

مقدمه

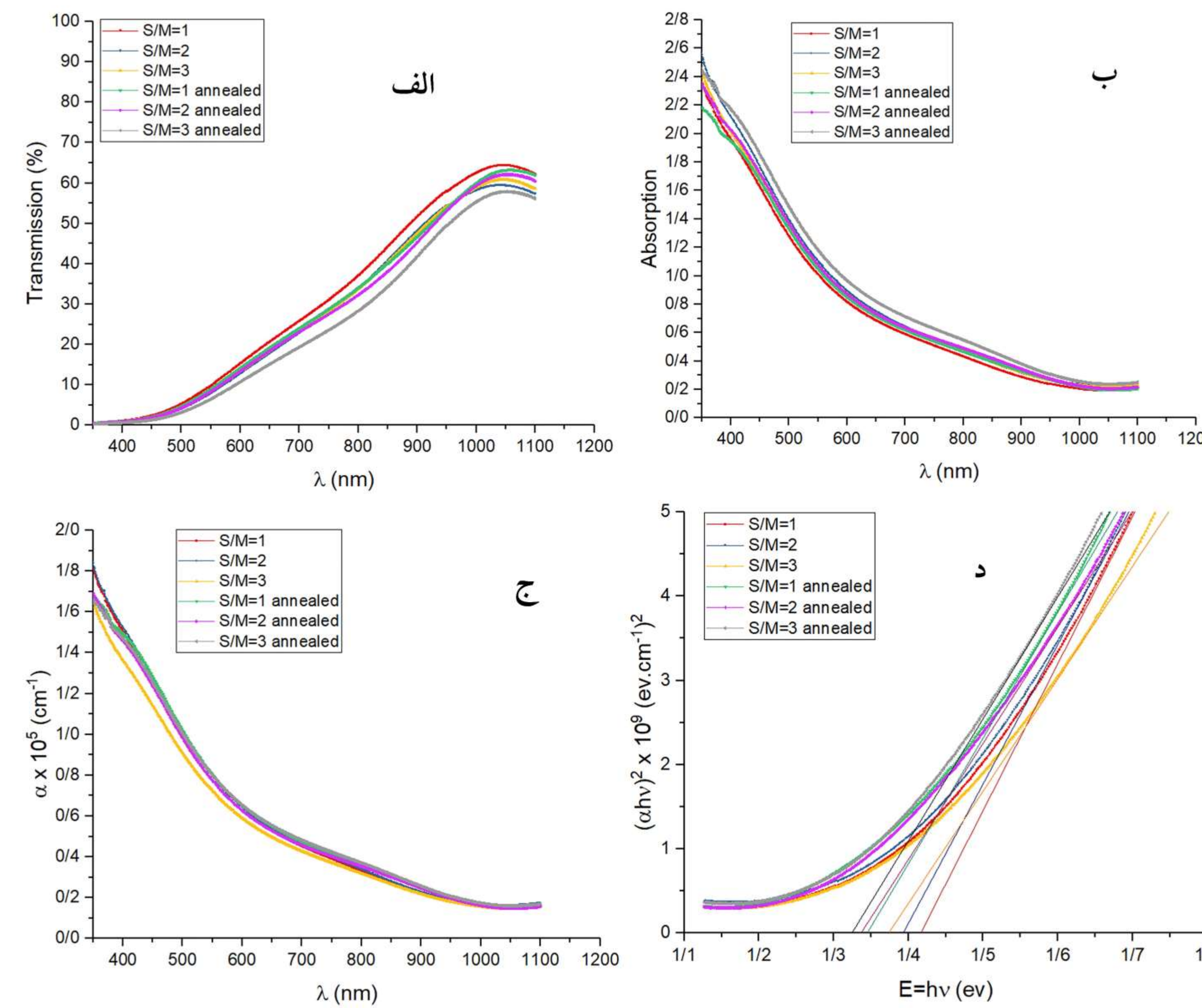
در این تحقیق تاثیر تغییر نسبت گوگرد به عناصر فلزی و همچنین بازپخت آن‌ها در نیمرسانای CZTS مورد بررسی قرار گرفته است. همانگونه که کسیاک و همکاران [۱] نشان دادند در نیمرسانای CZTS تهی جای گوگرد V_s^{+2} بخصوص در بازپخت‌های تک زونه غالب می‌شود بعلاوه طبق تحقیقات کومار و همکاران [۲] تهی جای گوگرد V_s و سلیوم V_{se} دهنده هستند و در صورت رفع این مشکل احتمالا بتوانیم لایه p-type بهتری را داشته باشیم. در ادامه طبق ادعای عادل‌فرد و همکاران [۳] در طی لایه نشانی با روش اسپری پایرولیزیز احتمال از دست دادن گوگرد در دمای بالا وجود دارد. طبق بررسی لایه‌های SnS_2 ساخته شده به وسیله اسپری پایرولیزیز توسط آرولانانتام و همکاران [۴] مشخص شد با افزایش میزان گوگرد خواص الکتریکی بهبود یافته و همچنین تغییراتی نیز در گاف نواری ایجاد شده است. بعلاوه در تحقیقات کورل و همکاران [۵] بر روی CZTS مشخص گردید که بازپخت در حضور گوگرد می‌تواند بسیاری از خواص لایه را بهبود ببخشد اما این عمل علاوه بر نیاز به تجهیزات خاص هزینه بر نیز می‌باشد. لذا در این تحقیق بررسی تغییرات نسبت گوگرد به عناصر فلزی در محلول ساخته شده جهت اسپری و همچنین بازپخت در هوای آزاد به عنوان جایگزین روش‌های پرهزینه یاد شده مورد بررسی قرار گرفته است.

روش

سه محلول CZTS با تغییرات نسبت گوگرد به عناصر فلزی (مس، روی و قلع) با نسبت‌های ۱، ۲ و ۳ در ۵۰ سی سی آب دیونیزه جهت اسپری بر روی زیرلایه‌های شیشه‌ای با دمای ۳۶۰ درجه سانتی‌گراد آماده شده و با شرایط ثابت فاصله تا صفحه ۳۰ سانتی متر و آهنگ لایه‌نشانی ۷ سی سی بر دقیقه اسپری شدند. سپس لایه‌های بدست آمده در دمای ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد و در هوای آزاد به مدت یک ساعت بازپخت شده و جهت بررسی خواص الکتریکی از آزمایش پروب چهار نقطه‌ای و سیبک و جهت بررسی خواص اپتیکی از دستگاه UV-Vis شرکت Unico دانشگاه دامغان استفاده گردید.

نتایج

در ادامه تغییرات اپتیکی و الکتریکی پس از تغییرات S/M و همچنین بازپخت آن‌ها در هوای آزاد آورده شده است.



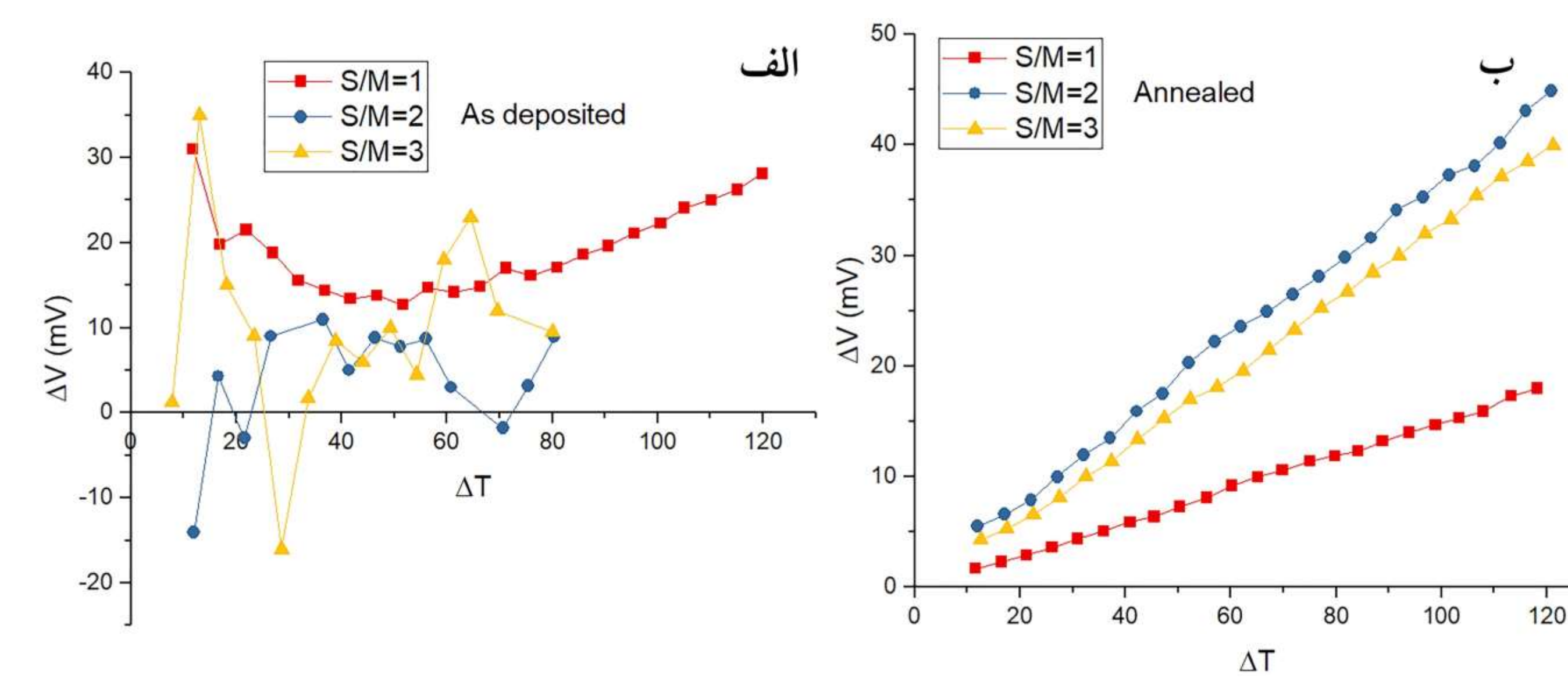
توضیحات شکل ۱

(الف) عبور (ب) جذب (ج) ضریب جذب و (د) گاف نواری لایه‌ها

جدول ۱ - تغییرات گاف نواری		
S/M	گاف نواری (eV) قبل بازپخت	گاف نواری (eV) بعد از بازپخت
1	1.41	1.34
2	1.39	1.33
3	1.37	1.32

توضیحات جدول ۱

تغییرات گاف نواری به همراه تغییرات S/M قبل و بعد از بازپخت



توضیحات شکل ۲

نمودار اثر سیبک (الف) قبل و (ب) پس از بازپخت

جدول ۲ - تغییرات خواص الکتریکی

S/M	ρ قبل بازپخت ($\Omega \cdot \text{cm}$)	ρ بعد بازپخت ($\Omega \cdot \text{cm}$)	R_{sh} قبل بازپخت ($K\Omega/\text{sq}$)	R_{sh} بعد بازپخت ($K\Omega/\text{sq}$)
1	3.3×10^{-1}	7.1×10^{-4}	1.1×10^3	2.3
2	5.4×10^{-1}	5.3×10^{-2}	1.6×10^3	1.6×10^2
3	4.1×10^{-1}	2.1×10^{-2}	1.2×10^3	6.2×10

توضیحات جدول ۲

تغییرات ویژگی‌های الکتریکی به همراه تغییرات S/M قبل و بعد از بازپخت

تحلیل نتایج

با افزایش میزان گوگرد به عناصر فلزی و بازپخت آن‌ها گاف نواری و عبور کاهش یافته و جذب افزایش می‌یابد. همچنین بازپخت باعث بهبود خواص الکتریکی و بهتر شدن شرایط حامل‌های گرمایی می‌گردد. علت این امر می‌تواند کم تاثیر کردن تهی جای گوگرد در اثر افزایش گوگرد در محلول اولیه باشد. همچنین تغییرات پس از بازپخت می‌تواند به دلیل تزریق گوگرد اضافی بین شبکه‌ای به شبکه و همچنین منظم‌تر شدن ساختارها باشد.

مراجع

- [1] V. Kosyak, N. B. Mortazavi Amiri, A. V. Postnikov, and M. A. Scarpulla, "Model of native point defect equilibrium in $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ and application to one-zone annealing," *J. Appl. Phys.*, vol. **114**, no. 12, 2013.
- [2] M. Kumar, A. Dubey, N. Adhikari, S. Venkatesan, and Q. Qiao, "Strategic review of secondary phases, defects and defect-complexes in kesterite CZTS-Se solar cells," *Energy Environ. Sci.*, vol. **8**, no. 11, pp. 3134–3159, 2015.
- [3] M. Adelifard, "Nanostructured $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ thin films: influence of substrate temperature on structural, morphological, optical and electrical properties," *Appl. Phys. A Mater. Sci. Process.*, vol. **121**, no. 1, pp. 95–101, 2015.
- [4] A. M. S. Arulanantham, S. Valanarasu, K. Jeyadheepan, A. Kathalingam, and I. Kulandaisamy, "Effect of sulfur concentration on the properties of tin disulfide thin films by nebulizer spray pyrolysis technique," *J. Mater. Sci. Mater. Electron.*, vol. **28**, no. 24, pp. 18675–18685, 2017.
- [5] M. Courel, J. A. Andrade-Arvizu, A. Guillén-Cervantes, M. M. Nicolás-Marín, F. A. Pulgarín-Agudelo, and O. Vigil-Galán, "Optimization of physical properties of spray-deposited $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ thin films for solar cell applications," *Mater. Des.*, vol. **114**, pp. 515–520, 2017.