

**ИССЛЕДОВАНИЕ АНИЗОТРОПИИ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ
ПРОНИЦАЕМОСТИ НЕМАТИЧЕСКИХ ЖИДКИХ КРИСТАЛЛОВ В
МИЛЛИМЕТРОВОЙ ОБЛАСТИ ДЛИН ВОЛН**

Кочержин А.И.², Кухтин М.П.¹, Черняков Э.И.¹

¹Харьковский национальный университет радиозлектроники 61166, Харьков,
пр. Ленина, 14, каф. ФЭЭТ, тел (057)702-14-84, E-mail kukhmp@hotmail.com

The presented work accesses electrophysical properties of nematic liquid crystals based on cyanobiphenyl and azoxy LC under the frequency of 20-40 GHz with applied electric and magnetic static fields. The obtained results are interpreted in terms of molecular models. Possibilities of LC implementation into various electronic devices are also discussed in this thesis.

Диэлектрические константы (ϵ , $tg\delta$) жидких кристаллов традиционно определяются в диапазоне частот 0-10⁷ Гц. На этих частотах наиболее сильно проявляются анизотропные свойства материала, обусловленные ориентационными механизмами поляризационных молекул. В сантиметровом и, особенно, в миллиметровом диапазонах (до 70 ГГц) анизотропия ϵ и ее взаимосвязь с молекулярными ориентирующими процессами ЖК в электрических и магнитных полях мало исследована. Это обусловлено тем, что электродинамические системы с распределенными параметрами с регулирующими постоянными электрическим и магнитным полями достаточно сложны и обладают малой чувствительностью [1-2].

В данной работе исследовались нематические ЖК двух химических классов: 5СВ-типичный представитель НЖК класса цианобифенилов ($\epsilon_{\parallel} = 19.9$, $\epsilon_{\perp} = 6.9$, $\Delta\epsilon = 13$) и ЖК-440-класс (по номенклатуре НИОПИК, Россия) – смесь веществ класса азоксисоединений ($\epsilon_{\parallel} = 4.9$, $\epsilon_{\perp} = 5.25$, $\Delta\epsilon = -0.35$). Здесь использованы обозначения: ϵ , σ – диэлектрическая проницаемость и проводимость ЖК, ϵ_{\parallel} , σ_{\parallel} – диэлектрическая проницаемость и проводимость ЖК в направлении преимущественной ориентации продольных осей молекул (в направлении директора), ϵ_{\perp} , σ_{\perp} – в направлении, перпендикулярном директору, $\Delta\epsilon = \epsilon_{\parallel} - \epsilon_{\perp}$ и $\Delta\sigma = \sigma_{\parallel} - \sigma_{\perp}$ (либо $\sigma_{\parallel} / \sigma_{\perp}$) – мера анизотропии диэлектрической проницаемости и электропроводности.

Экспериментальные исследования НЖК проводились резонаторными и волноводными методами. Резонаторный метод был реализован с помощью открытого конфокального резонатора и цилиндрического резонатора, работающего на колебаниях H_{010} и E_{010} . В открытом резонаторе исследуемый ЖК помещался между цилиндрическими кварцевыми пластинами диаметра 50 мм, толщина пластин составляла 1 мм. Постоянное электрическое поле в ЖК создавалось с помощью плоских сдвоенных алюминиевых электродов гребенчатой формы, нанесенных на кварц методом вакуумного напыления. Ширина электродов 1.05 мм, расстояние между проводниками гребенки 0.3 мм. При таком соотношении размеров данная неоднородность вносит минимальное возмущение в электромагнитное поле. Зазор между пластинами, заполняемый исследуемым ЖК, обеспечивался тефлоновой пленкой, расположенной в виде кольца по периметру ячейки. Прикладываемое к электродам напряжение изменялось от 0 до 30 В. Начальная ориентация молекул обеспечивалась путем натирки поверхности пластин.

Был также использован цилиндрический резонатор с колебаниями H_{010} и E_{010} . Исследуемый ЖК помещался в кварцевый капилляр, расположенный на оси резонатора. Расчетные соотношения для определения диэлектрической проницаемости учитывали влияние кварцевого капилляра. Резонатор помещался в магнитное поле, ориентированное перпендикулярно оси капилляра. Предполагалось, что начальная ориентация молекул направлена вдоль стенок трубки. Наличие магнитного поля с индукцией до 0.75 Тл приводит к полной переориентации молекул.

Экспериментальные исследования волноводным методом в диапазоне 20-40 ГГц проводились с помощью измерительной ячейки на основе отрезка прямоугольного волновода сечения 7.2х3.4 мм², частично заполненной НЖК и ограниченной слюдяной пластиной. Герметизация внутреннего объема волновода обеспечивалась проклеиванием сечения волновода диэлектрической пластиной. Исследовался нематический жидкий

кристалл класса 5СВ. Толщина ЖК, заполняющего измерительной волновод, составляла 3 мм. Изменение ориентации молекул (диполей) по объему НЖК обеспечивалось постоянным магнитным полем. Поле ориентировалось перпендикулярно узкой стенке волновода, а его величину варьировали в диапазоне от 0 до 7150 Э. С помощью векторного анализатора спектра Agilent N5230A были измерены зависимости изменения фазы и затухания волны H_{10} в измерительном волноводе. Результаты измерений приведены на рис. 1.

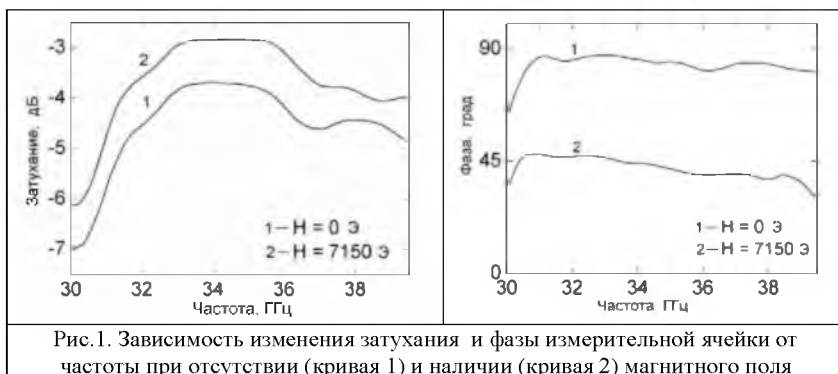


Рис.1. Зависимость изменения затухания и фазы измерительной ячейки от частоты при отсутствии (кривая 1) и наличии (кривая 2) магнитного поля

При достижении значения пороговой величины постоянного магнитного поля 4500 Э наблюдается стабилизация измеряемых величин, связанная с окончательной переориентацией молекул. Данный эффект является обратимым – при снижении напряженности поля исходные значения восстанавливаются в течение 10 мин с некоторым гистерезисом, свидетельствующим, очевидно, о полидоменной структуре в объеме НЖК. Воздействие магнитного поля, как видно из рис.1, аналогично воздействию электрического поля, характерному для эффекта Фридерикса (S-эффекта) в электрооптике. Такой эффект создает дополнительные возможности для варьирования электрофизическими свойствами жидкокристаллического слоя.

[1] C.Weil, R.Jakoby Nonlinear dielectrics for microwave application-ferroelectrics and liquid crystals IEEE-VNN/AP German Newsletter –Vol.6-No 1-06/2002

[2] P Scheele, C. Weil, M. Wittek , Tunable passive phase shifter for microwave applications using highlyanisotropic liquid crystalsMuller, Microwave Symposium Digest 2004MTT-S Internationalvol2, pp.1153-1156.2004.