мы без ограничения общности считаем его положительным). Результирующая схема переходов представлена на Рис. 2.

Рис. 2. Схема ориентационных переходов в ячейке ХЖК в зависимости от сцепления с границей

Здесь введено обозначение $ϰ=\sqrt{ε\_{∥}/ε\_{a}}$. Таким образом, можно увидеть, что возможны три различных сценария ориентационной трансформации ХЖК с изменением $U$ в зависимости от значения параметра $g\_{2}L$:

1. Слабое сцепление с границей: $0<g\_{2}L<2/ ϰ$. В этом случае видно, что с ростом 𝑈 от 𝑈 = 0 сначала происходит небольшое искажение структуры вблизи середины ячейки, затем при достижении напряжения $\tilde{U}$ это искажение распространяется ближе к границе $z=L$, где образуется точечный участок насыщения. В дальнейшем искажение в объёме нарастает, и при $U>\hat{U}\_{1}$ в объёме также наблюдается участок насыщения.
2. Среднее сцепление с границей: $2/ϰ<g\_{2}L<4/(ϰ-1)$. Этот случай отличается от предыдущего тем, что при достижении напряжения $\tilde{U}$ в объёме ячейки сразу образуется участок насыщения, при этом искажение наблюдается и на границе $z=L$. Далее, при переходе через напряжение $\hat{U}\_{2}$ насыщение достигает границы $z=L$, и его участок продолжает увеличиваться.
3. Сильное сцепление с границей: $4/(ϰ-1)< g\_{2}L$. Здесь искажение начинает проявляться в объёмной части ячейки, и впоследствии там возникает участок насыщения (при $U\geq \hat{U}'$). С ростом напряжения $U$ этот участок также растёт, и при достижении напряжения $\tilde{U}'$ скачкообразно появляется искажение локально около границы $z=L$ (которого до этого момента не было). Наконец, при $U=\hat{U}\_{2}$ участок насыщения достигает границы $z=L$ и продолжает расширяться.

При этом все указанные выше характерные напряжения имеют аналитический вид и могут быть выражены через параметры системы: $g\_{2}L$, $ϰ$, $ε\_{a}$ и $\overbar{e}$.