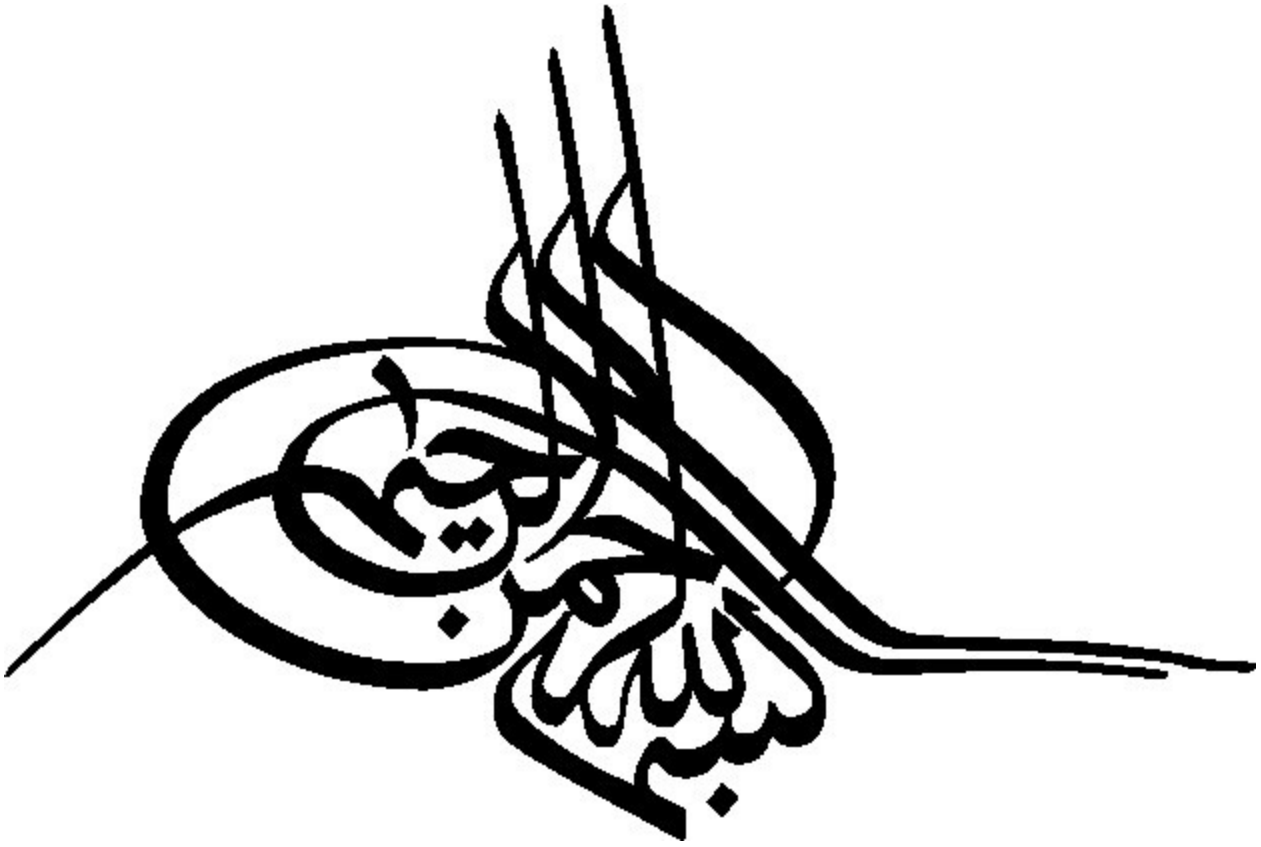
بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده شیمی
گروه شیمی کاربردی

پایاننامه
برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته شیمی کاربردی

عنوان
# تهیه کامپوزیتی از پلیمرهای مهندسی با خاصیت جذب امواج الکترومغناطیسی

استاد راهنما
**دکتر عبد الرضا میر محسنی**

استاد مشاور
**دکتر سهراب احمدی**

پژوهشگر
**سمیه پژاوند**

شهریور ۱۳۸۸

**تقدیم به:**

**مادرم، که زندگی ام میوه ایثار اوست و موفقیتم حاصل نیایش های شبانگاهی اش. به او که در تنگنای زندگی همراه وهمرازم بوده است و پدرم که حمایتهای بی دریغش اطمینان بخش دنیای نگرانی هایم است، او که دستهایش همیشه دستیارم بوده است.**

**سایه شان مستدام**

تشکر و سپاس فراوان از استاد بزرگوار جناب آقای **دکتر عبدالرضا میر محسنی** که امر نظارت پایان نامه را بر عهده داشتند. توفیق روزافزون در عرصه علم ودانش را برای آنجناب خواستارم.

# با تشکر از:


- جناب آقای دکتر سهراب احمدی مشاور این پروژه بخاطر مساعدت های ارزنده ایشان
- مدیریت محترم گروه شیمی کاربردی جناب آقای دکتر داریوش سالاری
- هیئت محترم داوران جناب آقای دکتر علی اولاد قره گوز
- ریاست محترم دانشکده شیمی جناب آقای دکتر نمازی
- معاونت محترم پژوهشی جناب آقای دکتر نیایی
- معاونت محترم آموزشی جناب آقای دکتر خاندار
- کلیه اساتید محترم دانشکده شیمی
- کلیه کارمندان محترم دانشکده شیمی
- دوستان و هم آزمایشگاهیان عزیزم خانمها: قنبری، جدائی، خلیق، اکبری، فرشی، فریدی، بنی بایرامی، فربودی و آقایان: حسینی، لطفی، زواره، دراجی، راستگو، وحدت، محمودی و پورعطا.
- و با سپاس فراوان از تک تک اعضای خانواده ام.

**نام خانوادگی دانشجو**: پژاوند **نام**: سمیه

**عنوان پایان نامه:** تهیه کامپوزیتی از پلیمرهای مهندسی با خاصیت جذب امواج الکترومغناطیسی

**استاد راهنما:** پروفسور عبدالرضا میرمحسنی **استاد مشاور**: دکتر سهراب احمدی

**مقطع تحصیلی**: کارشناسی ارشد **رشته**: شیمی **گرایش**: کاربردی **دانشگاه**: تبریز

**دانشکده**: شیمی **تاریخ فارغ التحصیلی**: تابستان ۱۳۸۸ **تعداد صفحه**: ۱۴۶

**کلید واژه ها:** مواد جاذب رادار، پلی آنیلین، اپوکسی، میکروویو، مواد دی الکتریک

**چکیده:**

پیشرفت سریع سیستم های الکترونیکی و ارتباط از راه دور و نیز استفاده روزافزون از امواج الکترومغناطیسی، مشکلاتی را در امور نظامی و ارتباطی (خصوصاً در ناحیه میکروویو) به وجود آورده است. لذا استفاده از جاذب های امواج بمنظور حفاظت از سیستم های الکترونیکی نظیر سیستم‌های موبایل در برابر اغتشاشات امواج الکترومغناطیسی، استتار تجهیزات جنگی از دید رادار دشمن و حفاظت از خطرات احتمالی جذب این امواج در بدن امری اجتناب ناپذیراست. مطالعات در مورد توسعه مواد جاذب امواج رادار در امور نظامی در گستره ۱۲-۸ گیگاهرتز انجام می شود. در این پروژه هدف اصلی تهیه جاذب‌های امواج میکروویو می باشد. بر همین اساس، در این کار پژوهشی، روکش‌های پلی آنیلین/اپوکسی، پلی انیلین/اپوکسی-پلی یورتان، $TiO_2$/اپوکسی و پلی آنیلین/کوپلیمر(بوتیل آکریلات-وینیل استات) با درصد های مختلف پرکننده سنتز شدند. از پلیمرهای مهندسی اپوکسی، اپوکسی/پلی یورتان و کوپلیمر(وینیل استات- بوتیل آکریلات) به عنوان پلیمر های دی الکتریک و از پلی آنیلین و $TiO_2$ به عنوان پرکننده استفاده شده و دارای ثابت دی الکتریک بسیار بالایی می باشند. میزان ثابت دی الکتریک مختلط ($\varepsilon' - j\varepsilon''$) و جذب نمونه در گستره باند ایکس با استفاده از روش خطوط انعکاسی/ عبوری (TR) اندازه گیری گردید.

روکش پلی آنیلین/ اپوکسی در ضخامت ۳ میلیمتر و غلظت ۱۵٪ وزنی از پلی آنیلین دارای انعکاس اتلافی برابر با dB ۴/ ۱۹- در فرکانس ۱۰/۱ گیگا هرتز ( جذبی تقریبا برابر با ۹۹ ٪) بود. روکش پلی آنیلین/ اپوکسی -پلی‌یورتان در ضخامت ۳ میلیمتر و غلظت ۱۵٪ وزنی از پلی آنیلین، انعکاس اتلافی برابر با dB ۲۳/۱- ( جذبی تقریبا برابر با ۹۹/۵ ٪) از خود نشان داد. روکش $TiO_2$/ اپوکسی در ضخامت ۳ میلیمتر و غلظت ۱۵٪ وزنی از پلی آنیلین دارای انعکاس اتلافی برابر با dB ۱۷/۵- ( جذبی تقریبا برابر با ۲/- ۹۸ ٪) بود. روکش پلی‌آنیلین/ کوپلیمر(بوتیل آکریلات - وینیل استات) در ضخامت تقریبی ۱۰۰ میکرومتر و غلظت ۰/۶ درصد وزنی از پلی آنیلین پهنای باندی برابر با ۳ گیگا هرتز و انعکاس اتلافی برابر با dB ۱۳/۵- ( جذبی تقریبا برابر با ۹۵ ٪) را از خود نشان داد. خواص مکانیکی روکش های سنتز شده از قبیل خواص چسبندگی، سختی، خراش، خوردگی و دانسیته نیز مورد بررسی قرار گرفت. .نتایج حاصل از بررسی نشان داد که در جاذب های رزونانسی، با افزایش محتوای پلی آنیلین و $TiO_2$ میزان جذب امواج الکترومغناطیسی در ناحیه میکروویو نیز بهبود می یابد. از کامپوزیت های حاصله می توان در سپرسازی امواج الکترومغناطیسی و به عنوان روکش در تجهیزات نظامی برای کاهش سطح مقطع راداری استفاده کرد.

## فصل اول: مقدمه وبررسی منابع

1-1- تعریف امواج الکترومغناطیسی.....1
1-1-1- امواج میکروویو.....2
1-2- ثابت دی الکتریک و کاربرد آن.....3
1-3- تعریف انعکاس اتلافی و کاربرد آن.....4
1-3-1- مواد جاذب رادار.....4
1-4- روشهای اندازه گیری و محاسبه میزان انعکاس اتلافی.....5
1-5- تعریف سپرسازی الکترومغناطیسی و کاربرد آن.....8
1-6- انواع جاذب‌ها.....9
1-6-1- انواع جاذب‌ها از لحاظ ساختار.....9
1-6-1-1- جاذب با امپدانس متغیر.....9
1-6-1-2- جاذب‌های رزونانسی.....10
1-6-2- انواع جاذب از لحاظ اجزای سازنده.....10
1-6-2-1- جاذب‌های دی الکتریکی.....10
1-6-2-2- جاذب‌های مغناطیسی.....11
1-6-2-3- جاذب های فروالکتریک.....11
1-7- ویژگیها و کاربرد مواد جاذب امواج میکروویو.....12
1-8- پارامترهای موثر و مکانیزم جذب امواج میکروویو در جاذب‌های رزونانسی.....12
1-8- 1- خواص مواد دی الکتریک و اثر پاشندگی در آنها.....14
1-9- انتخاب پلیمر دی الکتریک مناسب.....19
1-9-1- پلیمر دی الکتریک اپوکسی.....19
1-9-2- پلیمر دی الکتریک پلی یورتان ترموپلاستیک (TPU).....20
1-10- انتخاب پرکننده های مناسب.....21

1-10-1- پلی آنیلین.....21
1-10-1-1- اساس عملکرد پلیمرهای هادی.....22
1-10- 2- پرکننده معدنی(دی اکسید تیتانیم).....23
1-11- بررسی منابع.....24
1-12- اهداف پروژه حاضر.....30

## فصل دوم: مواد و روشها

2-1- مواد مصرف شده.....31
2-2- دستگاهها و تجهیزات به کار گرفته شده.....31
2-2-1- دستگاه HP network analyzer .....31
2-2-2- موجبر راست گوشه.....33
2-2-3- دستگاه اسیلوسکوپ (نوسان نما).....34
2-2-4- آنتن تولید کننده و گیرنده امواج الکترومغناطیسی.....34
2-2-5- دستگاه اندازه گیری سختی (دورمیتر) ).....34
2-2-6- دستگاه اندازه گیری چسبندگی.....35
2-2-7- دستگاه اندازه گیری خراش.....36
2-2-8- دستگاه اندازه گیری رسانایی الکتریکی.....37
2-2-9- سایر تجهیزات.....38
2-3- روشهای بکار رفته.....39
2-3- 1- روش تهیه کامپوزیت پلی آنیلین / کوپلیمر (بوتیل آکریلات – وینیل استات).....39
2-3-1-1- محاسبه درصد وزنی مواد جامد در محلول امولسیونی کوپلیمر بوتیل‌آکریلات – وینیل‌استات.....41
2-3-1-2- محاسبه نسبت وزنی پلی آنیلین به کوپلیمر جامد (بوتیل آکریلات – وینیل استات) در کامپوزیت سنتز شده.....42

2-3-1-3- روش تهیه روکش از کامپوزیت پلی‌آنیلین/ کوپلیمر(بوتیل آکریلات – وینیل استات).....42
2-3-2- تهیه فرمولاسیون های کامپوزیتهای اپوکسی.....43
2-3-2-1- روش تهیه قالب‌های سیلیکونی.....43
2-3-2-2- روش سنتز پلی آنیلین.....43
2-3-2-3- روش تهیه فرمولاسیون کامپوزیت پلی‌آنیلین / اپوکسی.....44
2-3-2-4- تهیه کامپوزیت اپوکسی - پلی یورتان/ پلی آنیلین.....45
2-3-2-4-الف- تهیه محلول پلی یورتان.....45
2-3-2-4-ب- روش تهیه فرمولاسیون کامپوزیت پلی‌آنیلین/ اپوکسی - پلی یورتان(EP-PU).....45
2-3-2-5- روش تهیه فرمولاسیون کامپوزیت $TiO_2$ / اپوکسی.....46
2-4- روشهای تعیین خواص فیزیکی.....48
2-4-1- اندازه‌گیری ثابت‌های دی‌الکتریک حقیقی، موهومی و میزان انعکاس اتلافی امواج میکروویو در گستره باند ایکس به روش خطوط انعکاسی/ عبوری(TR) .....48
2-4-2- روش اندازه‌گیری میزان سپرسازی امواج الکترومغناطیسی روکش های مورد بررسی.....51
2-5- روش اندازه‌گیری دانسیته.....52
2-6- آزمون سختی.....53
2-7- روش اندازه گیری چسبندگی.....53
2-7-1-روش اندازه‌گیری چسبندگی کامپوزیت پلی‌آنیلین/کوپلیمر(وینیل‌استات – بوتیل‌اکریلات).....53
2-7-2- روش اندازه‌گیری چسبندگی کامپوزیت اپوکسی.....54
2-8- روش اندازه گیری خراش.....55
2-9- بررسی خاصیت خوردگی.....57
2-9-1- تهیه الکترود برای بررسی خاصیت خوردگی.....57
2-9-2- اندازه گیری پتانسیل خوردگی(پتانسیل مدار باز).....57
2-9-3- رسم منحنی های تافلی.....58

## فصل سوم: نتایج و بحث

3-1- نتایج حاصل از اندازه‌گیری خاصیت دی‌الکتریک.....59

3-1-1- بررسی اندازه‌گیری خاصیت دی‌الکتریک کامپوزیت پلی‌آنیلین/اپوکسی با تغییر محتوای پلی‌آنیلین در ناحیه باند ایکس.....59

3-1-2- بررسی اندازه گیری خاصیت دی‌الکتریک کامپوزیت پلی آنیلین/اپوکسی -پلی یورتان با تغییر محتوای پلی آنیلین در ناحیه باند ایکس.....63

3-1-3- بررسی اندازه گیری خاصیت دی‌الکتریک کامپوزیت $Tio_2$/اپوکسی با تغییر محتوای $Tio_2$ در ناحیه باند ایکس.....66

3-1-4- بررسی اندازه‌گیری خاصیت دی‌الکتریک کامپوزیت پلی‌آنیلین/کوپلیمر(وینیل‌استات-بوتیل آکریلات) با تغییر محتوای پلی آنیلین در ناحیه باند ایکس.....69

3-2- نتایج حاصل از اندازه گیری خاصیت تانژانت اتلافی.....72

3-2-1- بررسی اندازه گیری تانژانت اتلافی کامپوزیت پلی آنیلین/اپوکسی با تغییر محتوای پلی آنیلین در ناحیه باند ایکس.....72

3-2-2- بررسی اندازه گیری تانژانت اتلافی کامپوزیت پلی آنیلین/اپوکسی-پلی یورتان با تغییر محتوای پلی آنیلین در ناحیه باند ایکس.....74

3-2-3- بررسی اندازه گیری تانژانت اتلافی کامپوزیت $Tio_2$/اپوکسی با تغییر محتوای پلی آنیلین در ناحیه باند ایکس.....76

3-2-4- بررسی اندازه گیری تانژانت اتلافی کامپوزیت پلی آنیلین/ کوپلیمر(وینیل استات-بوتیل آکریلات) با تغییر محتوای پلی آنیلین در ناحیه باند ایکس.....77

3-3- نتایج حاصل از اندازه گیری خاصیت هدایت میکروویو.....79

3-3-1- بررسی اندازه گیری هدایت میکرویو کامپوزیت پلی آنیلین/اپوکسی با تغییر محتوای پلی آنیلین در ناحیه باند ایکس.....79

3-3-2- بررسی اندازه گیری هدایت میکرویو کامپوزیت پلی آنیلین/اپوکسی-پلی یورتان با تغییر محتوای پلی آنیلین در ناحیه باند ایکس.....80

3-3-3- بررسی اندازه گیری هدایت میکرویو کامپوزیت $Tio_2$/اپوکسی با تغییر محتوای پلی آنیلین در ناحیه باند ایکس.....81

3-3-4- بررسی اندازه گیری هدایت میکروویو کامپوزیت پلی آنیلین/ کوپلیمر(وینیل استات-بوتیل آکریلات) با تغییر محتوای پلی آنیلین در ناحیه باند ایکس.....83

3-4- نتایج حاصل از اندازه گیری خاصیت انعکاس اتلافی.....84

3-4-1- نتایج اندازه گیری انعکاس اتلافی کامپوزیت پلی آنیلین / اپوکسی با تغییر محتوای پلی آنیلین در ناحیه باند ایکس.....84

3-4-2- نتایج اندازه گیری انعکاس اتلافی کامپوزیت پلی آنیلین / اپوکسی-پلی یورتان با تغییر محتوای پلی آنیلین در ناحیه باند ایکس.....87

3-4-3- نتایج اندازه گیری انعکاس اتلافی کامپوزیت $TiO_2$ / اپوکسی با تغییر محتوای پلی آنیلین در ناحیه باند ایکس.....89

3-4-4- نتایج اندازه گیری انعکاس اتلافی کامپوزیت پلی آنیلین / کوپلیمر(وینیل استات-بوتیل آکریلات) با تغییر محتوای پلی آنیلین در ناحیه باند ایکس.....91

3-4-5- نتایج اندازه گیری انعکاس اتلافی کامپوزیت پلی آنیلین / اپوکسی با ضخامت های مختلف در ناحیه باند ایکس.....94

3-4-6- مقایسه نتایج حاصل از اندازه گیری انعکاس اتلافی سیستم های اپوکسی مطالعه شده.....95

3-5- نتایج حاصل از بررسی میزان سپرسازی در برابر امواج الکترومغناطیسی.....97

3-5-1- بررسی میزان تغییرات سپرسازی الکترومغناطیسی در اثر تغییر محتوای پلی‌آنیلین کامپوزیت پلی آنیلین/اپوکسی.....97

3-5-2- بررسی میزان تغییرات سپرسازی الکترومغناطیسی در اثر تغییر محتوای پلی‌آنیلین کامپوزیت پلی-آنیلین/ اپوکسی- پلی اورتان.....99

3-5-3- بررسی میزان تغییرات سپرسازی الکترومغناطیسی در اثر تغییر محتوای $TiO_2$ کامپوزیت $TiO_2$ / اپوکسی.....101

3-5-4- بررسی میزان تغییرات سپرسازی الکترومغناطیسی کامپوزیت پلی‌آنیلین/ کوپلیمر (بوتیل آکریلات - وینیل استات) با تغییر ضخامت و محتوای روکش.....102
3-6- بررسی دانسیته.....104
3-6-1- بررسی دانسیته نمونه های مورد مطالعه.....104
3-7- بررسی سختی.....107
3-7-1- بررسی تغییر محتوای پلی‌آنیلین کامپوزیت پلی آنیلین/اپوکسی در سختی.....107
3-7-2- بررسی تغییر محتوای پلی‌آنیلین کامپوزیت پلی‌آنیلین/ اپوکسی- پلی یورتان در سختی.....108
3-7-3- بررسی تغییر محتوای $TiO_2$ کامپوزیت $TiO_2$ / اپوکسی در سختی.....110
3-8- بررسی چسبندگی.....111
3-8-1- بررسی تغییر محتوای پلی‌آنیلین کامپوزیت پلی آنیلین/اپوکسی در چسبندگی.....111
3-8-2- بررسی تغییر محتوای پلی‌آنیلین کامپوزیت پلی‌آنیلین/ اپوکسی- پلی یورتان در چسبندگی.....113
3-8-3- بررسی تغییر محتوای $TiO_2$ کامپوزیت $TiO_2$ / اپوکسی در چسبندگی.....114
3-8-4- بررسی تغییر محتوای پلی‌آنیلین کامپوزیت پلی آنیلین/ کوپلیمر( وینیل استات – بوتیل اکریلات) در چسبندگی.....116
3-9- بررسی تست خراش.....117
3-9-1- بررسی تغییر محتوای پلی‌آنیلین کامپوزیت پلی آنیلین/اپوکسی در خراش.....117
3-9-2- بررسی تغییر محتوای پلی‌آنیلین کامپوزیت پلی‌آنیلین/ اپوکسی- پلی یورتان در خراش.....119
3-9-3- بررسی تغییر محتوای $TiO_2$ کامپوزیت $TiO_2$ / اپوکسی در خراش.....121
3-9-4- بررسی تغییر محتوای پلی‌آنیلین کامپوزیت پلی آنیلین/کوپلیمر(وینیل استات-بوتیل اکریلات) در خراش.....123
3-10- نتایج حا صل از خوردگی نمونه های مورد مطالعه.....124
3-10-1- پتانسیل مدار باز کامپوزیت پلی آنیلین/اپوکسی.....124
3-10-2- منحنی های تافل کامپوزیت پلی آنیلین/اپوکسی.....125

3-10-3- پتانسیل مدار باز کامپوزیت پلی آنیلین/اپوکسی-پلی یورتان.....127
3-10-4- منحنی های تافل کامپوزیت پلی آنیلین/اپوکسی-پلی یورتان.....128
3-10-5- پتانسیل مدار باز کامپوزیت $TiO_2$/اپوکسی.....130
3-10-6- منحنی های تافل کامپوزیت $TiO_2$/اپوکسی.....131
3-10-7- پتانسیل مدار باز کامپوزیت پلی آنیلین/کوپلیمر(بوتیل آکریلات-وینیل استات).....132
3-10-8- منحنی های تافل کامپوزیت پلی آنیلین/کوپلیمر(بوتیل آکریلات-وینیل استات) .....133
3-12- نتایج اندازه گیری هدایت کامپوزیت پلی آنیلین/کوپلیمر(بوتیل آکریلات- وینیل استات) .....134
3-13- نتیجه‌گیری.....136
3-14- پیشنهادات.....137
3-15- منابع و رفرانس.....138

# فهرست جداول

جدول(2- 1)- فرمولاسیون کامپوزیت پلی‌آنیلین/کوپلیمر(بوتیل آکریلات-وینیل استات) با درصدهای مختلف آنیلین.....41

جدول(2-2)- فرمولاسیون پلی‌آنیلین / اپوکسی به کار رفته برای بررسی خواص فیزیکی و مکانیکی.....44

جدول(2-3)- فرمولاسیون پلی‌آنیلین/ اپوکسی-پلی یورتان بکار رفته برای بررسی خواص فیزیکی و مکانیکی.....46

جدول(2-4)- فرمولاسیون TiO2/اپوکسی به کار رفته برای بررسی خواص فیزیکی و مکانیکی.....48

جدول (3-1): اندازه گیری تغییرات انعکاس اتلافی در برابر امواج الکترومغناطیسی سیستم اپوکسی.....96

جدول (3-2): اندازه گیری تغییرات سپرسازی(SE) در برابر امواج الکترومغناطیسی با تغییر محتوای آنیلین (نسبت پلی آنیلین به کوپلیمر(بوتیل آکریلات- وینیل استات) .....104

جدول(3-3)- مقادیر دانسیته برای بررسی تاثیر مقدار پلی آنیلین در سیستم اپوکسی.....105

جدول(3-4)- مقادیر دانسیته برای بررسی تاثیر مقدار پلی آنیلین در سیستم اپوکسی/پلی اورتان.....105

جدول(3-5)- مقادیر دانسیته برای بررسی تاثیر مقدار $TiO_2$ در سیستم اپوکسی.....106

جدول (3-6)- نتایج تست سختی کامپوزیت پلی آنیلین /اپوکسی با تغییر محتوای پلی آنیلین.....107

جدول (3-7)- نتایج سختی کامپوزیت پلی آنیلین/اپوکسی-پلی‌یورتان با تغییر محتوای پلی‌آنیلین.....109

جدول (3-8)- نتایج تست سختی کامپوزیت $TiO_2$/اپوکسی با تغییر محتوای پلی‌آنیلین$TiO_2$ .....110

جدول (3-9)- نتایج تست چسبندگی کامپوزیت پلی آنیلین/اپوکسی با تغییر محتوای پلی‌آنیلین.....112

جدول (3-10)- نتایج چسبندگی کامپوزیت پلی آنیلین/اپوکسی-پلی یورتان با تغییر محتوای پلی‌آنیلین.....113

جدول (3-11)- نتایج تست چسبندگی کامپوزیت $TiO_2$/اپوکسی با تغییر محتوای $TiO_2$.....115

جدول (3-12)- نتایج تست چسبندگی کامپوزیت پلی‌آنیلین/کوپلیمر(وینیل استات– بوتیل اکریلات) با تغییر محتوای پلی آنیلین.....116

جدول(3-13): هدایت حجمی اندازه گیری کامپوزیت پلی آنیلین/کوپلیمر(بوتیل آکریلات- وینیل استات) با محتوای مختلف آنیلین (نسبت پلی آنیلین به کوپلیمر(بوتیل آکریلات- وینیل استات).....135

# فهرست شکل‌ها

شکل (1-1): مسیر حرکت موج( از چپ به راست).....1

شکل (1- 2) : منحنی تغییرات ضرایب دی الکتریک مواد با فرکانس امواج تابشی.....18

شکل(1-3): ساختمان مونومر رزین اپوکسی.....19

شکل(2-1): شمای داخلی دستگاه network analyzer.....32

شکل(2-2): شمای دستگاه HP network analyzer.....32

شکل (2-3): شمای موجبر راست گوشه باند X.....33

شکل(2-4): شمای اسیلوسکوپ 9400A.....34

شکل(2-5) : وسیله اندازه گیری به روش Durometer.....35

شکل(2-6) : وسیله اندازه گیری چسبندگی.....36

شکل(2-7) : وسیله اندازه گیری خراش.....37

شکل (2-8): شمای دستگاه اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی با روش استاندارد چهار نقطه‌ای.....38

شکل(2-9): طرح شماتیک از سیستم التراسونیک برای دیسپرس کردن $TiO_2$ در اپوکسی.....47

شکل (2-10): شمای دستگاه اندازه‌گیری انعکاس اتلافی.....49

شکل (2-11): شمای قطعه میان دو موجبر و نحوه قرار گیری نمونه.....49

شکل (2-12): شمای دستگاه اندازه‌گیری درصد عبور.....51

شکل (2-13): دسته بندی چسبندگی با نوار چسب.....54

شکل (3-1): تغییرات خاصیت $\varepsilon'$ کامپوزیت پلی آنیلین / اپوکسی نسبت به افزایش فرکانس با درصد های وزنی مختلفی از پلی آنیلین به اپوکسی.....60

شکل (3-2): تغییرات خاصیت $\varepsilon''$ کامپوزیت پلی آنیلین/ اپوکسی نسبت به افزایش فرکانس با درصد های وزنی مختلفی از پلی آنیلین به اپوکسی.....61

شکل (3-3): تغییرات $\varepsilon'$کامپوزیت پلی آنیلین/ اپوکسی-پلی یورتان نسبت به افزایش فرکانس با درصد های وزنی مختلفی از پلی آنیلین به (اپوکسی-پلی یورتان).....64

شکل (3-4): تغییرات $\varepsilon''$ کامپوزیت پلی آنیلین به اپوکسی-پلی یورتان نسبت به افزایش فرکانس با درصد های وزنی مختلفی از پلی آنیلین به (اپوکسی-پلی یورتان).....65

شکل (3-5): تغییرات خاصیت $\varepsilon'$ کامپوزیت Tio2/ اپوکسی نسبت به افزایش فرکانس با درصد های وزنی مختلفی از Tio2 به اپوکسی.....67

شکل (3-6): تغییرات خاصیت $\varepsilon''$ کامپوزیت Tio2/ اپوکسی نسبت به افزایش فرکانس با درصد های وزنی مختلفی از Tio2 به اپوکسی.....68

شکل (3-7): تغییرات خاصیت $\varepsilon'$کامپوزیت پلی آنیلین/کوپلیمر(بوتیل آکریلات- وینیل استات) نسبت به افزایش فرکانس با درصد های وزنی مختلفی از آنیلین به کوپلیمر(بوتیل آکریلات- وینیل استات).....70

شکل (3-8): تغییرات خاصیت $\varepsilon''$ کامپوزیت پلی آنیلین/کوپلیمر(بوتیل آکریلات- وینیل استات) نسبت به افزایش فرکانس با درصد های وزنی مختلفی از آنیلین به کوپلیمر(بوتیل آکریلات- وینیل استات).....71

شکل (3-9): تغییرات تانژانت اتلافی کامپوزیت پلی آنیلین/ اپوکسی نسبت به افزایش فرکانس با درصدهای وزنی مختلفی از پلی آنیلین به اپوکسی.....73

شکل (3-10): تغییرات تانژانت اتلافی کامپوزیت پلی آنیلین/ اپوکسی-پلی یورتان نسبت به افزایش فرکانس با درصدهای وزنی مختلفی از پلی آنیلین به اپوکسی-پلی یورتان.....75

شکل (3-11): تغییرات تانژانت اتلافی کامپوزیت Tio2/ اپوکسی نسبت به افزایش فرکانس با درصدهای وزنی مختلفی از Tio2 به اپوکسی.....76

شکل (3-12): تغییرات تانژانت اتلافی کامپوزیت پلی آنیلین/کوپلیمر(بوتیل آکریلات- وینیل استات) نسبت به افزایش فرکانس با درصدهای وزنی مختلفی از پلی آنیلین به کوپلیمر(بوتیل آکریلات- وینیل استات)....78

شکل (3-13): تغییرات هدایت میکروویو کامپوزیت پلی آنیلین/ اپوکسی نسبت به افزایش فرکانس با درصد های وزنی مختلفی از پلی آنیلین به اپوکسی.....79

شکل (3-14): تغییرات هدایت میکروویو کامپوزیت پلیآنیلین/ اپوکسی-پلی یورتان نسبت به افزایش فرکانس با درصدهای وزنی مختلفی از پلی آنیلین به (اپوکسی-پلی یورتان)..... 81

شکل (3-15): تغییرات هدایت میکروویو کامپوزیت Tio2/ اپوکسی نسبت به افزایش فرکانس با درصدهای وزنی مختلفی از Tio2 به اپوکسی.....82

شکل (3-16): تغییرات هدایت میکروویو کامپوزیت پلی‌آنیلین/کوپلیمر(بوتیل آکریلات- وینیل استات) نسبت به افزایش فرکانس با درصدهای وزنی مختلفی از آنیلین به کوپلیمر.....83

شکل (3-17): تغییرات انعکاس اتلافی امواج الکترومغناطیسی کامپوزیت پلی آنیلین/ اپوکسی نسبت به افزایش فرکانس با درصدهای وزنی مختلفی از پلی آنیلین به اپوکسی.....85

شکل (3-18): تغییرات انعکاس اتلافی امواج الکترومغناطیسی کامپوزیت پلی آنیلین / اپوکسی-پلی یورتان نسبت به افزایش فرکانس با درصد های وزنی مختلفی از پلی آنیلین به (اپوکسی-پلی یورتان).....88

شکل (3-19): تغییرات انعکاس اتلافی امواج الکترومغناطیسی کامپوزیت TiO2/ اپوکسی نسبت به افزایش فرکانس با درصدهای وزنی مختلفی از TiO2 به اپوکسی.....90

شکل (3-20): تغییرات انعکاس اتلافی امواج الکترومغناطیسی کامپوزیت پلی آنیلین/کوپلیمر(بوتیل آکریلات- وینیل استات) نسبت به افزایش فرکانس با درصدهای وزنی مختلفی از آنیلین به کوپلیمر.....92

شکل(3-21): تغییرات انعکاس اتلافی امواج میکروویو کامپوزیت پلی آنیلین/اپوکسی نسبت به افزایش فرکانس با ضخامت های مختلفی از کامپوزیت پلی آنیلین/اپوکسی.....94

شکل (3-22): تغییرات انعکاس اتلافی امواج الکترومغناطیسی سیستم‌های مختلف اپوکسی در فرکانس 10GHz نسبت به افزایش در صد وزنی.....96

شکل(3-23): تغییرات سپرسازی در برابر امواج الکترومغناطیسی کامپوزیت پلی آنیلین/ اپوکسی نسبت به افزایش فرکانس با درصدهای وزنی مختلفی از پلی آنیلین به اپوکسی.....98

شکل(3-24): تغییرات سپرسازی در برابر امواج الکترومغناطیسی کامپوزیت پلی آنیلین/ اپوکسی- پلی اورتان نسبت به افزایش فرکانس با درصدهای وزنی مختلفی از پلی آنیلین به (اپوکسی- پلی اورتان).....100

شکل(3-25): اندازه‌گیری تغییرات سپرسازی در برابر امواج الکترومغناطیسی کامپوزیت $TiO_2$/اپوکسی نسبت به افزایش فرکانس با درصدهای وزنی مختلفی از $TiO_2$ به اپوکسی.....101

شکل(3-26): اندازه‌گیری تغییرات سپرسازی در برابر امواج الکترومغناطیسی کامپوزیت پلی آنیلین/کوپلیمر (بوتیل‌آکریلات- وینیل‌استات) نسبت به افزایش فرکانس با درصدهای وزنی مختلف آنیلین به کوپلیمر...103

شکل(3-27)- تغییرات سختی روکش تهیه شده از کامپوزیت پلی آنیلین/اپوکسی با افزایش محتوای پلی-آنیلین.....108

شکل(3-28)- تغییرات سختی روکش تهیه شده از کامپوزیت پلی آنیلین/اپوکسی-پلی یورتان با افزایش محتوای پلی‌آنیلین.....109

شکل(3-29)- تغییرات سختی روکش تهیه شده از کامپوزیت TiO2/اپوکسی با افزایش محتوای TiO2 ..111

شکل(3-30)- تغییرات چسبندگی روکش تهیه شده از کامپوزیت پلی آنیلین/اپوکسی با افزایش محتوای پلی‌آنیلین.....112

شکل(3-31)- تغییرات چسبندگی روکش تهیه شده از کامپوزیت پلی آنیلین/اپوکسی-پلی یورتان با افزایس محتوای پلی‌آنیلین.....114

شکل(3-32)- تغییرات چسبندگی روکش تهیه شده از کامپوزیت TiO2/اپوکسی با افزایش محتوای TiO2.....115

شکل(3-33)- تغییرات مقاومت خراش روکش تهیه شده از کامپوزیت پلی آنیلین/اپوکسی با افزایش محتوای پلی‌آنیلین.....118

شکل(3-34)- تغییرات درجه سختی خراش روکش تهیه شده از کامپوزیت پلی آنیلین/اپوکسی با افزایش محتوای پلی‌آنیلین.....118

شکل(3-35)- تغییرات مقاومت خراش روکش تهیه شده از کامپوزیت پلی آنیلین/اپوکسی-پلی یورتان با افزایش محتوای پلی‌آنیلین.....120

شکل(3-36)- تغییرات درجه سختی خراش روکش تهیه شده از کامپوزیت پلی آنیلین/اپوکسی-پلی یورتان با افزایش محتوای پلی آنیلین.....120

شکل(3-37)- تغییرات مقاومت خراش روکش تهیه شده از کامپوزیت TiO2/اپوکسی با افزایش محتوای TiO2.....121

شکل(3-38)- تغییرات درجه سختی خراش روکش تهیه شده از کامپوزیت TiO2/اپوکسی با افزایش محتوای TiO2.....122

شکل(3-39)- تغییرات مقاومت خراش روکش تهیه شده از کامپوزیت پلی آنیلین/کوپلیمر(وینیل استات-بوتیل آکریلات) با افزایش محتوای آنیلین.....123

شکل(3-40)-تغییرات درجه سختی خراش روکش تهیه شده از کامپوزیت پلی‌آنیلین/کوپلیمر(وینیل استات-بوتیل‌آکریلات) با افزایش محتوای آنیلین.....124

شکل(3-41)- تغییرات منحنی های OCP روکش تهیه شده از کامپوزیت پلی آنیلین/اپوکسی با افزایش محتوای پلی‌آنیلین.....125

شکل 3-42- منحنی های تافل کامپوزیت پلی آنیلین/اپوکسی با تغییر محتوای پلی‌آنیلین.....126

شکل 3-43- شمای جلوگیری از خوردگی فولاد به وسیله مکانیسم پسیو سیستم پلی آنیلین/اپوکسی.....127

شکل 3-44- تغییرات منحنی های OCP روکش تهیه شده از کامپوزیت پلی آنیلین/اپوکسی-پلی یورتان با افزایش محتوای پلی‌آنیلین.....128

شکل 3-45- منحنی های تافل کامپوزیت پلی آنیلین/اپوکسی-پلی یورتان با تغییر محتوای پلی‌آنیلین.....129

شکل 3-46- تغییرات منحنی های OCP روکش تهیه شده از کامپوزیت TiO2/اپوکسی با افزایش محتوای TiO2.....130

شکل 3-47- تغییرات منحنی های تافل روکش تهیه شده از کامپوزیت TiO2/اپوکسی با افزایش محتوای TiO2.....131

شکل (3-48): تغییرات منحنی های OCP روکش تهیه شده از کامپوزیت پلی آنیلین/ کوپلیمر(بوتیل آکریلات-وینیل استات) با افزایش محتوای آنیلین.....132

شکل (3-49): تغییرات منحنی های تافل روکش تهیه شده از کامپوزیت پلی آنیلین/ کوپلیمر(بوتیل آکریلات-وینیل استات) با افزایش محتوای آنیلین.....133

# فهرست اختصارات

| | | |
|---|---|---|
| *RL* | Reflection Loss | انعکاس اتلافی |
| TPU | Thermoplastic polyurethne | پلی یورتان ترموپلاستیک |
| $\varepsilon'$ | Real Dielectric Constant | ثابت دی الکتریک حقیقی |
| $\varepsilon''$ | Image Dielectric Constant | ثابت دی الکتریک موهومی |
| $\mu'$ | Real Permeability Constant | ثابت نفوذپذیری حقیقی |
| $\mu''$ | Image Permeability Constant | ثابت نفوذپذیری موهومی |
| SE | Shielding effectiveness | تاثیر سپرسازی |
| $BaTiO_3$ | Barium titanate | تیتانات باریم |
| dB | Decibel | دسی بل |
| HARP | Halpern Anti Radiation Paint | رنگ ضد تابش هالپرن |
| NDA | disulfonic acid disodium salt naphthalene | نمک دی سدیم نفتالن دی سولفونیک اسید |