

بررسی خواص جذب ساختارهای تیتانیوم تولید شده به روش پرتو الکترونی در خلأ بالا

نفری قلعه، زهره و ثابت داریانی، رضا

گروه فیزیک، دانشگاه الزهراء، تهران

چکیده

در این مقاله، به بررسی خواص جذب اپتیکی لایه‌های نازک تیتانیوم که به کمک روش گرمادهی پرتو الکترونی در خلأ بالا ساخته شده‌اند، پرداخته می‌شود. این نمونه‌ها بر زیرلایه‌های شیشه و کوارتز نشانده شده‌اند. جذب اپتیکی و ضریب جذب نمونه‌ها بوسیله‌ی اسپکتروفوتومتر اندازه‌گیری شده که با نتایج کارهای انجام شده موافقت دارد. به منظور بررسی جزئی‌تر، از تصاویر SEM و EDX نمونه‌ها نیز بهره گرفته شده است. تصاویر SEM، مرحله‌ی هسته‌بندی نمونه‌ها را نشان می‌دهند.

Study of Absorption Properties in Titanium Structures Produced by Electron Beam in High Vacuum

Z. Nafari Qaleh and R. S. Dariani

Department of Physics, Alzahra University, Tehran

Abstract

In this paper, absorbance properties of Ti thin films made by electron beam evaporation method in high vacuum have been studied. These samples are coated on glass and quartz substrates. Absorbance and absorption coefficients of samples are measured by spectrophotometer that is confirmed by others. Also, SEM and EDX are taken for getting better discussions. The SEM images present the nucleation stage of samples.

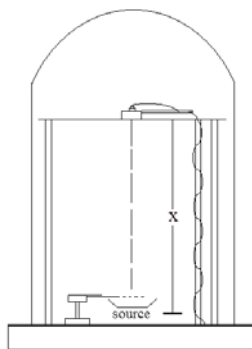
PACS No. 78.20

مقدمه

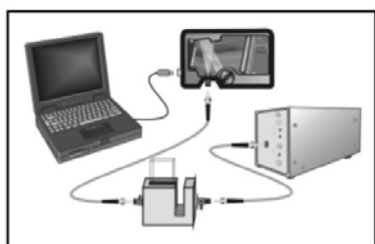
خواص جالب توجهی می‌باشد. TiO_2 در برابر نور مرئی شفاف بوده و ضریب شکست بالا و جذب کمی دارد، در نتیجه از آن بعنوان یک پوشش اپتیکی استفاده می‌شود [۱]. یک راه ممکن برای بهبود بخشیدن به انتقال الکترون استفاده از نانوسیم‌ها یا نانوتیوب‌های تک کریستالی به جای لایه‌های متخلخل می‌باشد [۲]. محققان نشان داده‌اند که بیشینه‌ی تحرک پذیری الکترون در TiO_2 متخلخل ۲ مرتبه کمتر از TiO_2 روتابل تک کریستالی می‌باشد [۳]. در این مقاله به چگونگی ساخت و بررسی جذب اپتیکی و ضریب جذب نمونه‌های لایه نازک تیتانیوم که به روش لایه‌نشانی پرتو الکترونی ساخته شده‌اند می‌پردازیم. در ادامه قصد داریم به روش تبخیر حرارتی در کوره، نانو ساختارهای دی‌اکسید تیتانیوم بدست آوریم به همین منظور و همچنین گرفتن تصاویر SEM، لایه‌ای از طلا بر نمونه‌ها نشانده شده است.

تیتانیوم، فلزی است که به سبب مقاومت زیاد در برابر فرسودگی معروف است. این عنصر، سبک، محکم، قابل ساخت آسان با جرم حجمی پایین ۴۰٪ (هم‌چگال با فولاد) که به شکل خالص کاملاً چکش خوار، آسان برای کار، براق و به رنگ نقره‌ای درخشان می‌باشد. نقطه ذوب نسبتاً زیاد این عنصر، آنرا به یک فلز دیر گداز مفید تبدیل کرده است. تقریباً ۹۵٪ تیتانیوم به شکل دی‌اکسید تیتانیوم (TiO_2) مصرف می‌شود که در رنگها، کاغذ و پلاستیکها کاربرد وسیعی دارد. رنگهایی که با دی‌اکسید تیتانیوم ساخته می‌شوند، منعکس کننده‌های بسیار خوب پرتو مادون قرمز هستند و بنابراین منجمان، بطور گسترده‌ای از آن استفاده می‌کنند. دی‌اکسید تیتانیوم نیمه‌هادی با نوار گاف بزرگ ۳/۱ eV به همراه

روش آزمایش



شکل ۱- شمایی از دستگاه پرتو الکترونی



شکل ۲- نمایی از اسپکتروفوتومتر

در جدول ۱ مشخصات نمونه‌ها دیده می‌شود، در همگی نمونه‌ها ضخامت لایه‌ی Ti، $21/4$ نانومتر می‌باشد.

جدول ۱: مشخصات نمونه‌ها

شماره نمونه	جنس زیرلایه	ضخامت طلا (nm)
۱	شیشه	۲
۲	شیشه	۳
۳	کوارتز	۲
۴	کوارتز	۳

نتایج و بحث

اسپکتروفوتومتر اشاره شده، به کمک معادله (۱) جذب اپتیکی نمونه را محاسبه می‌کند که در آن A_{λ} جذب اپتیکی نمونه در طول موج λ ، S_{λ} شدت نمونه در طول موج λ ، D_{λ} شدت تاریکی در طول موج λ ، R_{λ} شدت مرجع در طول موج λ می‌باشد.

در این پژوهش از شیشه و کوارتز بعنوان زیرلایه استفاده شده است. ابتدا زیرلایه‌ها به ترتیب با ماده‌ی شوینده، استون، اتانول و آب مقطر هر کدام بمدت ۵ دقیقه شسته شدند. سپس لایه‌ای از تیتانیوم به روش پرتو الکترونی در خلاء $3/5 \times 10^{-6}$ mbar بر زیرلایه‌ها نشانده شده است. در این فرآیند آهنگ لایه‌نشانی $0/2$ آنگستروم بر ثانیه و ولتاژ و جریان به ترتیب 4 kV و 100 mA بودند. نحوه‌ی کار دستگاه پرتو الکترونی به این صورت می‌باشد: پس از اینکه دستگاه در ولتاژ و جریان مناسب قرار داده شد الکترونها بصورت باریکه‌ای خارج می‌گردند، این الکترون‌ها در ابتدا تحت یک میدان الکتریکی شتاب می‌گیرند و سپس از 4 آهنربای نعلی شکل عبور می‌کنند که سبب منحرف شدن آنها در جهت مورد نظر خواهد شد، جهت مناسب، راستایی می‌باشد که در امتداد آن الکترون‌ها بر بوته‌ی از جنس کربن متمرکز شوند، ماده‌ی مورد نظر برای لایه نشانی در این بوته بصورت پودری قرار داده شده است. در ابتدا بایستی جریان را به آهستگی بالا برد تا سبب پخش شدن پودرها نگردد. بعد از برخورد الکترون‌ها با پودرهای تیتانیوم، آن‌ها گرم شده تا به دمای تصعیدشان برسند و در نتیجه سبب منتشر شدن آن‌ها در محیط خلاء شود و سرانجام به سطح زیرلایه برسند. دستگاه استفاده شده برای لایه نشانی دارای مشخصات زیر می‌باشد:

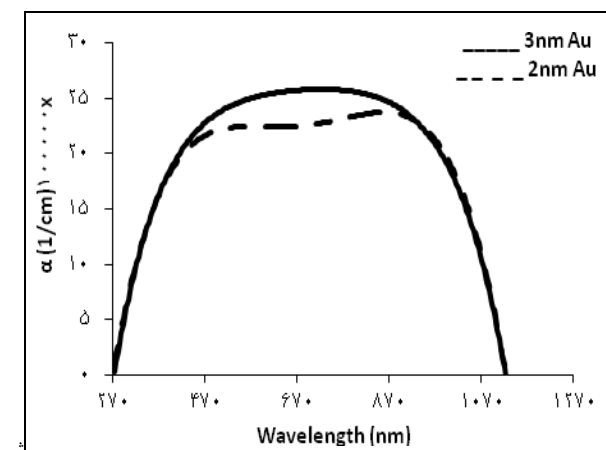
12" Vacuum Coating Unit Model 12A4D
HIND HIGH VACUUM CO. India

در شکل ۱ شماتیکی از آن دیده می‌شود.

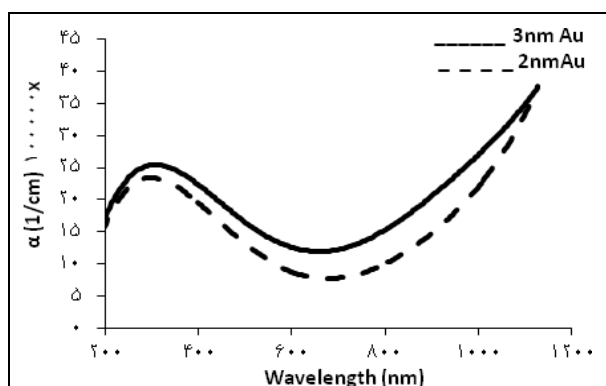
بعد از خارج نمودن نمونه‌ها، لایه‌ای از طلا به ضخامت ۲ و ۳ نانومتر بر لایه تیتانیوم به روش کندوپاش، پوشش داده شد. در این مرحله جذب اپتیکی نمونه‌ها به وسیله اسپکتروفوتومتر اندازه‌گیری و ضریب جذب نیز محاسبه شد. مشخصات دستگاه اسپکتروفوتومتر استفاده شده به شرح زیر می‌باشد:

HR4000 CG-UV-NIR high resolution
Spectrophotometer Ocean Optics

شکل ۲ نمایی از اسپکتروفوتومتر را نشان می‌دهد.



کل ۵- ضریب جذب نمونه بر زیرلایه شیشه



شکل ۶- ضریب جذب نمونه بر زیرلایه کوارتز

ضریب جذب نمونه‌های ۳ و ۴ در بازه‌ی ۷۰۰-۳۰۰ nm مانند ضریب جذب کوارتز سیر نزولی و کاهشی دارد [۴]، در حالیکه در طول موج بیش از ۷۰۰ nm سیر افزایشی پیدا کرده که احتمالاً بدلیل غالب بودن سهم طلا و تیتانیوم بر کوارتز می‌باشد. نمونه‌های ۱ و ۲ در بازه ۳۰۰-۹۰۰ nm دارای جذب اپتیکی یکنواختی می‌باشد که با مقاله مرجع ۵ مطابقت دارد. تصاویر بدست آمده از SEM نمونه‌ها در جدول ۲ آورده شده است.

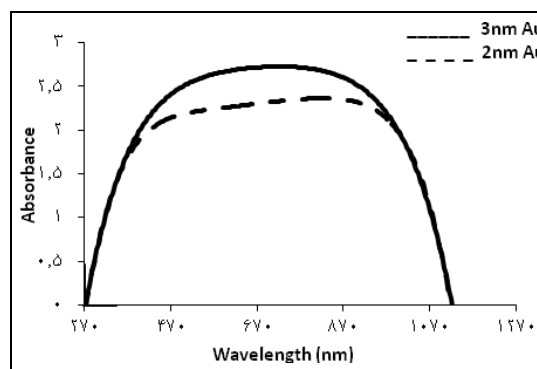
تصاویر SEM (Philips, XL30) نشان می‌دهند که تیتانیوم بصورت پوسته‌ی ورقه‌شده بر زیرلایه‌ها نشسته‌اند که احتمالاً بدلیل تنش سطحی و شستشوی زیرلایه‌ها با آب مقطر می‌باشد. علت تفاوت در شکل و اندازه‌ی ورقه‌های نمونه‌های ۱ و ۲، بانمونه ۴،

$$A_{\lambda} = -\log_{10} [(S_{\lambda}-D_{\lambda})/(R_{\lambda}-D_{\lambda})] \quad (1)$$

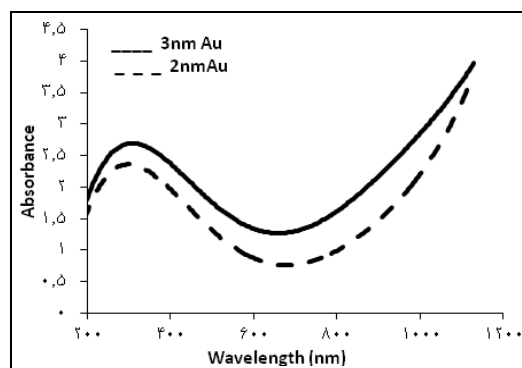
ضریب جذب نمونه‌ها بوسیله‌ی معادله محاسبه می‌شوند، که در آن α ضریب جذب در طول موج λ و ضخامت نمونه می‌باشد.

$$\alpha = (-1/d) \ln(A_{\lambda}) \quad (2)$$

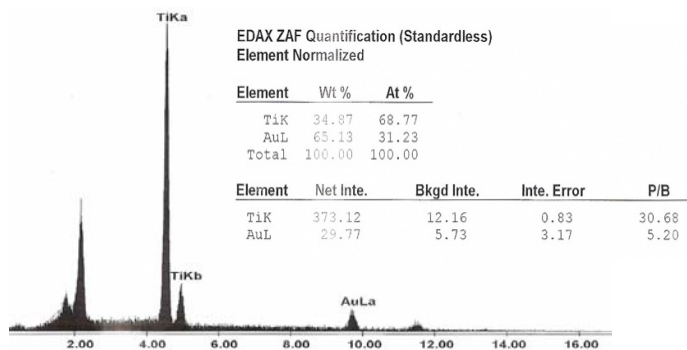
شکل‌های ۳ الی ۶ جذب اپتیکی و ضریب جذب نمونه‌های تیتانیوم و طلا بر زیرلایه شیشه و کوارتز را نشان می‌دهند، با توجه به نمودارها دیده می‌شود که جذب اپتیکی و به طبع آن ضریب جذب با افزایش ضخامت طلا، افزایش یافته است.



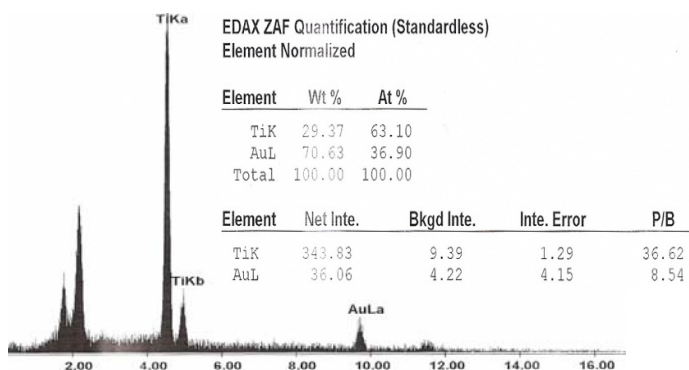
شکل ۳- جذب اپتیکی نمونه بر زیرلایه شیشه



شکل ۴- جذب اپتیکی نمونه بر زیرلایه کوارتز



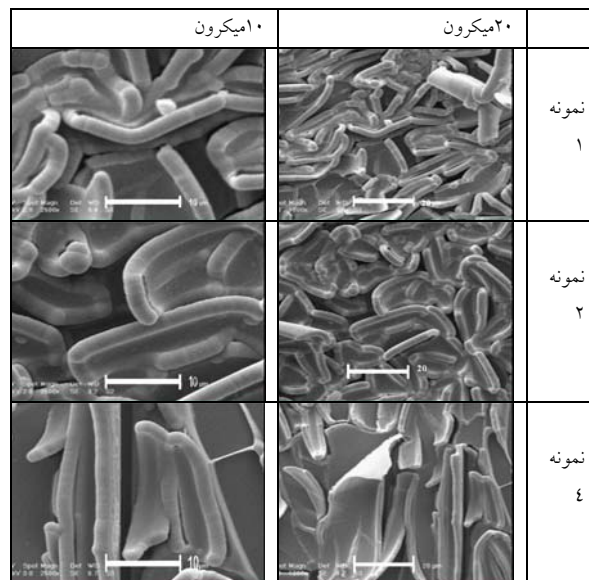
شکل ۸- EDX نمونه ۲



شکل ۹- EDX نمونه ۴

تفاوت در نوع زیرلایه می باشد. نمونه ی ۴ در مقایسه با دو نمونه ی دیگر، دارای ورقه های بزرگتری است.

جدول ۲- تصاویر SEM نمونه ها

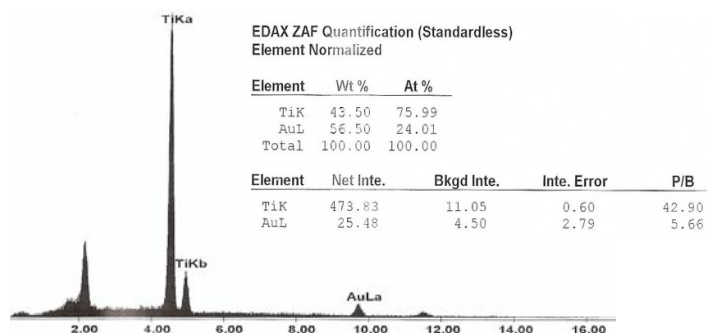


EDX نمونه ها در شکل های ۷ تا ۹ نشان داده شده است.

بدیهی می باشد که نمونه ی ۱ دارای ۲ nm طلا، در مقایسه با نمونه های ۲ و ۴، درصد وزنی طلای کمتری دارد.

مراجع

- [۱] H. Wang, Y. Liu, M. Zhong, H. Xu, H. Huang and H. Shen; "In situ controlled synthesis of various TiO₂ nanostructured materials via a facile hydrothermal route"; *J. Nanopart. Res.*, **13** (2011) 1855-1863.
- [۲] K. Y. Cheung, C. T. Yip, A. B. Djuricic, Y. H. Leung, W. K. Chen; "Long K-Doped Titania and Titanate Nanowires on Ti Foil and Fluorine-Doped Tin Oxide/Quartz Substrates for Solar-Cell Applications"; *Adv. Funct. Mater.*, **17** (2007) 555-562.
- [۳] E. Hendry, M. Koerber, B. O'Regan and M. Bonn; "Local field effects on electron transport in nanostructured TiO₂ revealed by terahertz spectroscopy" *Nano Lett.*, **6** (2006) 755-759.
- [۴] R. R. Marshal; "Absorption spectra of smoky Quartz from an Arkansas vein deposit and from a sierran miarolitic granite"; *Am. Min.*, **40** (1955) 535-537.
- [۵] M. Singh, S. Srivastava, S. Agarwal, S. Kumar and Y. K. Vijay; "Optical properties of d.c. magneto sputtered tantalum and titanium Nanostructure thin film metal hydrides"; *Bull. Mater. Sci.*, **33** (2010) 569-573.



شکل ۷- EDX نمونه ۱