بیست و هشتمین کنفرانس اپتیک و
فوتونیک ایران و چهاردهمین کنفرانس
مهندسی و فناوری فوتونیک ایران،
دانشگاه شهید چمران اهواز،
خوزستان، ایران.
۱۴-۱۲ بهمن ۱۴۰۰

بررسی طیف‌سنجی رامان و بازتاب در نواحی مرئی و مادون قرمز رنگدانه‌های Co_2TiO_4، $CoTiO_3$، Co_2SiO_4، $CoSiO_3$

محمدآصف اکبریان، حمید مطهری، محسن خواجه امینیان

دانشکده فیزیک، دانشگاه یزد، یزد، ایران

چکیده- در این پژوهش، طیف‌سنجی رامان و بازتاب نواحی مرئی و مادون قرمز رنگدانه‌های مختلف شامل Co_2TiO_4، $CoTiO_3$، Co_2SiO_4، $CoSiO_3$ انجام شده است. رنگ نمونه‌ها به ترتیب سبز تیره، سبز روشن، صورتی و آبی می‌باشد. قوی‌ترین قله طیف رامان در نمونه‌ی Co_2TiO_4 در $686\ cm^{-1}$ دیده شد. قله مهم طیف رامان برای رنگدانه $CoTiO_3$ و Co_2SiO_4 به ترتیب در $680\ cm^{-1}$ و $812\ cm^{-1}$ دیده می‌شود. طیف بازتاب نمونه‌های Co_2TiO_4 و $CoTiO_3$ کمتر از ۲۰ درصد بازتاب را نشان می‌دهد در حالی که طیف بازتاب نمونه‌های سیلیکاتی Co_2SiO_4 و $CoSiO_3$ با یکدیگر تفاوت داشته‌اند. بازتاب $CoSiO_3$ کمتر از ۱۵ درصد بوده اما بازتاب Co_2SiO_4 به شدت نوسانی بوده و در ۹۱۵ نانومتر به بیش از ۶۰ درصد افزایش یافته است.

کلیدواژه: طیف سنجی مرئی_مادون قرمز، طیف سنجی رامان، رنگدانه سرامیکی، بازتاب، رنگ سنجی.

Raman Study and Vis-NIR reflectance spectroscopy of Co_2TiO_4, $CoTiO_3$, Co_2SiO_4, $CoSiO_3$ pigments

Mohammad Asif Akbaryan, Hamid Motahari, Mohsen Khajeh Aminian
Department of Physics, Yazd University, Yazd, Iran

Abstract- In this research Raman and Vis-NIR reflectance spectroscopy of pigments including Co_2TiO_4, $CoTiO_3$, Co_2SiO_4 and $CoSiO_3$ has been studied. They can be found in dark green, light green, pink and blue, respectively. The sharp peak of the Co_2TiO_4 pigment can be seen at ٦٨٦ cm^{-1}. Also, the Raman peaks of $CoTiO_3$ and Co_2SiO_4 are ٦٨٠ cm^{-1} and ٨١٢ cm^{-1}, respectively. The reflectance of Co_2TiO_4 and $CoTiO_3$ are lower than ٢٠ percent. The reflectance of Co_2SiO_4 and $CoSiO_3$ are not similar. The reflectance of $CoSiO_3$ was lower than ١٥ percent, while it is so high and variable for Co_2SiO_4 and even higher than ٦٠ percent at ٩١٥ nm.

Keywords: UV-Vis, NIR, Raman Spectroscopy, ceramic pigments, reflectance, colorimetry.

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-02]

مقدمه

رنگدانه‌های Co_2TiO_4 و $CoTiO_3$ سبز از مخلوط اکسیدهای مختلف کبالت و تیتانیوم با فرآیند کلسینه کردن در دمای بالا تهیه می‌شوند که دمای فرایند بسته به رنگدانه از ۸۰۰ تا ۱۱۰۰ درجه سانتی‌گراد است. تنوع در موقعیت‌های قله در طیف‌های رامان برای کبالت تیتانیت سبز Co_2TiO_4 به دلیل تعویض‌های یونی در ساختارهای اسپینل چنین رنگدانه‌هایی است [۱]. یک ویژگی $CoTiO_3$ داشتن قله بزرگ طیف رامان است که در حدود $700cm^{-1}$ مشاهده می‌شود [۲]. رنگدانه‌های Co_2SiO_4 و $CoSiO_3$ نیز از جمله رنگدانه‌های پودری مورد توجه پژوهشگران هستند[۳]. در Co_2SiO_4 یک قله پر شدت در $815\ cm^{-1}$ مشاهده می‌شود که توسط Lan و همکارانش ارایه شده است. آنها وجود قله مشخص‌شده در $819\ cm^{-1}$ را گزارش داده‌اند. این قله مشخصه‌ی co-olivine است [۴]. از طرفی، رنگدانه کبالت تیتانیم $CoTiO_3$ دارای رنگ RAL ۶۰۰۰ (Patina green) می‌باشد[۵]. در این مقاله برای شناخت خواص فیزیکی و نوری رنگدانه‌های Co_2TiO_4، $CoTiO_3$، Co_2SiO_4، $CoSiO_3$ که در صنعت استفاده می‌شوند و در آزمایشگاه نانورنگدانه ساخته شده است، طیف رامان و بازتاب آنها مورد آزمایش قرار گرفته است. رامان برای تشخیص رنگدانه‌های سنتز شده و طیف بازتاب برای تعیین رنگ و خواص انعکاس نواحی مرئی-مادون قرمز مورد نیاز می‌باشند. نوع رنگدانه به کمک طیف رامان ممکن است و کمیت رنگ با طیف بازتاب قابل تعیین است.

مواد و روش انجام آزمایش

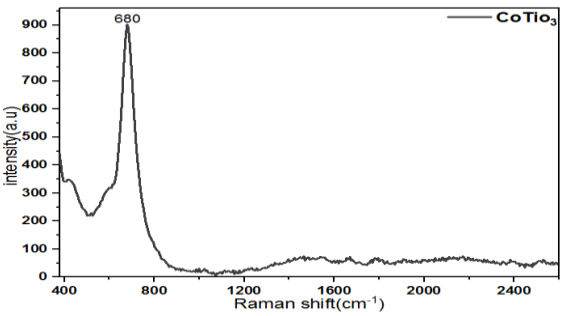
رنگدانه‌های $CoTiO_3$ و Co_2TiO_4 مطابق توضیحات مقاله مرجع [۶] سنتز شده‌اند. در پژوهش‌های قبلی، این ساختارها نیز مدل‌سازی شده‌اند. در این پژوهش چهار نمونه رنگدانه انتخاب شده‌اند. رنگدانه‌ها شامل Co_2TiO_4، $CoTiO_3$، Co_2SiO_4 و $CoSiO_3$ می‌باشند. چهار نمونه رنگدانه مذکور پس از ساخته شدن در آزمایشگاه نانو رنگدانه دانشگاه یزد، در آزمایشگاه لایه‌نشانی و طیف‌سنجی دانشکده فیزیک دانشگاه یزد مورد بررسی و ارزیابی و تحلیل قرار گرفتند. رنگدانه‌های مذکور بوسیله طیف‌سنجی رامان، طیف‌سنجی بازتابی UV-Vis و رنگ سنجی CIE L*a*b* مورد ارزیابی قرار گرفتند. طیف رامان با دستگاه میکرو رامان تکرام و طیف بازتاب و رنگ‌سنجی با دستگاه اوشن اپتیک HR۴۰۰۰ انجام شده‌اند. در آزمایش رنگ سنجی سه پارامتر مربوط رنگ L*a*b* مشخص می شود. مقدار L* بین صفر و صد تعریف شده و میزان روشنایی رنگ را نشان می‌دهد. اگر a* مثبت باشد، مقدار قرمز بودن و اگر منفی باشد مقدار سبز بودن رنگ را نشان می‌دهد. همچنین مثبت و منفی بودن b* به ترتیب نشان دهنده زرد و آبی بودن رنگ است.

بحث و نتیجه‌گیری

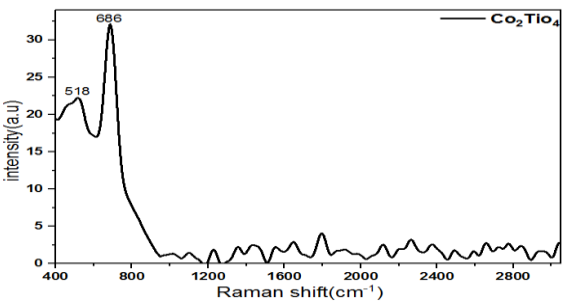
رنگدانه‌های سبز کبالت تیتانیت، اکسیدهای فلزی مخلوطی هستند که در دهه ۱۹۳۰ کشف شدند. آنها تقریباً هم‌زمان با سایر رنگدانه‌های تیتانیت و کرومیت (کروم یا نیکل آنتی‌موان تیتانیت زرد، تیتانیت‌های قهوه ای، سیاه و سبز کرومیت کبالت) ساخته شدند [۱]. برای این ساختار، مهمترین قله رامان در $685\ cm^{-1}$ ظاهر شده است که می-تواند به حالت ارتعاشی متقارن هشت وجهی CoO_6 و مد تقارنی A_1g نسبت داده شود. درشکل (۱) قله اصلی در $680cm^{-1}$ برای نمونه $CoTiO_3$ نشان داده شده است. قوی‌ترین قله نمونه Co_2TiO_4 در $686\ cm^{-1}$ رخ داده که به تقارن A_1g ارتباط دارد و مربوط به کشش متقارن اتم‌های O با یون‌های فلزی در چهار وجهی AO_4 است. در

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-02]

شکل (۲) دو قله cm^{-1} ۶۸۶ و cm^{-1} ۵۱۸ دیده می‌شود که به نمونه Co_2TiO_4 مربوط است.

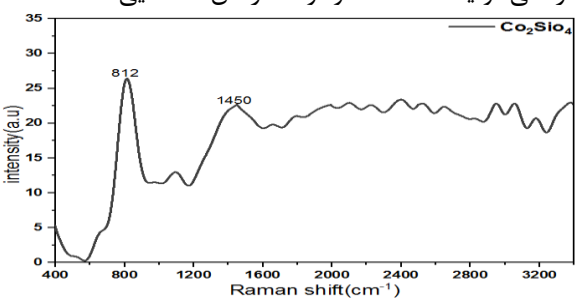


شکل(۱) طیف رامان نمونه $CoTiO_3$.

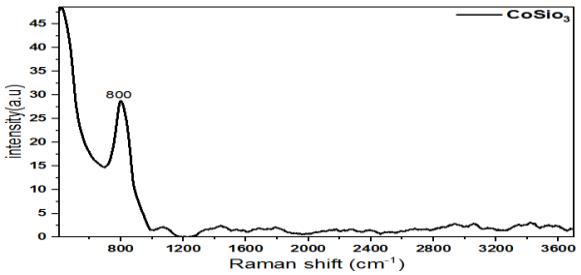


شکل(۲) طیف رامان نمونه Co_2TiO_4.

در شکل (۳) طیف رامان نمونه Co_2SiO_4 دیده می‌شود. یک قله واضح در cm^{-1} ۸۱۲ مشاهده می‌شود. گزارش یکسانی در این زمینه توسط Lan و همکارانش ارایه شده است. آنها وجود قله مشخص در cm^{-1} ۸۱۹ را برای نمونه Co_2SiO_4 گزارش داده‌اند. این قله نیز مشخصه co-olivine است [۴]. بنابراین رنگدانه ساخته شده کنونی به درستی تولید شده است و توسط رامان شناسایی شد.

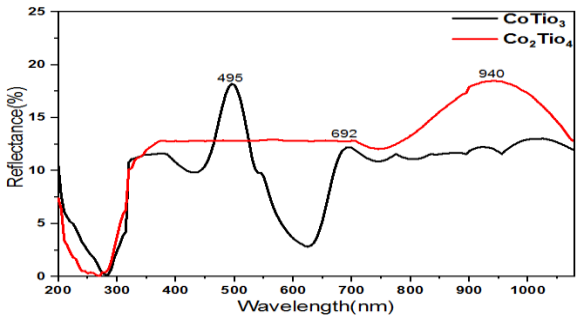


شکل(۳) طیف رامان نمونه Co_2SiO_4.



شکل(۴) طیف رامان نمونه $CoSiO_3$.

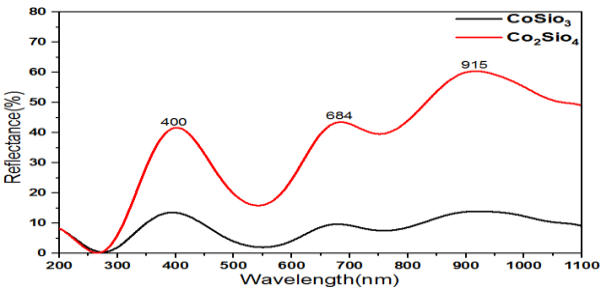
برای رنگدانه $CoSiO_3$ نیز قله cm^{-1} ۸۰۰ دیده می‌شود در شکل (۴) که در تطابق با همین نوع رنگدانه است. طیف بازتاب توسط دستگاه UV-Vis-NIR برای نمونه‌ها از ۱۹۰ تا ۱۱۰۰ نانومتر مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین نتایج رنگ‌سنجی به کمک طیف بازتاب بدست آمد. نتیجه رنگ‌سنجی برای Co_2TiO_4 و $CoTiO_3$ نشان داد ۴۵،۱۹ =L* داشت که روشنی نمونه را نشان می‌دهد. هم‌چنین ۱۴،۲۹- =a* و ۲،۱۲ =b*، بوده است. برای Co_2TiO_4 ۳۷،۹ =L*، ۰،۷۶ - =a* و ۱،۹۴- =b* بوده‌اند که نتایج آنها در شکل (۵) دیده می‌شوند. بازتاب کمتر از ۲۰ درصد در نواحی ۳۰۰ تا ۱۱۰۰ نانومتر برای هر دو نمونه دیده می‌شود. هرچند قله بازتاب $CoTiO_3$ در ۴۹۵ نانومتر و قله بازتاب Co_2TiO_4 در حدود ۹۴۰ نانومتر یعنی مادون قرمز نزدیک دیده می‌شود.



شکل(۵) طیف بازتاب نمونه‌های $CoTiO_3$, Co_2TiO_4.

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-02]

برای رنگدانه‌های سیلیکاتی $CoSiO_3$, Co_2SiO_4 نتایج بدست آمده عبارت بودند از L^*=۵۸,۲۷ و a^*= ۲۰،۶۲ و b^*= -۱۹،۶۸ و برای Co_2SiO_4، L^*=۴۲,۳۷، a^*= ۱۱،۴۱ و b^*= -۱۲،۱۹ بوده است که در شکل (۶) دیده می‌شوند. بازتاب این نمونه‌ها برخلاف رنگدانه‌های قبلی که هر دو کمتر از ۲۰ درصد بودند، با هم اختلاف زیادی را نشان می‌دهند. بازتاب $CoSiO_3$ کمتر از ۱۵ درصد در کل بازه ۲۰۰ تا ۱۱۰۰ نانومتر است در حالی که بازتاب رنگدانه Co_2SiO_4 متغیر بوده و در محدوده مادون قرمز نزدیک ۹۱۵ نانومتر به حدود ۶۰ درصد افزایش یافته است. هرچند در ۴۰۰ و ۶۸۴ نانومتر نیز دارای قله های بازتابی حدود ۴۵ درصد است. بدین معنا، نمونه Co_2SiO_4 بسیار مناسب برای مقاصد خنک کاری تابشی از طریق بازتاب تابش مادون قرمز می‌باشد.



شکل(۶) طیف بازتاب نمونه‌های Co_2SiO_4, $CoSiO_3$.

نتیجه‌گیری

با توجه به نیاز صنعت به انواع رنگدانه ها از جمله رنگدانه‌های سرامیکی، شناسایی و بررسی خواص نوری آنها بسیار مهم است. طیف سنجی بازتاب نوری و طیف رامان می‌تواند خواص آنها را نشان داده و به اصلاح و افزایش کیفیت آنها کمک کند. چهار رنگدانه Co_2TiO_4، $CoTiO_3$، Co_2SiO_4، $CoSiO_3$ با ساختار مشابه از جمله رنگدانه‌هایی هستند، که در این پژوهش مطالعه شدند. به‌طور خلاصه، قوی‌ترین قله طیف رامان در نمونه‌ی Co_2TiO_4 در cm^{-1} ۶۸۶ رخ داد که به مد متقارن A_1g اختصاص دارد. قله مهم طیف رامان برای رنگدانه $CoTiO_3$ در cm^{-1} ۶۸۰ دیده می‌شود. بازتاب این رنگدانه ها عموما کمتر از ۲۰ درصد دیده می‌شود. مشخصات رنگ آنها با رنگ ظاهری تطبیق خوبی دارد. قله مهم رامان Co_2SiO_4 در حدود ۸۱۲ دیده شد. طیف بازتاب رنگدانه‌های سیلیکاتی مذکور بسیار متفاوت از یکدیگر بوده به طوری که بازتاب $CoSiO_3$ کمتر از ۱۵ درصد است. بازتاب رنگدانه Co_2SiO_4 بیشتر بوده و در ۹۱۵ نانومتر به بیش از ۶۰ درصد بازتاب رسیده است.

مرجع‌ها

[۱] F. Casadio, A. Bezúr, I. Fiedler, K. Muir, T. Trad, S. Maccagnola, Pablo Picasso to Jasper Johns: a Raman study of cobalt-based pigments, Journal of Raman Spectroscopy, ۴۳ (۲۰۱۲) ۱۷۶۱-۱۷۷۱.
[۲] M.A. Ehsan, R. Naeem, H. Khaledi, M. Sohail, A.H. Saed, M. Mazhar, Fabrication of $CoTiO_3$-TiO_2 composite films from a heterobimetallic single source precursor for electrochemical sensing of dopamine, Dalton Transactions, ۴۵ (۲۰۱۶) ۱۰۲۲۲-۱۰۲۳۲.
[۳] K. Fujino, D. Nishio-Hamane, K. Suzuki, H. Izumi, Y. Seto, T. Nagai, Stability of the perovskite structure and possibility of the transition to the post-perovskite structure in $CaSiO_3$, $FeSiO_3$, $MnSiO_3$ and $CoSiO_3$, Physics of the Earth and Planetary Interiors, ۱۷۷ (۲۰۰۹) ۱۴۷-۱۵۱.
[۴] D. Lan, Z. Gao, Z. Zhao, G. Wu, K. Kou, H. Wu, Double-shell hollow glass microspheres@Co_2SiO_4 for efficient electromagnetic wave absorption, Chemical Engineering Journal, ۴۰۸ (۲۰۲۱) ۱۲۷۳۱۳.
[۵] M. El Hadri, H. Ahamdane, M.E.I. Raghni, Effect of sol–gel method on colour properties of the classical cobalt olivine (Co_2SiO_4) ceramic pigment, Bulletin of Materials Science, ۴۰ (۲۰۱۷) ۳۷۵-۳۸۲.
[۶] S.Y. Vaselnia, M. Khajeh Aminian, R.D. Banadaki, Experimental and theoretical study on the structural, electronic, and optical properties within DFT+U, Fxc kernel for LRC model, and BSE approaches. Part I: $CoTiO_3$ and Co_2TiO_4 pigments, Powder Technology, ۳۹۰ (۲۰۲۱) ۵۰-۶۱.

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-02]