

## بررسی خواص نوری شیشه‌های اکسیدی از عناصر واسطه جدول تناوبی و پدیده سوئیچ شدن در سیستم دوتایی (V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>- CdO)

سید احمد بابانژاد\* / علی اصغر حسینی\*\*

### چکیده

در این پروژه، جذب نوری و لبه جذب در سیستم دوگانه V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-CdO با درصدهای وزنی متفاوت - که به طریقه سرد کردن سریع مذاب و با دمیدن در مذاب تهیه شد - بین طول موج‌های ۲۰۰ تا ۸۰۰ نانومتر بررسی شده است. پس از بررسی طیف‌ها و رسم نمودارهای  $(\alpha\hbar\omega)^{1/n}$  بر حسب  $(\hbar\omega)$  به ازای  $n = 3/2$  نمودارهایی خطی با دنباله‌نمایی مورد نظر به دست آمد که با توجه به گزارش‌های موت و دیویس (Mott & Davis, 1971: 273-300) مشخص گردید که نوع گذار حامل‌ها در این سیستم، از نوع مستقیم غیرمجاز می‌باشد.

با استفاده از طیف‌های به دست آمده، انرژی شکاف نوری  $E_{opt}$  و پهنای حالت‌های جای‌گزیده  $\Delta E$  نمونه‌های تهیه‌شده را محاسبه کردیم. تغییر انرژی شکاف نوری و پهنای حالت‌های جای‌گزیده، به ترتیب بین ۱/۹۳۷ تا ۲/۷۳۰ و ۰/۳۷ تا ۰/۵۷ الکترون ولت بود. در قسمت دیگری از این پروژه، اثر میدان‌های بالا را بر روی نمونه‌ای با ۱۰ درصد وزنی از V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> مورد بررسی قرار دادیم که پدیده سوئیچ شدن حافظه‌ای و تبعیت از اهمی بودن مقاومت در میدان‌های پایین، و غیراهمی بودن آن در میدان‌های بالا، مشاهده گردید.

### کلیدواژه

جذب نوری، نوع گذار، سوئیچ شدن، حافظه‌ای.

\* عضو علمی دانشگاه پیام‌نور مرکز ساری  
\*\* عضو علمی دانشگاه مازندران - بابلسر

## مقدمه

اورباخ (Urbach, 1953: 1324) و به صورت زیر ارائه گردید:

$$\alpha(\omega) = C \exp \left( \frac{\hbar\omega}{\Delta E} \right) \quad (2)$$

که در آن C ثابت تناسب،  $\Delta E$  پهنای حالت‌های جای‌گزیده در باندهای انرژی، و  $\omega$  بسامد زاویه‌ای فوتون فرودی است.

در مورد اثر میدان‌های الکتریکی قوی بر روی نمونه‌های بی‌شکل می‌توان آن را با دو نظریه الکتریکی به نام‌های پول - فرانکلین و شاتکی (Simmons, 1967: 657) مطالعه نمود. اثرات غیراهمی میدان‌های قوی معمولاً در میدان‌هایی با شدت ( $E > 10^4 \text{ v C m}^{-1}$ ) ظاهر می‌شود و در مواد کریستالی و بی‌شکل از آن جهت دارای اهمیت است که می‌توان با بررسی نتایج حاصل از تجربه اطلاعاتی را در مورد پارامترهای هدایت الکتریکی، مانند دانسیته حامل‌ها، جنس حامل‌ها، ضریب دی‌الکتریک نسبی و فواصل لی‌لی در این مواد به دست آورد.

## مواد و روش کار

ما در این پروژه بر روی نمونه‌های شیشه‌ای متشکل از اکسیدهای CdO و  $V_2O_5$  با درصد‌های متفاوت که در جدول (۱) ارائه شده تحقیق نمودیم.

در اجرای اولین مرحله این پروژه نیازمند به تهیه نمونه‌هایی از سیستم دوگانه  $V_2O_5 - CdO$  به ترتیب با درصد‌های وزنی ۶۰، ۷۰، ۷۵، ۸۰ و ۹۰ از اکسید کادمیم و یا ۴۰، ۳۰، ۲۵، ۲۰ و ۱۰ از اکسید وانادیم به صورت حجمی (Bulk) با سرد کردن سریع مذاب سیستم دوگانه  $V_2O_5 - CdO$  برای بررسی خواص نوری، و تهیه نمونه نازک با دمیدن در مذاب برای پدیده سوئیچ شدن بودیم.

لبه جذب نوری اغلب نیمه‌رساناهای بی‌شکل، به وسیله یک ضریب جذب  $\alpha(\omega)$  که به طور نمایی با انرژی فوتون ( $\hbar\omega$ ) افزایش می‌یابد، شناسایی می‌شود. تغییرات ضریب جذب با انرژی فوتون در انرژی‌های بالا، یک دنباله نمایی به خود می‌گیرد (AL- Ani & Hogath, 1982: 1185). لبه جذب لایه‌های بی‌شکل غیرکریستالی دارای شیب کمتری نسبت به شکل کریستالی آن مواد است.

در طی دو دهه گذشته، اندازه‌گیری‌ها و تفاسیر لبه جذب نوری، به طور قابل توجهی به فهم نظریه ساختار الکترونی مواد بی‌شکل کمک نموده است. در بسیاری از مواد بی‌شکل لبه جذب به دو نوع زیر دسته‌بندی می‌شود:

الف) ناحیه جذب بالا [ $\alpha(\omega) > 10^4 \text{ Cm}^{-1}$ ] که ضریب جذب در این ناحیه از رابطه زیر به دست می‌آید (Davis & Mott 1970: 903-922):

$$\alpha(\omega) = B \frac{(\hbar\omega - E_{opt})^n}{\hbar\omega} \quad (1)$$

که در آن B ثابت تناسب،  $E_{opt}$  انرژی شکاف نوری،  $\omega$  بسامد زاویه‌ای پرتو تابشی، و مقدار n می‌تواند یکی از مقادیر ۱، ۲ و  $3/2$  باشد که بستگی به نوع گذار الکترونی در فضای K دارد، بسته به اینکه گذار مجاز است یا غیرمجاز. این معادله، اولین بار توسط تاوک و همکارانش (Tauc et al., 1966: 627) با  $n=2$  پیشنهاد شد و سپس توسط موت و دیویس (Mott & Davis 1970) با  $n=3/2$  ارائه گردید. دیگران نیز در این زمینه کارهایی انجام داده‌اند که در بخش نتیجه‌گیری به آنها اشاره می‌شود.

ب) ناحیه جذب پایین [ $\alpha(\omega) < 10^4 \text{ C m}^{-1}$ ] که در این ناحیه ضریب جذب به طور نمایی با انرژی فوتون فرودی ( $\hbar\omega$ ) تغییر می‌کند. بهترین رابطه‌ای که رفتار نوری این گونه مواد را در این ناحیه تفسیر می‌کند توسط

نمونه با ۱۰ درصد وزنی از اکسید وانادیم، هر بار دما ۱۰۰ درجه اضافه گردید که با هر افزایش دما، نمونه به مدت ده دقیقه در آن دما نگهداری شد. در فاصله بین افزایش دماها، بوت‌های حاوی نمونه‌ها حداقل یک بار برای همگن شدن سیستم از کوره خارج و هم زده شدند.

ج) پس از رسیدن نمونه‌ها به دمای ذوب، هر کدام به مدت پانزده دقیقه در دمای ذوب نگهداری شد و سپس از کوره خارج و تخلیه گردید.

د) تمام نمونه‌های تهیه شده، برای دفع و رها کردن تنش‌های درونی و شکستن پیوندهای موقتی، به مدت دو تا سه ساعت در دمای ۲۵۰ درجه پخته شدند.

برای تهیه طیف جذبی از نمونه‌ها، از اسپکتروفتومتر UV-VIS مدل CECIL-CE5501 موجود در آزمایشگاه دانشکده علوم پایه دانشگاه مازندران (بابلسر) استفاده شد. برای تهیه طیف نمونه‌های با ۲۰ درصد وزنی از  $V_2O_5$  از اسپکتروفتومتر UNICAM دانشکده علوم پایه دانشگاه تربیت مدرس استفاده شد.

از این اسپکتروفتومترها طیف‌هایی بین طول موج‌های ۲۰۰ تا ۸۰۰ نانومتر تهیه نمودیم. طیف‌های تهیه شده از نمونه‌ها نشان می‌دهند که لبه جذب در آنها دارای تیزی نیست و این خاصیت در کریستال‌ها مشاهده نمی‌شود، بلکه از مشخصات شیشه‌هاست (شکل ۱ طیف تهیه شده از نمونه‌های شماره ۲۰۱ و ۲۰۲ را نشان می‌دهد). در تهیه طیف از نمونه‌ها، از یک نوع نمونه با یک درصد معین و با چند ضخامت متفاوت چند طیف تهیه گردید تا وابستگی  $E_{opt}$  به ضخامت در یک درصد معین نیز بررسی شود. به کمک رابطه  $\alpha(\omega) = \frac{1}{L} \ln \frac{I_0}{I}$  ضریب جذب را برای هر نمونه به دست آوردیم که  $L$  ضخامت نمونه،  $I_0$  و  $I$  به ترتیب شدت تابش فرودی و عبوری می‌باشند.

آن‌گاه نمودار تغییرات  $(\alpha\hbar\omega)$ ،  $(\alpha\hbar\omega)^{1/2}$  و  $(\alpha\hbar\omega)^{2/3}$

با تهیه بوت‌های مورد نیاز در مرحله اول سه نمونه با ضخامت حدود ۴ میلی‌متر و با درصد‌های وزنی ۲۵، ۴۰، ۱۰ از اکسید وانادیم، پس از ۳ بار تکرار مشخص شد که به ساختار بی‌نظم شیشه منجر نمی‌شود. ولی نمونه‌هایی با درصد وزنی ۲۵ و ۱۰ از اکسید وانادیم، هر چند بار که تهیه شد، با بررسی‌های به عمل آمده معلوم شد که شیشه‌ساز است.

البته بعداً از نمونه‌ای با ۳۰ درصد وزنی از اکسید وانادیم نیز ۳ بار ذوب گرفته شد که هر ۳ بار شیشه توأم با سرامیک به دست آمد. بنابراین، مشخص شد که احتمالاً سیستم  $V_2O_5 - CdO$  با درصد وزنی بالای ۲۵ درصد از اکسید وانادیم، شیشه‌ساز نیست. نمونه‌ای با ۲۰ درصد وزنی از اکسید وانادیم نیز تهیه گردید که شیشه‌ساز بود.

در تهیه نمونه‌های حجمی، نمونه‌های با ضخامت زیاد، به دلیل جذب بالای آنها در طیف‌نگاری، طیف خوبی به دست نمی‌داد. به همین علت، بعداً نمونه‌هایی با ضخامت‌های کمتر تهیه شد که طیف‌های مورد نظر از آنها تهیه گردید.

در مرحله دوم تهیه نمونه‌ها، نیازمند تهیه نمونه‌هایی با ضخامت کم، برای بررسی پدیده سوئیچ شدن بودیم که می‌بایست با روش دمیدن در مذاب مختلف، توسط میله آلومینایی که دمای بالای ۱۲۰۰ درجه را تحمل کند تهیه می‌شد. تهیه نمونه‌ها در چهار مرحله و به شرح ذیل صورت گرفت:

الف) پس از رطوبت‌گیری از نمونه‌ها، آنها را به مدت بیست دقیقه در دمای ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد، برای خارج ساختن گازها و ذرات ناخالص زودگذار از سیستم، نگهداری نمودیم.

ب) سپس دما به تدریج افزایش داده شد. در مورد نمونه‌های با ۴۰، ۳۰، ۲۵ و ۲۰ درصد وزنی از اکسید وانادیم، هر بار دما ۵۰ درجه افزایش داده شد و در مورد

حافظه‌ای باقی می‌ماند که به این حالت سوئیچ شدن حافظه‌ای گفته می‌شود. در این وضعیت، مقاومت بالای نمونه را می‌توان با اعمال یک میدان قوی‌تر از میدان اعمال شده به صورت یک پالس جهت کاهش مقاومت، به نمونه بازگرداند. دریک و اسکاندال ( Drake & Skandal, 1970: 324) برای اولین بار گزارش‌هایی را

در مورد سوئیچ شدن در شیشه‌های اکسیدی CdO-CaO-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ارائه کردند اما در گزارش آنها اشاره‌ای به کریستال شدن نمونه در میدان بالا نشده است. ساجی و کائو (Sugi & Kao, 1975: 275) در گزارشی پدیده سوئیچ شدن را بر اثر وجود ترکیبی از کریستال و توده بی‌شکل در ناحیه‌ای از نمونه که در میدان قرار گرفته است دانسته، نتیجه گرفته‌اند که این نوع سوئیچ شدن را سوئیچ شدن آستانه‌ای بنامند. در این نوع سوئیچ شدن، در صورتی که میدان اعمال شده حذف شود، خاصیت مقاومت بالا به نمونه بازمی‌گردد. همچنین در گزارش آنها آمده است در صورتی که سوئیچ شدن فقط بر اثر شکل‌گیری نطفه‌های کریستالی در محل سوئیچ شده باشد، نوع سوئیچ شدن، حافظه‌ای خواهد بود. در این پروژه، اثر میدان الکتریکی بالا بر روی نمونه‌ای با ۱۰ درصد وزنی از V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> در سیستم دوگانه CdO - V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> مورد بررسی قرار گرفته که سوئیچ شدن حافظه‌ای را نشان داده است. شکل (۱۸) دستگاه به کار گرفته شده و شکل (۱۹) مدار مورد استفاده را برای تعیین اثر میدان بالا و پدیده سوئیچ شدن نشان می‌دهد. نمودار تغییرات لگاریتمی V و E بر حسب I بر اثر میدان بالا در شکل‌های (۲۰) و (۲۱) نشان داده شده است.

### نتیجه‌گیری

با مطالعه طیف‌های جذب نوری نمونه‌های حاصل از سیستم دوگانه CdO - V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> که نمونه‌ای از آن در شکل (۱) نشان داده شده است، مشاهده می‌شود که اولاً

را برحسب  $(\hbar\omega)$  رسم کردیم. در بررسی نمودارهای رسم شده مشخص شد که نمودار تغییرات  $(\alpha\hbar\omega)^{2/3}$  برحسب  $(\hbar\omega)$  که در شکل‌های ۲-۹ نشان داده شده است، نسبت به سایر نمودارها دارای ارتباط خطی تری است. لذا مقدار n برای این سیستم برابر ۳/۲ بوده که نشان‌دهنده این است که فرایند جذب غالب، از نوع گذار مستقیم غیرمجاز است (AL-Ani & Hogarth, 1982: 1185; Davis & Mott, 1970: 903-922; Hosseini at.al. 1994: 444-445).

E<sub>opt</sub> با برون‌یابی از قسمت خطی نمودار  $(\alpha\hbar\omega)^{2/3}$  برحسب  $(\hbar\omega)$  در  $(\alpha\hbar\omega)^{2/3} = 0$  به دست می‌آید و مطابق جدول (۲) مقدار E<sub>opt</sub> برای کل نمونه‌های این پروژه بین ۱/۹۳۷ تا ۲/۷۳۰ الکترون ولت به دست آمده است. با مشخص شدن n و E<sub>opt</sub> به کمک رابطه (۱) ثابت B را محاسبه کردیم. مقدار B برای کل نمونه‌های این پروژه در جدول (۲) ارائه شده است. برای این نمونه‌ها در جهت نمایش تطابق کار این پروژه با نظریه اورباخ (Urbach) و تحقیق درستی کاربرد رابطه اورباخ  $\alpha(\omega) = C \exp\left[\frac{\hbar\omega}{\Delta E}\right]$  را برحسب تغییرات  $(\hbar\omega)$  رسم و در شکل‌های ۱۰-۱۷ نشان داده‌ایم. با توجه به این نمودارها، می‌بینیم که آنها دارای قسمتی خطی با دنباله‌ای نمایی هستند. به دنبال این کار، مقدار پهنای حالت‌های جای‌گزیده در باند انرژی  $\Delta E$  را محاسبه نمودیم که مقدار آن بین ۰/۳۷ تا ۰/۵۷ الکترون ولت به دست آمد. در بسیاری از شیشه‌های اکسیدی، اعمال میدان‌های قوی در نمونه‌های نازک به وسیله دو الکتروود فلزی ساندویچ شده، موجب می‌شود تا گذاری از مقاومت بالا به مقاومت به مراتب پائین‌تر و هدایت بالاتر صورت پذیرد که به این پدیده سوئیچ شدن گفته می‌شود.

در نوعی از این سوئیچ شدن، خاصیت هدایت بالا در شیشه، حتی با حذف میدان الکتریکی، به صورت

لبه جذب نوری این طیف‌ها، در مقایسه با لبه جذب نوری کریستال‌ها، دارای تیزی نیست که این از خواص حالت‌های غیرکریستالی شیشه‌ای است. ثانیاً با در نظر گرفتن ضخامت نمونه‌ها، می‌توان گفت که با افزایش درصد وزنی CdO در سیستم، لبه جذب به سمت طول موج‌های کمتر (انرژی‌های بیشتر) انتقال می‌یابد که نمایانگر افزایش انرژی شکاف نوری  $E_{opt}$  می‌باشد.

شکل (۱) و جدول (۲) نیز مؤید همین امر است. چنین نتیجه‌ای قبلاً در مورد سیستم دوگانه  $V_2O_5-CeO_2$  نیز حاصل شده بود که علت آن نسبت  $V^{4+}$  به  $V^{5+}$  گزارش شده است (Hosseini et al., 1994: 444-5). برای اطمینان بیشتر از نتیجه حاصل پیشنهاد می‌شود ESR روی این سیستم انجام شود.

در بررسی طیف‌ها مشخص شد با افزایش ضخامت در هر نمونه با یک درصد معین مشاهده می‌شود که لبه جذب به سمت طول موج‌های بلندتر انتقال می‌یابد که نمایانگر کاهش انرژی شکاف نوری و افزایش پهنای حالت‌های جای‌گزیده می‌باشد (شکل ۱ و جدول ۲). دلیل این پدیده به نظر ما این است که احتمالاً با افزایش ضخامت نمونه، هم‌پوشانی بین توابع موج الکترونی افزایش می‌یابد و در نتیجه پهنای حالت‌های جای‌گزیده افزایش یافته، انرژی شکاف نوری کاهش پیدا می‌کند (جدول ۲). چنین نتیجه‌ای برای سیستم  $MoO_3-In_2O_3$  توسط آنوار و هوگارت (Anvar & Hogarth, 1984: 1035) پیش‌تر نیز گزارش شده بود و سایرین نیز به این نتیجه رسیده‌اند (Arshak & Davis, 1129-30). تغییر در انرژی شکاف نوری همراه با تغییر در دنباله حالت‌های جای‌گزیده نظریه‌های موت و دیویس (Mott

برای حالت‌های جای‌گزیده در داخل شکاف انرژی نیمه‌رساناهای بی‌شکل، تقویت می‌کند. اما در مورد علت وجود دنباله‌نمایی در نمودار ضریب جذب برحسب انرژی فوتون تابشی در نواحی مرزی باندهای انرژی نظریه‌های متفاوتی ارائه شده است.

در یکی از این نظریه‌ها، علت وجود دنباله‌نمایی فوق، حضور میدان الکتریکی بالا و پتانسیل ناشی از هسته‌های یونی در سیستم شبکه نامنظم گزارش شده است (Dow & RedFeild, 1972: 594). در نظریه‌ای دیگر، دلیل وجود چنین دنباله‌نمایی، گذار حامل‌ها بین حالت‌های جای‌گزیده در نواحی مرزی باندهای انرژی عنوان شده است که در این نواحی چگالی حالت‌ها به‌طور نمایی با انرژی کاهش پیدا می‌کند. اما موت و دیویس (Ibid) نظریه اخیر را رد می‌کنند؛ زیرا در بررسی‌های آنها مشخص شده است که شکل دنباله‌نمایی در نمودار ضریب جذب در مواد مختلف، کاملاً شبیه هم می‌باشد، در نتیجه، با پذیرش نظریه فوق لازم است ثابت B در رابطه موت و دیویس (۱) برای کلیه مواد یکسان باشد؛ درحالی‌که تجربه این موضوع را تأیید نمی‌کند (جدول ۲). در مورد پدیده سوئیچ شدن در شیشه‌های اکسیدی  $V_2O_5 - CdO$  می‌توان نتیجه گرفت که بر اثر اعمال میدان الکتریکی بالا در این نوع شیشه‌ها، کریستال شدن کامل موضعی (Devitrification) در محل سوئیچ شده، موجب افزایش شدید هدایت بین دو الکتروود شده، این حالت به صورت حافظه‌ای در شیشه باقی می‌ماند. در این موارد می‌توان گفت که انرژی میدان الکتریکی صرف آرایش اتم‌ها و تشکیل شبکه کریستالی در محل سوئیچ شده می‌شود.

در بررسی طیف‌ها مشخص شد با افزایش ضخامت در هر نمونه با یک درصد معین مشاهده می‌شود که لبه جذب به سمت طول موج‌های بلندتر انتقال می‌یابد که نمایانگر کاهش انرژی شکاف نوری و افزایش پهنای حالت‌های جای‌گزیده می‌باشد (شکل ۱ و جدول ۲). دلیل این پدیده به نظر ما این است که احتمالاً با افزایش ضخامت نمونه، هم‌پوشانی بین توابع موج الکترونی افزایش می‌یابد و در نتیجه پهنای حالت‌های جای‌گزیده افزایش یافته، انرژی شکاف نوری کاهش پیدا می‌کند (جدول ۲). چنین نتیجه‌ای برای سیستم  $MoO_3-In_2O_3$  توسط آنوار و هوگارت (Anvar & Hogarth, 1984: 1035) پیش‌تر نیز گزارش شده بود و سایرین نیز به این نتیجه رسیده‌اند (Arshak & Davis, 1129-30). تغییر در انرژی شکاف نوری همراه با تغییر در دنباله حالت‌های جای‌گزیده نظریه‌های موت و دیویس (Mott

جدول ۱. مشخصات کلیه نمونه‌های تهیه شده

شماره ردیف	شماره نمونه	ترکیب درصد وزنی		ضخامت Cm	نقطه ذوب °C	نمونه حاصل
		V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CdO			
۱	۱۰۱	۱۰	۹۰	$1/235 \times 10^{-1}$	۱۲۰۰	شیشه
۲	۱۰۲	۱۰	۹۰	$1/255 \times 10^{-1}$	۱۲۰۰	شیشه
۳	۱۰۳	۱۰	۹۰	$4/145 \times 10^{-1}$	۱۲۰۰	شیشه
۴	۲۰۱	۲۰	۸۰	$2/5 \times 10^{-2}$	۱۰۰۰	شیشه
۵	۲۰۱	۲۰	۸۰	$5 \times 10^{-2}$	۱۰۰۰	شیشه
۶	۳۰۱	۲۵	۷۵	$1/5 \times 10^{-3}$	۹۵۰	شیشه
۷	۳۰۲	۲۵	۷۵	$1/5 \times 10^{-2}$	۹۵۰	شیشه
۸	۳۰۳	۲۵	۷۵	$1/0.35 \times 10^{-1}$	۹۵۰	شیشه

جدول ۲. نتایج محاسبات برای کلیه نمونه‌ها

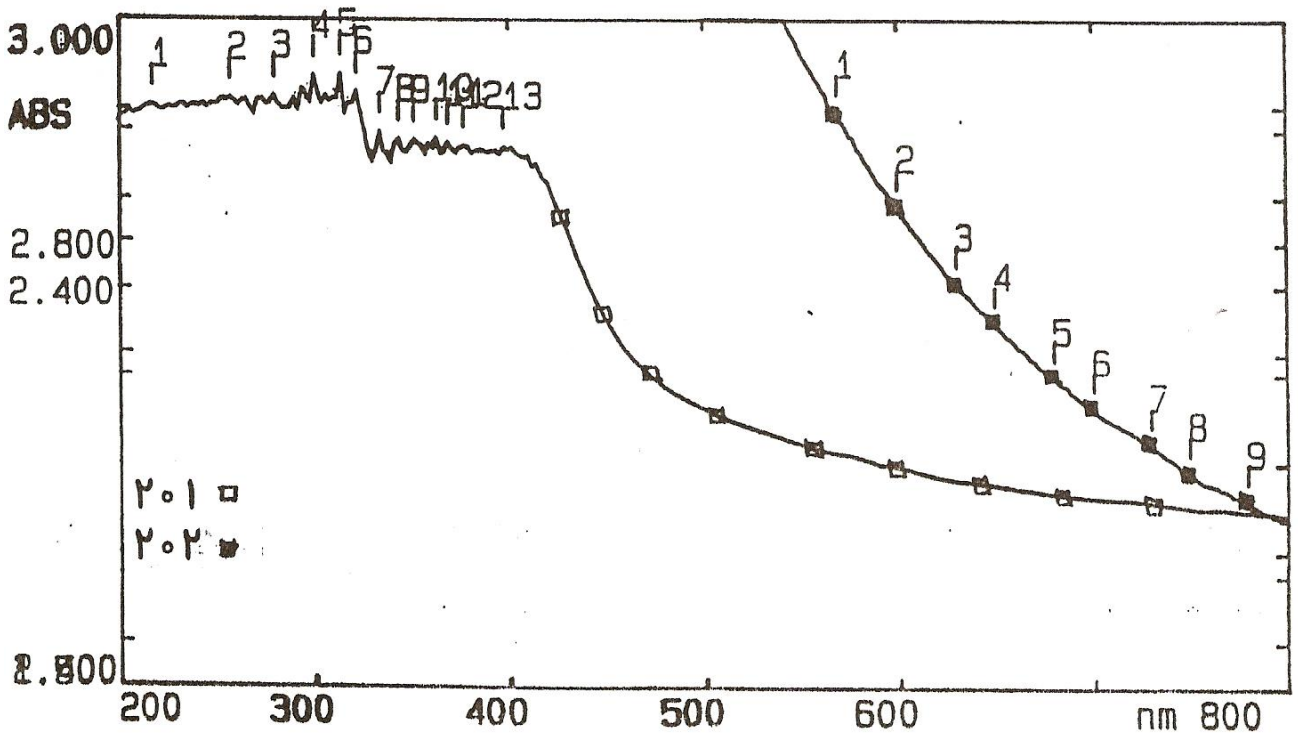
$\Delta E$ (ev)	شماره نمونه	ترکیب درصد وزنی		ضخامت Cm	$E_{opt}$ (ev)	ثابت تناسب B ( $Cm^{-1} ev^{-1}$ )	مقدار n	نوع گذار
		$V_2O_5$	CdO					
.۳۸	۱۰۱	۱۰	۹۰	$1/235 \times 10^{-1}$	۲/۷۳۰	$5/3547 \times 10^2$	$\frac{3}{2}$	مستقیم غیر مجاز
.۳۹	۱۰۲	۱۰	۹۰	$1/255 \times 10^{-1}$	۲/۵۹۵	$6/653 \times 10^2$	$\frac{3}{2}$	مستقیم غیر مجاز
.۴۹	۱۰۳	۱۰	۹۰	$4/145 \times 10^{-1}$	۱/۹۶۰	$2/0617 \times 10^2$	$\frac{3}{2}$	مستقیم غیر مجاز
.۴۰	۲۰۱	۲۰	۸۰	$2/5 \times 10^{-2}$	۲/۵۴۶	$4/1564 \times 10^2$	$\frac{3}{2}$	مستقیم غیر مجاز
.۵۶	۲۰۲	۲۰	۸۰	$5 \times 10^{-2}$	۱/۹۴۸	$7/1132 \times 10^2$	$\frac{3}{2}$	مستقیم غیر مجاز
.۳۷	۳۰۱	۲۵	۷۵	$1/5 \times 10^{-3}$	۲/۷۲۰	$1/5441 \times 10^4$	$\frac{3}{2}$	مستقیم غیر مجاز
.۴۳	۳۰۲	۲۵	۷۵	$1/5 \times 10^{-2}$	۲/۵۱۰	$3/5512 \times 10^4$	$\frac{3}{2}$	مستقیم غیر مجاز
.۵۷	۳۰۳	۲۵	۷۵	$1/035 \times 10^{-1}$	۱/۹۳۷	$3/1266 \times 10^2$	$\frac{3}{2}$	مستقیم غیر مجاز

منابع:

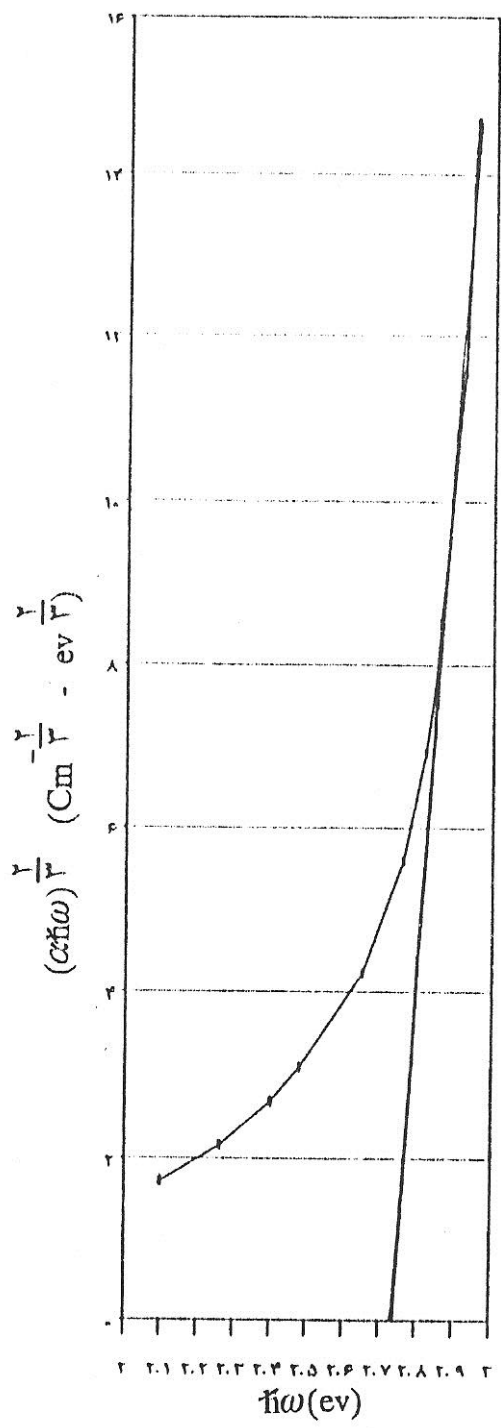
- Al- Ali, S. H. J. and Hogarth, C. A.** (1982), *J. Mater. Sci.*, 20;
- Anvar, M. and Hogarth, C. A.** (1984), *J. Mater. Sci.*, Lett.3;
- Arshak, K. and Perren, R.** (1992), *J. Mater. Sci.* Lett.11: 1129-1130;
- Davis, E.A. and Mott, N. F.** (1970), *Phill.Mag.*, 22;
- Dow, J. D. and Redfield, D.** (1972), *Phys.Rev* , B5;
- Drake, C. F. and Skandal, I. F.** (1970), *J. NonCrist - alline Solids*, 4;
- Hosseini, A. A. , Beynon, J. and Hogarth, C. A.** (1994), *Int. J. Electronic*: 84791B;
- \_\_\_\_\_ (1994), *J. Mater. Sci.*, 18;
- Mott, N. F. and Davis, E. A.** (1971), *Electronic Processes In Non-Crystalline Materials*, Oxford Univ., Clarendon Press;
- Simmons, J. G.** (1967), *Phys. Rev.* , 155;
- Sugi, M. and Kao, C. J.** (1975), *Non-Cristalline Solids*, 18;
- Tauc, J. R., Grigorivich, R. and Bancu, A.** (1966), *Phys. Status Solidi*, 15;
- Urbach, F.** (1953), *Phys. Rev.*, 92.■



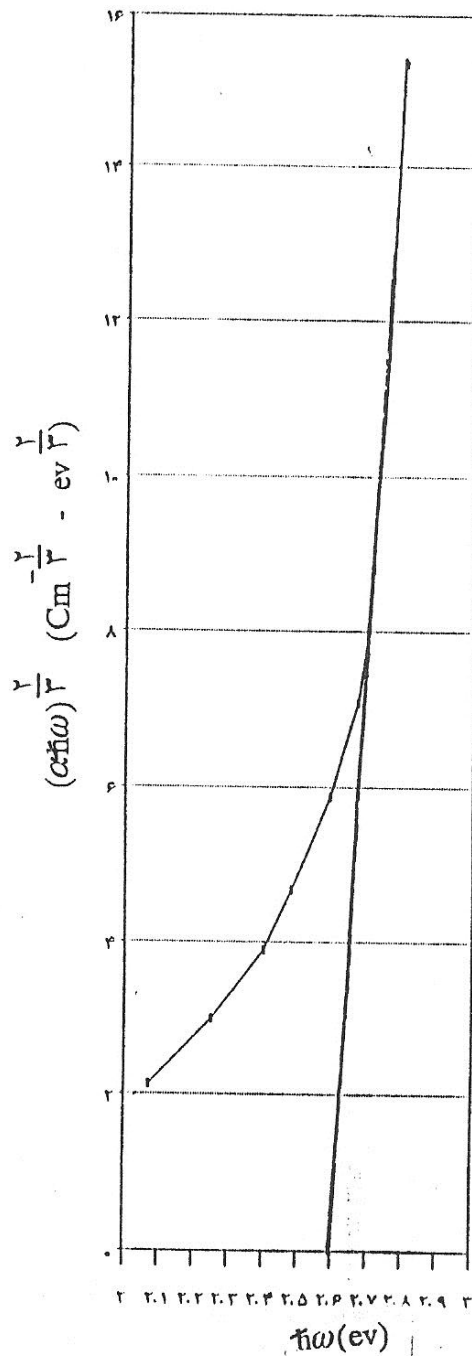
شکل ۱: طیف‌های جذبی نمونه‌های شماره ۲۰۱ و ۲۰۲ با هم، برای مقایسه



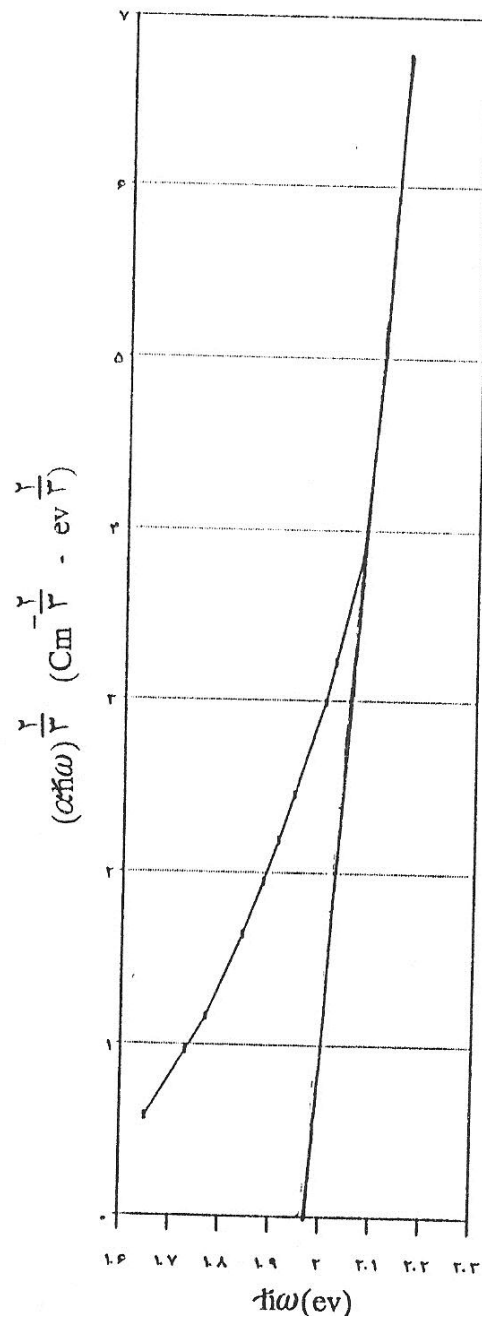
شکل ۲: نمودار تغییرات  $(\alpha\hbar\omega)^{2/3}$  بر حسب انرژی فوتون  $(\hbar\omega)$  برای نمونه شماره ۱۰۱ با ۱۰ درصد وزنی از  $(V_2O_5)$  و ضخامت  $1/235$  میلی متر ( $E_{opt} = 2/730 \text{ eV}$ ) دمای مذاب  $1200^0 \text{ C}$



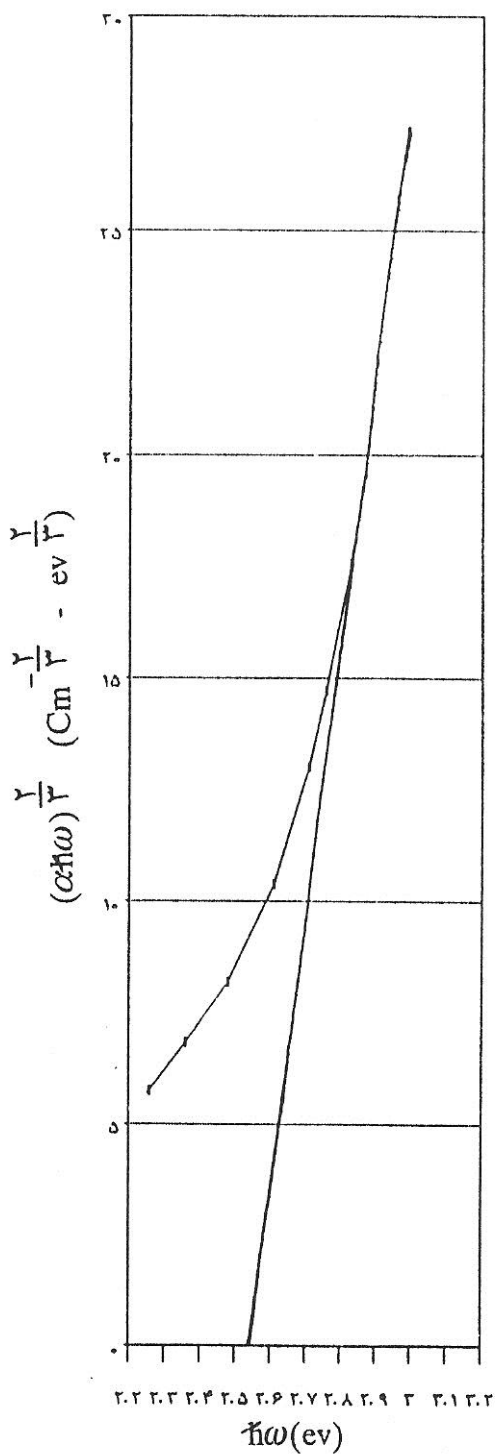
شکل ۳: نمودار تغییرات  $(\alpha\hbar\omega)^{2/3}$  بر حسب انرژی فوتون  $(\hbar\omega)$  برای نمونه شماره ۱۰۲ با ۱۰ درصد وزنی از  $(V_2O_5)$  و ضخامت  $1/255$  میلی متر ( $E_{opt} = 2/595$  eV) دمای مذاب  $1200^0$  C



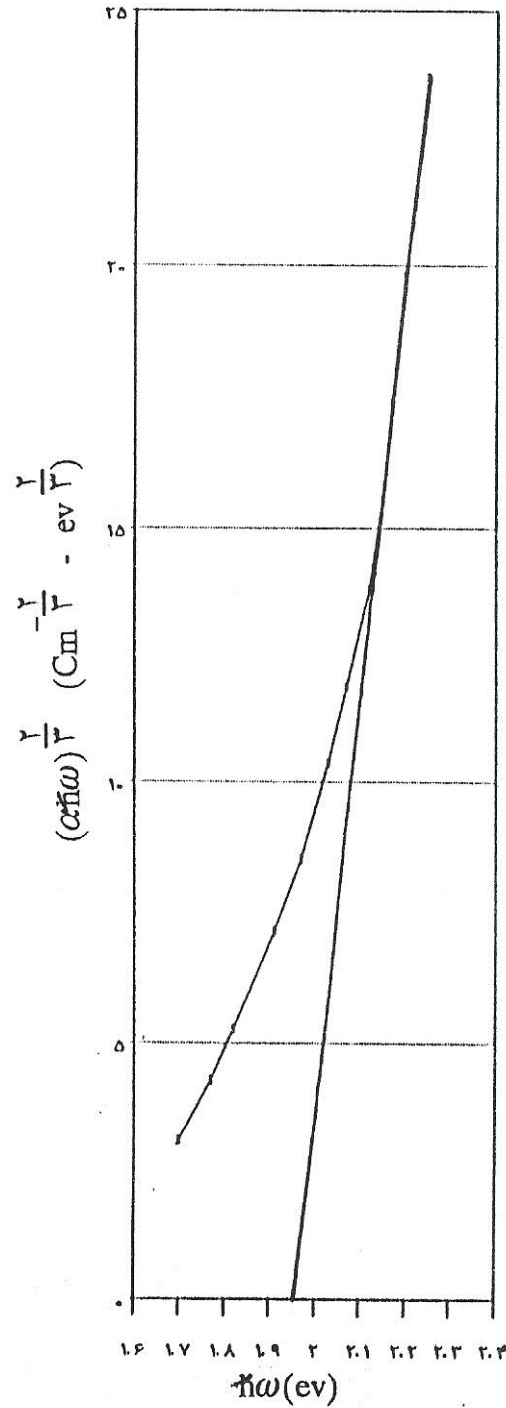
شکل ۴: نمودار تغییرات  $(\alpha\hbar\omega)^{2/3}$  بر حسب انرژی فوتون  $(\hbar\omega)$  برای نمونه شماره ۱۰۳ با ۱۰ درصد وزنی از  $(V_2O_5)$  و ضخامت  $4/845$  میلی متر ( $E_{opt} = 1/960 \text{ eV}$ ) دمای مذاب  $1200^0 \text{ C}$



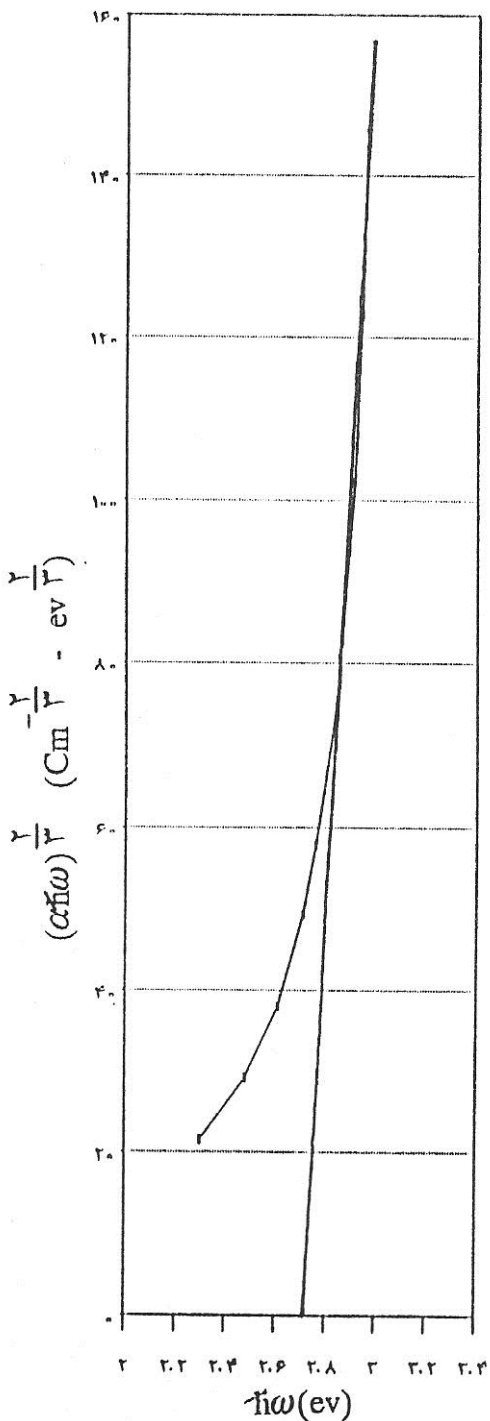
شکل ۵: نمودار تغییرات  $(\alpha\hbar\omega)^{1/3}$  بر حسب انرژی فوتون  $(\hbar\omega)$  برای نمونه شماره ۲۰۱ با ۲۰ درصد وزنی از  $(V_2O_5)$  و ضخامت ۰/۲۵ میلی متر ( $E_{opt} = 2/546 \text{ eV}$ ) دمای مذاب  $1000^{\circ}C$



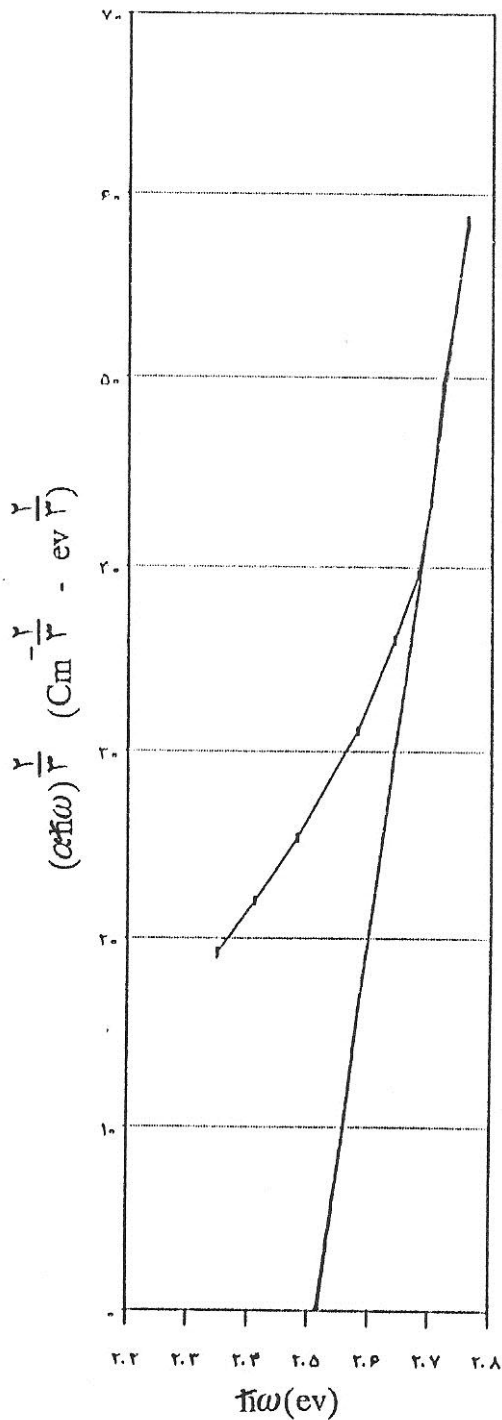
شکل ۶: نمودار تغییرات  $(\alpha \hbar \omega)^{2/3}$  بر حسب انرژی فوتون  $(\hbar \omega)$  برای نمونه شماره ۲۰۲ با ۲۰ درصد وزنی از  $(V_2O_5)$  و ضخامت ۰/۵۰ میلی‌متر ( $E_{opt} = 1/948 \text{ eV}$ ) دمای مذاب  $1000^{\circ}C$



شکل ۷: نمودار تغییرات  $(\alpha\hbar\omega)^{2/3}$  بر حسب انرژی فوتون  $(\hbar\omega)$  برای نمونه شماره ۳۰۱ با ۲۵ درصد وزنی از  $(V_2O_5)$  و ضخامت  $0.015$  میلی متر ( $E_{opt} = 2.720$  eV) دمای مذاب  $950^0$  C

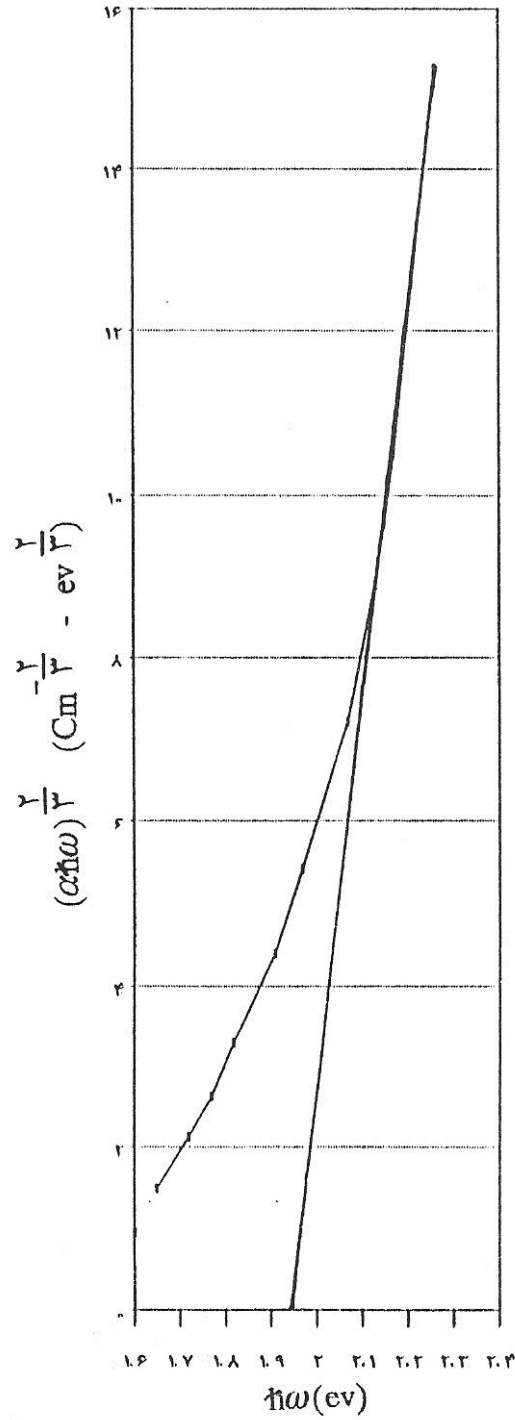


شکل ۸: نمودار تغییرات  $(\alpha\hbar\omega)^{2/3}$  بر حسب انرژی فوتون  $(\hbar\omega)$  برای نمونه شماره ۳۰۲ با ۲۵ درصدوزنی از  $(V_2O_5)$  و ضخامت  $0.15$  میلی‌متر ( $E_{opt} = 2/510 \text{ eV}$ ) دمای مذاب  $950.0^\circ \text{C}$

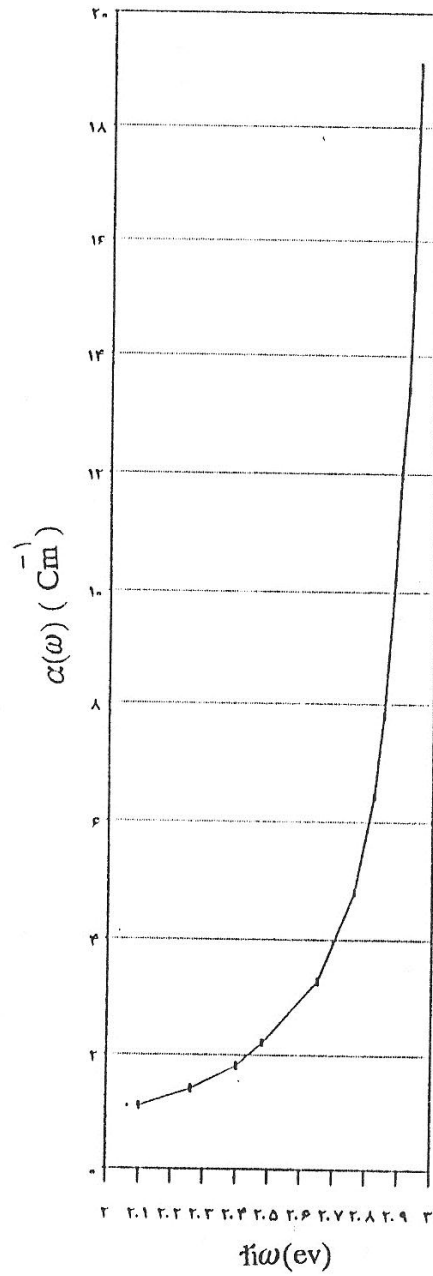




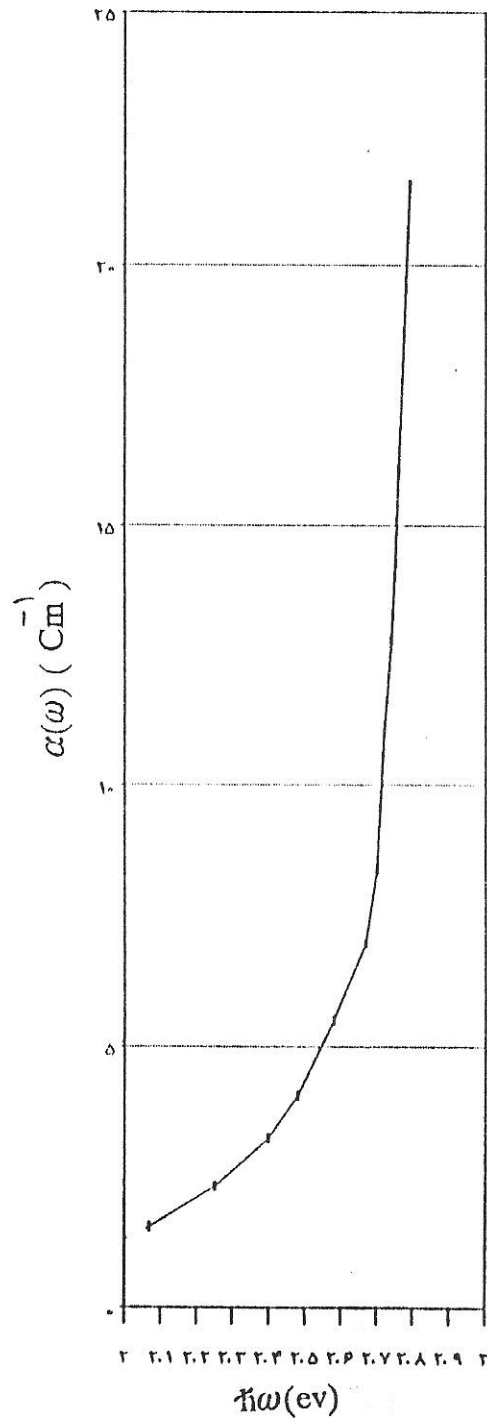
شکل ۹: نمودار تغییرات  $(\alpha\hbar\omega)^{1/3}$  بر حسب انرژی فوتون  $(\hbar\omega)$  برای نمونه شماره ۳۰۳ با ۲۵ درصد وزنی از  $(V_2O_5)$  و ضخامت  $1/0.35$  میلی متر ( $E_{opt} = 1/937 \text{ eV}$ ) دمای مذاب  $950.0^\circ \text{C}$



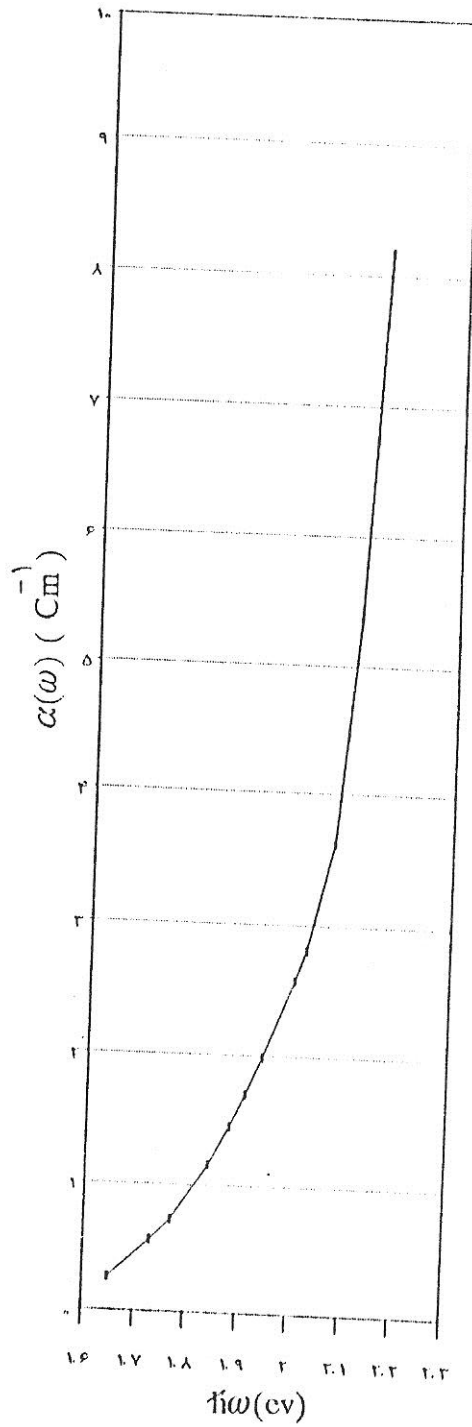
شکل ۱۰: نمودار تغییرات ضریب جذب  $\alpha(\omega)$  بر حسب انرژی فوتون  $\hbar\omega$  برای نمونه شماره ۱۰۱



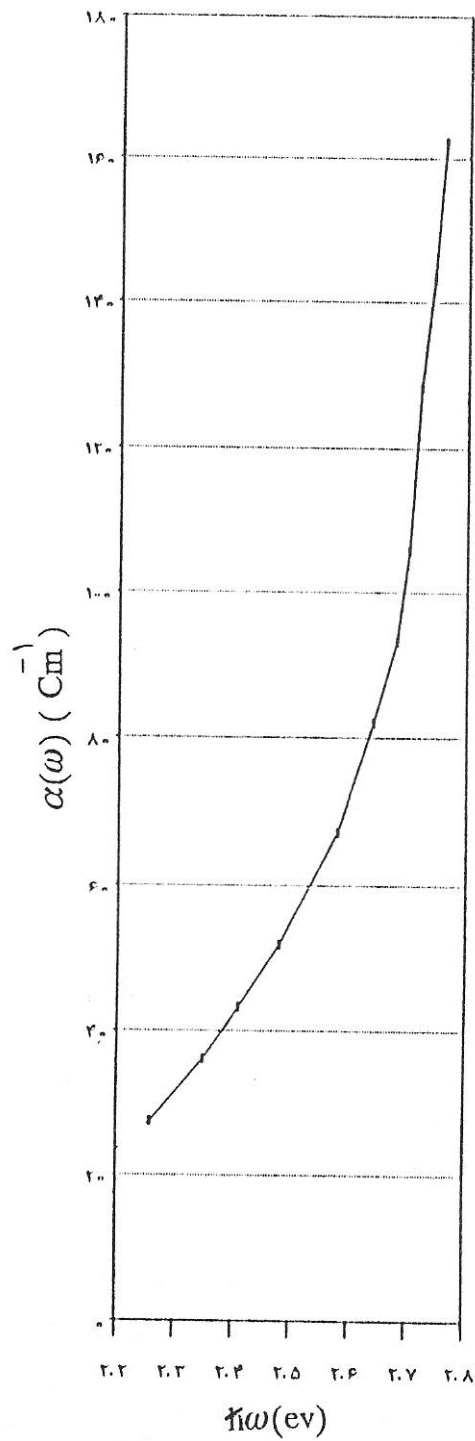
شکل ۱۱: نمودار تغییرات ضریب جذب  $\alpha(\omega)$  بر حسب انرژی فوتون  $\hbar\omega$  برای نمونه شماره ۱۰۲



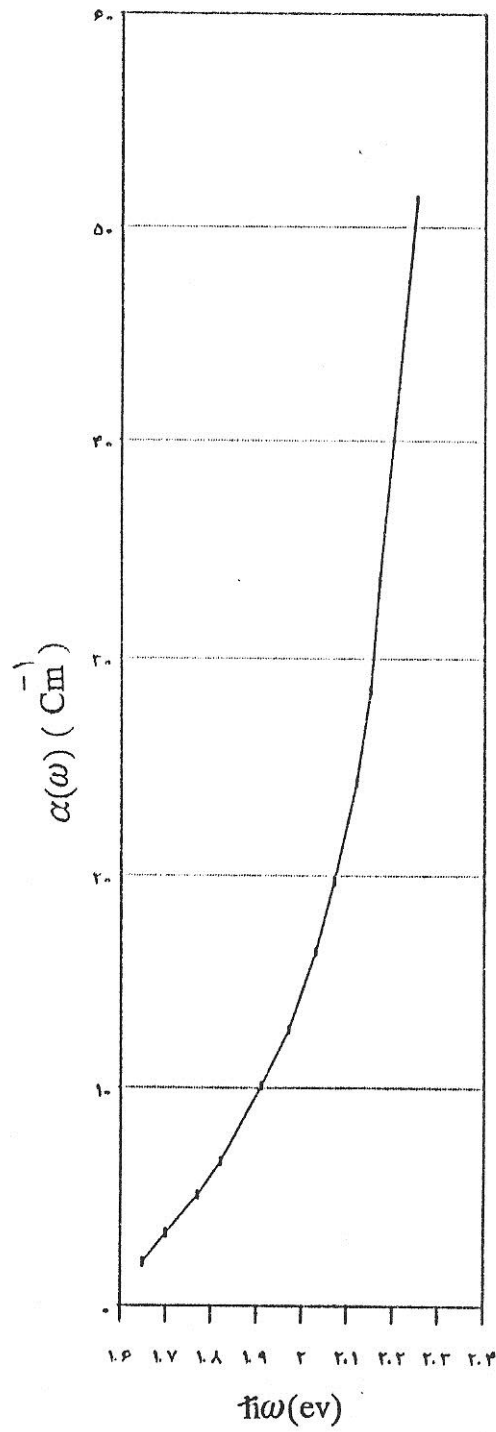
شکل ۱۲: نمودار تغییرات ضریب جذب  $\alpha(\omega)$  بر حسب انرژی فوتون  $\hbar\omega$  برای نمونه شماره ۱۰۳



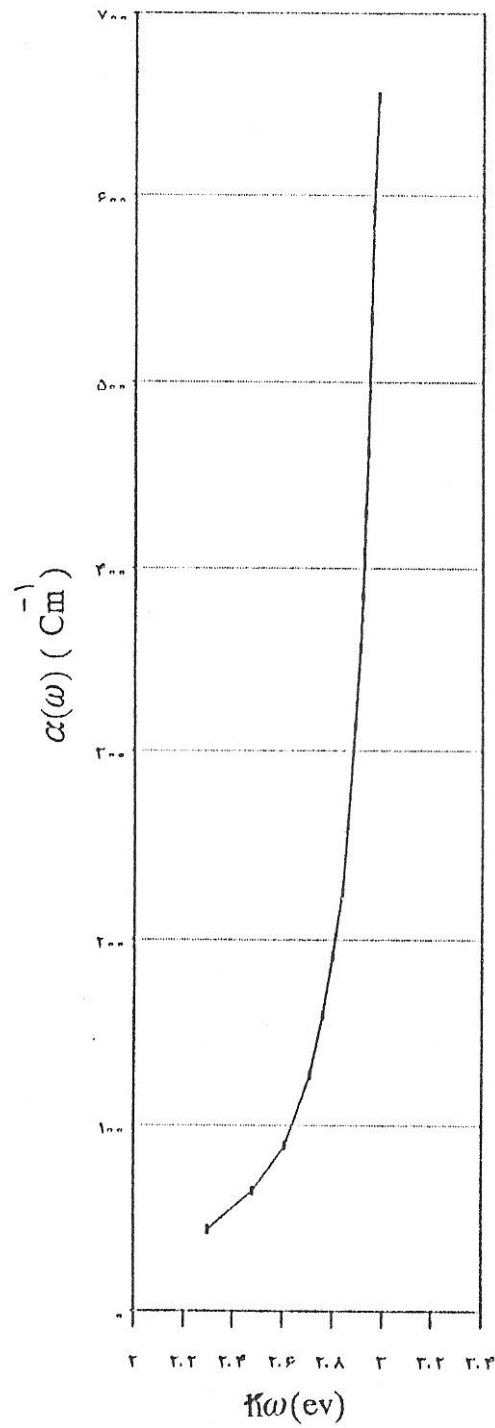
شکل ۱۳: نمودار تغییرات ضریب جذب  $\alpha(\omega)$  بر حسب انرژی فوتون  $\hbar\omega$  برای نمونه شماره ۲۰۱



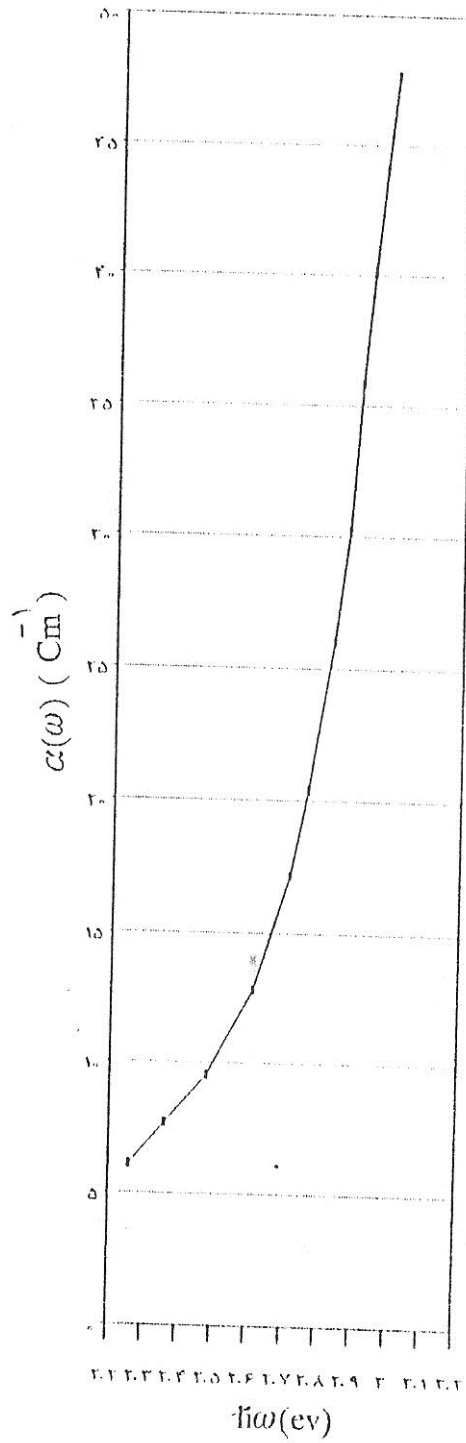
شکل ۱۴: نمودار تغییرات ضریب جذب  $\alpha(\omega)$  بر حسب انرژی فوتون  $\hbar\omega$  برای نمونه شماره ۲۰۲



شکل ۱۵: نمودار تغییرات ضریب جذب  $\alpha(\omega)$  بر حسب انرژی فوتون  $\hbar\omega$  برای نمونه شماره ۳۰۱

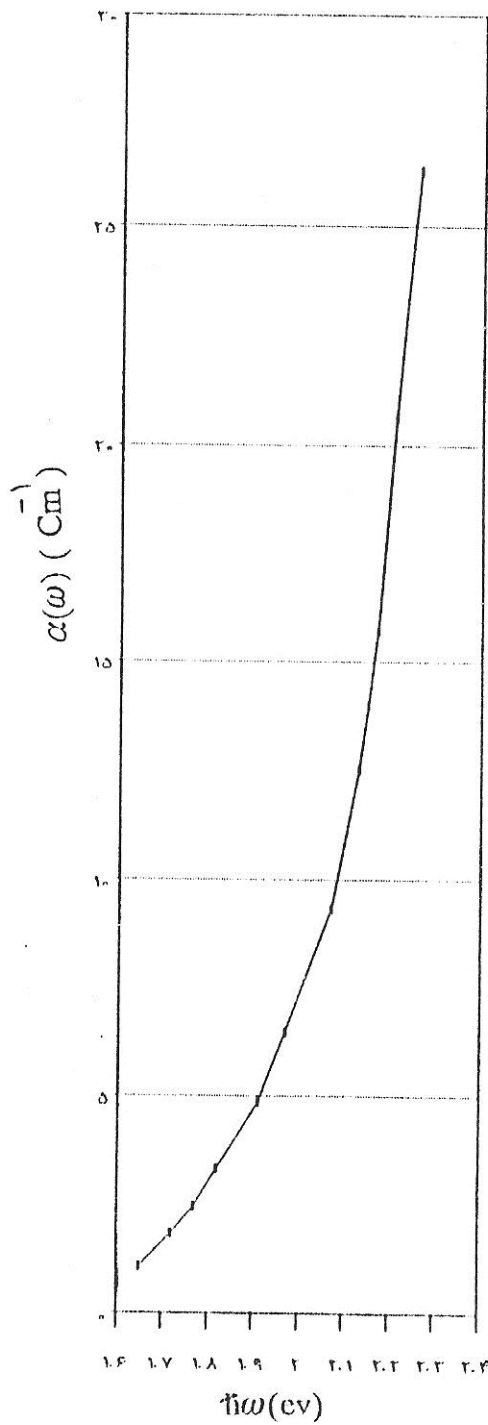


شکل ۱۶: نمودار تغییرات ضریب جذب  $\alpha(\omega)$  بر حسب انرژی فوتون  $\hbar\omega$  برای نمونه شماره ۳۰۲

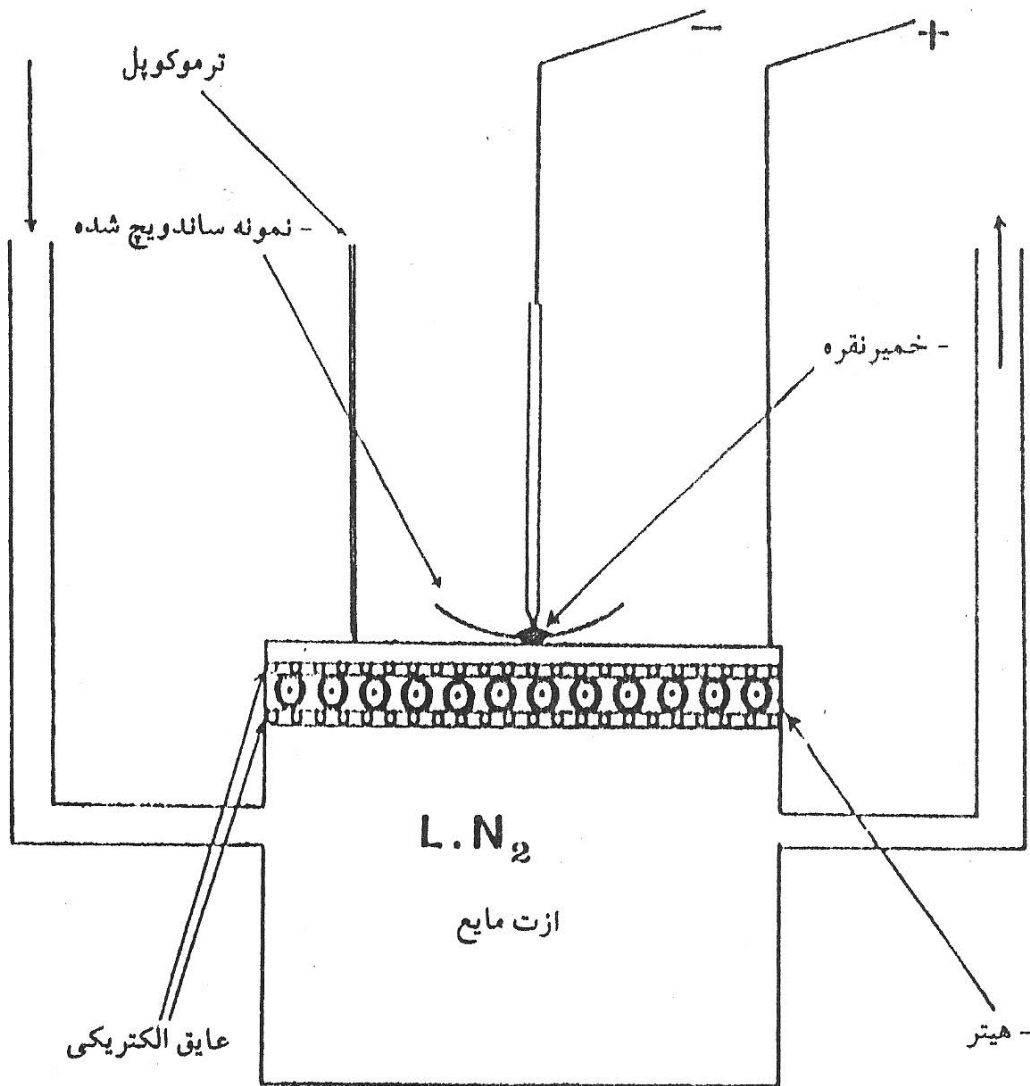




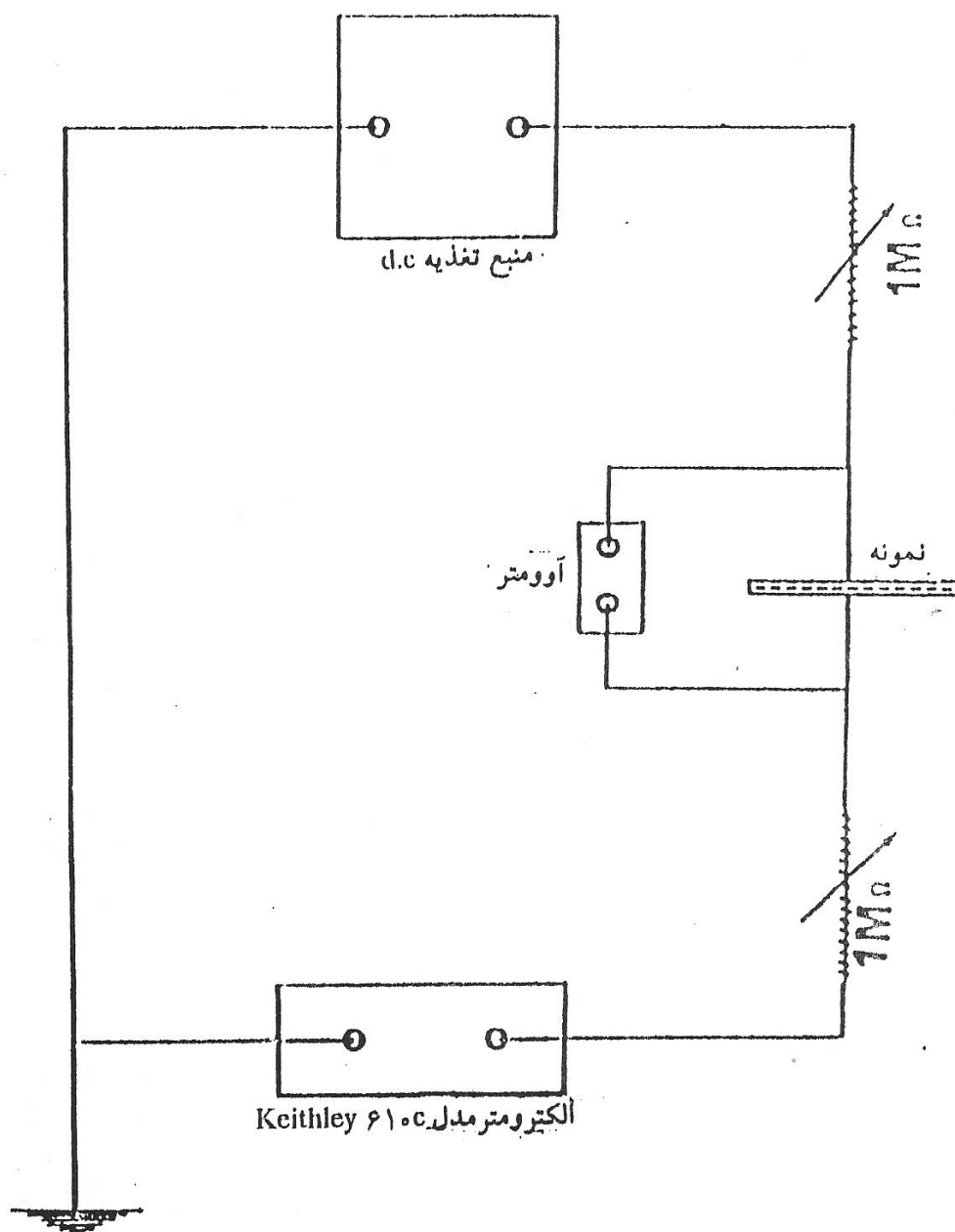
شکل ۱۷: نمودار تغییرات ضریب جذب  $\alpha(\omega)$  بر حسب انرژی فوتون  $\hbar\omega$  برای نمونه شماره ۳۰۳



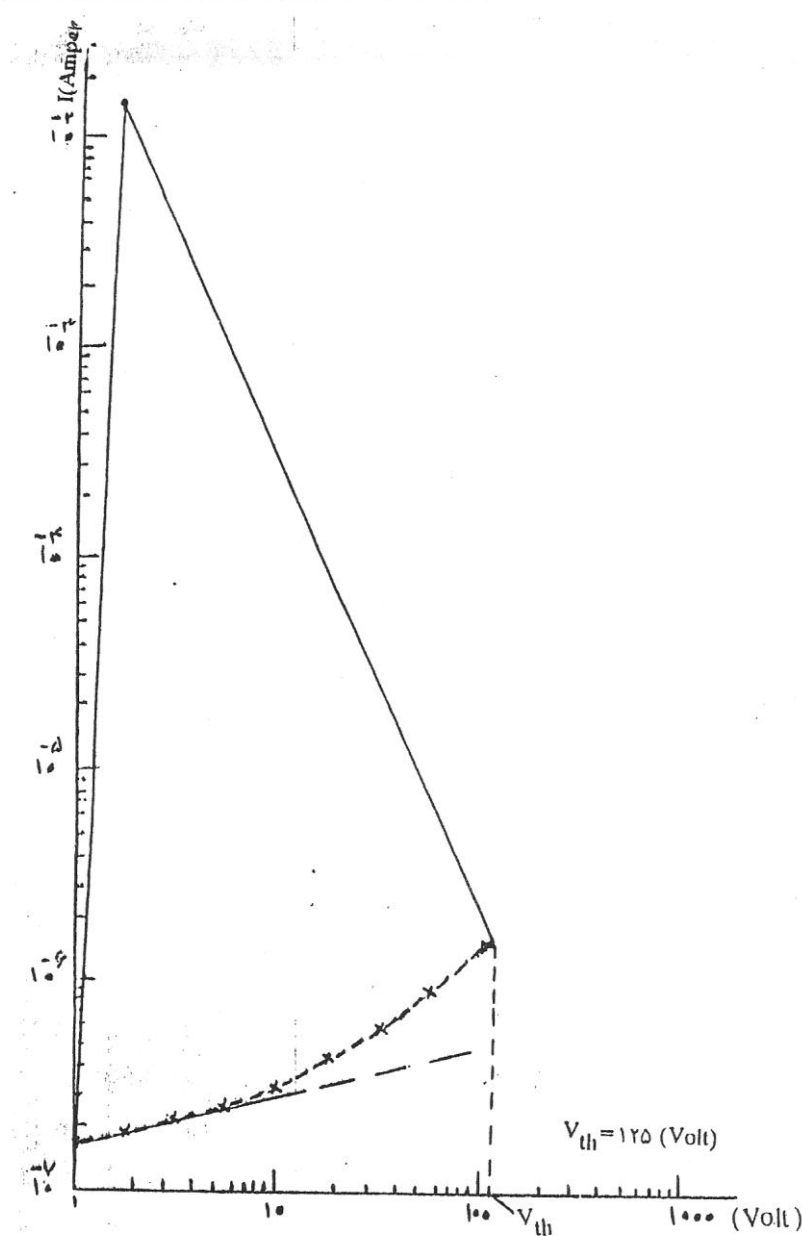
شکل ۱۸: طرحی از دستگاه مورد استفاده در بررسی مکانیزم هدایت غیراهمی در شیشه‌های اکسیدی ( $V_2O_5-CdO$ )



شکل ۱۹: مدار مورد استفاده در بررسی مکانیزم هدایت غیراھمی در شیشه‌های اکسیدی ( $V_2O_5-CdO$ )



شکل ۲۰: نمودار تغییرات لگاریتمی I-V برای نمونه شماره ۱۰۱



شکل ۲۱: نمودار تغییرات لگاریتمی I-E برای نمونه شماره ۱۰۱

