

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



مقاله نویسی علوم انسانی



اصول تنظیم قراردادها



آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقاله



بیست و سومین همایش بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران



دانشگاه دامغان

23rd Symposium of Crystallography & Mineralogy of Iran

۸ و ۷ بهمن ماه ۱۳۹۴ دانشگاه دامغان

بررسی اثر ناخالصی سولفور بر روی ویژگی‌های الکتریکی لایه‌های نازک اکسید ایندیوم قلع (ITO) تهیه شده به روش اسپری پایرولیز

مطهره هدایتی، لیلی متولی‌زاده

گروه فیزیک، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران

چکیده

در این پژوهش، لایه‌های نازک اکسید ایندیوم قلع با مقادیر مختلف ناخالصی به روش اسپری پایرولیز لایه‌نشانی شده بررسی ساختاری لایه‌ها با استفاده از دستگاه پراش پرتو X، انجام شد. همچنین مقاومت الکتریکی لایه‌ها برحسب دما در بازه دمایی ۳۱۳ تا ۴۷۳ کلوین اندازه‌گیری شد. بررسی مقاومت نشان می‌دهد که با افزایش ناخالصی، مقاومت افزایش می‌یابد و همچنین با افزایش دما مقاومت کاهش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: اکسید ایندیوم قلع، اسپری پایرولیز، لایه‌های نازک

۱- مقدمه

اکسیدهای رسانای شفاف (TCOs) مانند اکسید ایندیوم در دو دهه گذشته مورد توجه زیادی قرار گرفته‌اند، بطوریکه از آنها در نمایشگرهای تخت، سلول‌های خورشیدی و پنجره‌های گسیل پایین استفاده می‌شود. با افزودن قلع به اکسید ایندیوم، هدایت الکتریکی و شفافیت آن در ناحیه نور مرئی به شدت افزایش یافته بطوریکه از آن بطور گسترده‌ای در الکتروادهای شفاف و فن‌آوری نمایشگرها استفاده می‌شود.

تقاضاها برای تهیه ترکیباتی با خواص الکتریکی و اپتیکی بهینه در حال افزایش است. بنابراین سعی بر این است که با افزودن ناخالصی‌های مناسب به این هدف برسیم. آرهارت و همکاران، ۲۰۰۷؛ کمپانی و همکاران، ۲۰۰۷؛ کراز هونا و همکاران، ۲۰۰۷. خواص الکتریکی اکسید ایندیوم همراه با ناخالصی قلع توسط فریمن و همکارانش گزارش شده است [فریمن و همکاران، ۲۰۰۷].

نتایج نشان می‌دهد که در اثر افزودن قلع به اکسید ایندیوم چگالی حامل‌ها افزایش یافته و این ترکیب نیمرسانای نوع n می‌گردد و گاف انرژی آن نیز بواسطه اثر برشتین موس افزایش می‌یابد [اداکا و همکاران، ۱۹۹۷؛ و مینامی، ۲۰۰۰].

اکسید ایندیوم به صورت پودر تک بلوری و در شرایط عادی دارای ساختار مکعبی بیکسبایت است که متعلق به گروه فضایی $Ia\bar{3}$ می‌باشد. قابل ذکر است که ساختار بیکسبایت اکسید ایندیوم از ساختار فلوریت با برداشتن یک چهارم اکسیژن بدست می‌آید، که این مکان‌ها به تهی‌جاها ساختاری معروفند. هر سلول اولیه شامل ۱۶ واحد In_2O_3 می‌باشد و ثابت شبکه اکسید ایندیوم برابر با $10/118 \text{ \AA}$ می‌باشد. قابل ذکر است که ساختار نواری اکسید ایندیوم به دلیل داشتن اتم‌های زیاد بسیار



بیست و سومین همایش بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران



دانشگاه دامغان

23rd Symposium of Crystallography & Mineralogy of Iran

۷ و ۸ بهمن ماه ۱۳۹۴ دانشگاه دامغان

پیچیده است.

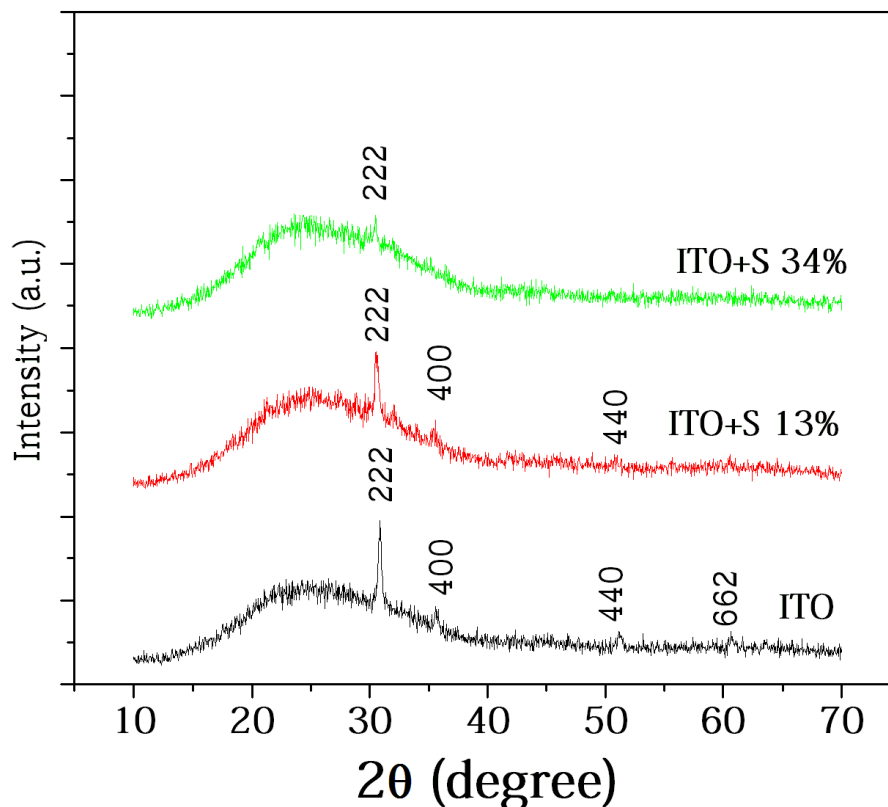
در این پژوهش لایه‌های نازک اکسید ایندیوم قلع با ناخالصی سولفور تهیه شده و سپس اثر افزایش ناخالصی بر روی ویژگی‌های الکتریکی آنها مطالعه و بررسی شده است.

۲- کارهای تجربی

برای تهیه محلول ITO:S ابتدا محلول ساخته شده شامل: ۱۰۰ سی سی محلول آبی - الکلی (با نسبت ۱:۱)، ۰/۳۱۶ مول کلرید ایندیوم (InCl_3) و ۰/۰۱۵۸ مول کلرید قلع دوآبه ($\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) تهیه شد. برای افزایش حلالیت از ۵ سی سی HCl استفاده شد؛ استفاده از اسیدهای دیگر سبب افزوده شدن ناخالصی‌های ناخواسته در محلول می‌شود. همچنین الکل برای جلوگیری از اکسیداسیون کامل به محلول اضافه گردید، ضمن اینکه هم‌زدن محلول به همراه مقداری گرمادهی نیز سرعت حل شدن ترکیبات در محلول را افزایش داده است. در ابتدا محلول شیری رنگ به دست آمد که پس از حلالیت کامل، شفاف شد. با شفاف شدن محلول، در این مرحله، درصدهای مورد نظر ناخالصی به محلول اضافه گردید. نسبت اتمی ناخالصی قلع به ایندیوم $[\text{Sn}/\text{In}] = 0/05$ و میزان ناخالصی گوگرد به ایندیوم به صورت $0/34, 0/13, 0$ در نظر گرفته شد. از تیوره با فرمول شیمیایی H_2NCSNH_2 برای وارد کردن ناخالصی گوگرد استفاده شد. آنالیز ساختاری پرتو X نمونه‌ها با دستگاه پراش پرتو X مدل D8 Advance Bruker با طول موج ($\lambda = 0/15405 \text{ nm}$) در محدوده $2\theta = 10-70^\circ$ و با گامهای ۰/۰۴ انجام شده است.

۳- نتایج و بحث

با مقایسه الگوی پراش نمونه‌های مختلف دیده می‌شود که لایه‌های مطالعه شده بس بلوری‌اند و با تغییر نسبت مولی $[\text{S}/\text{In}]$ شدت پیکهای پراشی تغییر کرده و علاوه بر آن فازهای ساختاری و بلوری تشکیل شده نیز تغییر می‌کنند. از الگوی پراش در شکل ۱ مشاهده می‌شود که این لایه‌ها دارای ساختار پلی کریستالی با قله‌های متناظر با مجموع اندیسهای زوج هستند که نشان‌دهنده ساختار مکعبی درون مرکزدار (bcc) این لایه‌ها است، پس در این سه نمونه فاز اصلی لایه‌های ITO بوده و ساختار بلوری آنها مکعبی است. در نتیجه می‌توان گفت تزریق ناخالصی سولفور تا ۱۳ درصد تأثیر بسزایی بر روی ثابت‌های شبکه نداشته است. بلندترین قله در ساختار این لایه‌ها مربوط به پراش از دسته صفحه (۲۲۲) می‌باشد که با افزایش غلظت تا ۱۳ درصد سولفور شدت آن کاهش می‌یابد. با افزایش بیشتر تزریق ناخالصی سولفور، ساختار بلوری مربوط به این لایه‌ها نیز تغییر می‌کند. تزریق بیش از حد ناخالصی سولفور به داخل ساختار لایه‌ها آمورف شدن نمونه‌ها را دربردارد.



شکل ۱: مقایسه الگوهای پراش پرتو X نمونه اکسید ایندیوم قلع با مقادیر مختلف ناخالصی سولفور

برای اندازه‌گیری ویژگی‌های الکتریکی نمونه‌ها، نمونه‌ها به روش تبخیر حرارتی الکتروگذاری شدند. در این روش مقاومت طولی لایه‌ها با استفاده از روش دو سوزنی اندازه‌گیری شد و سپس مقاومت سطحی لایه‌ها R_s با توجه به رابطه $R_s = \frac{W}{L} \times R$ که در آن w و L به ترتیب پهنای هر لایه و L طول هر لایه بدون قسمت‌های الکتروگذاری می‌باشد، محاسبه شد. با استفاده از رابطه $\rho = R_s \times t$ مقاومت ویژه نمونه نیز بدست آمد در این رابطه t ضخامت هر لایه است. مقاومت الکتریکی هر سه نمونه در بازه دمایی ۳۱۳ تا ۴۷۳ کلین اندازه‌گیری شد و سپس مقاومت ویژه به دست آمد. در بررسی تغییرات مقاومت ویژه لایه‌های نازک ITO+S و ITO خالص برای مقایسه مقاومت نسبی لایه‌ها، و همچنین مقاومت آنها در دمای ۳۱۳ کلین با یکدیگر در جدول ۲ مقایسه شده‌اند. دیده می‌شود کاهش مقاومت نسبی با افزایش ناخالصی بیشتر شده است. R مقاومت هر لایه در دمای اتاق است.



بیست و سومین همایش بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران



دانشگاه دامغان

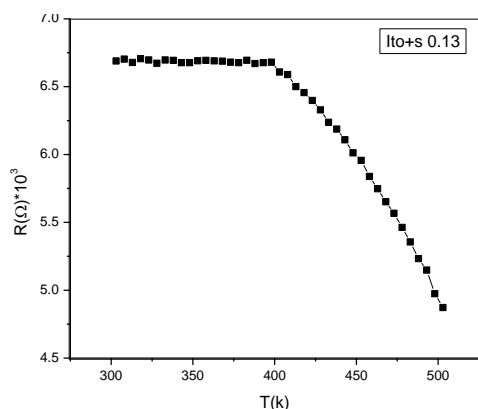
23rd Symposium of Crystallography & Mineralogy of Iran

۷ و ۸ بهمن ماه ۱۳۹۴ دانشگاه دامغان

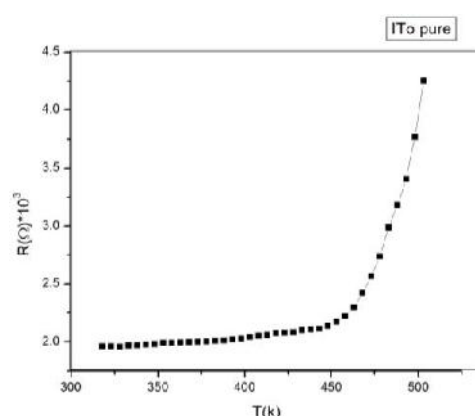
جدول ۲: مقاومت و کاهش مقاومت نسبی نمونه‌ها در دمای اتاق

دمای ۳۱۳ کلومین	(نمونه اول) (خالص ITO)	(نمونه دوم) ۰/۱۳ ITO + S	(نمونه سوم) ۰/۳۴ ITO + S
$\frac{\Delta R}{R}$	۰/۱۰	-۰/۱۱	-۰/۶۵
R (Ω)	۱۹۵۹/۲۴	۶۶۷۸/۴۴	۳۵۳۹۲/۵۳

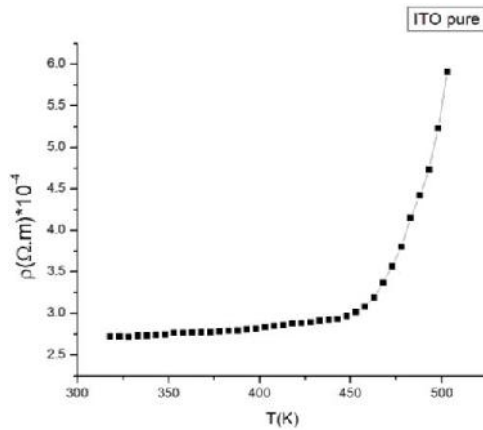
دیده می‌شود که با افزایش ناخالص دانه‌ها افزایش یافته که این امر باعث افزایش مقاومت می‌شود. نمودارهای مقاومت هر لایه برحسب دما در شکل‌های (۲ تا ۴) و همچنین نمودارهای مقاومت ویژه هر لایه برحسب دما در شکل‌های (۵ تا ۷) آورده شده است. دیده می‌شود تغییرات دمایی مقاومت در دو نمونه ۲ و ۳ مشابه است در حالی که در نمونه ۱ با توجه به نبود ناخالصی رفتار متفاوت است. به طور کلی ویژگی‌های الکتریکی لایه‌های نازک اکسیدی تا حد زیادی به پارامترهای مختلفی همچون اندازه دانه‌ها، مرز دانه‌ها، نواقص بلوری و میزان و نوع ناخالصی و روش ساخت بستگی دارد. بعلاوه وجود و افزایش تهی‌جا‌های اکسیژن یک پارامتر مهم در کاهش مقاومت الکتریکی لایه‌ها می‌باشد. در این نمونه‌ها با افزایش دما، دانه‌ها رشد کرده و مقاومت کاهش می‌یابد. شکل‌های (۸ تا ۱۰) تصاویر دوبعدی گرفته شده از لایه ITO خالص و ITO+S و شکل‌های (۱۱ تا ۱۳) تصاویر سه‌بعدی گرفته شده توسط میکروسکوپ نیروی اتمی، AFM، را نشان می‌دهند. در نمونه خالص اندازه دانه‌ها تقریباً یکی است و شکل همه تقریباً مشابه بوده و یکنواخت‌تر هستند. اما با افزایش ناخالصی دانه‌ها نشان داده شده در شکل، بعضی‌ها بزرگ و بعضی‌ها کوچکتر هستند که با افزایش ناخالصی تعداد دانه‌های درشت بیشتر شده و ضخامت هم بیشتر شده است. این نتایج با نتایج الکتریکی سازگار بوده و آن را توجیه می‌کند.



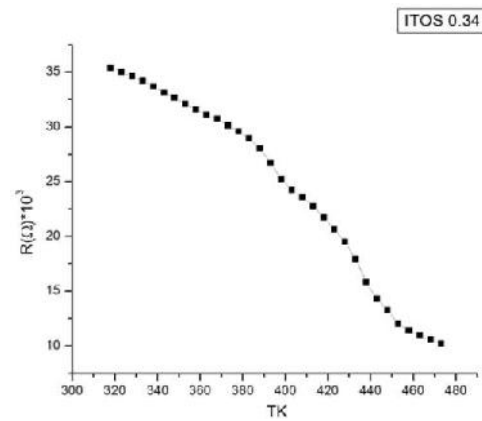
شکل ۳: نمودار تغییرات مقاومت نمونه دوم



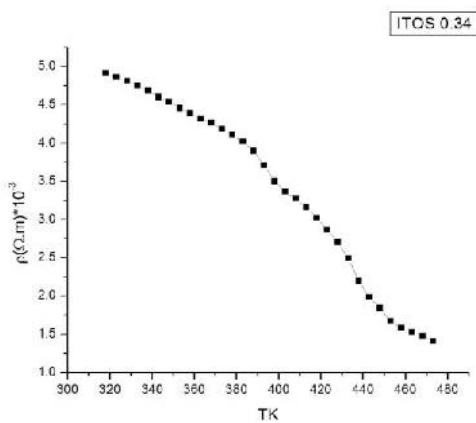
شکل ۲: نمودار تغییرات مقاومت نمونه اول



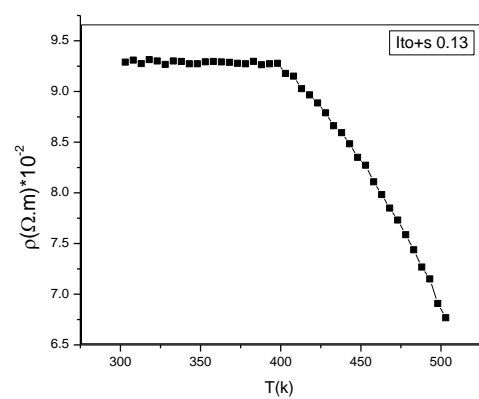
شکل ۵: نمودار تغییرات مقاومت ویژه نمونه اول



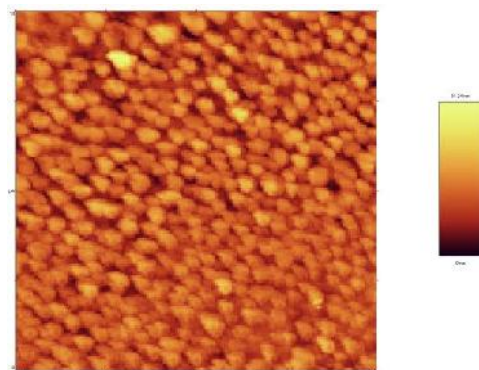
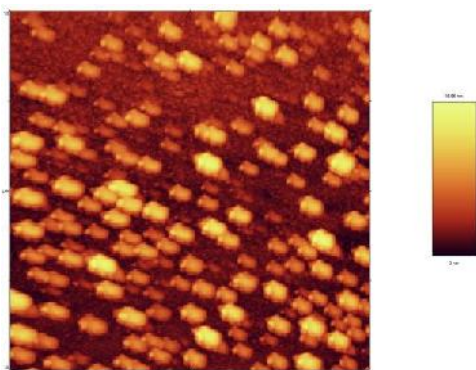
شکل ۴: نمودار تغییرات مقاومت نمونه سوم



شکل ۷: نمودار تغییرات مقاومت ویژه نمونه سوم

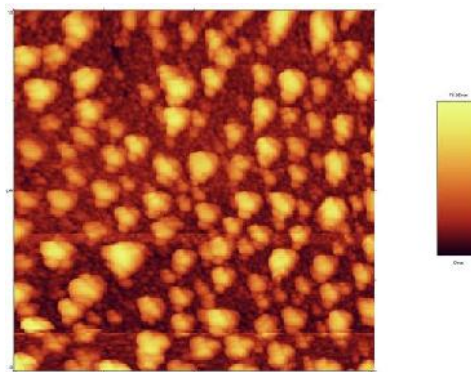
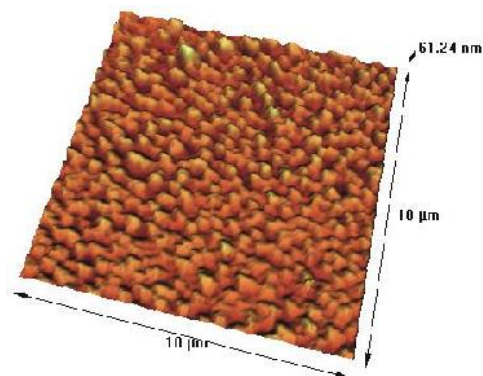


شکل ۶: نمودار تغییرات مقاومت ویژه نمونه دوم

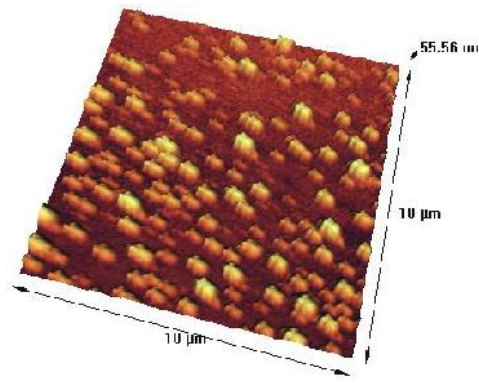
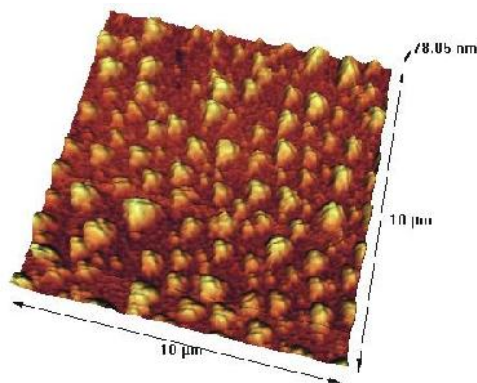


شکل ۹: تصویر دو بعدی گرفته شده با میکروسکوپ AFM نمونه دوم

شکل ۸: تصویر دو بعدی گرفته شده با میکروسکوپ AFM نمونه اول



شکل ۱۰: تصویر سه بعدی گرفته شده با میکروسکوپ AFM نمونه سوم شکل ۱۱: تصویر سه بعدی گرفته شده با میکروسکوپ AFM نمونه اول



شکل ۱۲: تصویر سه بعدی گرفته شده با میکروسکوپ AFM نمونه دوم شکل ۱۳: تصویر سه بعدی گرفته شده با میکروسکوپ AFM نمونه سوم

جمع بندی

لایه‌های نازک اکسید ایندیوم قلع با مقادیر مختلف ناخالصی سوافور به روش اسپری پایرولیز لایه‌نشانی شده و ویژگی‌های ساختاری و الکتریکی آنها اندازه گیری شدند. دیده شد که با افزایش میزان ناخالصی ساختار لایه‌ها آمورف می‌گردد. بررسی مقاومت نشان می‌دهد که با افزایش ناخالصی، مقاومت افزایش می‌یابد و همچنین با افزایش دما مقاومت کاهش می‌یابد.

مراجع:

- Erhart P., Klein A., Egdell RG., Albel K., 2007., Band structure of indium oxide. Indirect versus direct band gap, pp. 183-205.
- Kompany A. Rahnamaye HA. Hosseini SM., 2007. Effect of substituted III B transition metals on electronic properties of Indium oxide by first-principle calculation, pp. 619-628.
- Karazhonov S. Ravindran P. Vajeeston P., 2007. Phase stability electronic structure, and optical properties of indium oxide polytypes, pp. 5751-29 (1-13).
- Freeman A.J. Poepelmeier K. Mason T.O, 2000. Chemical and thin film strategies for new transparent conducting oxide. pp. 45-51.
- Odaka H. Wata S. Tega N, 1997. Study on electronic structure and optoelectronic properties of indium oxide

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



مقاله نویسی علوم انسانی

مقاله نویسی علوم انسانی



اصول تنظیم قراردادها

اصول تنظیم قراردادها



آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقاله

آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقاله