

Пасивни диелектрици: полимери, композитни пластмаси, електроизолационни съединения

Основни сведения за полимерите

Полимерите са високомолекулни съединения, изградени от многократното повторение на различни групи атоми, наречени „мономери“, свързани в дълга макромолекула чрез химически или координационни връзки. Реакцията по образуване на полимера се нарича *полимеризация*. Полимеризацията на съединения с двойни връзки протича по верижан механизъм. За начало на верижната реакция е необходимо в изходната инертна маса да се зародят активни частици. Във верижната реакция една активна частица въвлича в реакция хиляди неактивни молекули, образуващи дълга верига. Първичните активни центрове са свободните радикали и йони. *Радикалите* са части от молекула, образувани при разкъсването на електронна двойка и съдържащи несдвоен електрон (например метил СН_3 -, фенил $\text{С}_6\text{Н}_6$ -, етилова група $\text{С}_2\text{Н}_5$ - и др). Образуването на първоначалните радикали и йони може да стане под действието на топлина, светлина, различни йонизиращи лъчения, специално вкарани катализатори.

Освен полимеризацията могат да съществуват и по-сложни случаи на образуване на високомолекулни съединения. Такава например е поликондензацията – реакция, свързана с прегрупиране на атомите на полимера и отделяне от реакцията на вода или други нискомолекулни съединения. Полимерите, получени чрез поликондензация, имат по-лоши диелектрични свойства в сравнение с материалите, получени чрез полимеризация. Основна причина за това е наличието в поликондензационните диелектрици на остатъци от нискомолекулни вещества (вода, киселина, спирт), които разпадайки се на йони, увеличават проводимостта на материала.

Класификация на полимерите по форма на макромолекулата. В зависимост от пространствената структура на макромолекулата полимерите се делят на три основни вида:

- *Линейните полимери* са съединения, макромолекулите на които са дълги вериги, молекулите на които са химически инертни една спрямо друга и са свързани помежду си само с Ван дер Ваалсови сили.
- *Разклонените полимери* са образувани от вериги със странични клонове (броят на клоновете и тяхната дължина са различни). Разклонените полимери са по-издръжливи от линейните.
- *Пространствените полимери* съдържат реакционни групи, които при нагряване се свързват с множество здрави напречни връзки и се казва, че полимерите са съшити.

Линейните и разклонените полимери се размекват (топят) при нагряване и отново се втвърдяват при охлаждане. Такова свойство на полимерите се нарича термопластичност, а самите полимери – термопластични. Термопластичните полимери могат не само да се стопяват, но и да се разтварят, т.к. Ван дер Ваалсовите сили лесно се разкъсват под действие на реагентите. Към термопластите се отнасят поливинилхлоридът, полиетиленът, полистиролът и др. Пространствените полимери при нагряване остават твърди, а при достигане на температурата на топене се разрушават.

Структурни форми и състав на полимерните вериги. Макромолекулите могат да бъдат регулярни и нерегулярни. Полимерът е построен регулярно, ако се наблюдава съвършен далечен порядък на разположение на звената във веригата. Гъбкавите нерегулярни

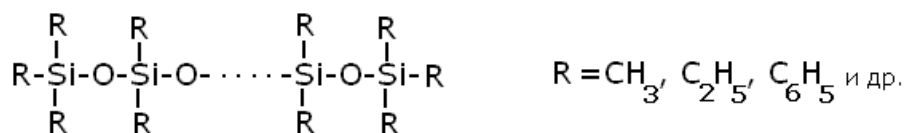
макромолекули показват тенденция да се увиват в сфероподобни структури, наречени глобули. Повърхността на глобула е много по-малка от тази на разтеглената молекула, затова межумолекуларните взаимодействия при контакта на глобулите се оказват слаби. С глобуларната структура се обяснява крехкостта на някои органични полимери.

Твърдите (здрави) полимерни вериги трудно се увиват в глобули. За сметка на межумолекуларните сили на взаимодействие няколко съседни макромолекули могат да се свържат в пакети (снопове успоредни молекули). Полимерите с гъвкави макромолекули с регулярен строеж имат способността да образуват кристална фаза, която се характеризира с подредено разположение на молекулите. В кристалната фаза обикновено се наблюдава нагъване на молекулните вериги, т.е. тяхното огъване под 180° през определени интервали и включване в равнини във вид на хармоника. При кристализация на силно разредени разтвори могат да се получат неголеми кристални пластинки на някои полимери, например полиетилен. В кристалния полимер макромолекулите са плътно опаковани и те не могат да проявяват своята гъвкавост. Такива полимери обикновено са здрави материали с голям модул на еластичност и малка деформация.

По химичния си състав полимерите се делят на органични и елементоорганични.

Към *органичните полимери* се отнасят такива високомолекулни съединения, у които главната верига се състои от въглерод или комбинация от въглерод с кислород, азот, сяра и фосфор.

Елементоорганични се наричат такива полимери, главната верига на които не съдържа атоми въглерод, но има странични органични групи. Най-разпространени представители на тази група са силицийорганични съединения (полиорганосилоксани или силикони).



Фиг. 1. Силикони.

Силиконите имат основна верига от редуващи се атоми силиций и кислород. Към атомите силиций са прикрепени странични органични групи R - фиг.1. Като се изменя дължината на основната верига, вида на страничните органични групи и кръстосаните връзки, могат да се получат силикони с различни свойства.

Електрични свойства на полимерите. Строежът на макромолекулите основно определя електричните свойства на полимерите. Всички химични връзки на въглерода с други елементи в една или друга степен са полярни поради различната електроотрицателност на атомите, участващи във връзката. Сумарният диполен момент на молекулата се определя от векторната сума на диполните моменти на отделните връзки. Ако молекулата има симетричен строеж, то диполните моменти на отделните връзки могат взаимно да се уравновесят, при което сумарният диполен момент става нула.

Веществата с несиметрично построени звена на полимерните молекули са диполни и обикновено имат невисоки електрически характеристики. Високомолекулните въглеводороди със симетрично построени молекули практически са неполярни или слабо полярни. Те имат малки стойности на тангенса от ъгъла на диелектричните загуби и слаба специфична проводимост.

Линейни полимери

Линейните полимери са съединения, чиито макромолекули са дълги вериги, чиито молекули се химически инертни една към друга и са свързани само с Ван дер Ваалсови сили.

Неполярни полимери – полимери, в които мономерните звена на макромолекулата нямат диполен момент. Най-важни от тях са полиетилен, полипропилен, полистирол, политетрафлуоретилен. Тези полимери имат най-голямо техническо значение от материалите, получени чрез полимеризация.

Полярни полимери – полимери, при които поради асиметрия на строежа на молекулите, има силно изразена диполно-релаксационна поляризация. Затова те имат доста по-високи диелектрични загуби от неполярните полимери (особено при високи честоти) и големи стойности на диелектрическата проницаемост. Специфичното повърхностно съпротивление на тези материали силно зависи от влажността на околната среда.

Композитни прахови пластмаси

Композитните прахови пластмаси са предназначени за изготвяне на изделия по метода на горещото пресоване или отливане под налягане. Те се състоят от свързващи вещества (изкуствени смоли – пространствени или линейни полимери) и пълнители (дървесно брашно, памучни линтери, каолин, кварцов пясък, азбест или стъклени влакна и др.). Освен това се добавят и багрила за получаване на най-добри технологични свойства – пластификатори. Пълнителите правят пластмасата по-евтина и в същото време подобряват механичните характеристики на изделието. В много случаи при вкарване на пълнители (например, кварцово брашно, талк и др.) се наблюдава подобряване на електричните свойства на диелектрика.

Като свързващи вещества се използват различни смоли – фенолформалдехидни, фрезоло-формалдехидни, анелин-формалдехидни, карбамид- фенолформалдехидни, меламин- фенолформалдехидни, фурфураленни, силициевоорганически и др. Най-добри диелектрични свойства сред композитните пластмаси имат материалите на основата на анелин-формалдехидните смоли.

Използването на композитните пластмаси в радиоелектрониката като електроизолационни и чисто конструкторни материали е много широко: от тях се изготвят корпусите на радиоапаратите, телевизорите и измервателните прибори; слушалки; лампови панели; клемни предпазители, глави за бутони, дръжки, щепсели и др. Изготвянето на такива изделия чрез механична обработка би било много трудоемко, докато пресоването им от пластмаса е само една технологична операция.

Слоисти пластмаси – това е разновидност на композитните пластмаси, в които като пълнители се използват листови влакнести материали. Към слоистите пластмаси се отнасят гетинаксът и текстолитът.

- *Гетинаксът* се получава чрез горещо пресоване на хартия, пропита с фенолформалдехидна смола или друга смола от този вид. Широко се използва за евтино изготвяне на платки в нисковолтовата битова техника.
- *Текстолит* – пластмаса, аналогична на гетинакса, но той се получава от пропита памучна тъкан. От слоистите пластмаси те имат най-добри възможности за поглъщане на вибрации, най-добре устояват на послойно разцепване. Текстолитът и стъклотекстолитът много широко се използват като основи за изготвяне на печатни платки за съвременните компютри.

Електроизолационни съединения

Това са смеси на различни изолационни вещества - катран, битум, етери, масла, които в момента на приложение се намират в течно състояние и се втвърдяват след охлаждане или в резултат на протичаща в тях химична реакция.

Класификация на електроизолационните съединения според предназначението им. Делят се на два вида – импрегнирани и заливащи.

- *Импрегнираните съединения* служат за запълване на пори, капиляри и въздушни вclusions в електроизолационните материали, използвани главно за намотки на електрически машини, бобини на апарати, трансформатори и други. След импрегнирането се повишава диелектричната устойчивост на материала и на цялата конструкция; подобрява се топлопроводимостта; топлоотдаването на намотките, което позволява да се увеличи мощността на електрическите машини и апарати при същите размери; увеличава се механичната устойчивост, влагоустойчивост.
- *Заливащите съединения* се използват за запълване на относително големи кухини, промеждутъци между различни детайли, за защита на изолацията от влага, за увеличаване на пробивното напрежение, за подобряване на топлоотвеждането, за повишаване на механичната издръжливост и др.

Класификация на електроизолационните съединения по отношение на нагряването. Делят се на два вида – термопластични и термореактивни.

- *Термопластични съединения.* Те са твърди при стайна температура. При нагряване се размекват, стават пластични и преминават в течно състояние. При охлаждане отново се втвърдяват. Разтопяването и втвърдяването може да става многократно. За получаването им се използва често нефтен битум в съчетание с растителни и минерални масла, колофон и някои термопластични полимери. Такива са битумните съединения.
- *Термореактивните съединения* в момента на тяхното приложение се намират в течно състояние, а след това се втвърдяват в резултат на протичащата в тях химична реакция. Вдвърдяването става под действие на втвърдител или катализатор. След втвърдяването материалът става твърд, нетопим и неразтворим в обикновени разтворители. Тези материали се делят на два вида – *с горещо и със студено втвърдяване*. Съединенията с горещо втвърдяване преминават в твърдо състояние при специална термична обработка, а съединенията със студено втвърдяване преминават в твърдо състояние под действие на втвърдител. От термореактивните съединения най-широко разпространение в електрониката са получили епоксидните съединения, отличаващи се с висока механична издръжливост, висока устойчивост при нагряване и добри електрични свойства. За епоксидните съединения трябва да се знае, че в невтвърдено състояние смолите, както и парите на втвърдителите, са токсични вещества. Втвърдените епоксидни съединения не са токсични.

Електроизолационните съединения се използват широко за импрегниране и заливане на отделни възли на електро- и радио- апаратурата: трансформатори, дросели, кондензатори. Тези материали се използват и за херметизация и пресоване в корпуси на дискретни полупроводникови прибори и интегрални микросхеми. Някои разновидности на епоксидните съединения имат висока оптична еднородност и прозрачност към излъчванията във видимата и близката инфрачервена област на спектъра. Поради тези си свойства те намират приложение в качеството на съгласуващи (имерсионни) среди при извода на излъчване от светодиоди.