

عنوان مقاله: مقایسه رسانایی یونی در لایه های نازک لیتیم برات با نمونه حجیم

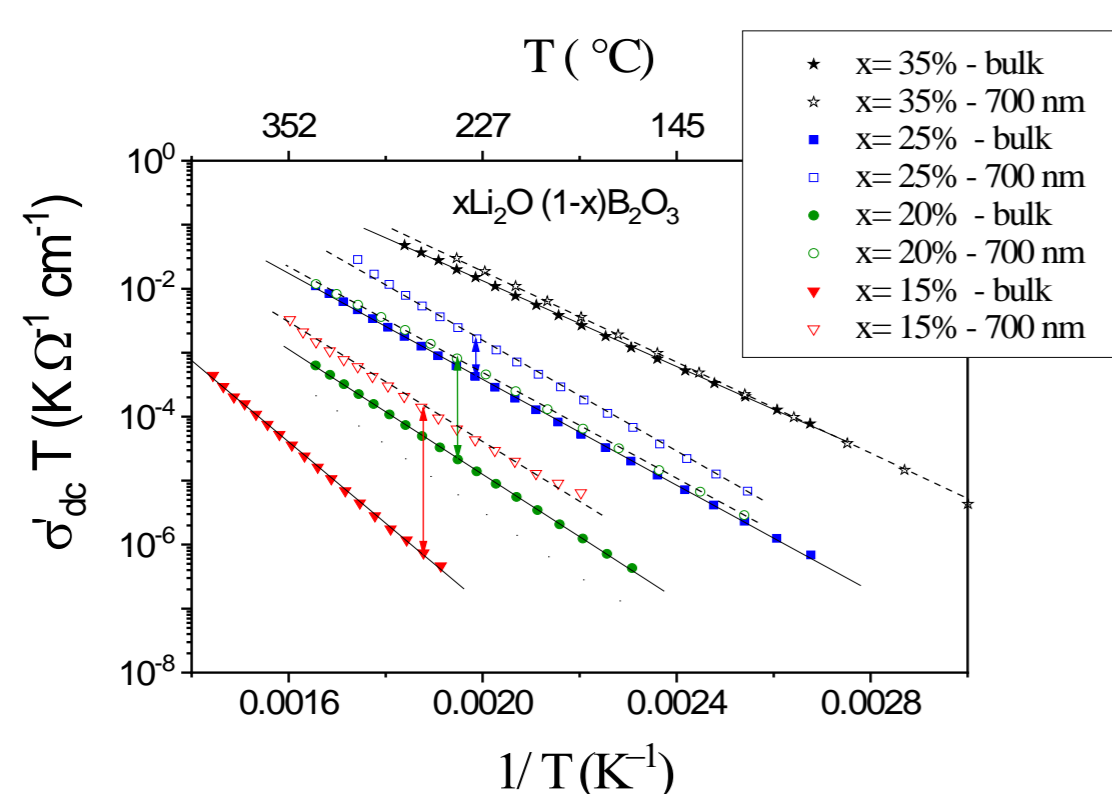
محمد رضا شعار ابوذری

گروه فیزیک، دانشگاه زابل

EMAIL: abouzari@uoz.ac.ir

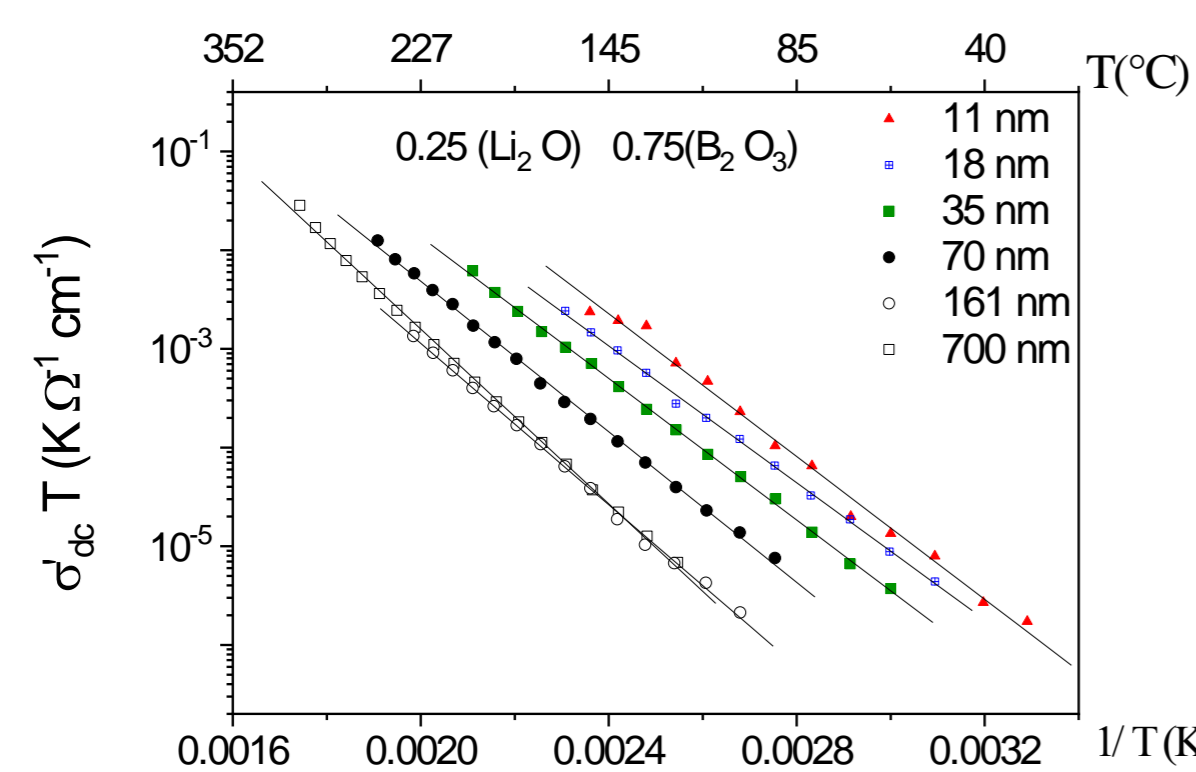
یافته ها

مقایسه بین رسانایی یک شیشه حجیم از لیتیم برات و لایه‌های نشانده شده با ضخامت ۷۰۰ نانومتر از این ماده در شکل ۳ نشان می‌دهد که لایه‌های نشانده شده بطور محسوسی دارای رسانایی بالاتری نسبت به شیشه حجیم هستند و این اختلاف در رسانایی برای ترکیبات مختلف از این ماده متفاوت است. به طوری که بیشترین اختلاف مربوط به $X=0.15$ است و برای $X=0.35$ تقریباً هیچ اختلافی مشاهده نمی‌شود.



شکل ۳: رسانایی ماده حجیم از لیتیم برات با ترکیبات مختلف در مقایسه با لایه‌های ساخته شده از این مواد با ضخامت ۷۰۰ نانومتر

نتایج اندازه‌گیری برای لایه‌های نازکتر از ۱۵۰ نانومتر نشان می‌دهد که در این گستره از ضخامت‌ها رسانایی یونی لایه تابعی از ضخامت لایه بوده و بطور محسوسی با کاهش ضخامت لایه افزایش می‌یابد. وابستگی رسانایی به ضخامت لایه برای لایه‌های نازک با $X=0.25$ در شکل ۴ نشان داده شده است.



شکل ۴: حاصلضرب $\sigma_{dc} T$ به صورت تابعی از معکوس دمای مطلق برای لایه‌های نازک از لیتیم برات با $X=0.25$

بحث و نتیجه گیری

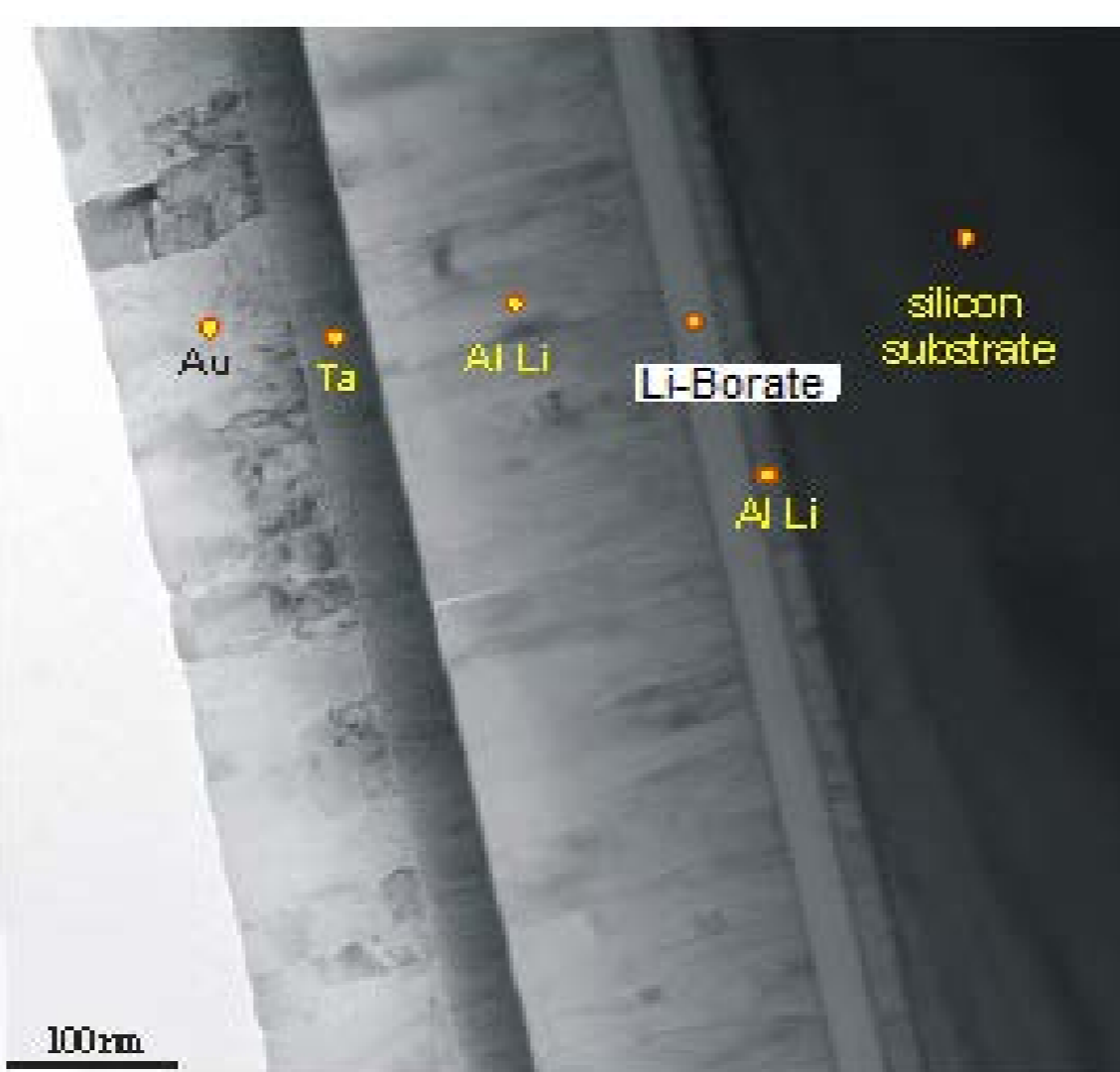
● برای لایه‌های ضخیم که ضخامت آنها بیش از ۱۵۰ nm است، رسانایی ویژه مستقل از ضخامت لایه است، اما در مقایسه با نمونه های حجیم با ترکیبات یکسان دارای رسانایی ویژه بزرگتری هستند.

● برای لایه‌های نازک که ضخامت آنها کمتر از ۱۵۰ nm است، رسانایی ویژه تابعی از ضخامت لایه بوده و با کاهش ضخامت افزایش می‌یابد. همچنین مقدار افزایش رسانایی ویژه بستگی به X دارد. افزایش رسانایی لایه ضمن اوالین فرایند گرما دهی لایه روی می‌دهد.

مراجع

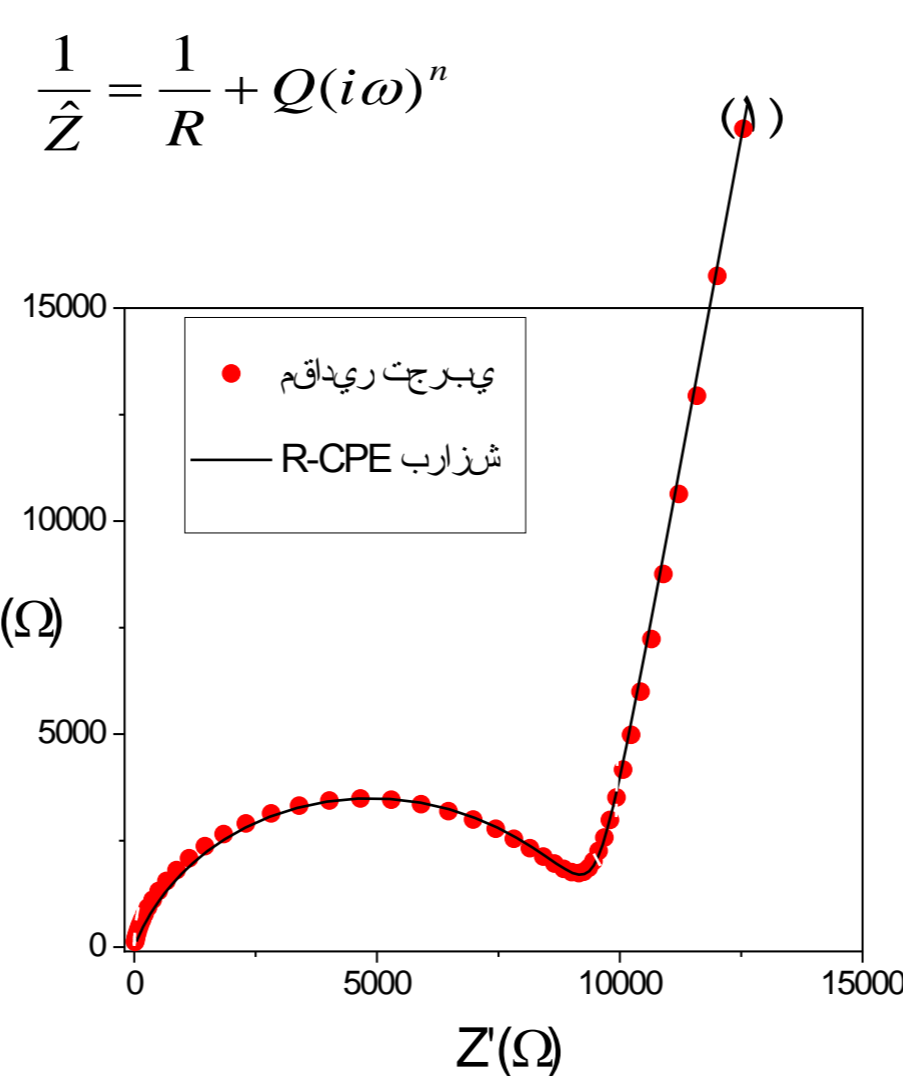
- [1] R. Kanno and M. Murayama, "Lithium ionic conductor Thio-LISICON", J. Electrochem. Soc. **148** (2001) A742.
[2] M. Shoar Abouzari, "Ion-conductivity of thin film lithium borate glasses", Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Ph.D. Thesis, 2007.
[3] F. Berkemeier, M. Sh. Abouzari, and G. Schmitz, "Thickness-dependent dc conductivity of lithium borate glasses", Phys. Rev. B. Vol. **76**, No. 1 (2007) 024205.
[4] F. Berkemeier, M. Sh. Abouzari, and G. Schmitz, "Thickness dependent ion conductivity of Li-Borate network glasses", App. Phys. Lett., Vol. **90** (2007) 113110.
[5] P. Heijmans, J. Kärger, "Diffusion in condensed matter" Springer-Verlag, Berlin Heidelberg (2005) 857

مواد و روش ها



شکل ۱: تصویر TEM از مقطع لایه‌های نشانده شده لیتیم برات و الکترودهای فلزی در دو سمت آن.

اندازه‌گیری رسانایی ویژه لایه‌ها با استفاده از روش طیفسنجی امپدانس در دماهای ۳۰۰-۴۰ درجه سانتیگراد و در گستره بسامد ۵ Hz تا 2 MHz انجام شده است. شکل ۲ به عنوان نمونه نمودار نیمدایره امپدانس مربوط به لایه لیتیم برات با ضریب ترکیب $X=0.20$ و ضخامت ۳۶۰ نانومتر را در دمای 180°C نشان می‌دهد. در این شکل دایره‌ها نقاط اندازه‌گیری را نشان می‌دهند و خط مربوط به داده‌های مدار معادل R-CPE با امپدانس مختلط است، که از رابطه زیر به دست می‌آید



شکل ۲: نمودار نیمدایره امپدانس لایه نازک به ضخامت ۳۶۰ نانومتر و $X=0.20$ در دمای 180°C .

در اینجا Q و C با رابطه زیر به همدیگر مربوط هستند [۱]

$$C = R^{\frac{1-n}{n}} \cdot Q^n \cdot \sin\left(n \cdot \frac{\pi}{2}\right) \quad (2)$$

در این رابطه R مقاومت الکتریکی است و n یک عدد بدون بعد بین صفر و یک است. با استفاده از نیمدایره امپدانس رسانایی ویژه جریان مستقیم از رابطه زیر به دست می‌آید

$$\sigma'_{dc} = \frac{t}{RA} \quad (3)$$

t ضخامت لایه و A سطح آن است. رابطه بین رسانایی و دمای مطلق با استفاده از رابطه نرنست-انشتین بیان میشود [۵]

$$\sigma'_{dc} T = A_0 \exp\left(-\frac{\Delta H}{k_B T}\right) \quad (4)$$

در این رابطه ΔH آنتالپی فعال شدن، و A_0 یک ضریب ثابت متناسب با بار الکتریکی و چگالی تعداد یونهای حامل است.

چکیده

در این پژوهش رسانایی حاملهای یونی در لایه های لیتیم برات بررسی میشود. برای این منظور از لایه های نازک لیتیم برات که با لایه نشانی با روش کند وپاش تهیه شده اند با رسانایی نمونه های حجیم از همان مواد که به عنوان ماده هدف در لایه نشانی استفاده شده اند با هم مقایسه شده است. رسانایی ویژه لایه ها در شرایط دمایی متفاوت و با استفاده از روش طیفسنجی امپدانس اندازه گیری شده است. علاوه بر پارامتر دما، وابستگی رسانایی یونی با ضخامت لایه ها نیز بررسی شده است. برای این منظور لایه های با ضخامت ۱۰ تا ۷۰۰ نانومتر مورد مطالعه قرار گرفته اند. مشاهده میشود که برای لایه های نازک با ضخامت کمتر از ۱۰۰ نانومتر، با کاهش ضخامت لایه، رسانایی ویژه آنها افزایش پیدا میکند. لایه های ضخیم تر دارای رسانایی ثابت هستند و در مقایسه با نمونه های حجیم، تحت تاثیر گرمادهی به لایه رفتار آنها بررسی میشود.

مقدمه

استفاده رو به گسترش باتری‌های حالت جامد در صنایع الکترونیک باعث توجه به الکترولیت‌های حالت جامد در دو دهه اخیر گردیده است. رسانایی بالا، پایداری مکانیکی و شیمیایی و همچنین ایمنی از ویژگی‌های مهم برای موادی است که به عنوان الکترولیت در باتری‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. یکی از راه‌های متداول برای افزایش رسانایی یونی در الکترولیت‌های حالت جامد طراحی مواد جدید است [۱]. از طرف دیگر گسترش سریع فناوری نانو در سالهای اخیر راه تازه‌ای پیش روی ما قرار داده است تا با ساخت مواد در ابعاد نانو به ویژگی‌های جدیدی از مواد با قابلیت کاربری بالا در این ابعاد دست پیدا کنیم. در این تحقیق رسانایی یونی لایه‌های نازک از لیتیم برات با ترکیبات مختلف و ضخامت‌های متفاوت از ۱۰ نانومتر تا حدود ۷۰۰ نانومتر بررسی شده و با نمونه های حجیم از همان ماده با ترکیب یکسان مقایسه شده است [۲-۴]. آزمایش‌ها و اندازه‌گیری‌های مربوط به این تحقیق در انستیتوی فیزیک مواد در دانشگاه مونستر آلمان انجام شده است.

مواد و روش ها

در این تحقیق از چهار ترکیب متفاوت از لیتیم برات به صورت $x \text{Li}_2\text{O} \cdot (1-x) \text{B}_2\text{O}_3$ (1-x) استفاده شده است. این ترکیبات با ذوب کردن مقادیر مناسب از لیتیم کربنات و اکسید بور ساخته شده است که از این مواد به عنوان هدف در ساخت لایه‌های نازک استفاده شده است. ساخت لایه‌های نازک از این مواد و همچنین ساخت الکترودهای فلزی با استفاده از تکنیک کندوپاش توسط باریکه یونی انجام شده است. ضخامت لایه‌ها با استفاده از شمارشگر کوارتز در محل انباشت لایه اندازه‌گیری شده و علاوه بر آن توسط میکروسکوپ الکترونی (TEM) ضخامت‌های اندازه‌گیری شده کنترل گردیده است. به منظور اندازه‌گیری خواص الکتریکی لایه‌ها دو الکترودهای فلزی از آلایز Al Li با صورت لایه نازک در دو سمت لایه لیتیم برات نشانده شده است. شکل ۱ یک برش از مقطع لایه‌های نشانده شده که توسط TEM تصویربرداری شده است را نشان می‌دهد. در این تصویر مشاهده میشود که از سیلیسیم به عنوان بستر استفاده شده است. لایه طلا در اینجا جهت بهبود کیفیت تماس الکتریکی به کار برده شده است و لایه تانتالیم به منظور مقابله با نفوذ اتمهای طلا به لایه‌های درونی تر استفاده شده است.