

بسمه تعالی



دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)

دانشکده مهندسی پزشکی

پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد

بررسی تغییرات خواص اپتیکی - گرمایی پلیمر PDMS با سنسور PTD
حین اصلاح سطح با لیزر آرگون به منظور ارزیابی سازگاری زیستی آن

دانشجو :

نجمه نجم الدین

استاد راهنما :

جناب آقای دکتر محمد عترتی خسروشاهی

شهریور ۱۳۸۷

تقدیم به پدر و مادر عزیزم که بودن وجود گرمابخششان قادر به طی
مسیر زندگی نبودم.

سپاسگزاری

اینجانب بر خود فرض می دانم
که از یاری ها و رهنمون های بی دریغ و ارزشمند استاد محترم

"جناب آقای دکتر خسروشاهی"

کمال تشکر و قدردانی را به عمل آورم.

چکیده

در دهه های گذشته تحقیقات بسیاری در زمینه اصلاح سطح مواد گوناگون با روشهای متفاوت و برای کاربردهای متفاوت انجام شده است که به طبع هر یک نتایج مطلوب و نامطلوب خود را به همراه داشته است. شاید آنچه در حوزه مهندسی پزشکی موضوع را تا حدودی مشکل تر می سازد اثبات زیست سازگاری مواد با بدن می باشد که انتظار می رود پس از تغییرات خواص آن، اصلاح و بهبود قابل قبولی بدست آید. اما انجام آزمایشات زیست سازگاری حتی در حد *invitro* نه تنها زمان بر بوده، بلکه شاید نتایج مطلوبی بدست نیاید. از این رو بسیار مفید خواهد بود که به گونه ای فرایند اصلاح سطح را به طور بلادرنگ (*on_line*) مانیتور کرد تا با جهت گیری صحیح در اتلاف وقت صرفه جویی گردد و اخیراً در بیومتریال ها مانند TiO_2 با استفاده از روش هماهنگ دوم لیزر و روش انحراف گرمایی پرتو (PTD) در کندگی مینای دندان با لیزر استفاده شده است. هدف اصلی پروژه حاضر، مانیتور کردن تغییرات خواص اپتیکی-گرمایی پلیمر PDMS (polydimethylsiloxane) با استفاده از سنسورهای اپتیکی (PTD (photothermal deflection) و Cd-S حین اصلاح سطح با استفاده از طول موج های لیزر آرگون می باشد تا راهگشای تحقیقات مشابه در آینده باشد.

کلمات کلیدی: خواص اپتیکی - گرمایی ، سنسور انحراف گرمایی پرتو ، سنسور CdS ، لیزر آرگون ، پلی دی متیل سیلوکسان

Keywords: Optical-Thermal properties, Photothermal deflection sensor, CdS sensor, Argon laser , Polydimethylsiloxane

فهرست

صفحه	عنوان
۱	فصل اول : پلی دی متیل سیلوکسان
۲	۱-۱- مقدمه
۲	۱-۲- شیمی پلیمر
۴	۱-۳- خواص فیزیکی
۵	۱-۴- خواص مکانیکی
۶	۱-۵- سازگاری زیستی
۷	۱-۶- کاربردها
۸	فصل دوم: برهم کنش لیزر با ماده
۹	۲-۱- مقدمه
۹	۲-۲- خواص نور لیزر
۱۱	۲-۳- انواع لیزر
۱۴	۲-۴- برهم کنش پرتو لیزر با ماده
۱۷	۲-۵- مکانیزم های برهم کنش پرتو لیزر با ماده
۲۶	فصل سوم : روش های مطالعه فرایند برهم کنش پرتو با ماده
۲۷	۳-۱- مقدمه
۲۸	۳-۲- انحراف گرمایی پرتو
۵۴	فصل چهارم: روش انجام تحقیق
۵۵	۴-۱- مقدمه
۵۵	۴-۲- تهیه ماده
۵۶	۴-۳- انتخاب طول موج

۴-۴	بررسی تغییرات ایجاد شده در نمونه توسط توان سنج و سنسور CD-S حین اصلاح
۵۷	سطح.....
۴-۵	بررسی تغییرات دمای سطح نمونه توسط ترمومتر.....
۵۹	.....
۴-۶	انحراف گرمایی پرتو (PTD).....
۶۰	.....
۴-۷	اندازه گیری پهنای پالس و فرکانس پرتو لیزر.....
۶۳	.....
۴-۸	بررسی خواص اپتیکی - حرارتی با استفاده از ژول متر.....
۶۳	.....
۴-۹	بررسی تغییرات پیوند ها توسط FTIR.....
۶۳	.....
۴-۱۰	اندازه گیری عمق کندگی پلیمر PDMS با استفاده از میکروسکوپ نوری.....
۶۴	.....
۴-۱۱	بررسی فرآیند کندگی توسط SEM.....
۶۴	.....
۶۵	فصل پنجم : نتایج و بحث
۵-۱	نتایج حاصل از توان سنج و سنسور کادمیم - سولفاید حین اصلاح.....
۶۶	.....
۵-۲	بررسی تغییرات دمای سطح نمونه توسط ترمومتر.....
۷۹	.....
۵-۳	اندازه گیری پهنای پالس و فرکانس پرتو لیزر.....
۸۲	.....
۵-۴	انحراف گرمایی پرتو (PTD).....
۸۳	.....
۵-۵	بررسی خواص اپتیکی - حرارتی با استفاده از ژول متر.....
۹۲	.....
۵-۶	نتایج حاصل از FTIR.....
۱۰۱	.....
۵-۷	نتایج حاصل از SEM.....
۱۰۵	.....
۱۰۹	نتیجه گیری
۱۱۰	پیشنهادات
۱۱۱	منابع

فهرست اشکال

عنوان صفحه

فصل اول : پلی دی متیل سیلوکسان

- شکل (۱-۱) شماتیک فضایی و ساختار شیمیایی PDMS ۲
- شکل (۱-۲) لنز تماسی ۷

فصل دوم : برهم کنش لیزر با ماده

- شکل (۲-۱) خواص تک فامی و همدوسی ۱۰
- شکل (۲-۲) لیزر He-Ne (a) ساختمان، (b) نمای ظاهری ۱۲
- شکل (۲-۳) گسیل خود به خودی ۱۵
- شکل (۲-۴) جذب القایی ۱۵
- شکل (۲-۵) گسیل القایی ۱۶
- شکل (۲-۶) وابستگی ضریب انعکاس فیلم R به (a) زمان، (b) دانسیته انرژی پالس لحظه ای
برای W_L برابر با (1) ۶۰، (2) ۱۳۰، (3) ۳۵۰ mJ/cm^2 ۲۲
- شکل (۲-۷) وابستگی (1) ضریب انعکاس R، (2) ضریب عبور T به زمان در $W_L = 1.6 \text{ J/cm}^2$ ۲۳

فصل سوم : روش های مطالعه فرایند برهم کنش پرتو با ماده

- شکل (۳-۱) شماتیک آزمایش انحراف گرمایی پرتو ۲۹
- شکل (۳-۲) اصول عملکرد انحراف گرمایی پرتو ۳۰
- شکل (۳-۳) هندسه و مختصات به کار رفته در مطالعه فوتوگرمایی ۵ سیلندر زیرلایه ۳۳
- شکل (۳-۴) محاسبات مدل سیگنال فوتوترمال ۵ سیلندر آدیاباتیک (سوراخ های هوا) در یک نمونه هادی (فولاد ضد زنگ) به صورت تابعی از فرکانس . دامنه T_s و فاز $\psi(T_s)$ دمای سطح برای (a) تحریک توسعه یافته، (b) تحریک نقطه ای ۳۴

- شکل (۳-۵) محاسبات مدل سیگنال فوتوترمال که توسط یک موج صفحه ای برگشت یافته از یک سری سیلندرهای هادی (فیبرهای پلی کربن) در یک نمونه عایق (اپکسی) در فرکانس های مختلف تولید شده است ۳۵
- شکل (۳-۶) اسکن های انحراف نرمال mirage ، دامنه φ_n و فاز $\psi(\varphi_n)$ برای ۵ سیلندر هوای قرار گرفته در داخل زمینه فولادی در فرکانس های مختلف. (a) تحریک توسعه یافته ، (b) تحریک کروی ۳۶
- شکل (۳-۷) اسکن های انحراف نرمال mirage ، دامنه φ_n و فاز $\psi(\varphi_n)$ برای ۵ سیلندر پلی کربن قرار گرفته در داخل زمینه اپکسی در فرکانس های مختلف . (a) تحریک توسعه یافته ، (b) تحریک کروی ۳۷
- شکل (۳-۸) نمایی از انحراف پرتو He-Ne در فرایند انحراف گرمایی پرتو ۳۹
- شکل (۳-۹) سیگنال های عبور و انحراف به صورت تابعی از زمان برای $d = 15 \text{ mm}$ ۴۰
- شکل (۳-۱۰) زاویه انحراف به صورت تابعی از زمان برای $d = 15 \text{ mm}$ ۴۰
- شکل (۳-۱۱) دانسیته الکترون ها در مرکز پلازما به صورت تابعی از فاصله ۴۱
- شکل (۳-۱۲) مدل فیزیکی تابش پرتو بر سطح نمونه ۴۳
- شکل (۳-۱۳) گرادیان دمایی در هوا برای نمونه مسی با ضخامت 10 mm به صورت تابعی از Z_0 ۴۴
- شکل (۳-۱۴) گرادیان دمایی در هوا برای نمونه سربی با ضخامت 10 mm به صورت تابعی از Z_0 ۴۵
- شکل (۳-۱۵) سیگنال های PTD برای نمونه مسی با ضخامت 10 mm ۴۶
- شکل (۳-۱۶) سیگنال های PTD برای نمونه سربی با ضخامت 10 mm ۴۶
- شکل (۳-۱۷) گرادیان دمایی در هوا برای نمونه آلومینیومی در $Z_0 = 16 \mu$ که دچار تغییر فاز جامد به مایع می شود ۴۸
- شکل (۳-۱۸) نمودار چگالی انرژی لیزر بر حسب دامنه PTD برای نمونه پرسپکس در هوا ۵۰
- شکل (۳-۱۹) نمودار چگالی انرژی لیزر بر حسب دامنه PTD برای نمونه تفلون در هوا ۵۰
- شکل (۳-۲۰) نمودار چگالی انرژی لیزر بر حسب دامنه PTD برای نمونه نایلون در هوا ۵۱
- شکل (۳-۲۱) تغییرات ولتاژ خروجی آشکارساز بر حسب تعداد پالس لیزر در 23 Jcm^{-2} ۵۳

فصل چهارم: روش انجام تحقیق

- شکل (۴-۱) طیف جذبی پلیمر PDMS در ناحیه مرئی..... ۵۶
- شکل (۴-۲) نمایی از شکل ظاهری سنسور Cd-S..... ۵۸
- شکل (۴-۳) استفاده از مولتی متر جهت بررسی تغییرات مقاومت سنسور Cd-S..... ۵۹
- شکل (۴-۴) شماتیک ترمومتر دیجیتالی..... ۶۰
- شکل (۴-۵) انحراف گرمایی پرتو حین عمل با لیزر آرگون ، الف) تنظیمات مربوط به آزمایش، ب) دریافت پرتو منحرف شده توسط فوتودیود..... ۶۱
- شکل (۴-۶) انحراف گرمایی پرتو حین عمل با لیزر CO₂، الف) عبور پرتو پروب He-Ne از روی سطح نمونه، ب) دریافت پرتو منحرف شده توسط فوتودیود..... ۶۲

فصل پنجم: نتایج و بحث

- شکل (۵-۱) نمودار توان خروجی بر حسب توان ورودی در $\lambda=454\text{nm}$ ۶۶
- شکل (۵-۲) نمودار درصد توان عبوری بر حسب توان ورودی در $\lambda=454\text{nm}$ ۶۷
- شکل (۵-۳) نمودار مقاومت خروجی بر حسب توان ورودی در $\lambda=454\text{nm}$ ۶۷
- شکل (۵-۴) نمودار مقاومت خروجی بر حسب زمان در $\lambda=454\text{nm}$ و توان های ورودی ثابت ۱، ۳، ۸، ۱۶، ۴۲، ۱۸۷ میلی وات..... ۶۸
- شکل (۵-۵) نمودار توان خروجی بر حسب زمان در $\lambda=454\text{nm}$ به ازاء توان های ورودی ثابت ۳، ۸، ۱۶ و ۴۲ میلی وات..... ۶۹
- شکل (۵-۶) نمودار توان خروجی بر حسب توان ورودی در $\lambda=488\text{nm}$ ۷۰
- شکل (۵-۷) نمودار درصد توان عبوری بر حسب توان ورودی در $\lambda=488\text{nm}$ ۷۱
- شکل (۵-۸) نمودار مقاومت خروجی بر حسب توان ورودی در $\lambda=488\text{nm}$ ۷۱
- شکل (۵-۹) نمودار مقاومت خروجی بر حسب زمان در توان های ورودی ثابت ۲، ۳، ۶، ۱۱، ۲۹..... ۷۲
- شکل (۵-۱۰) نمودار توان خروجی بر حسب زمان در $\lambda=488\text{nm}$ به ازاء توان های ورودی ثابت ۳، ۶، ۱۱ و ۲۹ میلی وات..... ۷۳
- شکل (۵-۱۱) نمودار توان خروجی بر حسب توان ورودی در $\lambda=514\text{nm}$ ۷۴

- شکل (۵-۱۲) نمودار درصد توان عبوری بر حسب توان ورودی در $\lambda=514\text{nm}$ ۷۴
- شکل (۵-۱۳) نمودار مقاومت خروجی بر حسب توان ورودی در $\lambda=514\text{nm}$ ۷۵
- شکل (۵-۱۴) نمودار مقاومت خروجی بر حسب زمان در $\lambda=514\text{nm}$ و توان های ورودی ثابت ۱، ۲، ۳، ۸، ۱۸، ۱۶۴ میلی وات ۷۵
- شکل (۵-۱۵) نمودار توان خروجی بر حسب زمان در $\lambda=514\text{nm}$ به ازاء توان های ورودی ثابت ۲، ۳۸، ۱۸ میلی وات ۷۶
- شکل (۵-۱۶) نمودار مقاومت خروجی بر حسب زمان ، در حضور لنز در طول موج های ۴۵۴، ۴۸۸، ۵۱۴ نانومتر ۷۷
- شکل (۵-۱۷) نمودار توان خروجی بر حسب زمان در حضور لنز در طول موج های ۴۵۴، ۴۸۸، ۵۱۴ نانومتر ۷۸
- شکل (۵-۱۸) نمودار مقاومت خروجی بر حسب توان ورودی بدون لنز در طول موج های ۴۵۴، ۴۸۸، ۵۱۴ نانومتر ۷۸
- شکل (۵-۱۹) نمودار توان خروجی بر حسب توان ورودی بدون لنز در طول موج های ۴۵۴، ۴۸۸، ۵۱۴ نانومتر ۷۹
- شکل (۵-۲۰) نمودار تغییرات دما بر حسب زمان برای پرتو لیزر در طول موج های ۴۵۴، ۴۸۸ و ۵۱۴ نانومتر ۸۰
- شکل (۵-۲۱) نمودار تغییرات دما بر حسب زمان برای نمونه پلیمری PDMS در طول موج های ۴۵۴، ۴۸۸ و ۵۱۴ nm در حضور لنز ۸۱
- شکل (۵-۲۲) نمودار تغییرات دما بر حسب زمان برای نمونه پلیمری در طول موج های ۴۵۴، ۴۸۸ و ۵۱۴ nm بدون لنز ۸۲
- شکل (۵-۲۳) شماتیک سیگنال های بدست آمده در طول موج های (الف) ۴۵۴، (ب) ۴۸۸ و (ج) ۵۱۴ نانومتر جهت بررسی پهنای پالس ۸۲
- شکل (۵-۲۴) سیگنال PTD بدست آمده از لیزر آرگون در طول موج های ۴۵۴، ۴۸۸ و ۵۱۴ نانومتر ۸۳
- شکل (۵-۲۵) سیگنال PTD بدست آمده از لیزر CO_2 در حالت CW-S در توان های (الف) ۱۲، (ب) ۱۴، (پ) ۱۶، (ت) ۱۸، (ث) ۲۰، (ج) ۲۲، (چ) ۲۴، (ح) ۲۶، (خ) ۲۸، (د) ۳۰ وات ۸۶

- شکل (۲۶-۵) سیگنال PTD بدست آمده از لیزر CO₂ در حالت PLS-S در توان های (الف) ۲،۵ ،
 (ب) ۲،۶ ، (پ) ۲،۷ ، (ت) ۲،۸ ، (ث) ۲،۹ ، (ج) ۳ وات ۸۸
- شکل ۲۷-۵: نمودار تغییرات دامنه سیگنال بر حسب شاریدگی لیزر، CO₂ در حالت CW-S در سه
 وضعیت قطب مثبت ، قطب منفی و مجموع آن ها ۸۹
- شکل ۲۸-۵: نمودار تغییرات دامنه سیگنال بر حسب شاریدگی، لیزر CO₂ در حالت PLS-S در سه
 وضعیت قطب مثبت، قطب منفی و مجموع آن ها ۸۹
- شکل (۲۹-۵) نمودار عمق / پالس بر حسب شاریدگی مربوط به لیزر CO₂ در حالت CW-S ۹۰
- شکل (۳۰-۵) نمودار عمق / پالس بر حسب شاریدگی مربوط به لیزر CO₂ در حالت PLS-S ۹۰
- شکل (۳۱-۵) شماتیک سیگنال های بدست آمده توسط توان سنج پیروالکتریک برای پرتو لیزر،
 (الف) $\lambda = 454 \text{ nm}$ فرکانس کم، (ب) $\lambda = 454 \text{ nm}$ فرکانس متوسط ، (پ) $\lambda = 454 \text{ nm}$ فرکانس
 زیاد، (ت) $\lambda = 488 \text{ nm}$ فرکانس کم، (ث) $\lambda = 488 \text{ nm}$ فرکانس متوسط ، (ج) $\lambda = 488 \text{ nm}$
 فرکانس زیاد، (چ) $\lambda = 514 \text{ nm}$ فرکانس کم، (ح) $\lambda = 514 \text{ nm}$ فرکانس متوسط، (خ) $\lambda = 514 \text{ nm}$
 فرکانس زیاد ۹۵
- شکل (۳۲-۵) شماتیک سیگنال های بدست آمده توسط توان سنج پیروالکتریک برای نمونه پلیمری
 ، (الف) $\lambda = 454 \text{ nm}$ فرکانس کم، (ب) $\lambda = 454 \text{ nm}$ فرکانس متوسط ، (پ) $\lambda = 454 \text{ nm}$
 فرکانس زیاد ، (ت) $\lambda = 488 \text{ nm}$ فرکانس کم، (ث) $\lambda = 488 \text{ nm}$ فرکانس متوسط ، (ج) $\lambda = 488$
 nm فرکانس زیاد، (چ) $\lambda = 514 \text{ nm}$ فرکانس کم، (ح) $\lambda = 514 \text{ nm}$ فرکانس متوسط، (خ) $\lambda = 514 \text{ nm}$
 فرکانس زیاد ۹۸
- شکل (۳۳-۵) نمودار تغییرات دامنه سیگنال بر حسب فرکانس برای پرتو لیزر و نمونه پلیمری
 PDMS در طول موج ۴۵۴ nm ۹۸
- شکل (۳۴-۵) نمودار تغییرات دامنه سیگنال بر حسب فرکانس برای پرتو لیزر و نمونه پلیمری
 PDMS در طول موج ۴۸۸ nm ۹۹
- شکل (۳۵-۵) نمودار تغییرات دامنه سیگنال بر حسب فرکانس برای پرتو لیزر و نمونه پلیمری
 PDMS در طول موج ۵۱۴ nm ۹۹
- شکل (۳۶-۵) نمودار تغییرات دامنه سیگنال بر حسب فرکانس برای پرتو لیزر آرگون در طول موج
 های مختلف ۱۰۰

- شکل (۵-۳۷) نمودار تغییرات دامنه سیگنال بر حسب فرکانس برای پرتو لیزر آرگون در طول موج های مختلف..... ۱۰۰
- شکل (۵-۳۸) طیف FTIR نمونه اصلاح نشده ۱۰۱
- شکل (۵-۳۹) نتایج حاصل از FTIR در حالت وجود لنز، (الف) $\lambda = 454 \text{ nm}$ ، (ب) $\lambda = 488 \text{ nm}$ ، (پ) $\lambda = 514 \text{ nm}$ ۱۰۳
- شکل (۵-۴۰) نتایج حاصل از FTIR در حالت بدون لنز، (الف) $\lambda = 454 \text{ nm}$ ، (ب) $\lambda = 488 \text{ nm}$ ، (پ) $\lambda = 514 \text{ nm}$ ۱۰۴
- شکل (۵-۴۱) تصاویر SEM تهیه شده از نمونه پلیمری PDMS پس از تغییر توسط ۱ پالس لیزر CO_2 در مد CW-S ، (الف) توان ۱ وات ، (ب) توان ۲ وات ، (پ) توان ۳ وات. این تصاویر نشان دهنده رخداد فرایند کندگی در نمونه می باشد..... ۱۰۷

فهرست جداول

صفحه

عنوان

فصل اول : پلی دی متیل سیلوکسان

جدول (۱-۱) پاره ای از خواص فیزیکی PDMS ۴

فصل سوم : روش های مطالعه فرایند برهم کنش پرتو با ماده

جدول (۳-۱) دانسیته انرژی در منطقه های A و B برای پرسپکس ، نایلون و تفلون. نتایج حاصل از سایر روش ها نیز در جدول ذکر گردیده است..... ۵۲

فصل چهارم : روش انجام تحقیق

جدول (۴-۱) مشخصات سنسور Cd-S مورد استفاده ۵۸

فصل پنجم : نتایج و بحث

جدول (۵-۱) مشخصات پیوند های جذب کننده IR در سیلیکون ۱۰۵



دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)

بسمه تعالی

تاریخ:
شماره:

فرم اطلاعات پایان نامه
کارشناسی - ارشد و دکترا

معاونت پژوهشی
فرم پروژه تحصیلات تکمیلی ۷

مشخصات دانشجو:

نام و نام خانوادگی: نجمه نجم الدین
شماره دانشجویی: ۸۵۱۳۳۰۲۳
دانشجوی آزاد / بورسیه
دانشکده: مهندسی پزشکی / رشته تحصیلی: مهندسی پزشکی گروه: بیومتریال
معادل

مشخصات استاد راهنما:

نام و نام خانوادگی: آقای دکتر سید محمد عترتی خسروشاهی
دانشگاه صنعتی امیرکبیر
درجه و رتبه: دانشیار و عضو هیئت علمی دانشکده مهندسی پزشکی

مشخصات استاد مشاور:

نام و نام خانوادگی: -
درجه و رتبه: -

عنوان پایان نامه به فارسی: بررسی تغییرات خواص اپتیکی - گرمایی پلیمر PDMS با سنسور PTD حین اصلاح سطح با لیزر آرگون و بررسی سازگاری زیستی آن
عنوان پایان نامه به انگلیسی:

Monitoring the change in optical - thermal properties of PDMS with photothermal deflection (PTD) sensor during surface modification with Ar laser to evaluate its biocompatibility

نوع پروژه: کارشناسی / ارشد / دکترا
کاربردی / بنیادی / توسعه‌ای / نظری
سال تحصیلی: ۱۳۸۶-۱۳۸۷

تاریخ شروع: ۸۶/۹/۶ تاریخ خاتمه: ۸۷/۶/۲۶ تعداد واحد: ۹ سازمان تأمین کننده اعتبار: -

واژه‌های کلیدی به فارسی: سنسور PTD، خواص اپتیکی - گرمایی، لیزر آرگون، سنسور CdS، پلیمر PDMS
واژه‌های کلیدی به انگلیسی: PDMS, CdS sensor, PTD sensor, Ar laser, Optical - Thermal properties

مشخصات ظاهری	تعداد صفحات ۱۱۳	تصویر <input checked="" type="radio"/> جدول <input checked="" type="radio"/> نمودار <input checked="" type="radio"/> نقشه <input type="radio"/> واژه‌نامه <input type="radio"/>	تعداد مراجع ۳۴	تعداد صفحات ضمیمه
زبان متن	فارسی <input checked="" type="radio"/> انگلیسی <input type="radio"/>	چکیده	فارسی <input checked="" type="radio"/> انگلیسی <input checked="" type="radio"/>	

یادداشت

نظرها و پیشنهادهای به منظور بهبود فعالیت‌های پژوهشی دانشگاه
استاد:

دانشجو:

امضاء استاد راهنما: تاریخ:

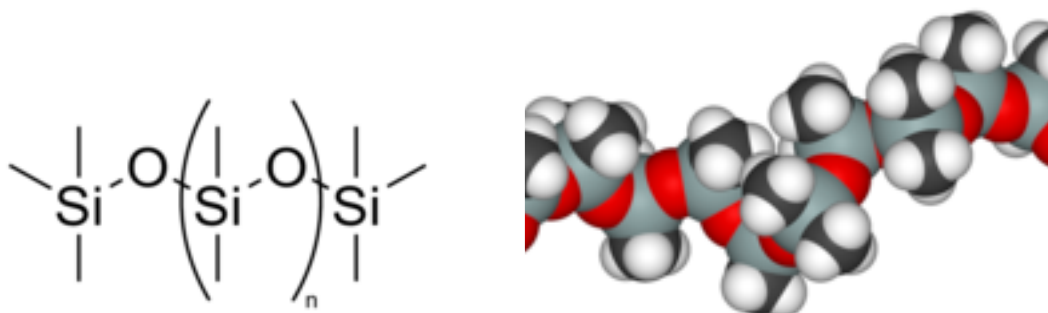
فصل اول :

پلی دی متیل سیلوکسان

۱-۱- مقدمه [۱]

پلی دی متیل سیلوکسان^۱ (PDMS)، یک پلیمر آلی پایه سیلیکون می باشد که کاربرد گسترده ای دارد. این پلیمر به خاطر خواص تغییر شکل پذیری (یا جریان) غیر طبیعی، مورد توجه قرار گرفته است. دامنه کاربرد این پلیمر بسیار وسیع بوده و شامل لنزهای تماسی، ابزار پزشکی، الاستومرها، شامپو (حضور دی متیکون باعث براق و لغزنده شدن مو می شود)، درزگیری، روغن های روانساز، کاشی های مقاوم در برابر حرارت می باشد.

PDMS از لحاظ اپتیکی، شفاف می باشد و به لحاظ عمومی پلیمری است خنثی، غیرسمی و غیر حساسیت زا. شماره CAS این پلیمر ۶۳۱۴۸-۶۲-۹ می باشد و گاهی اوقات با نام دی متیکون نیز شناخته می شود. شکل فضایی و ساختار آن در شکل ۱-۱ نمایش داده شده است.

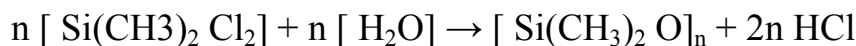


شکل ۱-۱: شماتیک فضایی و ساختار شیمیایی PDMS [۱]

۱-۲- شیمی پلیمر: [۱]

فرمول شیمیایی PDMS، عبارت است از $(\text{H}_3\text{C})_3\text{SiO}[\text{Si}(\text{CH}_3)_2\text{O}]_n \text{Si}(\text{CH}_3)_3$ ، که در آن n تعداد مونومرهای $[\text{SiO}(\text{CH}_3)_2]$ تکرار شونده در زنجیره پلیمری می باشد. سنتز صنعتی این پلیمر از واکنش دی متیل کلروسیلان و آب مطابق رابطه زیر صورت می گیرد:

^۱ polydimethylsiloxane



این واکنش مقدار قابل توجهی گاز HCl را آزاد می کند. در کاربردهای پزشکی، فرآیند با جایگزینی اتم های کلر در پیش ماده¹ سیلان توسط گروه های استات توسعه می یابد. در نتیجه محصول واکنش فرایند سخت گردانی نهایی، اسید استیک خواهد بود که ماده ای غیرسمی می باشد. در این حالت فرایند سخت گردانی آهسته تر صورت خواهد گرفت. از این فرآیند در کاربردهای مصرفی، نظیر درزگیری و چسبندگی استفاده می شود.

پیش ماده سیلان با تعداد بیشتری از گروه های تشکیل دهنده اسید و تعداد کمتر گروه های متیل، مانند متیل تری کلروسیلان، جهت ایجاد شاخه و یا پیوندهای عرضی در زنجیره اصلی پلیمر به کار می روند. در حالت ایده ال، هر مولکول این ترکیب، یک نقطه شاخه خواهد بود. از این حالت جهت تولید رزین های سیلیکونی سخت استفاده می شود. به طور مشابه، پیش ماده به همراه سه گروه متیل جهت محدود سازی وزن مولکولی مورد استفاده قرار می گیرد. زیرا در این حالت هر مولکول فقط یک سایت فعال خواهد داشت و در نتیجه انتهای زنجیره سیلیکونی را تشکیل خواهد داد. این پلیمر با ویسکوزیته های مختلفی تولید می شود. چنانچه میزان n کم باشد، یک مایع روان نازک حاصل می شود. در حالی که اگر مقدار n زیاد باشد، یک ماده نیمه جامد لاستیک مانند ضخیم حاصل می شود. مولکول های PDMS دارای زنجیره های پلیمری بسیار انعطاف پذیر می باشند. علت این انعطاف پذیری بالا، پیوندهای سیلیکون می باشد که شبیه پیوندهای اتری بوده و باعث کاهش میزان خاصیت الاستیکی در پلی یورتان ها می شوند. این زنجیره های انعطاف پذیر، هنگامی که وزن مولکولی پلیمر بالا باشد، به صورت شل درهم گیر می کنند و باعث می شوند که PDMS به طور غیر طبیعی دارای ویسکوالاستیسیته بالا باشد.

¹ precursor

۳-۱- خواص فیزیکی [۲]

خواص فیزیکی این پلیمر در جدول ۱-۱ خلاصه شده است :

جدول ۱-۱: پاره ای از خواص فیزیکی PDMS [۲]

ترکیب	ضریب شکست	دانسیته	ویسکوزیته
MM	۱،۳۷۴۸	۰،۷۶۱۹	۰،۶۵
MDM	۱،۳۸۲۲	۰،۸۲۰۰	۱،۰۴
MD ₂ M	۱،۳۸۷۲	۰،۸۵۳۶	۱،۵۳
MD ₃ M	۱،۳۹۰۲	۰،۸۷۵۵	۲،۰۶
MD ₄ M	۱،۳۹۲۲	۰،۸۹۱۰	۲،۶۳
MD ₅ M	۱،۳۹۴۰	۰،۹۱۱۰	۳،۲۴
MD ₆ M	۱،۳۹۵۲	۰،۹۱۳	۳،۸۸
MD ₇ M	۱،۳۹۵۹	۰،۹۱۳۴	۴،۴۶
MD ₈ M	۱،۳۹۶۵	۰،۹۱۹۱	-
MD ₉ M	۱،۳۹۷۱	۰،۹۲۳۳	۵،۹۴
MD ₁₀ M	۱،۳۹۷۷	۰،۹۲۴۵	-
MD ₁₁ M	۱،۳۹۸۰	۰،۹۳۰۵	۷،۴۸
MD ₁₂ M	۱،۳۹۸۵	۰،۹۳۳۰	-
MD ₁₃ M	۱،۳۹۸۹	۰،۹۳۳۵	۹،۲۵
MD ₁₄ M	۱،۳۹۹۱	۰،۹۳۸۶	-
MD ₁₅ M	۱،۳۹۹۵	۰،۹۴۰۶	۱۰،۶۰
MD ₁₆ M	۱،۳۹۹۶	۰،۹۴۲۴	-

۱۲،۲۴	۰،۹۴۴۱	۱،۳۹۹۸	MD ₁₇ M
-	۰،۹۴۵۲	۱،۴۰۰۰	MD ₁₈ M
۱۳،۷۸	۰،۹۴۷۹	۱،۴۰۰۲	MD ₁₉ M

M = Me₃SiO_{1/2}; D = Me₂SiO

۴-۱- خواص مکانیکی

PDMS، یک پلیمر ویسکوالاستیک می باشد. این بدان معنا است که در زمان های طولانی (ویا دماهای بالا)، این پلیمر مانند یک مایع ویسکوز (مشابه عسل) عمل می کند. در حالی که در زمان های کوتاه (دماهای پایین) مانند یک جامد الاستیک (مشابه پلاستیک) عمل می کند. به بیان دیگر، چنانچه مقداری PDMS در طول شبانه روز (زمان طولانی) بر روی یک سطح قرار داده شود، پلیمر جریان یافته و تمام سطح را می پوشاند. در حالی که اگر PDMS مشابهی را به شکل کره درآورده و بر روی سطحی مشابه انداخته شود (زمان کوتاه)، مانند یک توپ لاستیکی بالا و پایین می پرد. [۱]

خواص ویسکوالاستیک PDMS را می توان با استفاده از آنالیز مکانیکی دینامیک، به طور دقیق مورد اندازه گیری قرار داد. این امر نیازمند استفاده از یک دستگاه ویژه جهت تعیین خصوصیات جریان یابی ماده در یک رنجی از دما، سرعت های جریان و تغییر شکل می باشد. به دلیل پایداری شیمیایی PDMS، از این ماده به عنوان سیال کالیبراسیون در چنین آزمایشاتی استفاده می شود [۱]. مدول برشی PDMS با توجه به شرایط تهیه آن متغیر می باشد ولی معمولاً بین ۱۰۰ KPa تا ۱ MPa

متغیر می باشد. loss tangent این پلیمر بسیار پایین می باشد. ($\tan \delta \ll 0.001$) [۳]