

03

Неполярные жидкости в электрическом поле без контакта с потенциалзадающими электродами

© Н.Н. Красиков, О.В. Шуваева

Ковровская государственная технологическая академия

Поступило в Редакцию 10 мая 2001 г.

Экспериментально установлено, что действие электрического поля высокого напряжения на гомологический ряд *n*-алканов, осуществляемое без контакта жидкости с потенциалзадающими электродами, приводит к возникновению оптической анизотропии, что связывается с частично упорядоченной ориентацией протяженных молекул, которая проявляется активной в веществе большей молекулярной массы (длины молекулы).

Безконтактное действие электрического поля на жидкие диэлектрики, когда полезадающие электроды не имеют контакта с исследуемыми жидкостями, позволяет пренебречь электрическим током вне зависимости от их электропроводности [1].

В настоящей работе исследуются неполярные жидкости в электрическом поле, задаваемом от источника постоянного напряжения $U = 5 \div 15$ кВ. Контакт верхнего электрода с жидкостью препятствует паровоздушная прослойка, нижнему — диэлектрическое (оргстекло) днище ячейки, т.е. измерительная система составляет трехслойный конденсатор.

В качестве испытуемых объектов был выбран гомологический ряд *n*-алканов: *n*-нонан (C_9H_{20}), *n*-декан ($C_{10}H_{22}$), *n*-ундекан ($C_{11}H_{24}$), *n*-додекан ($C_{12}H_{26}$), имеющих идентичное молекулярное строение, отличающихся друг от друга на одну CH_2 -группу, являющихся жидкостями при нормальных условиях. Диэлектрическая проницаемость несколько возрастает от низкомолекулярных веществ к более тяжелым (от 1.598 до 2.006) [2]. Светопропускание поляризованного света характеризовалось в процентах по отношению к его значению, когда электрополеное воздействие не осуществлялось. На ячейку с жидкостями действовали напряжением 10 кВ; толщина воздушной прослойки составила 17 мм,

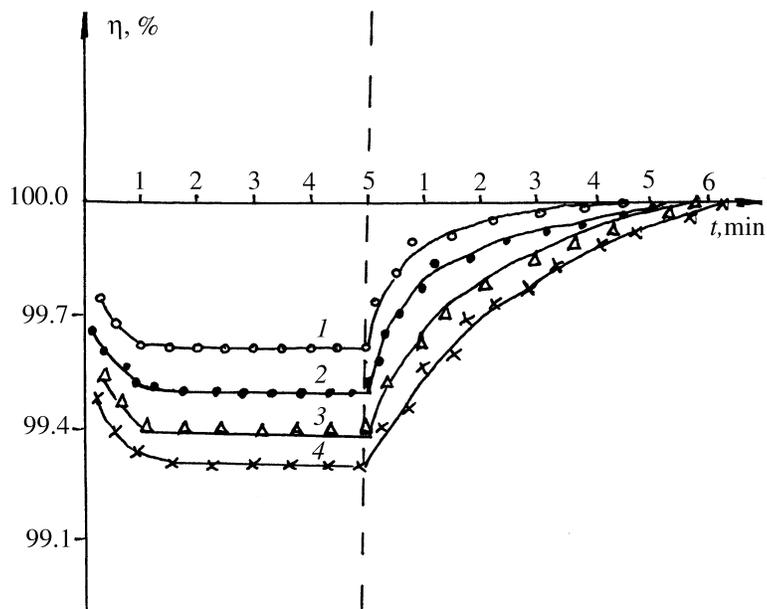


Рис. 1. Зависимость светопропускания поляризованного света в η , %, контрольного образца от времени электрообработки t , min для жидкостей: 1 — н-нонан (C_9H_{20}); 2 — н-декан ($C_{10}H_{22}$); 3 — н-ундекан ($C_{11}H_{24}$); 4 — н-додекан ($C_{12}H_{26}$).

слоя жидкости — 25 mm, диэлектрического днища — 3 mm. Методика работы соответствовала [1].

Экспериментальные данные представлены на рис. 1.

Для всех четырех жидкостей характерно уменьшение светопропускания при включении поля, после чего достигается насыщение. Прекращение действия поля ведет к постепенному возвращению светопропускания до исходного, которое было до электрообработки. С увеличением молекулярной массы (длины молекулы) изменяется и величина светопропускания η , которая для н-додекана почти в два раза больше, чем для н-нонана. Это же относится и ко времени релаксации, отчетливо проявляющейся при отключении поля.

Экспериментально установленное явление изменения светопропускания поляризованного света при действии электрического поля может

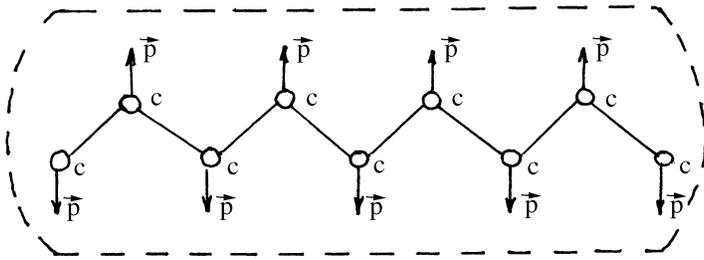


Рис. 2. Схематическое представление линейной молекулы n-парафина. Пунктирная линия показывает границу расположения CH_2 - и CH_3 -групп.

быть связанным с ориентационным упорядочением углеводородных молекул, когда образуются структуры, промежуточные между жидким и твердокристаллическим состоянием парафинов. Следуя [3], основную роль в этом процессе можно отнести метиленовым CH_2 -группам, число которых возрастает в гомологическом ряду на единицу у соседних веществ.

В жидком состоянии молекулы n-парафинов проявляют дисперсионное и стерическое взаимодействия, стремясь расположиться относительно друг друга "выступ к выступу". При этом наиболее вероятно вращение молекул относительно продольных осей, заканчивающихся симметрично расположенными CH_3 -группами [4].

Для электрополевого воздействия необходимо наличие электрически активных элементов в интегрально-неполярных молекулах. Хотя такие молекулы полагаются в целом бездипольными, в них присутствуют дипольные составляющие отдельных групп CH_2 . Дипольный момент p для них составляет $0.4D$ ($1D = 3.33 \cdot 10^{-30} \text{ C} \cdot \text{m}$) [5]. Рассматривая пилообразную молекулу n-парафина как систему с диполями на выступах молекул, ориентированных в противоположные стороны (рис. 2), можно предположить, что на каждый из таких диполей \mathbf{p} действует вращающий момент $\mathbf{M} = [\mathbf{p} \times \mathbf{E}]$. Вращающий момент стремится упорядочить обе системы диполей, стараясь одну из них (верхнюю) развернуть, а нижнюю лишь повернуть в поле \mathbf{E} . При этом энергия взаимодействия тех и других определяется скалярным произведением $W = -\mathbf{p}\mathbf{E}$. В пределе для обеих групп могут быть получены экстремальные значения W .

Верхняя часть будет характеризоваться максимумом (неустойчивое равновесие), нижняя — минимумом, отражающим устойчивое равновесие молекулы в поле **E**. Таким образом, наличие отдельных дипольных моментов CH_2 -групп предполагает проявление частичного упорядочения молекул с преимущественным расположением продольных осей нормально к действующему полю **E**. Процесс осуществляется по аномально релаксационному типу [6].

Настоящая модель отражает возможный подход к физической модели, не утверждая его единственность. Следует отметить, что представления об объемно-зарядовой поляризации [1], характерной для дипольных жидкостей (вода, спирты), здесь либо носят весьма ограниченный характер, либо неприменимы вообще.

Список литературы

- [1] Красиков Н.Н., Шуваева О.В. // Письма в ЖТФ. 2000. Т. 26. В. 11. С. 75–79.
- [2] Вукс М.Ф. Электрические и оптические свойства молекул конденсированных сред. Л.: Изд-во ЛГУ, 1984.
- [3] Татевский В.М. Строение молекул. М.: Химия, 1977.
- [4] Ахматов А.С. Молекулярная физика граничного трения. М.: Физматгиз, 1963.
- [5] Минкин В.И., Осипов О.А., Жданов Ю.А. Дипольные моменты. Л.: Химия, 1968.
- [6] Скворцов Г.Е. // Письма в ЖТФ. 1999. Т. 25. В. 7. С. 57–63.