



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109825307 B

(45) 授权公告日 2021.04.30

(21) 申请号 201910087468.1

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2019.01.29

G09K 19/10 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 109825307 A

审查员 胡建朝

(43) 申请公布日 2019.05.31

(73) 专利权人 武汉轻工大学
地址 430312 湖北省武汉市汉口常青花园
学府南路68号

(72) 发明人 张智勇 刘豪浩 关金涛 陈婷
李诗妍 汪相如 乔俊飞 赵悻哲
张海燕 蔡雄辉 高时汉

(74) 专利代理机构 重庆憨牛知识产权代理有限公司 50261
代理人 吴明枝

权利要求书5页 说明书14页

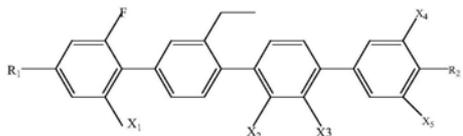
(54) 发明名称

一种低熔点、高介低耗液晶组合物及包含的高频组件

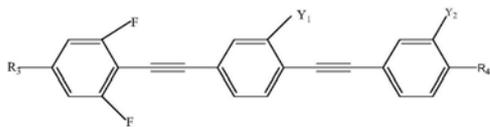
(57) 摘要

本发明一种液晶组合物及包含其的高频组件,液晶组合物包括第一组分及第二组分,第一组份包括式I所示化合物中的一种或多种,第二组分包括式II及式III中的一种或多种;

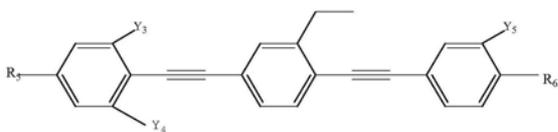
本发明的有益效果在于(1)混合配制成高双折射率值液晶组合物材料,提高了微波相位调制量,减低了微波的介电损耗;(2)采用低熔点液晶组分,满足微波器件室外低温的工作要求,对解决微波器件户外低温工作有利。



式(I)



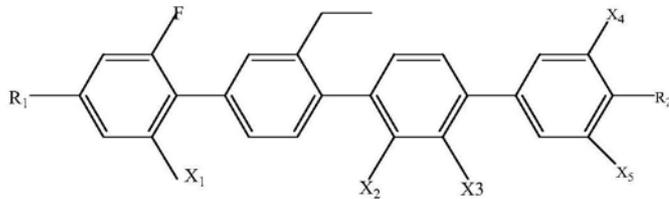
式(II)



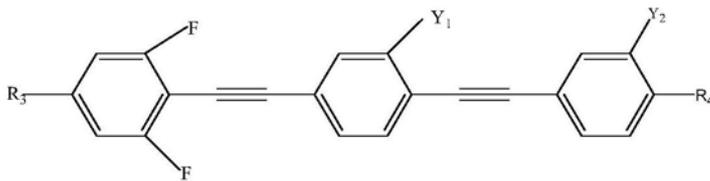
式(III)

CN 109825307 B

1. 一种液晶组合物,其特征在于,所述液晶组合物包括第一组分及第二组分,所述第一组份包括式I所示化合物中的一种或多种,所述第二组分包括式II及式III中的一种或多种,所述第一组分占所述液晶组合物总质量的1%~30%;

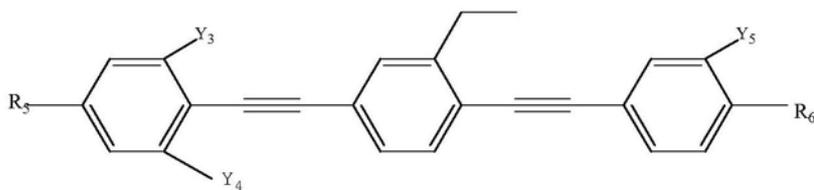


式(I)



式(II)

其中, R_3 与 R_4 各各自表示含有2~7个碳原子的直链烷基, Y_1 表示甲基或F原子, Y_2 表示H或F;



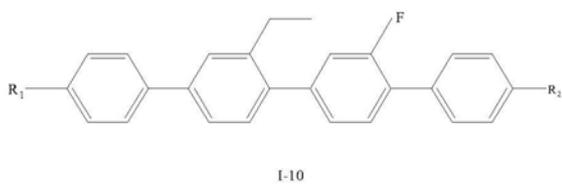
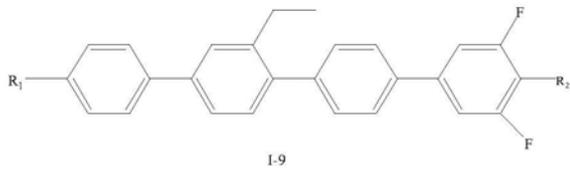
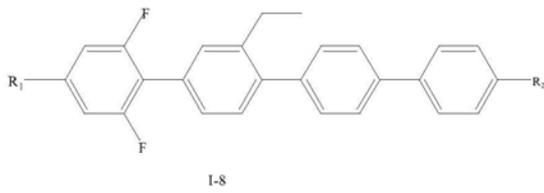
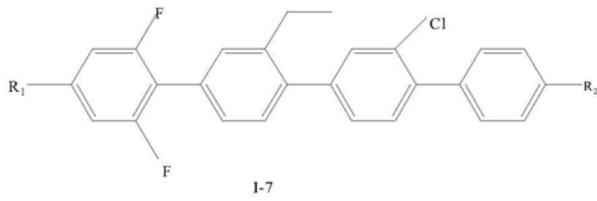
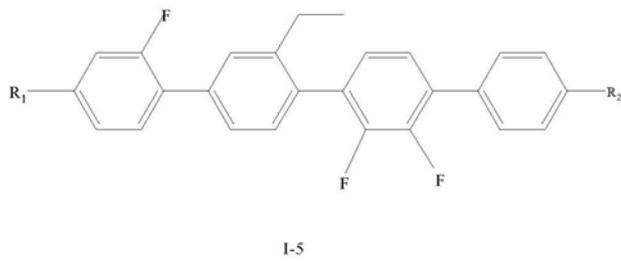
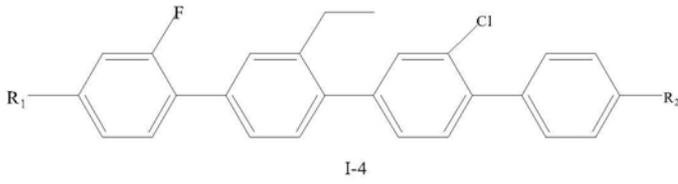
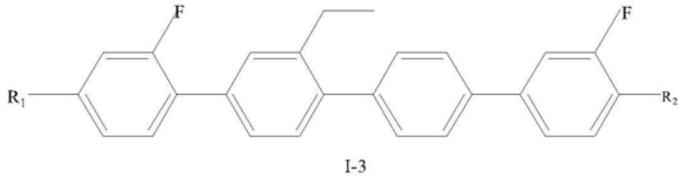
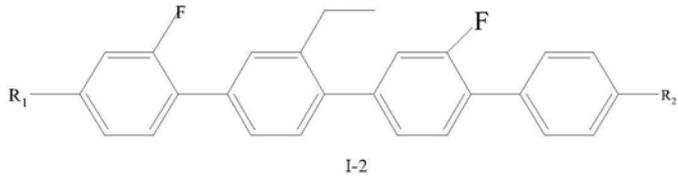
式(III)

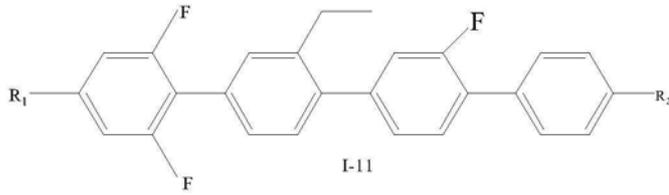
其中, R_5 与 R_6 各各自表示含有2~7个碳原子的烷基链, Y_3 与 Y_4 各各自表示H或F, Y_5 表示H或F;

所述式I所示化合物由化合物I-1~I-5及I-7~I-11中的一种或多种组成:



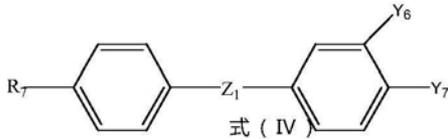
I-1



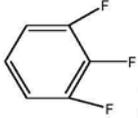
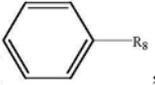


其中, R_1 与 R_2 各各自表示H、含1~2个氟的2~7个碳原子的烷基、含有甲基取代基的2~7个碳原子的烷基或含烯基烷基。

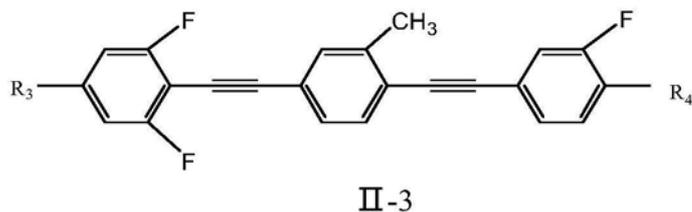
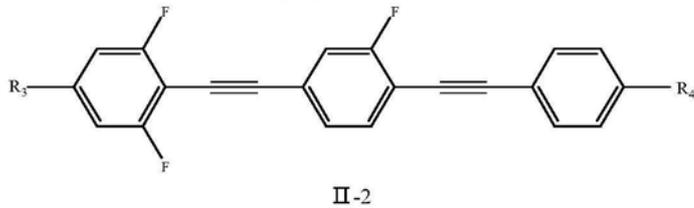
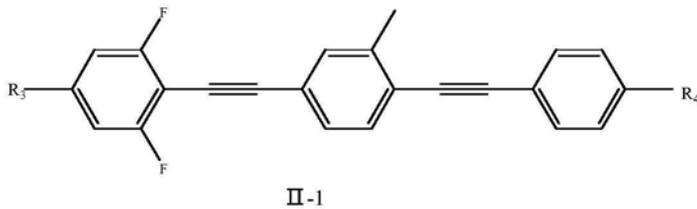
2. 根据权利要求 1所述一种液晶组合物, 其特征在于, 所述液晶组合物还包括第三组分, 所述第三组分如式IV所示:



其中, Z_1 代表为单键或 \equiv , R_7 代表含有2~7个碳原子的烷基链, Y_6 代表H或F, Y_7

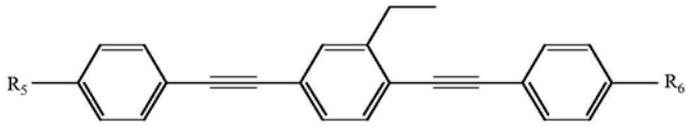
代表F、 或 , R_8 代表含有2~7个碳原子的烷基链。

3. 根据权利要求 1所述一种液晶组合物, 其特征在于, 所述式 II 所示化合物由化合物 II-1~II-3中的一种或多种组成:

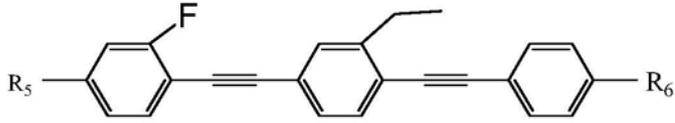


其中, R_3 与 R_4 各各自表示含有2~7个碳原子的直链烷基。

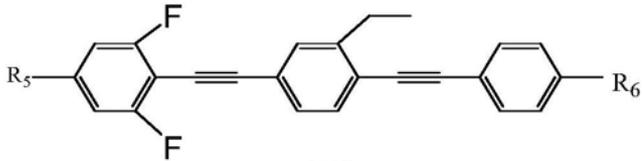
4. 根据权利要求 1所述一种液晶组合物, 其特征在于, 所述式 III 所示化合物由化合物 III-1~III-4中的一种或多种组成:



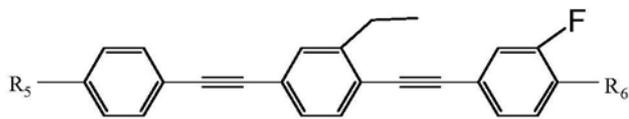
III-1



III-2



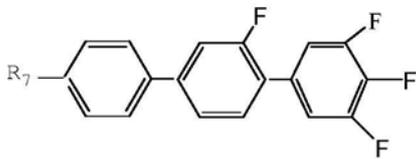
III-3



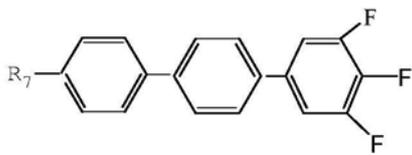
III-4

其中, R_5 与 R_6 各各自表示含有 2~7 个碳原子的烷基链。

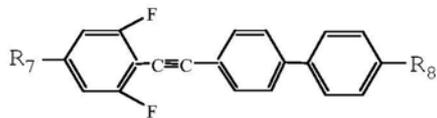
5. 根据权利要求 2 所述一种液晶组合物, 其特征在于, 所述式 IV 所示化合物由化合物 IV-1~IV-4 中的一种或多种组成:



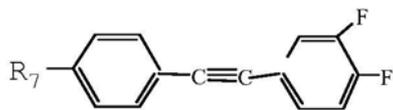
IV-1



IV-2



IV-3



IV-4

其中, R_7 代表含有 2~7 个碳原子的烷基链, R_8 代表含有 2~7 个碳原子的烷基链。

6. 根据权利要求 4 或 5 任一项所述一种液晶组合物, 其特征在于, 所述第二组分由式 II

所示化合物或式Ⅲ所示化合物4种~14种组成,每一种化合物在组合物中的含量占3%~24%。

7. 根据权利要求1所述一种液晶组合物,其特征在于,选择式Ⅱ所示化合物中的4~8种,每一种化合物在组合物中的含量3%~16%,得到组合物M1;

然后选择式Ⅲ所示化合物中化合物4~6种,混合配制成组合物M2,每一种化合物在组合物中的含量占3%~16%;

最后将组合物M1及组合物M2按比例配置成第二组分,将第二组分与第一组份中的2~5种进行混合配制,得到液晶组合物,所述组合物M1与所述组合物M2在第二组分中含量不同时为零。

8. 根据权利要求2所述的一种液晶组合物,其特征在于,所述液晶组合物由以下组合方式:

式I所示化合物、式Ⅱ所示化合物及式Ⅲ所示化合物;

或

式I所示化合物及式Ⅲ所示化合物;

或

式I所示化合物、式Ⅱ所示化合物、式Ⅲ所示化合物及式Ⅳ所示化合物;

或

式I所示化合物、式Ⅱ所示化合物及式Ⅳ所示化合物;

所述液晶组合物中的各组分化合物均为经过电场吸附法提纯后的化合物。

9. 含有权利要求1~5任一项所述的液晶组合物的高频组件。

一种低熔点、高介低耗液晶组合物及包含的高频组件

技术领域

[0001] 本发明属于液晶材料技术领域,具体涉及一种液晶组合物及包含其的高频组件。

背景技术

[0002] 微波器件使用的液晶可在高频条件下实现相位调节,其研究始于 20 世纪末,高速发展于本世纪初;尤其是近几年得到了全世界的广泛关注,德国Darmstadt大学在这一领域的研究处于世界领先,其研究工作涵盖可调滤波器、可重构天线、可调频率选择器及可调移相器等重要领域,1993年Lim K.C.等人采用商用液晶K15,根据电控双折射效应,施加16V偏电压,在10.5GHz频率上获得20°的相移,实现了微波相位可调,2002年德国报道了一种平面集成液晶可调移相器,得到18GHz频率附近53°的相移,受到世界同行普遍重视,2004年法国采用液晶BL037研制出矩形贴片天线,通过施加偏电压得到 4.74~4.6GHz之间140MHz的频移,可调频量达到5.5%,2013年西班牙研制出工作频率96GHz~104GHz的53*54三个偶极子单元反射阵列式贴片天线,实现165°的相位改变,德国在2015年研制出可调二维波束偏转液晶相控阵列刷贴天线,实现17.5GHz频段300°移相量,可调偏压15V,回波损耗低于15dB。2017年9月20日《航天新闻》报道了美国Kymeta公司研制出液晶相控阵天线原型的消息,准备装载民航飞机和汽车上收发卫星通信系统路况信息和接入互联网等,可见,微波液晶移相器研究发展迅速。

[0003] 尽管如此,但在相关关键技术,如液晶材料、取向、封装、接线、器件设计与功能表征等多方面都存在急待解决的基本问题,尤其是在液晶材料方面的研究报道较少;最德国Merck公司产品已研制出多种光学各向异性即双折射率大于0.3的液晶材料,但迄今为止无法解决介电损耗大的问题;Herman J.等人在2013年和2015年分别报道了异硫氰基-侧向乙基四苯二乙炔类液晶化合物(即双折射率大于 ≥ 0.6),微波相移量明显增加,但介电损耗偏大,材料熔点高,迄今为止兼顾双折射率高、微波相移量明显但介电损耗小,熔点低的材料报道较少。

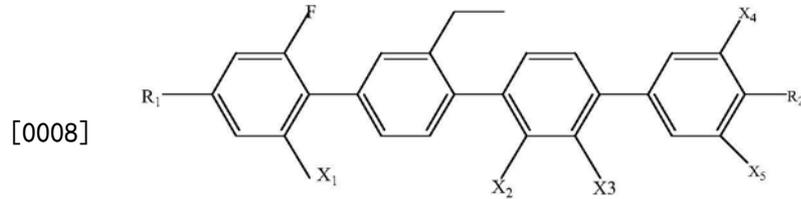
[0004] 此外,在现有的液晶材料中很难找到2013年Reuter M.等人报道了高频对-F、-CN、-NCS等不同端基吸波的影响;2017年Dziaduszek J等人报道了端基为NCS、CN、F、OCF₃等侧向氟代联苯乙炔类系列化合物配制的 $\Delta n=0.45$ 液晶材料,分析比较了这些端基对GHz和 THz波段介电各向异性的影响作用,2018年Kowrdziej R.等人报道了含氟二苯乙炔异硫氰酸酯类液晶组合物在6GHz频段的光可调谐性随温度的变化情况,发现这类液晶对微波相位可调置性(τ)和介电性能随温度变化不明显,表明异硫氰基和乙炔基等结构单元对微波比较稳定,最近Lapanik V.等人在Kowrdziej R.工作的基础上,采用异硫氰基-多芳环类混合液晶材料,不仅将介电损耗降低到了0.003,还增大了微波移相量,相位可调谐系数(τ)增大到0.34,揭示了分子结构中基团、桥键的稳定性对介电损耗的影响作用,但其材料熔点仍在0°C以上,亦不能满足户外极限低温情况的使用要求,且目前为止对微波用液晶的低温光电性能影响方面的研究尚未见报道。

发明内容

[0005] 为解决上述技术问题,本发明提供一种低熔点液晶组合物及包含其的高频组件。

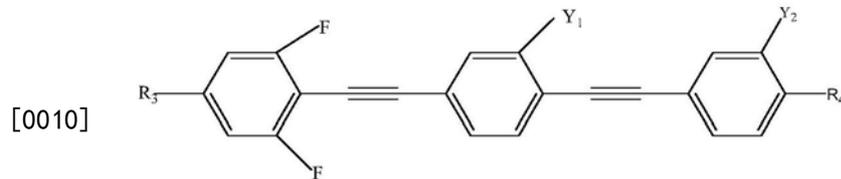
[0006] 具体技术方案如下:

[0007] 一种液晶组合物,其不同之处在于,所述液晶组合物包括第一组分及第二组分,所述第一组份包括式I所示化合物中的一种或多种,所述第二组分包括式II及式III中的一种或多种,所述第一组分占所述液晶组合物总质量的1%~30%;



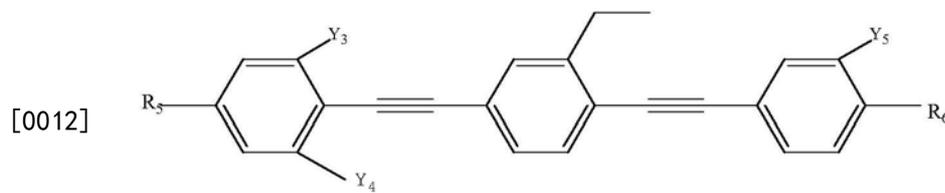
式(I)

[0009] 其中, R_1 与 R_2 各各自表示H、含1~2个氟的2~7个碳原子的烷基、含有甲基取代基的2~7个碳原子的烷基或含烯基烷基, X_1 、 X_2 、 X_3 及 X_4 各各自表示H、F或Cl;



式(II)

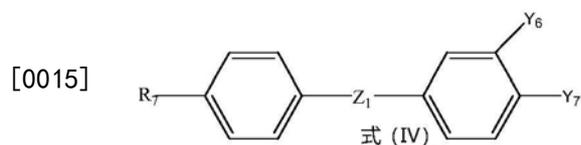
[0011] 其中, R_3 与 R_4 各各自表示含有2~7个碳原子的直链烷基, Y_1 表示甲基或F原子, Y_2 表示H或F;



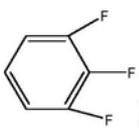
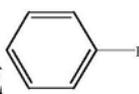
式(III)

[0013] 其中, R_5 与 R_6 各各自表示含有2~7个碳原子的烷基链, Y_3 与 Y_4 各各自表示H或F, Y_5 表示H或F。

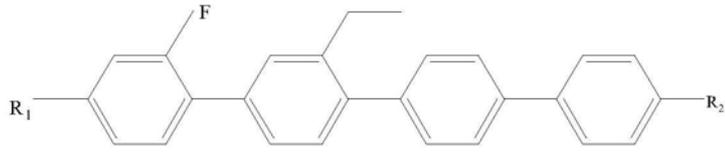
[0014] 上述技术方案中,所述液晶组合物还包括第三组分,所述第三组分如式IV所示:



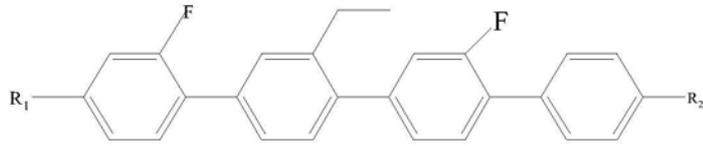
[0016] 其中, Z_1 代表为单键或 \equiv , R_7 代表含有2~7个碳原子的烷基链, Y_6 代表H或

F, Y_7 代表F、 或 , R_8 代表含有2~7个碳原子的烷基链。

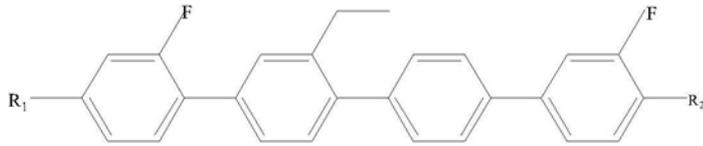
[0017] 上述技术方案中,所述式I所示化合物由化合物I-1~I-11 中的一种或多种组成:



I-1

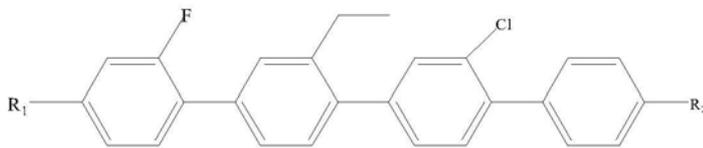


I-2

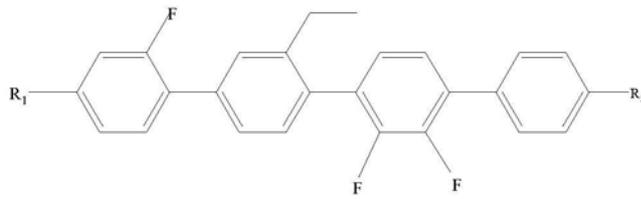


I-3

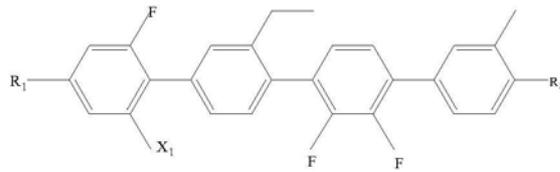
[0018]



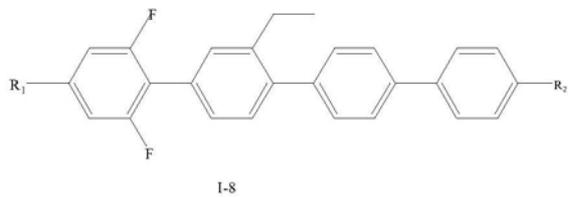
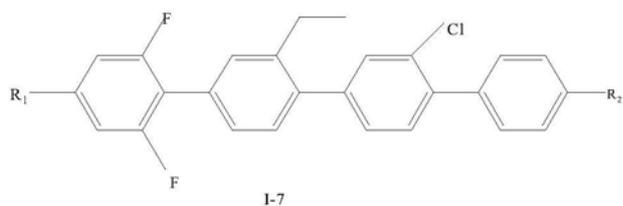
I-4



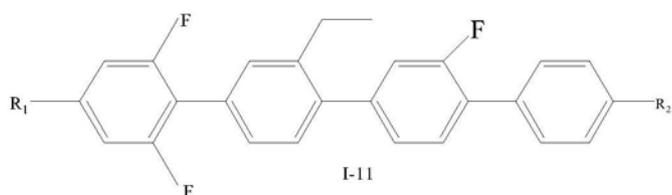
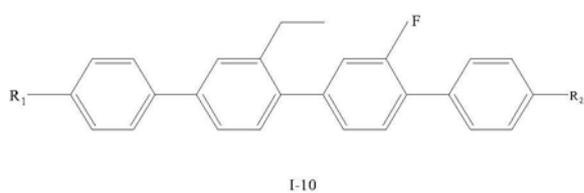
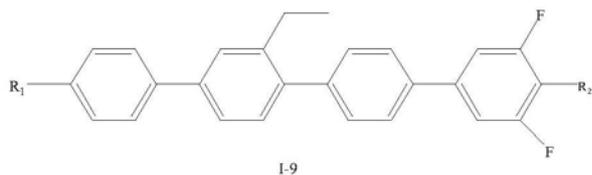
I-5



I-6

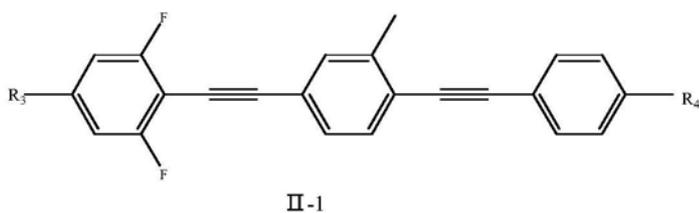


[0019]

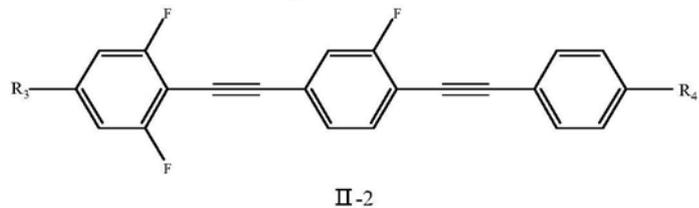


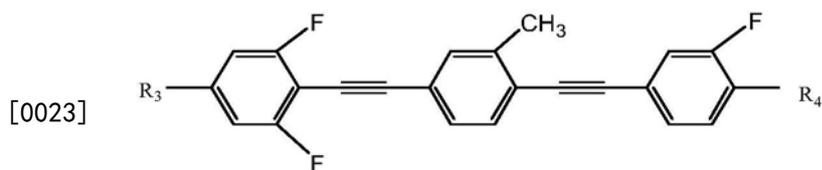
[0020] 其中, R_1 与 R_2 各各自表示 H、含 1~2 个氟的 2~7 个碳原子的烷基、含有甲基取代基的 2~7 个碳原子的烷基或含烯基烷基。

[0021] 上述技术方案中, 所述式 II 所示化合物由化合物 II-1~II-3 中的一种或多种组成:



[0022]

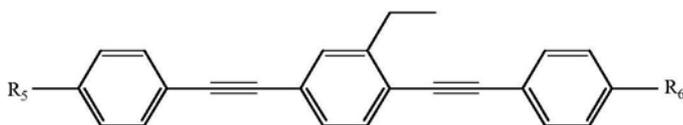




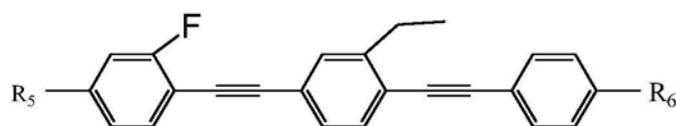
II-3

[0024] 其中, R_3 与 R_4 各各自表示含有 2~7 个碳原子的直链烷基。

[0025] 上述技术方案中, 所述式 III 所示化合物由化合物 III-1~III-4 中的一种或多种组成:

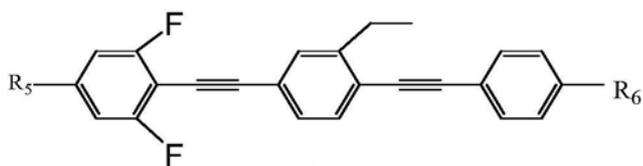


III-1

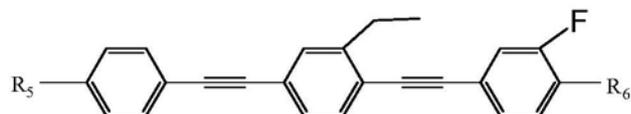


III-2

[0026]



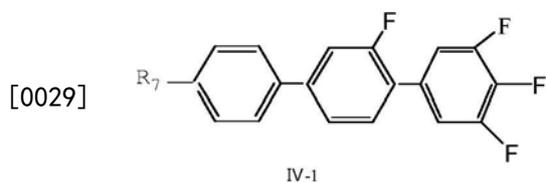
III-3



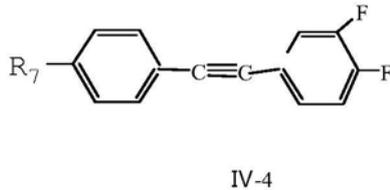
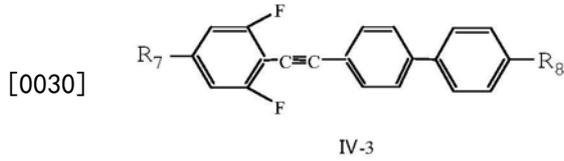
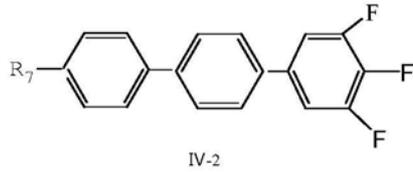
III-4

[0027] 其中, R_5 与 R_6 各各自表示含有 2~7 个碳原子的烷基链。

[0028] 上述技术方案中, 所述式 IV 所示化合物由化合物 IV-1~IV-4 中的一种或多种组成:



IV-1



[0031] 其中, R_7 代表含有 2~7 个碳原子的烷基链, R_8 代表含有 2~7 个碳原子的烷基链。

[0032] 上述技术方案中, 所述第二组分由式 II 所示化合物或式 III 所示化合物 4 种~14 种组成, 每一种化合物在组合物中的含量占 3%~24%。

[0033] 上述技术方案中, 选择式 II 所示化合物中的 4~8 种, 每一种化合物在组合物中的含量 3%~16%, 得到组合物 M1;

[0034] 然后选择式 III 所示化合物中化合物 4~6 种, 混合配制成组合物 M2, 每一种化合物在组合物中的含量占 3%~16%;

[0035] 最后将组合物 M1 及组合物 M2 按比例配置成第二组分, 将第二组分与第一组份中的 2~5 种进行混合配制, 得到液晶组合物, 所述组合物 M1 与所述组合物 M2 在第二组分中含量不同时为零。

[0036] 上述技术方案中, 所述液晶组合物由以下组合方式:

[0037] 式 I 所示化合物、式 II 所示化合物及式 III 所示化合物;

[0038] 或

[0039] 式 I 所示化合物及式 III 所示化合物;

[0040] 或

[0041] 式 I 所示化合物、式 II 所示化合物、式 III 所示化合物及式 IV

[0042] 所示化合物;

[0043] 或

[0044] 式 I 所示化合物、式 II 所示化合物及式 IV 所示化合物。

[0045] 所述液晶组合物中的各组分化合物均为经过电场吸附法提纯后的化合物。

[0046] 含上述液晶组合物的高频组件。

[0047] 与现有技术相比, 本发明的有益效果在于 (1) 混合配制成各向异性即双折射率值在 0.35~0.40 范围内液晶组合物材料, 提高了微波相位调制量, 降低了微波器件的介电损耗; (2) 采用低熔点液晶组分, 满足微波器件室外极限低温的工作要求, 使其共凝固点最低可达到 -40°C, 对解决微波器件户外低温工作有利。

具体实施方式

[0048] 下面结合实施例对本发明技术方案作出详细说明。

[0049] 实施例中各项检测参数的如下所示：

[0050] $\Delta \epsilon$ 表示介电各向异性；

[0051] Δn 为光学各向异性即双折射率(589nm, 25℃)；Iso.为液晶组合物的相态的清亮点温度(℃)；

[0052] 在微波范围内的介电各向异性定义为：

[0053] $\Delta \epsilon_r = (\epsilon_{r,||} - \epsilon_{r,\perp})$ ；平行液晶长轴的分量“ $\epsilon_{r//}$ ”，垂直液晶长轴分量“ $\epsilon_{r\perp}$ ”

[0054] 可调谐性(τ)定义为： $\tau = (\Delta \epsilon_r / \epsilon_{r,||})$ 。

[0055] 材料品质(η)定义为： $\eta \equiv (\tau / \tan \delta \epsilon_{r,max.})$ ，

[0056] 其中最大介电损耗为： $\tan \delta \epsilon_{r,max.} \equiv \max. \{ \tan \delta \epsilon_{r,\perp} ; \tan \delta \epsilon_{r,||} \}$ 。

[0057] 术语所述“双折射率”：液晶化合物和混合液晶材料光学各向异性的表达方法，指光通过液晶材料后，经过液晶折射和散射，形成寻常光和非寻常光，寻常光折射率表示“ n_o ”，非寻常光折射率表示“ n_e ”，双折射率用“ Δn ”表示，“ $\Delta n = n_o - n_e$ ”，微波高频器件要求 Δn 值 ≥ 0.30 以上， Δn 值越高越有利于提高微波移相量。

[0058] 术语所述“微波用液晶”：微波移相器用向列相液晶材料，可在高频条件下实现相位调节；

[0059] 术语所述“介电损耗”是指微波(4~40GHz)照射或穿过液晶材料时产生的波频吸收而引起的微波波频损耗，通常叫微波插损；

[0060] 术语所述“介电常数” $\Delta \epsilon_r$ ，介电常数分为平行液晶长轴的分量“ $\epsilon_{r//}$ ”和垂直分量“ $\epsilon_{r\perp}$ ”，介电常数值为 $\Delta \epsilon_r = \epsilon_{r//} - \epsilon_{r\perp}$ ；物理上对微波“介电损耗”的量化表达是：介电损耗的正切值($\tan \delta \epsilon_{r\perp}$ ，或 $\tan \delta \epsilon_{r,max}$)，是反映液晶材料在微波场中的主要性能指标参数，一般要求 $\tan \delta \epsilon_{r\perp}$ (或 $\tan \delta \epsilon_{r,max}$)值 ≤ 0.03 左右， $\tan \delta \epsilon_{r//} \leq 0.005$ 左右。

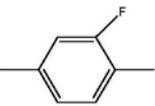
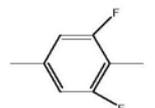
[0061] 术语所述“高介低耗”液晶材料：是指高介电各向异性、高光学各向异性、低介电损耗的液晶材料；微波经过液晶材料照射以后，介电损耗很小， $\tan \delta \epsilon_{r\perp}$ (或 $\tan \delta \epsilon_{r,max}$)值低于0.015左右， $\tan \delta \epsilon_{r//}$ 值低于0.004。

[0062] 术语所述“相位调制系数”，表示为“ τ ”，反映液晶材料对微波频率的相位调制能力的参数， $0.15 \leq \tau \leq 0.5$ ， $\tau (= \Delta \epsilon_r / \epsilon_{r,||})$ ；

[0063] 术语所述“品质因素”(η ，或FOM)是指微波通过液晶以后的介电性能综合评价结果，反映出液晶材料的性能和质量，一般要求 $\eta \geq 15$ 以上， $\eta = (\tau / \tan \delta \epsilon_{r,max.})$ 。

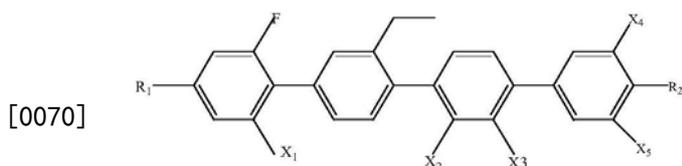
[0064] 为便于表达，以下各实施例中，液晶组合物的集团结构用表1所列的代码表示：

[0065] 表1液晶化合物的基团结构代码

基团的单元结构	代码	基团名称
	P	1,4-亚苯基
[0066] 	G	2-氟-1,4-亚苯基
	U	2,5-二氟-1,4-亚苯基
	T	炔基
F	F	氟取代基

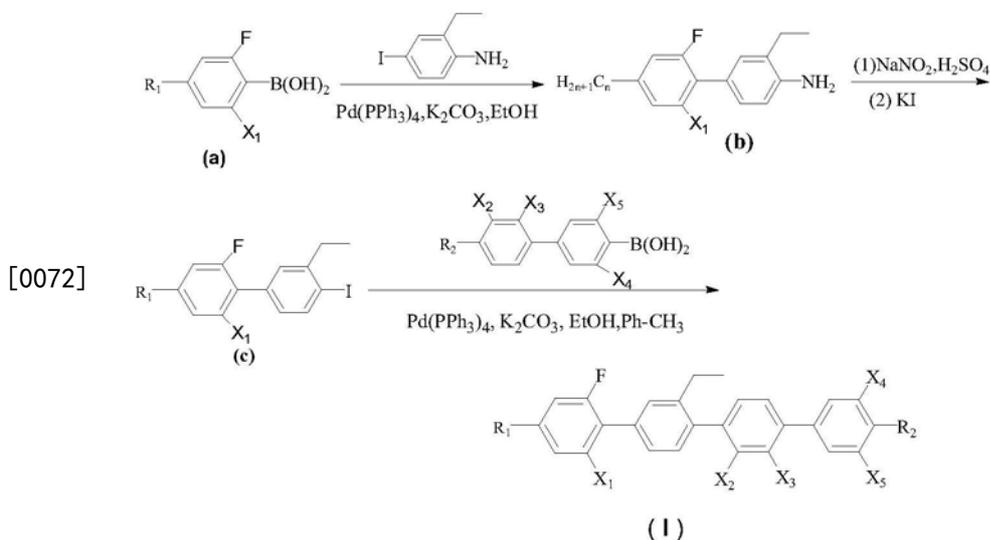
[0068] 化合物代码中所示阿拉伯数字为烷基链碳原子数。

[0069] 实施例一



式 (1)

[0071] 通式化合物制备路线如下：



[0073] 所述的合成方法(制备步骤)如下：

[0074] (1) 第一步：惰性气体保护下，向反应瓶中依次加入2-氟-4-烷基苯硼酸，2-乙基-4-碘苯胺，四三苯基膦钯， K_2CO_3 ，乙醇，甲苯和水，加热搅拌，反应回流温度为 $65^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$ ；反应时间4~8h后用TCL 检测跟踪反应，待反应完成以后，停止搅拌，进行提纯处理得到固体中间体 (b)；

[0075] (2) 第二步：向三口烧瓶中依次加入中间体 (b)，浓硫酸和四氢呋喃 (THF)，然后进

行冰盐浴,温度降到 $-5^{\circ}\text{C}\sim 3^{\circ}\text{C}$ 后滴加 NaNO_2 水溶液,0.5小时~2小时内滴加完毕(过程中反应液温度不能超过 20°C),保温 $0^{\circ}\text{C}\sim 8^{\circ}\text{C}$ 搅拌1h后,再滴加KI水溶液,滴加过程中温度控制在 $0\sim 5^{\circ}\text{C}$ 左右,不能超过 10°C ;滴加完毕后自然升至室温反应1h,进行后处理得到中间体(c);

[0076] (3) 第三步:惰性气体保护下,向反应瓶中依次加入中间体(c),3'-氟-4'-正烷基联苯硼酸,四三苯基磷钨, K_2CO_3 ,乙醇,甲苯和水,加热搅拌,反应回流温度为 $65^{\circ}\text{C}\sim 80^{\circ}\text{C}$,反应时间6~8h,用TCL检测跟踪反应;待反应完全以后,停止搅拌,反应液自然降温至室温,进行后处理得到侧链乙基含氟四联苯(I)。

[0077] 5GP(2) PP4分子结构鉴定数据如下:

[0078] $^1\text{H-NMR}$ (CDCl_3 , 400MHz) δ (ppm): 7.31~7.68 (m, 14H), 2.65~2.68 (t, 4H), 2.51~2.54 (m, 2H), 1.68~1.82 (m, 4H), 1.45~1.49 (m, 6H), 0.99~1.26 (t, 9H);

[0079] $^{13}\text{C-NMR}$ (100MHz, CDCl_3) δ (ppm): 14.050, 14.132, 15.273, 22.478, 22.656, 26.490, 31.267, 31.663; 33.665, 35.390, 35.690, 113.73, 122.36, 124.33, 126.88, 127.35, 128.88, 129.07, 130.81, 132.04, 133.73, 137.02, 138.46, 141.15, 142.21, 158.84, 161.28;

[0080] $^{19}\text{F-NMR}$ (376.29MHz, CDCl_3) δ (ppm): -114.34。

[0081] 5UP(2) PP4,分子结构鉴定数据如下:

[0082] $^1\text{H-NMR}$ (CDCl_3 , 400MHz) δ (ppm): 7.25~7.88 (m, 13H), 2.71~2.73 (t, 2H), 2.64~2.67 (t, 2H), 2.53~2.56 (m, 2H), 1.61~1.65 (m, 4H), 1.45~1.54 (m, 6H), 0.98~1.25 (m, 9H);

[0083] $^{13}\text{C-NMR}$ (100MHz, CDCl_3) δ (ppm): 14.050, 14.132, 15.273, 22.478, 22.656, 26.490, 31.267, 31.663; 33.665, 35.390, 35.690, 113.73, 122.36, 124.33, 126.88, 127.35, 128.88, 129.07, 130.81, 132.04, 133.73, 137.02, 138.46, 141.15, 142.21, 158.84, 161.28;

[0084] $^{19}\text{F-NMR}$ (376.29MHz, CDCl_3) δ (ppm): -115.45。

[0085] 实施例二

[0086] 式II化合物制备方法记载在章思汗,刘可庆,张智勇, et al. 含氟三苯二炔类液晶化合物合成及其性质研究[J]. 液晶与显示, 2015(05):769-776.

[0087] 章思汗,刘可庆,张智勇, et al. 含氟三苯二炔类液晶化合物合成及其性质研究[J]. 液晶与显示, 2015, 30(5).

[0088] 实施例三:

[0089] 式III所示化合物制备方法记载在Hsu C S, Shyu K F, Chuang Y Y, et al. Synthesis of laterally substituted bistolane liquid crystals[J]. Liquid Crystals, 2000, 27(2):283-287文中。

[0090] 实施例四:

[0091] 将通式I、通式II及通式III化合物按表2中所列的重量百分数制成微波用液晶组合A,并将其进行性能检测。

[0092] 表2液晶组合A配方及性能测试

	No.	Components	Wt (%)	Dielectric Properties	
[0093]	第一组分	1	5UP(2)PP4	5.0	$\Delta n=0.405(598\text{nm})$; $m.p.=-40.0^{\circ}\text{C}$; $Iso.=145.0^{\circ}\text{C}$; $\rho=5.9\times 10^{11}\Omega\cdot\text{cm}$; $\Delta\epsilon=5.0$ (at 1kHz); $\mu=395\text{cps}$ (25°C) Dielectric Properties at 18.1GHz : (25°C) $\epsilon_{\perp}=2.407$ $\epsilon_{\parallel}=3.310$ (18.1GHz) $\Delta\epsilon_{\parallel}=0.903$ (18.1GHz) $\tan\delta\epsilon_{\perp}=8.58\text{E}-3$ (18.1GHz) $\tan\delta\epsilon_{\parallel}=2.49\text{E}-3$ (18.1GHz) $\tau=0.273$, $\eta=31.82$ (18.1GHz)
		2	4UP(2)PP3	3.0	
	第二组份	3	3UTGTP5	4.0	
		4	3UTGTP4	4.0	
		5	3UTP(1)TP2	4.0	
		6	4UTP(1)TP2	5.0	
		7	4UTP(1)TP3	5.0	
		8	6PTP(2)TP3	15.0	
		9	5PTP(2)TP2	15.0	
		10	5PTP(2)TP3	12.0	
		11	4PTP(2)TP3	14.0	
		12	4PTP(2)TP4	14.0	

[0094] 实施例五:

[0095] 将通式I及通式III化合物按表3中所列的重量百分数制成微波用液晶组合物B,并将其进行性能检测。

[0096] 表3.液晶组合物B配方及性能测试

	No.	Components	Wt (%)	Dielectric Properties	
[0098]	第一组分	1	5GP(2)PP4	3.0	$\Delta n=0.388(598.2\text{nm})$; $\mu=285\text{cps}(25^{\circ}\text{C})$ $m.p.=-25.0^{\circ}\text{C}$; $Iso.=145.0^{\circ}\text{C}$ $\rho=5.7\times 10^{11}\Omega\cdot\text{cm}$; $\Delta\epsilon=5.5$ (1kHz); $\epsilon_{\perp}=2.454(18.1\text{GHz}, 25^{\circ}\text{C})$ $\epsilon_{\parallel}=3.354(18.1\text{GHz}, 25^{\circ}\text{C})$ $\Delta\epsilon_{\parallel}=0.90(18.1\text{GHz}, 25^{\circ}\text{C})$ $\tan\delta\epsilon_{\perp}=0.00874(18.1\text{GHz}, 25^{\circ}\text{C})$ $\tan\delta\epsilon_{\parallel}=0.00294(18.1\text{GHz}, 25^{\circ}\text{C})$ $\tau=0.268$ ($18.1\text{GHz}, 25^{\circ}\text{C}$) $\eta=25.16(18.1\text{GHz}, 25^{\circ}\text{C})$
		2	4UP(2)PP3	4.0	
		3	5PP(2)GP4	4.0	
	第二组份	4	5PTP(2)TP2	18.0	
		5	5PTP(2)TP3	20.0	
		6	4PTP(2)TP3	18.0	
		7	4PTP(2)TP4	17.0	
		8	6PTP(2)TP3	16.0	

[0099] 实施例六:

[0100] 将式I、式II、式III及式IV化合物按表4中所列的重量百分数制成微波用液晶组合物C,并将其进行性能检测。

[0101] 表4.液晶组合物C配方及性能测试

	No.	Components	Wt (%)	Dielectric Properties
第一组分	1	5UP(2)PP4	5.0	$\Delta n=0.373(598\text{nm})$;
	2	5PP(2)GP5	3.0	m.p. = -40.0°C ;
第二组分	3	3UTGTP5	5.0	Iso. = 155.0°C ;
	4	3UTGTP4	5.0	$\rho=8.7 \times 10^{11} \Omega \cdot \text{cm}$;
	5	3UTP(1)TP2	5.0	$\Delta \varepsilon=6.5$ (1kHz);
	6	4UTP(1)TP2	4.0	$\mu=185\text{cps}$ (25°C)
	7	4UTP(1)TP3	4.0	Dielectric Properties in 18.1GHz at 25°C :
	8	4UTP(1)TP5	4.0	
	9	6PTP(2)TP3	8.0	$\varepsilon_{\perp}=2.454$
	10	5PTP(2)TP2	10.0	$\varepsilon_{\parallel}=3.323$
	11	5PTP(2)TP3	8.0	$\Delta \varepsilon=0.869$
	12	4PTP(2)TP3	7.5	$\tan \delta \varepsilon_{\perp}=1.20\text{E}-2$
	13	4PTP(2)TP4	8.5	$\tan \delta \varepsilon_{\parallel}=2.54\text{E}-3$
第三组分	14	4UTPP3	6.0	$\tau = 0.262$
	15	3UTPP4	5.0	$\eta=21.79$
	16	3UTPP2	3.0	
	17	2UTPP3	4.0	
	18	3PGUF	3.0	
[0103]	19	5PPUF	2.0	

[0104] 实施例七:

[0105] 将通式I、通式II及通式IV化合物按表5中所列的重量百分数制成微波用液晶组合物D,并将其进行性能检测。

[0106] 表5. 液晶组合物D配方及性能测试

	No.	Components	Wt (%)	Dielectric Properties	
[0107]	第一组分	1	5GP(2)PP4	$\Delta n=0.337(598.2\text{nm})$; m.p.= -35.0°C ; Iso.= 125.0°C $\rho=6.7\times 10^{11}\Omega\cdot\text{cm}$ $\Delta\varepsilon=8.5$ (1kHz); $\mu=195\text{cps}(25^{\circ}\text{C})$ Dielectric Properties in 18.1GHz at 25°C : $\varepsilon_{\perp}=2.454$ $\varepsilon_{//}=3.218$ $\Delta\varepsilon=0.864$; $\tan\delta\varepsilon_{\perp}=1.27\text{E}-2$ $\tan\delta\varepsilon_{//}=3.46\text{E}-3$ $\tau=0.268$; $\eta=21.14$	
		2	4UP(2)PP3		3.0
	第二组分	3	3UTP(1)TP2		5.0
		4	3UTGTP5		8.0
		5	3UTGTP4		8.0
		6	3UTP(1)TP4		5.0
		7	4UTP(1)TP2		8.0
		8	4UTP(1)TP3		10.0
	第三组分	9	4UTPP3		13.0
		10	4UTPP4		10.0
		11	3UTPP2		5.0
		12	2UTPP3		6.0
		13	3PTGF		5.0
		14	5PPUF		5.0
		15	3PGUF		4.0

[0108] 实施例八：

[0109] 按表6中所列的重量百分数制成微波用液晶组合物E,并将其进行性能检测。

[0110] 表6.液晶组合物E配方及性能测试

	No.	Components	Wt (%)	Dielectric Properties
[0111]	第一组分	1	5PP(2)GP4	m.p= -35°C , c.p= 126°C $\Delta n=0.375$ (25°C , 589nm)
		2	5PP(2)GP5	
	第二	3	3UTGTP5	

[0112]	组分	4	3UTGTP4	5.0	$\Delta\epsilon=6.2$ (25°C,1KHz) $\mu=201\text{cps}$ (25°C) $\rho=6.5\times 10^{11}\Omega\cdot\text{cm}$ (25°C) $\epsilon_{r\perp}=2.444$ (18.1GHz) $\epsilon_{r//}=3.314$ (18.1GHz) $\Delta\epsilon_r=0.87$ (18.1GHz) $\tan\delta\epsilon_{\perp}=0.0117$ (25°C,18GHz) $\tan\delta\epsilon_{//}=0.00316$ (25°C,18GHz) $\tau=0.263$ (25°C,18GHz) $\eta=22.44$ (25°C,18GHz)
		5	3UTP(1)TP2	5.0	
		6	4UTP(1)TP2	4.0	
		7	4UTP(1)TP3	4.0	
		8	4UTP(1)TP5	4.0	
		9	6PTP(2)TP3	8.0	
		10	5PTP(2)TP2	10.0	
		11	5PTP(2)TP3	8.0	
		12	4PTP(2)TP3	7.5	
		13	4PTP(2)TP4	8.5	
	第三组分	14	4UTPP3	6.0	
		15	3UTPP4	5.0	
		16	3UTPP2	3.0	
	17	2UTPP3	4.0		
	18	3PGUF	3.0		
	19	5PPUF	2.0		

[0113] 实施例九：

[0114] 将通式I、通式II及通式IV化合物按表7中所列的重量百分数制成微波用液晶组合物F,并将其进行性能检测。

[0115] 表7.液晶组合物F配方及性能测试

	No.	Components	Wt (%)	Dielectric Properties
第一组分	1	5PP(2)GP4	5.0	$\Delta n=0.345$ (598.2nm); m.p.= -30.0°C; Iso.=130.0°C
	2	4PP(2)GP3	3.0	
第二组分	3	3UTP(1)TP2	5.0	$\rho=7.7\times 10^{11}\Omega\cdot\text{cm}$ $\Delta\epsilon=7.5$ (1kHz); $\mu=175\text{cps}$ (25°C) Dielectric Properties in 18.1GHz at 25°C: $\epsilon_{r\perp}=2.438$ $\epsilon_{r//}=3.201$ $\Delta\epsilon=0.863$; $\tan\delta\epsilon_{\perp}=1.33E-2$
	4	3UTGTP5	8.0	
	5	3UTGTP4	8.0	
	6	3UTP(1)TP4	5.0	
	7	4UTP(1)TP2	8.0	
	8	4UTP(1)TP3	10.0	
第三组分	9	4UTPP3	13.0	
	10	4UTPP4	10.0	
	11	3UTPP2	5.0	

[0117]	12	2UTPP3	6.0	$\tan\delta\epsilon// = 3.56E-3$ $\tau = 0.270;$ $\eta=20.27$
	13	3PTGF	5.0	
	14	5PPUF	5.0	
	15	3PGUF	4.0	

[0118] 对比例一：

[0119] 按表8中所列的重量百分数制成微波用液晶组合物G,并将其进行性能检测。

[0120] 表8.液晶组合物G配方及性能测试

	No.	Components	Wt (%)	Dielectric Properties
第一组分	1	5UP(2)PP4	5.0	$\Delta n=0.370(598nm);$ $m.p.=-45.0^{\circ}C;$
	2	5PP(2)GP5	3.0	
第二组分	3	3UTGTP5	5.0	$Iso.=165.0^{\circ}C;$ $\rho=8.5\times 10^{11}\Omega\cdot cm;$ $\Delta\epsilon=6.2(1kHz);$ $\mu=255cps(25^{\circ}C)$ Dielectric Properties in 18.1GHz at 25°C: $\epsilon_{\perp}=2.436$ $\epsilon_{//}=3.324$ $\Delta\epsilon=0.888$ $\tan\delta\epsilon_{\perp}=1.02E-2$ $\tan\delta\epsilon_{//}=2.45E-3$
	4	3UTGTP4	5.0	
	5	3PTP(2)TP2	5.0	
	6	4PTP(2)TP2	4.0	
	7	4PTP(3)TP3	4.0	
	8	4PTP(3)TP5	4.0	
	9	6PTP(2)TP3	8.0	
	10	5PTP(2)TP2	10.0	
	11	5PTP(2)TP3	8.0	
	12	4PTP(2)TP3	7.5	
	13	4PTP(2)TP4	8.5	
第三组分	14	4UTPP3	6.0	$\tau = 0.267$ $\eta=26.19$
	15	3UTPP4	5.0	
	16	3UTPP2	3.0	
	17	2UTPP3	4.0	
	18	3PGUF	3.0	
	19	5PPUF	2.0	

[0122] 必须说明的是,以上所述实施例只是本发明的一些实施方式。对于本领域的技术人员来说,在不脱离本发明创造构思的前提下,还可以做出若干变形和改进,这些都属于本发明的保护范围。