

بی قاعده‌گی رسانش الکتریکی در شیشه‌های نقره و انادیم - تلوریمی در دماهای بالاتر از یک دمای مشخصه: شاهدی بر رسانش مخلوط یونی - پلارونی غیر بی دررو

زهرا اسمعیلی طحان، داریوش سوری*

گروه فیزیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه ملایر، ملایر

* d.souri@gmail.com

چکیده:

بی قاعده‌گی رسانش الکتریکی در رزیم رسانشی مخلوط یون-پلارون برای سیستم شیشه‌ای- $x\text{Ag}_2\text{O}-(60-x)\text{V}_2\text{O}_5-40\text{TeO}_2$ با $5\leq x\leq 50$ درصد مولی، تهیه شده به روش معمول فرونشانی مذاب، مشاهده شد. در شیشه‌های مورد مطالعه، وابستگی دمایی رسانش الکتریکی جریان مستقیم نمونه‌ها از یک دمای مشخصه تا ۳۱۰ درجه کلوین اندازه گیری شد که ماهیت نیم رسانشی نمونه‌ها را تایید نمود. مقادیر اندازه گیری شده در دمای نوعی ۳۰ درجه کلوین در گستره‌ی $10^{-3}\text{ A}/10\times 10^{-7}\text{ S cm}^{-1}$ بدست آمد که نشان دهنده روند کاهشی رسانش الکتریکی با افزایش تراکم اکسید نقره برای نمونه‌ها با $x=30$ و یک روند افزایشی در نمونه‌های با $x=40-50$ می‌باشد. با افزایش درصد مولی Ag_2O در گستره‌ی $20\leq x\leq 50$ و به ویژه برای نمونه با $x=50$ مکانیسم رسانش از جهش پلارونی به پلارونی- یونی تغییر می‌یابد که شاهدی بر بی قاعده‌گی مکانیسم رسانشی است. مکانیسم رسانش الکتریکی نمونه‌های حاضر در دماهای بالاتر از یک دمای مشخصه، از مکانیسم جهش غیر بی دررو پلارون کوچک الکترون‌ها بین یون‌های وانادیم پیروی نموده و مقادیر تحرک و چگالی حامل بار به عنوان پارامترهایی مهم در بررسی خواص الکتریکی در رزیم غیر بی دررو محاسبه شدند. هم چنین بررسی پارامتر چگالی اکسیژن‌های غیرپیوندی نشان دهنده اثر Ag_2O روی پایداری گرمایی و تردی شیشه‌ها می‌باشد و دلالت بر معرفی نمونه‌ی با مقدار بحرانی $x=20$ بعنوان نمونه‌ی با بالاترین پایداری گرمایی دارد.

اطلاعات مقاله:

دريافت: ۷ بهمن ۱۳۹۷
پذيرش: ۲۸ مرداد ۱۳۹۸

كليد واژه:

رسانش مخلوط پلارونی- یونی،
سرمايش سريع مذاب، جهش غير
بی دررو پلارون های کوچک،
چگالی اکسیژن های غیرپیوندی

توجهی در زمینه انواع نیم رساناهای آمورف دست می‌یابند، چرا که حتی تغییر اندازه درصدهای مولی مولفه‌های تشکیل دهنده مواد آمورف، باعث پیدایش خواص و ویژگی‌های

علیرغم پیشینه دور بررسی ویژگی‌های مواد آمورف، سالانه دانشمندان و پژوهشگران فیزیک و علم مواد به نتایج جالب

۱- مقدمه



یون‌های قلیایی مانند نقره، بتوان رسانش آنها را بهبود داد؛ بنابراین در پژوهش حاضر، از طریق وابستگی دمایی رسانش الکتریکی شیشه‌های اخیر در دماهای بالاتر از یک دمای مشخصه (دمای جدا کننده نواحی شیب بالا و پایین در نمودارهای وابستگی دمایی رسانش) به مطالعه بی‌قاعده‌گی رسانش الکتریکی وجود رسانش یونی-پلارونی و همچنین تایید مکانیسم بی‌درو جهش پلارون کوچک می‌پردازیم.

۲- فعالیت‌های تجربی

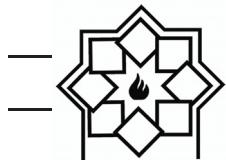
۲-۱- روش ساخت نمونه‌ها

در پژوهش حاضر، نمونه‌های $(60-x)\text{Ag}_2\text{O}-40\text{TeO}_2$ - $x\text{V}_2\text{O}_5$ با ذوب مولفه‌های اولیه دی اکسید تلوریم، پنتا اکساید وانادیم و اکسید نقره، تهیه شده از شرکت مرک آلمان، با درصدهای مولی متفاوت $x=0-50$ (که در ادامه متن به صورت TVAg_x نمایش داده می‌شوند) به روش سرمایش سریع مذاب ساخته شدند. برای بررسی‌های الکتریکی، لازم است نمونه‌ها به صورت توده‌ای تهیه شوند. جزئیات تهیه نمونه‌های توده‌ای آمورف، توسط نویسندهان مقاله حاضر در مراجع شماره ۱۱ و ۱۲ شرح داده شده است. برای انجام بررسی‌های تجربی الکتریکی، لازم است نمونه‌های توده‌ای تهیه شده، به دقت صیقل داده شوند.

۲-۲- بررسی آزمایشگاهی نمونه‌ها

جهت بررسی ماهیت ساختاری نمونه‌های تهیه شده، طرح پراش پرتو x با دستگاه دیفرکتومتر اشعه x (Unisantis-XMD-300, CuK α , India) نمونه‌ها نیز با روش ارشمیدس و استفاده از مایع غوطه‌وری پارازایلن (C_8H_{10} , $\rho=0.861\text{ gr/cm}^3$) در دمای اتاق به

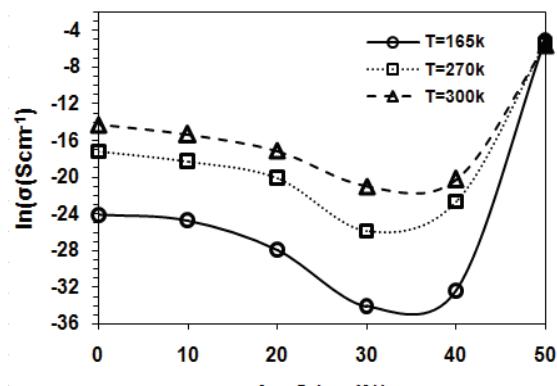
متفاوت کاربردی در آن‌ها می‌شود [۷-۱]. بنابراین، ورود به حوزه پژوهش‌های آزمایشگاهی مختلف در زمینه ساخت و بررسی خصوصیات مواد آمورف با ساختار جدید و برخوردار از پتانسیل‌های مطلوب کاربردی، ضروری به نظر می‌رسد. از بین شیشه‌های مختلف، شیشه‌های تلوریمی شامل اکسید فلزات واسطه (TMO) به دلیل دارا بودن خواص فیزیکی منحصر به فرد، مورد دقت و توجه بسیاری از پژوهشگران قرار دارند [۸-۱۲]. از طرفی با توجه به ویژگی دی اکسید تلوریم در کمک به تشکیل شیشه در ترکیبات مختلف آمورف و نیز نمگیری پایین این ماده، استفاده از این ماده در ساخت شیشه بسیار مفید و مورد توجه می‌باشد [۱]. بنابراین با توجه به توضیحات ذکر شده و نیز پتانسیل بالای کاربردی شیشه‌های تلوریمی در ساخت وسایل الکتروشیمیایی و اپتوالکترونیکی مانند باتری‌های حالت جامد، حسگرهای کلیدزن‌های الکتریکی و نوری و همچنین ویژگیهای ضدباکتری و باکتری کشی [۱۳]، مطالعه وابستگی دمایی رسانش الکتریکی این دسته از شیشه‌ها در یک گستره دمایی وسیع می‌تواند گامی موثر در پیشرفت کاربرد این مواد باشد [۴-۲]. در مطالعات اخیر، شیشه‌های $\text{TeO}_2-\text{ZnO}-\text{NiO}$ [۵]، $\text{MoO}_3-\text{TeO}_2-\text{V}_2\text{O}_5$ [۶]، $\text{TeO}_2-\text{V}_2\text{O}_5-\text{K}_2\text{O}$ [۷] و TeO_2-PbO [۱۰] از حیث خواص فیزیکی بررسی شده‌اند. هم چنین ترکیبات مختلفی از شیشه‌های $\text{Ag}_2\text{O}-\text{TeO}_2-\text{V}_2\text{O}_5$ نیز از حیث خواص فیزیکی نوری و الکتریکی توسط نویسندهان این مقاله مورد بررسی و دقت نظر قرار گرفته است [۱۱-۱۳]. اغلب شیشه‌های مذکور از حیث رسانش الکتریکی بصورت پلارونی عمل نموده و بنظر می‌رسد که شاید با ورود



ترتیب انرژی فعال سازی، ثابت بولتزمن، انرژی بی نظمی، انرژی جهش، دمای نمونه، دمای دبای، رسانندگی DC و پیش فاکتور رسانندگی می باشند. پیش فاکتور σ_0 در معادله ۱ نیز در رژیم جهش غیربری در رو الکترون‌ها توسط رابطه زیر بدست می آید [۲۱۴]:

$$\sigma_0 = \frac{V_0 N e^2 R^2 C (1 - C)}{k} \exp(-2\alpha R) \quad (3)$$

در این رابطه، V_0 فرکانس فوتون‌های نوری، C کسر کاهیده‌ی یون‌های فلزات واسطه، N چگالی یون‌های فلزات واسطه، α عامل فرو افت تابع موج الکترون و R فاصله متوسط یون‌های شبکه می باشد. با توجه به داده‌های تجربی بدست آمده، مقادیر رسانش الکتریکی نمونه‌ها در دمای نوعی 300 کلوین در گستره‌ی $5/8 \times 10^{-7} \text{ A/cm}^2$ قرار می‌گیرد که نشان‌دهنده‌ی کاهش رسانش الکتریکی با افزایش تراکم اکسید نقره برای نمونه‌های 30 - 40 و افزایش رسانش الکتریکی در نمونه‌های 40 - 50 است. در شکل ۱، تغییرات رسانش الکتریکی برای نمونه‌های مورد مطالعه در دماهای 165 ، 270 و 300 کلوین نشان داده شده است.



شکل ۱- نمودار تغییرات $\ln \sigma$ بر حسب درصد مولی Ag_2O برای نمونه‌های TVAgx در دماهای مختلف.

دست آمد. اثر دما بر رسانش الکتریکی نمونه‌های تهیه شده با ضخامت 1 mm و شعاع 1 cm با دستگاه الکترومتر Keithley (model 617) از دمای مشخصه تا 380 K با استفاده از روش چهار سیمه اندازه گیری شد.

۳- نتایج و بحث

۱-۳- الگوی پراش پرتو X (XRD)

الگوی XRD نمونه‌های TVAg_{0.40}-_{0.50} مؤید ساختار آمورف نمونه‌ها است [۱۱-۱۲]، ولی در نمونه TVAg_{0.50} قله‌های مشاهده شده نشانگر وجود فاز بلوری می‌باشد. جزئیات مربوط به الگوی XRD و نیز فازهای بلوری در نمونه TVAg_{0.50} در کارهای قبلی مؤلف ذکر شده است [۱۱-۱۲].

۲-۳- خواص الکتریکی و ملاحظات

مربوطه

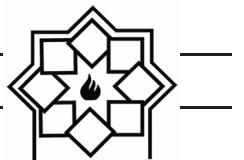
در این بخش، وابستگی دمایی رسانش الکتریکی DC نمونه‌های TVAgx در دماهای بالا (دمای بزرگتر از نصف دمای دبای) مطابق مدل جهش پلارون کوچک بین حالت‌های جایگزینده (SPH) مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این مکانیسم، رسانندگی الکتریکی DC از رابطه زیر پیروی می‌کند [۲۱۴]:

$$\sigma = \frac{\sigma_0}{T} \exp[-W/KT] \quad (4)$$

که در آن

$$W = \begin{cases} W_H + W_D/2 & T > \frac{\Theta_D}{2} \\ W_H & T < \frac{\Theta_D}{4} \end{cases} \quad (5)$$

در این رابطه، σ ، σ_0 ، T ، W_H ، W_D ، K به



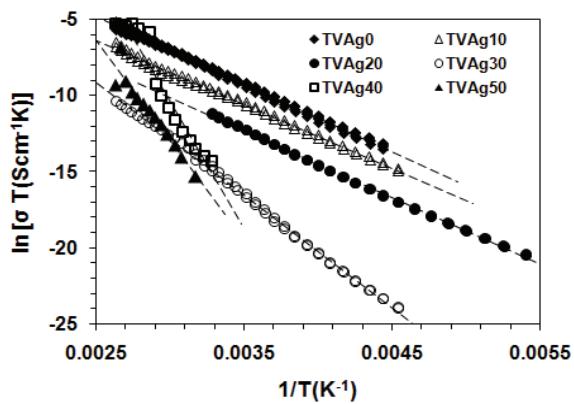
همان طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، تطابق خوب نمودار با رابطه ۱ نشان می‌دهد که در گستره‌ی دمایی مورد بررسی، برهمنکش الکترون-فونون در مکانیسم رسانشی جهش پالارون کوچک عهده‌دار رسانش الکتریکی جریان مستقیم DC در نمونه‌های مورد مطالعه خواهد بود. چنین رفتاری برای شیشه‌های $\text{Sb}-\text{TeO}_2-\text{V}_2\text{O}_5$ [۹] و $\text{K}_2\text{O}-\text{TeO}_2-\text{V}_2\text{O}_5$ [۱۵] نیز مشاهده شده است.

با استفاده از شیب نمودار تغییرات $\ln(\sigma T)$ بر حسب $\frac{1}{T}$ در گستره‌ی دمایی بالا، می‌توان مقدار انرژی فعال سازی شیشه‌ها را با استفاده از روش کمترین مربعات با ضریب همبستگی خطی حدود 0.9993 ± 0 . بدست آورد. مقادیر به دست آمده در جدول ۱ ذکر شده‌اند. هم چنین، مقایسه مقادیر انرژی فعال سازی (W) و گاف انرژی نوری (E_g) [۱۱] و [۱۲] برای نمونه‌های مورد مطالعه (جدول ۱) مovid این مطلب است که گذار حامل‌ها به صورت نوار به نوار نبوده و حامل‌های بار بین حالات جایگزیده جهش داشته‌اند.

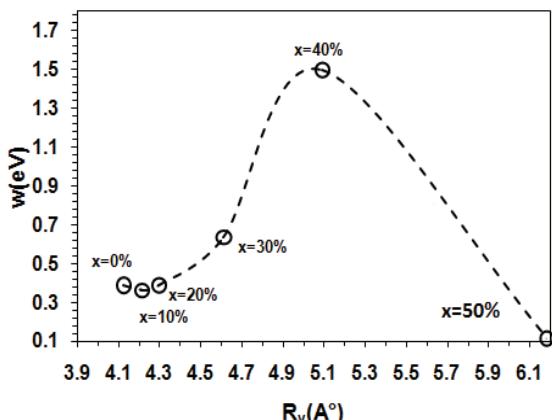
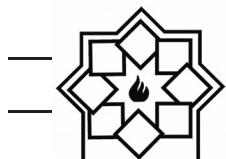
جدول ۱ - مقادیر چگالی (ρ)، انرژی فعال سازی (W)، فاصله یون‌های وانادیم (R_V)، گاف انرژی نوری (E_g)، رسانندگی الکتریکی DC در دمای K ۳۰۰ در $\sigma_{300\text{K}}$ ، پیش فاکتور رسانندگی فرمول مات ($\ln \sigma_0$)، حجم مولی اکسیژن (V_o).
[Downloaded from ijce.ir on 2025-08-02]

Sample	ρ (gr cm ⁻³)	W (eV) (Temperatur e range)[12]	R_V (A°)[12]	E_g (eV) [11]	$\sigma_{300\text{K}}$ (S cm ⁻¹)	$\ln \sigma_0$ (S cm ⁻¹ K) [12]	V_o (cm ³ mol ⁻¹) [12]
TVAg0	3.587	0.385 (225-380k)	4.12	2.35	5.88×10^{-7}	6.328	12.70
TVAg10	4.038	0.362 (220-380k)	4.21	2.30	2.07×10^{-7}	4.167	12.99
TVAg20	4.756	0.391 (200-305k)	4.30	2.19	3.49×10^{-8}	3.607	12.86
TVAg30	5.126	0.638 (220-380k)	4.61	2.30	7.32×10^{-10}	9.357	14.21
TVAg40	5.717	1.502 (310-380k)	5.09	2.72	1.55×10^{-9}	41.770	15.44
TVAg50	6.398	0.113 (315-380k)	6.18	-	3.33×10^{-3}	-	17.29

در شکل ۱، علاوه بر مشاهده اثر افزایش درصد مولی اکسید نقره روی نمونه‌های مورد پژوهش، خصلت نیم رسانا بودن نمونه‌ها به علت افزایش رسانش با افزایش دما تایید شد. شکل ۲، نمودار تغییرات $\ln(\sigma T)$ بر حسب $\frac{1}{T}$ را در گستره‌ی دمایی $\frac{\Theta_D}{2} < T < \frac{\Theta_D}{2} + 10^\circ\text{C}$ نشان می‌دهد.



شکل ۲ - نمودار تغییرات $\ln(\sigma T)$ بر حسب $\frac{1}{T}$ برای نمونه‌های TVAgx بالاتر از دمای مشخصه.



شکل ۳- نمودار تغییرات انرژی فعال‌سازی بر حسب فاصله یون‌های وانادیم در نمونه‌های TVAgx [۱۲].

در واقع، تغییرات در رسانش الکتریکی DC شیشه‌های TVAgx به دو بخش تقسیم می‌شود. رسانش در گستره‌ی TVAg₀₋₂₀ الکتریکی بوده و رسانش ناشی از حضور یون‌های نقره (رسانش یونی) در این رسانش نقشی اندکی دارد؛ اما در گستره‌ی TVAg₂₀₋₅₀ رسانش، ناشی از حضور موثر یون‌های نقره در ترکیبات شیشه‌ها می‌باشد؛ بنابراین در این گستره هر دو رسانش الکتریکی و یونی موثر خواهند بود و در $x \geq 40\%$ تغییر جدی در انرژی فعال‌سازی الکتریکی نشانده‌نده غلبه رسانش یونی است. این موضوع نشانده‌نده بی قاعده‌گی در روند رسانش الکتریکی نمونه‌هاست چرا که بطور معمول در شیشه‌های اکسیدی حاوی فلزات واسطه (نظیر وانادیم)، رسانش پلارونی رسانش غالب است.

۴-۳- تعیین پارامترهای رسانش الکتریکی

در این بخش، پارامترهای مربوط به رسانش الکتریکی شیشه‌های مورد مطالعه در گستره‌ی دمایی بالا، توسط

۳-۳- رابطه بین انرژی فعال‌سازی و فاصله میانگین یون‌های وانادیم

از آنجایی که ارتباط بین انرژی فعال‌سازی با فاصله بین یون‌های موجود در ساختار نمونه‌ها می‌تواند تحلیلی ساده بر مکانیسم رسانش الکتریکی DC نمونه‌ها باشد، به بررسی ارتباط بین پارامتر انرژی فعال‌سازی و فاصله بین یون‌های وانادیم در نمونه‌های مورد پژوهش می‌پردازیم.

فاصله یون‌های وانادیم در هر نمونه را می‌توان با استفاده از رابطه زیر یافت:

$$R_V \approx (1/N_V)^{\frac{1}{3}} \quad (4)$$

در این رابطه N_V چگالی یون‌های وانادیم می‌باشد که از رابطه زیر بدست می‌آید [۹و ۱۱].

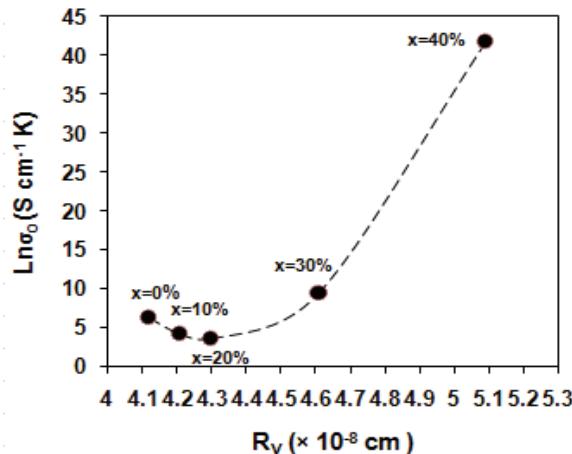
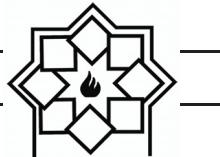
$$N_V = 2 [(\rho X_{V_2O_5} / M_{V_2O_5}) N_A] \quad (5)$$

که N_A عدد آلوگاردو، ρ جرم مولکولی ترکیب V_2O_5 در نمونه، درصد مولی ترکیب V_2O_5 در نمونه، چگالی نمونه، چگالی و فاصله یون‌های وانادیم در ترکیب نمونه هستند.

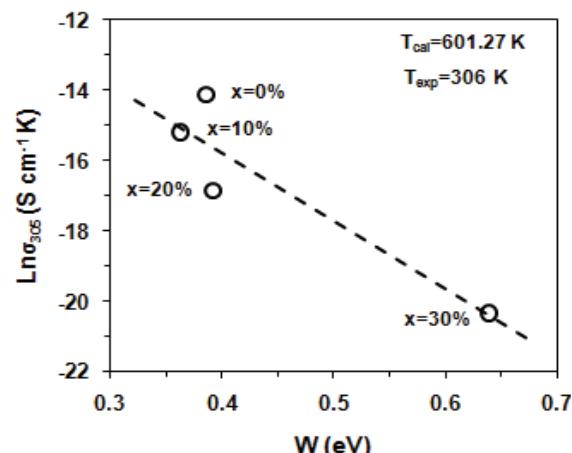
مقادیر چگالی نمونه‌ها و نیز چگالی و فاصله یون‌های وانادیم در ترکیبات نمونه در جدول ۱ ذکر شده‌اند.

شکل ۳ نمودار تغییرات انرژی فعال‌سازی نمونه‌ها را بر حسب فاصله میانگین یون‌های وانادیم مطابق با مقادیر محاسبه شده، نشان می‌دهد.

تغییرات رفتاری مشاهده شده برای نمونه‌ها در شکل ۳ نشان دهنده تغییر مکانیسم رسانش از جهش پلارونی به پلارونی-یونی با افزایش درصد مولی O از $x \leq 20\%$ و به ویژه برای نمونه با $x \geq 40\%$ می‌باشد.



شکل ۴- نمودار رابطه بین $\ln\sigma_0$ و فاصله یون‌های وانادیم در نمونه‌های TVAgx.



شکل ۵- نمودار رابطه بین $\ln\sigma$ در دمای آزمایشگاهی ۳۰K بر حسب W در نمونه‌های TVAgx.

در دیدگاه اول، منحنی بودن نمودار شکل ۴ در نمونه‌های مورد مطالعه، موید شرط $\exp(-2\alpha R) \neq 1$ بوده و به عنوان تاییدی بر غیر بی‌درو بودن مکانیسم رسانش است. در دیدگاه دوم، نمودار $\ln\sigma$ بر حسب W در یک دمای تجربی ثابت ($T_{exp} = 306K$) در شکل ۵ رسم شده است. همان طور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود، متفاوت بودن مقدار دمای بدست آمده حاصل از شبیه خط چین رسم شده (طبق

مدل SPH تحت بررسی و دقت نظر قرار می‌گیرد. برای بررسی برخی پارامترهای مهم مربوط به رسانش الکتریکی نظریه تحرک و چگالی حامل بار، لازم است مکانیسم رسانش از نظر بی‌درو و غیربی‌درو تعیین شود.

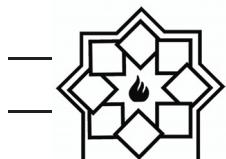
تعیین مکانیسم رسانش از نظر بی‌درو بودن و یا غیربی‌درو بودن از دو دیدگاه قابل بررسی است.

همان طور که ذکر شد، پیش فاکتور ۵ در معادله ۱ در مکانیسم غیربی‌درو توسط رابطه 3 بدست می‌آید [۱۴].

با توجه به اینکه در یک رژیم بی‌درو αR نادیده گرفته می‌شود، معادله ۱ به صورت زیر نوشته می‌شود [۲ و ۱۴]:

$$\sigma = \frac{\nu_0 N e^2 R^2 C (1-C)}{kT} \exp[-W/KT] \quad (4)$$

بنابر این، در صورتی که $\exp(-2\alpha R) = 1$ باشد، مکانیسم رسانش بی‌درو خواهد بود و در غیر این صورت مکانیسم رسانش غیر بی‌درو خواهد بود. بنابر توضیحات ذکر شده، از دو دیدگاه، بی‌درو بودن و یا غیر بی‌درو بودن مکانیسم رسانش در نمونه‌ها بررسی می‌شود. در دیدگاه اول، بر طبق نمودار (σ_0) بر حسب R_v (شکل ۴) و در دیدگاه دوم به عنوان تاییدی بر روش اول، نمودار $\ln\sigma$ بر حسب W (شکل ۵) در یک دمای آزمایشگاهی مشخص، تایید کننده مکانیسم غیر بی‌درو در نمونه‌های مورد مطالعه می‌باشد. در نتیجه مقادیر محاسبات مربوط به تحرک و چگالی حامل بار به عنوان پارامترهای مهم در بررسی ویژگی‌های الکتریکی نمونه‌ها در مکانیسم غیربی‌درو محاسبه می‌شوند.



نتایج بررسی نوری نمونه‌ها توسط نویسنده‌گان مقاله حاضر نیز تایید کننده این مطلب می‌باشد [۱۱و۱۲]. در بررسی TVAg_{۰-۲۰} نوری نمونه‌ها، گاف انرژی نوری نمونه‌های TVAg_{۲۰-۴۰} دارای روند کاهشی و در نمونه‌های TVAg_{۴۰-۶۰} دارای روند افزایشی است؛ بنابراین کمینه گاف انرژی نوری، مربوط به نمونه TVAg_{۲۰} می‌باشد که موید تغییرات ساختاری و چگالی اکسیژن‌های غیرپیوندی در نمونه‌ها با افزایش درصد مولی اکسید نقره با شروع تغییر از نمونه TVAg_{۲۰} می‌باشد.

۵-۳- حجم مولی اکسیژن

بررسی پارامتر حجم مولی اکسیژن در نمونه‌های مورد مطالعه، نشان دهنده تاثیر تغییرات حجم مولی Ag₂O روی پایداری گرمایی و استحکام شیشه‌ها می‌باشد. مقادیر حجم مولی اکسیژن در شیشه‌های TVAg_x با استفاده از رابطه زیر قابل محاسبه می‌باشد [۱۶-۱۹].

$$V_0 = \frac{(M_{V_2O_5} - 16C_V)x_{V_2O_5} + M_{TeO_2}x_{TeO_2} + M_{Ag}x_{Ag}}{\rho(5 - C_V)x_{V_2O_5} + 2x_{TeO_2} + x_{Ag}} \quad (7)$$

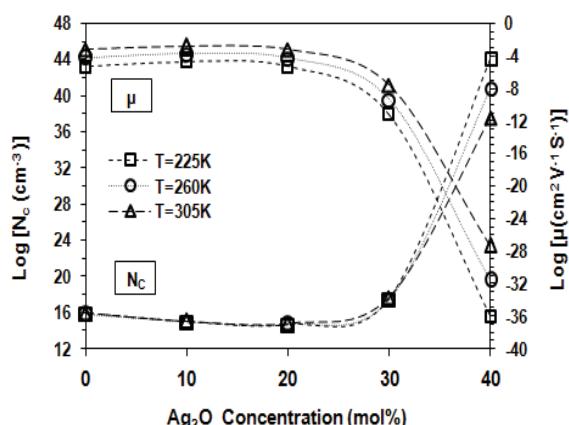
در این رابطه، پارامترهای C_V, M_i, ρ به ترتیب کسر کاهیده یون‌های وانادیم، وزن مولی اکسید، کسر مولی ترکیب شیشه و چگالی حجمی نمونه‌ها می‌باشند. مقادیر محاسبه شده حجم مولی اکسیژن نیز با توجه به مقادیر محاسبه شده چگالی و کسر کاهیده یون‌های وانادیم با استفاده از روش تیتراسیون در جدول ۱ ذکر شده است. مطابق آنچه در جدول شماره‌ی ۱ آمده است، تغییر پارامتر حجم مولی اکسیژن در نمونه‌های TVAg_x در گستره ۱۷/۱۸ cm³/mol-۱۲/۷۰ می‌باشد.

نتایج، نشان دهنده افزایش تدریجی حجم مولی اکسیژن با

رابطه ۱) با استفاده از تکنیک کمترین مربعات (T_{cal})، با دمای تجربی (T_{exp})، تاییدی بر غیر بی درروبودن مکانیسم رسانش الکترویکی می‌باشد. بنابراین، پس از اثبات غیر بی دررو بودن مکانیسم رسانش، مقادیر تحرک و چگالی حامل بار با استفاده از روابط مربوطه بدست می‌آیند. نحوه محاسبه این مقادیر در مراجع ذکر شده است [۱۱و۱۲].

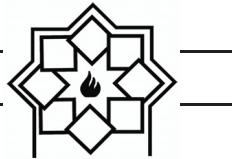
نمودار شکل ۶ تغییرات تحرک و چگالی حامل بار را در سه دمای متفاوت ۲۲۵، ۲۶۰ و ۳۰۵ گلوین بر حسب درصد مولی اکسید نقره برای نمونه‌های مورد مطالعه نشان

می‌دهد.



شکل ۶- نمودار تغییرات تحرک (μ) و چگالی حامل بار (N_c) بر حسب درصد مولی Ag₂O برای نمونه‌های TVAg_x.

تغییرات تحرک و چگالی حامل بار نشان دهنده کاهش تحرک و افزایش چگالی حامل بار با شیب تند برای نمونه‌های با $20 \leq x \leq 30$ درصد مولی Ag₂O می‌باشد که تأیید کننده تغییر در شرایط نمونه‌ها در این درصد مولی وجود رسانش یونی علاوه بر رسانش الکترونی در نمونه‌های ذکر شده می‌باشد. ملاحظه می‌گردد که علیرغم افزایش چگالی حامل بار، تحرک رو به کاهش است و نقش هر دو عامل را در تحلیل رسانندگی باید بطور توازن در نظر گرفت.



برای نمونه‌ها نشان دهنده گذار نوار به نوار حامل نبوده و مؤند گذار حامل به صورت جهش حامل بار بین حالات جایگزینه می‌باشد.

- نتایج نشان دهنده افزایش تدریجی حجم مولی اکسیژن با افزایش درصد مولی Ag_2O برای نمونه‌های TVAg $_{20}$ به جز نمونه TVAg $_{50}$ می‌باشد؛ که نشان دهنده کاهش اکسیژن‌های غیرپیوندی در نمونه TVAg $_{20}$ می‌باشد. این موضع در بررسی‌های اپتیکی صورت گرفته روی نمونه‌های مورد مطالعه نیز با توجه به دارا بودن کمینه گاف انرژی برای این نمونه تایید شد. بنابر توضیحات فوق، نمونه TVAg $_{20}$ از بین نمونه‌های مورد بررسی، دارای استحکام ساختاری مناسبتری می‌باشد.

مراجع

- [1] R. El-Mallawany, "Some physical properties of tellurite glasses", Tellurite Glass Smart Materials (ISBN: 978-3-319-76568-6), Springer, https://doi.org/10.1007/978-3-319-76568-6_1 (ISBN: 978-331976568-6;978-331976567-6), pp. 67–105, 2018.
- [2] M. Pal, K. Hirota, Y. Tsujigami, H. Sakata, "Structural and electrical properties of $\text{MoO}_3\text{-TeO}_2$ glasses", Journal of Physics D: Applied Physics, Vol. 34, pp.459-464, 2001.
- [3] R. Jose, T. Suzuki, Y. Ohishi, "Thermal and optical properties of $\text{TeO}_2\text{-BaO}\text{-SrO-Nb}_2\text{O}_5$ based glasses: New broadband Raman gain media", Journal of Non-Crystalline Solids, Vol. 352, pp.5564-5571, 2006.
- [4] G. S. Murugan, T.Suzuki, Y. Ohishi, "Tellurite glasses for ultrabroadband fiber Raman amplifiers", Applied Physics Letters, Vol. 86, Article number 161109, 2005.

افزایش درصد مولی Ag_2O برای نمونه‌های TVAg $_{50}$ - $_{20}$ به جز نمونه TVAg $_{20}$ می‌باشد؛ که نشان دهنده کاهش اکسیژن‌های غیرپیوندی در نمونه TVAg $_{20}$ می‌باشد. این موضوع در بررسی‌های اپتیکی صورت گرفته روی نمونه‌های مورد مطالعه نیز با توجه به دارا بودن کمینه گاف انرژی برای این نمونه تایید شد. بنابر توضیحات فوق، نمونه TVAg $_{20}$ از بین نمونه‌های مورد بررسی، دارای استحکام ساختاری مناسب برای ساخت ابزاری مانند دیودهای نوری، سلول‌های خورشیدی و نیز دیودهای لیزری می‌باشد.

۴- نتیجه‌گیری

- خصلت نیم‌رسانایی بودن نمونه‌ها به علت افزایش رسانش با افزایش دما تایید شد.
- رسانش الکتریکی نمونه‌ها در دماهای بالاتر از یک دمای مشخصه، از مکانیسم جهش پلارون‌های کوچک پیروی می‌کند و در دماهای پایین‌تر از آن مکانیسم جهشی گستره متغیر مکانیسم غالب است.
- تغییرات در رسانش الکتریکی DC شیشه‌های TVAg $_{x}$ به سه بخش تقسیم می‌شود. رسانش در گسترهٔ TVAg $_{20}$ - $_{50}$ الکترونیکی بوده و رسانش ناشی از حضور یون‌های نقره (رسانش یونی) در این رسانش نقشی ندارد؛ اما در گسترهٔ TVAg $_{40}$ - $_{20}$ ، رسانش ناشی از حضور موثر یون‌های نقره در ترکیبات شیشه‌ها می‌باشد؛ بنابراین در این گستره هر دو رسانش الکترونیکی و یونی موثر خواهند بود.
- مکانیسم رسانش در نمونه‌ها غیربی دررو تعیین شد.
- مقادیر انرژی فعال سازی (E_g) و انرژی گاف نوری (E_g)



- and bactericidal potential, their structural and extended XRD analysis by using Williamson-Smallman approach", Ceramics International, Vol. 45, pp.6459-6466, 2019.
- [14] N. Lebrun, M. Levy and J. L. Souquet, "Electronic conductivity in glasses of the $\text{TeO}_2\text{-V}_2\text{O}_5\text{-MoO}_3$ system", Solid State Ionics, Vol. 40 & 41, pp.718-722, 1990.
 - [15] S. A. Salehizadeh, B. M. G. Melo, F. N. A. Freire, M. A. Valente, M. P. F. Graça, "Structural and electrical properties of $\text{TeO}_2\text{-V}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$ glassy systems", Journal of Non-Crystalline Solids, Vol. 443, pp.65-74, 2016.
 - [16] D. Souri, "Crystallization kinetic of $\text{Sb-V}_2\text{O}_5\text{-TeO}_2$ glasses investigated by DSC and their elastic moduli and Poisson's ratio", Physica B: Condensed Matter, Vol. 456, pp.185-190, 201.
 - [17] H. Mori, H. Matsuno, H. Sakata, "Small Polaron Hopping Conduction in $\text{V}_2\text{O}_5\text{-Sb-TeO}_2$ Glasses", Journal of Non-Crystalline Solids, Vol. 276, pp.78-94, 2000.
 - [18] H. Sakata, M. Amano, T.Yag, "DC conductivity of $\text{V}_2\text{O}_5\text{-PbO-TeO}_2$ glasses and the effect of pressure", Journal of Non-Crystalline Solids, Vol. 194, pp.198-206, 1996
 - [19] H. Qiu, M. Kundo, H. Sakata, "Synthesis and electrical properties of $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-MoO}_3\text{-TeO}_2$ glasses", Materials Chemistry and Physics, Vol. 51, pp.233-238, 1997
 - [5] D. Souri, "Effect of molybdenum trioxide molar ratio on the optical and some physical properties of tellurite-vanadate-molybdate glasses", Measurment, Vol. 44, pp.717-721, 2011.
 - [6] O. A. Zamyatin, M. F. Churbanov, J. A. Medvedeva, S. A. Gavrin, E. V. Zamyatina, A. D. Plekhovich, "Glass-forming region and optical properties of the $\text{TeO}_2\text{-ZnO-NiO}$ system", Journal of Non-Crystalline Solids, Vol. 479, pp.29-41, 2018.
 - [7] S. H. Elazoumi, H. A. A. Sidek, Y. S. Rammah, R. El Mallawany, M. K. Halimah, K. A. Matori, M. H. M. Zaid, "Effect of PbO on optical properties of tellurite glass", Results in Physics, Vol. 8, pp.16-25, 2018.
 - [8] D. Souri, M. Mohammadi, H. Zaliani, "Effect of antimony on the optical and physical properties of $\text{Sb-V}_2\text{O}_5\text{-TeO}_2$ glasses", Electronic Materials Letters, Vol. 10, pp.1103-1108, 2014.
 - [9] D. Souri, P. Azizpour, H. Zaliani, "Electrical conductivity of $\text{V}_2\text{O}_5\text{-TeO}_2\text{-Sb}$ glasses at low temperatures", Journal of Electronic Materials, Vol. 43, pp.3672-3680, 2014.
 - [10] M. Farahmandjou, S. A. Salehizadeh, "The optical band gap and the tailing states determination in glasses of $\text{TeO}_2\text{-V}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$ system", Glass Physics and Chemistry, Vol. 39, pp.473-479, 2013.
 - [11] D. Souri, Z. E. Tahan, "A new method for the determination of optical band gap and the nature of optical transitions in semiconductors", Applied Physics B: Lasers and Optics, Vol. 119, pp.273-279, 2015.
 - [12] D. Souri, Z. Esmaeili Tahan, S. A. Salehizadeh, "DC electrical conductivity of $\text{Ag}_2\text{O-TeO}_2\text{-V}_2\text{O}_5$ glassy systems", Indian Journal Physics, Vol. 90, pp.407-415, 2016.
 - [13] Y. Shahmoradi, D. Souri, M. Khorshidi, "Glass-ceramic nanoparticles in the $\text{Ag}_2\text{O-TeO}_2\text{-V}_2\text{O}_5$ system: antibacterial