



SEI-SICITE 2021

Pesquisa e Extensão para um mundo em transformação

Propriedades dielétricas em misturas de cristais líquidos com formato molecular centro-dobrado

Dielectric properties of mixtures of liquid crystals with bend core conformation

Marcelo Teixeira*, Roberta Rarumy Ribeiro de Almeida†

RESUMO

Este trabalho aborda como tema o estudo das propriedades dielétricas em misturas de cristais líquidos na presença e influência do campo elétrico. Este é um estudo teórico e tem como objetivo apresentar as características das propriedades anisotrópicas dos cristais líquidos, além de explicar como o campo elétrico interfere na orientação das moléculas nesta fase. Tal efeito pode ser evidenciado a partir de investigações feitas em transições de fases induzidas pela competição do arranjo molecular e o efeito provocado pela permissividade dielétrica do material. Como resultado pode-se notar as alterações que ocorrem em células líquido cristalinas dependem da intensidade do campo elétrico aplicado e temperatura. Portanto, intuito maior deste trabalho é proporcionar um estudo introdutório destes mecanismos e atributos para assim compreender como funciona o uso destes materiais dentro dos dispositivos eletrônicos ou eletro-ópticos.

Palavras-chave: cristais líquidos, propriedades dielétricas, campo elétrico, anisotropia, impedância.

ABSTRACT

This work addresses the study of dielectric properties in liquid crystal mixtures in the presence and influence of the electric field. This is a theoretical study and aims to present the characteristics of the anisotropic properties of liquid crystals, in addition to explain how the electric field interferes in the orientation of the molecules in the nematic phase. Such effect can be evidenced from investigations carried out in phase transitions induced by the competition of the molecular arrangement and the effect caused by the material's dielectric permittivity and applied electric field. As a result, it has been noted the changes that occur within a liquid crystal cell depend on the intensity of the applied electric field and temperature. Therefore, the main purpose of this work is to provide an introductory study of these mechanisms and attributes in order to understand how these materials work within electronic or electro-optical devices.

Keywords: liquid crystals, dielectric properties, electric field, anisotropy, impedance.

* Engenharia Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, Paraná, Brasil; mteixeira@alunos.utfpr.edu.br

† Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Apucarana; robertararumy@utfpr.edu.br

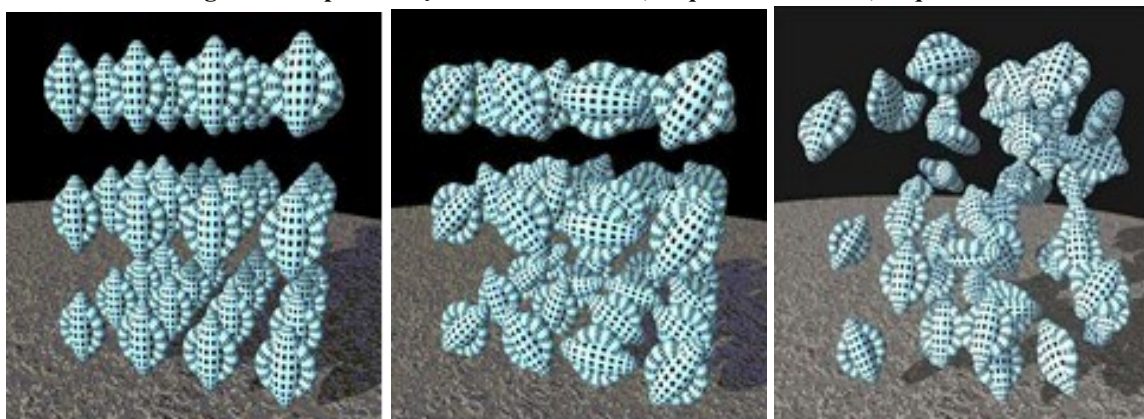


1 INTRODUÇÃO

Os LCD (liquid crystal display), comumente chamados de telas de cristal líquido, são usados em vários instrumentos eletrônicos, como em celulares, televisões, monitores, computadores e entre outros aparelhos. Há registros dos primeiros LCD's disponíveis no comércio no final do ano de 1960 e eram fundamentados em um efeito de espalhamento de luz conhecido como modo de espalhamento dinâmico (KOBAYASHI; MIKOSHIBA; LIM, 2009).

O presente trabalho aborda uma introdução às grandezas físicas intrínsecas dos materiais líquidos-cristalinos que permitem suas aplicações em dispositivos eletro-ópticos. Tais aplicações são viabilizadas pelo comportamento molecular desses materiais, que apresentam alta ordem orientacional, como birrefringência e outros aspectos encontrados em sólidos, mas, ao mesmo tempo, exibem baixa ordem posicional, viscosidade, dentre outros aspectos semelhantes aos dos líquidos. A figura 1 mostra o comportamento organizacional das moléculas nas fases sólida, líquido cristalina e líquida (JAKLI; SAUPE, 2006).

Figura 1: Representação das fases Sólida, Líquido-Cristalina, Líquida



Fonte: Wizenier, Boschi, Vieira, 2010

Esse é o ponto de partida para se discutir o processo que leva aos efeitos eletro-ópticos, pois é a base do funcionamento desses dispositivos. O efeito eletro-óptico ocorre por meio de um campo elétrico, sendo ele induzido por uma baixa voltagem elétrica, na qual é capaz de modificar a orientação das moléculas em uma camada de cristal líquido e, assim, afetar suas propriedades ópticas.

Mais especificamente, os cristais líquidos apresentam em sua geometria, um alto grau de anisotropia, logo denotam propriedades ópticas distintas em direções diferentes. Para as telas de cristal líquido, as propriedades ópticas dos cristais líquidos dependem da direção da luz que viaja através de uma camada do material (University of Cambridge, 2008).

A imagem que se observa é conhecida como textura e se forma em um determinado plano, composto por cristais líquidos e polarizadores, que permitem uma seleção de comprimento de onda, em um espectro de frequências, e por consequência, diferentes colorações.

A orientação das moléculas em uma célula de cristal líquido pode ser modificada também por causa do campo elétrico. Uma vez que este é induzido por uma pequena tensão elétrica aplicada nele. Por conta disso, é possível alterar o sentido molecular da amostra.



2 MÉTODO

A problemática teórica consiste na investigação conceitual das propriedades dielétricas. Em cristais líquidos, a técnica utilizada nesse caso é a de espectroscopia de impedância. Essa técnica considera uma amostra formada por um material dielétrico confinado entre duas placas paralelas e condutoras. Note que essa é a geometria utilizada também em medidas experimentais, que não é o foco deste trabalho. Neste método teórico, são obtidas as magnitudes e as fases da corrente fluindo através da célula contendo o material dielétrico quando uma voltagem sinusoidal periódica é aplicada. A obtenção da corrente determina a impedância $Z(s)$ da amostra. A unidade de medida da impedância é dada em Ohms, ou seja, é a oposição que o material faz à passagem de corrente elétrica devido ao potencial aplicado. Assim, no domínio da frequência, temos a lei de Ohm generalizada: $V(s) = Z(s) I(s)$, em que $s = i\omega$ e representa a frequência no espaço de Laplace. No caso de a voltagem ser de corrente contínua, a impedância corresponde à resistência do material.

Com a impedância que se mede, é possível identificar vários aspectos da amostra, incluindo a anisotropia dielétrica e a mesofase do cristal líquido. Dessa forma, estuda-se o conceito mais amplo de resposta elétrica dada pela impedância do material. O projeto aborda o detalhamento da interação do campo elétrico constante com o material líquido cristalino. O software Mathematica foi utilizado somente como ferramenta de aprendizado, ainda em desenvolvimento, que será importante futuramente em soluções de equações diferenciais e integrais acopladas (UNIVERSITY OF CAMBRIDGE, 2008).

3 RESULTADOS

Ocorre que os materiais dielétricos, isolantes elétricos, estão suscetíveis à polarização na presença de um campo elétrico. Dessa forma, campos aplicados, conforme a intensidade, podem induzir transições de ordem em cristais líquidos.

Trata-se de uma transição, a temperatura constante, na presença de um campo externo (elétrico ou magnético) que induz uma alteração na configuração do sistema, fazendo a fase passar, eventualmente, de uma configuração uniforme para uma configuração distorcida.

O mecanismo básico da transição é, assim, facilmente compreendido. As superfícies que limitam a amostra tendem a impor uma orientação pré-estabelecida a toda a fase. O campo, aplicado numa direção apropriada, tende a induzir uma distorção nesta orientação uniforme. Ora, dessa competição, pode surgir uma fase distorcida com energia elástica (energia de deformação) menor do que a da fase uniforme.

Nesse caso, ocorreu uma transição de ordem no sistema. No lugar de uma temperatura crítica, essa passagem é assinalada por um valor determinado do campo crítico, o chamado campo de Fréedericksz. Abaixo do campo crítico, a fase é a uniforme, de partida, acima, é uma fase distorcida. Esse é o mecanismo básico para a indução de mudanças de orientação em displays e outros dispositivos baseados em cristais líquidos.

Ocorre que, há uma resposta de polarização molecular nesses materiais devido à presença de campos externos, dependentes ou não da frequência. A impedância no caso de frequência alternada geralmente é ajustada por modelos como o de Debye e suas variações, assim como circuitos equivalentes.

O modelo de Debye é bem estabelecido no campo de caracterizações de propriedades dielétricas de materiais, em que admite que a polarização induzida varie com a mesma frequência que o campo elétrico externo, e, portanto, a razão com que a polarização varia é proporcional ao quanto o sistema é desviado do seu estado de equilíbrio. Já o modelo PNP (Poisson-Nernst-Planck) é bastante abordado também nessa área de pesquisa pois consiste no acoplamento de equações eletro-cinéticas com a equação de Poisson (K.S. COLE;



R.H. COLE, 1941; BISQUERT, 2003; BISQUERT; GARCIA-BELMONTE; PITARCH, 2003; BISQUERT, 2005)

Em uma visão geral de medidas de espectroscopia dielétrica os efeitos dos íons prevalecem em regiões de baixa frequência e os que envolvem polarização das moléculas em regiões de alta frequência. Não há dúvidas de que hoje temos modelos próprios para cada região. Vejamos o caso de uma célula eletrolítica. Os modelos PNP e a difusão anômala PNPA envolvem nesse caso uma distribuição de íons no sistema e estão diretamente ligados a difusão deles, adsorção e absorção. (SANTORO; DE PAULA; LENZI; EVANGELISTA, 2011)

Estudos preliminares indicaram que o modelo PNP em conjunto com o modelo de Debye é apropriado para tratar moléculas centro-dobrado que formam fases não usuais como a nemática twist-bend. Observa-se que os modos de relaxações dielétricas de moléculas ocorrem na região de alta frequência. E que a presença de íons poderia afetar a resposta elétrica na região de baixa frequência, devido ao campo interno proveniente da reorganização dos íons. Por isso, a combinação dos dois modelos revisitados aqui pode atender um intervalo de frequência mais amplo.

4 CONCLUSÃO

O trabalho trata de uma revisão teoricamente das propriedades anisotrópicas dos cristais líquidos que levaram ao funcionamento de dispositivos eletro-ópticos. Se trata da orientação das moléculas em uma amostra de cristal líquido, composta por um material dielétrico qualquer confinado entre duas placas paralelas, que é modificada por causa do campo elétrico, aliado aos efeitos de anisotropia óptica e dielétrica do meio. Por conta disso, é possível alterar o sentido molecular em uma camada de cristais líquidos.

Constata-se aqui os efeitos eletro-ópticos oriundos desta interação de campos elétricos e a estrutura química da molécula, momento de dipolo presente nas moléculas ou induzido na presença de campos elétricos. Para os cristais líquidos, a orientação dos eixos moleculares ao longo ou perpendicular ao campo elétrico aplicado resulta na mudança nas propriedades ópticas. Isso faz com que a melhor direção seja determinada pelas circunstâncias da estrutura química da molécula aliada ao campo elétrico aplicado.

Dois modelos conhecidos na literatura de espectroscopia de impedância foram citados aqui, o modelo de Debye usual e o modelo PNP. Com este estudo preliminar foi possível cogitar uma combinação destes dois modelos consolidados, para que seja possível sua aplicação em respostas de impedância de materiais com conformações não usuais como as de centro dobrado. Esse tipo de material apresenta relaxações dielétricas em um intervalo amplo de frequências. Detalhes desta combinação estão em via de publicação e por isso não serão explicitados aqui.

AGRADECIMENTOS

O trabalho foi realizado com o apoio da Fundação Araucária FA – Paraná/Brasil, com auxílio da UTFPR, portanto a estes a nossa gratidão. Também somos gratos a O. Parri da Merck Chemicals Ltd e o Professor Doutor Antal Jakli, que nos forneceram os materiais estudados neste trabalho.

REFERÊNCIAS

KOBAYASHI, Shunsuke; MIKOSHIBA, Shigeo; LIM, Sungkyoo (Ed.).LCD backlights. John Wiley & Sons, 2009.



SEI-SICITE 2021

Pesquisa e Extensão para um
mundo em transformação

XI Seminário de Extensão e Inovação
XXVI Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica
08 a 12 de Novembro - Guarapuava/PR



JAKLI, A.; SAUPE, A. One-and two-dimensional fluids: Properties of smectic, lamellar and columnar liquid crystals. *Condensed Matter Physics*. CRC Press, New York, v. 1, p. 1-20, 2006.

WIZENTIER, S.E., BOSCHI, A.O., VIEIRA, J.M. Fabricação de Membranas Cerâmicas para Microfiltração. ANAIS DO 10º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS, Caxambu, 2010, p 34-38.

Introduction to Anisotropy. University of Cambridge, 2008. Disponível em:<<https://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/anisotropy/index.php>>. Acesso em: 29 de março de 2021.

K.S. Cole and R.H. Cole., *J Chem Phys.*, 9, 341 (1941).

J. Bisquert, *Phys. Rev. E* 72, 011109 (2005).

J. Bisquert, G. Garcia-Belmonte and A. Pitarch, *Chem. Phys. Chem.* 4, 287 (2003).

J. Bisquert, *Phys. Rev. Lett.*, 91, 010602 (2003).

P. A. Santoro, J. L. de Paula, E. K. Lenzi, and L. R. Evangelista, *J. Chem. Phys.*, 135 (2011) 114704..