



اصلاح سطح آلیاژ نیکل – تیتانیوم با استفاده از پوشش‌های چندلایه نیتريدی به روش رسوب‌دهی فیزیکی بخار

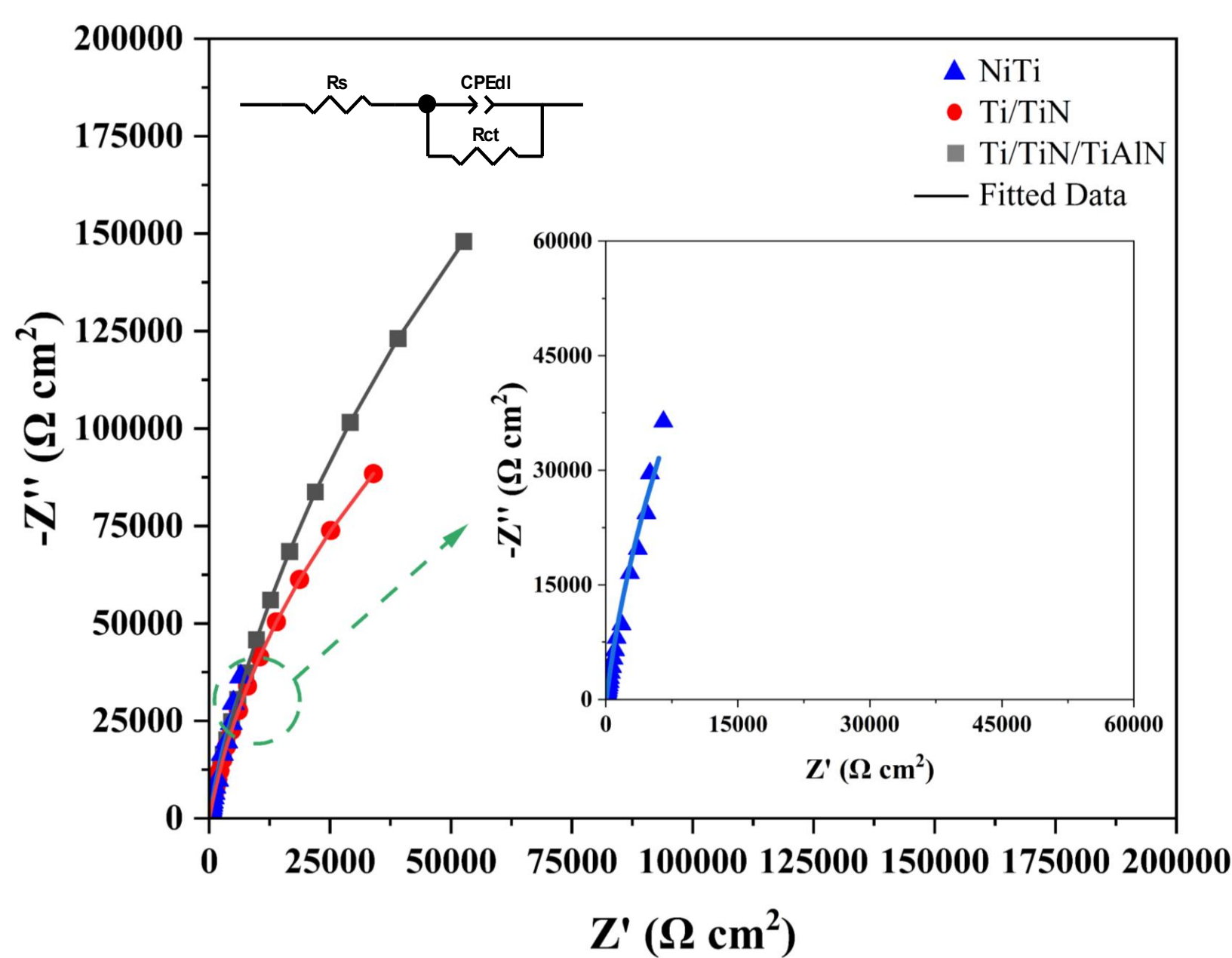
دانشجو: بهار کاظمی

استاد راهنما: دکتر روح‌الله مهدی‌نواز اقدم

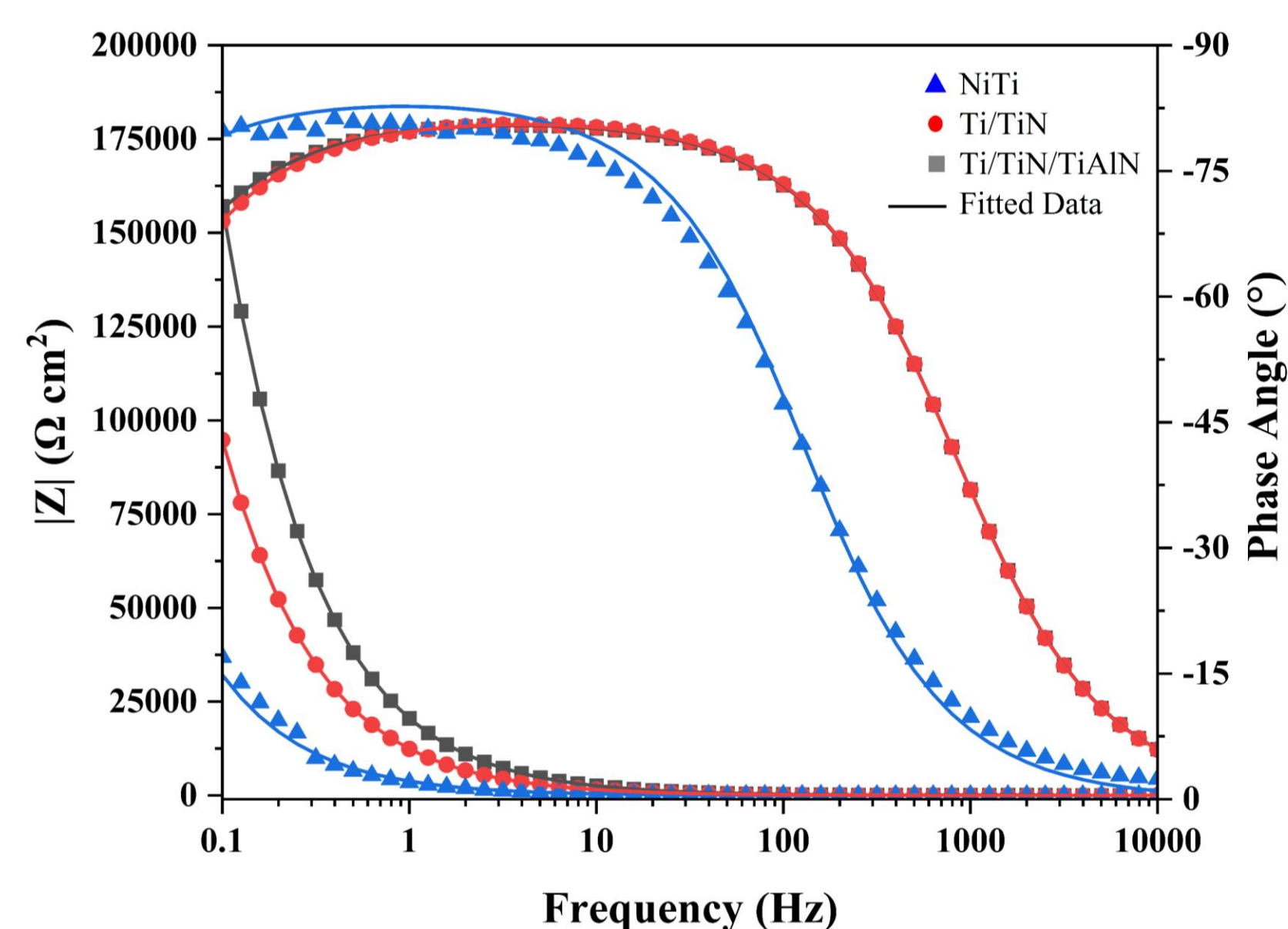
دانشکده مهندسی متالورژی و مواد، دانشکده فنی، دانشگاه تهران

مقدمه

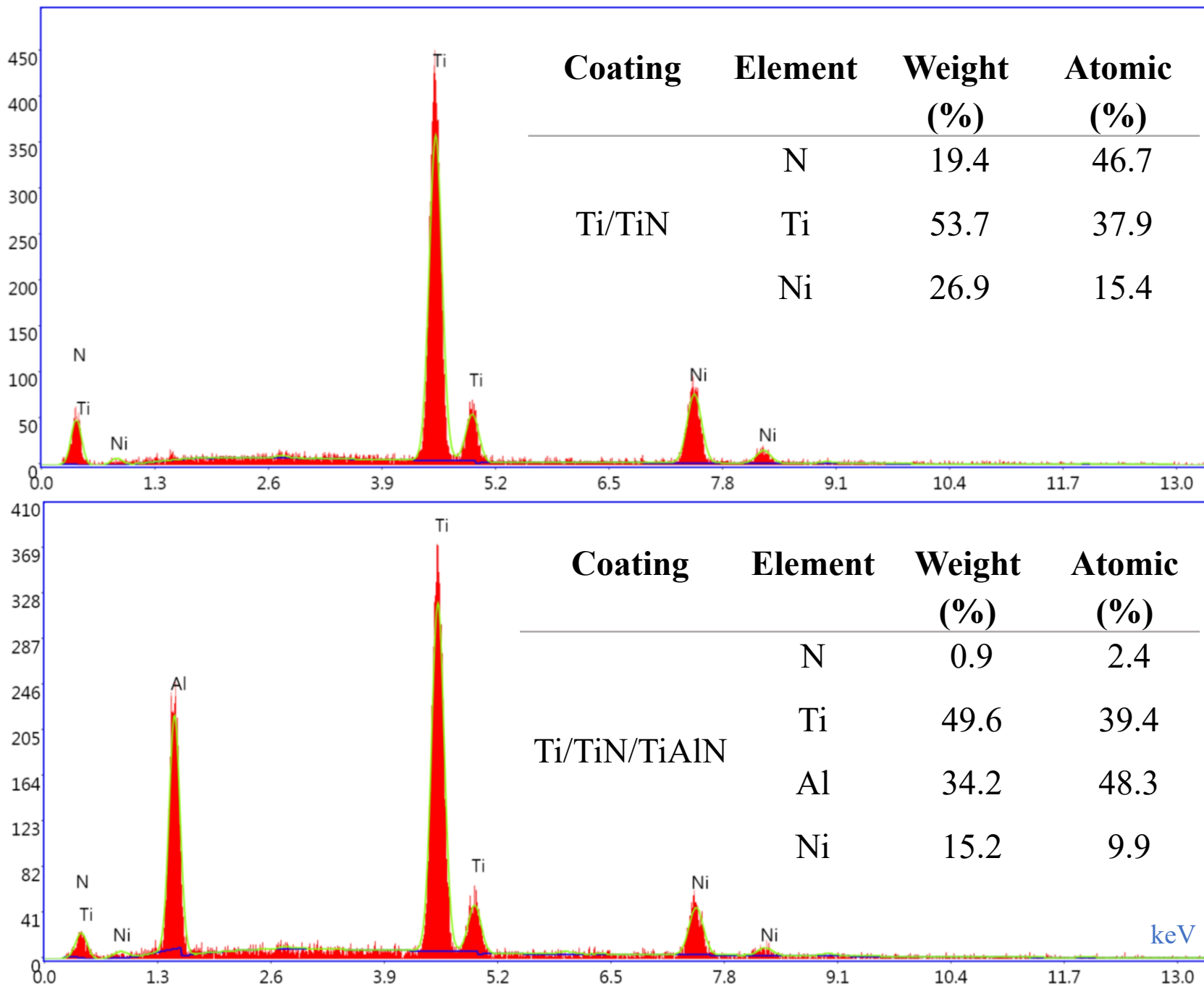
آلیاژهای حافظه‌دار نیکل-تیتانیوم به دلیل خواص منحصر به فرد خود چون خاصیت حافظه‌داری، سوپرالاستیسیته بالا، مدول ینگ پایین و مقاومت مطلوب در برابر خوردگی، جایگاه ویژه‌ای در صنایع مختلف، از جمله حوزه زیست‌پزشکی پیدا کرده‌اند و برای کاربرد ایمپلنت‌های ارتوپدی و قلبی عروقی بسیار نویدبخش بوده‌اند. با این حال، آزادسازی یا لیچینگ یون‌های نیکل از سطح این آلیاژها، همچنان یکی از چالش‌های اصلی آن‌ها است و می‌تواند منجر به واکنش‌های نامطلوب زیستی شده، نگرانی‌هایی در مورد زیست‌سازگاری آن‌ها به وجود آورد و موجب بروز عوارضی چون حساسیت، التهاب، سمیت سلولی و حتی سرطان شود. لذا، اصلاح سطح، نقش مهمی در به‌کارگیری و گسترش پتانسیل این آلیاژها در کاربردهای زیست‌پزشکی دارد.



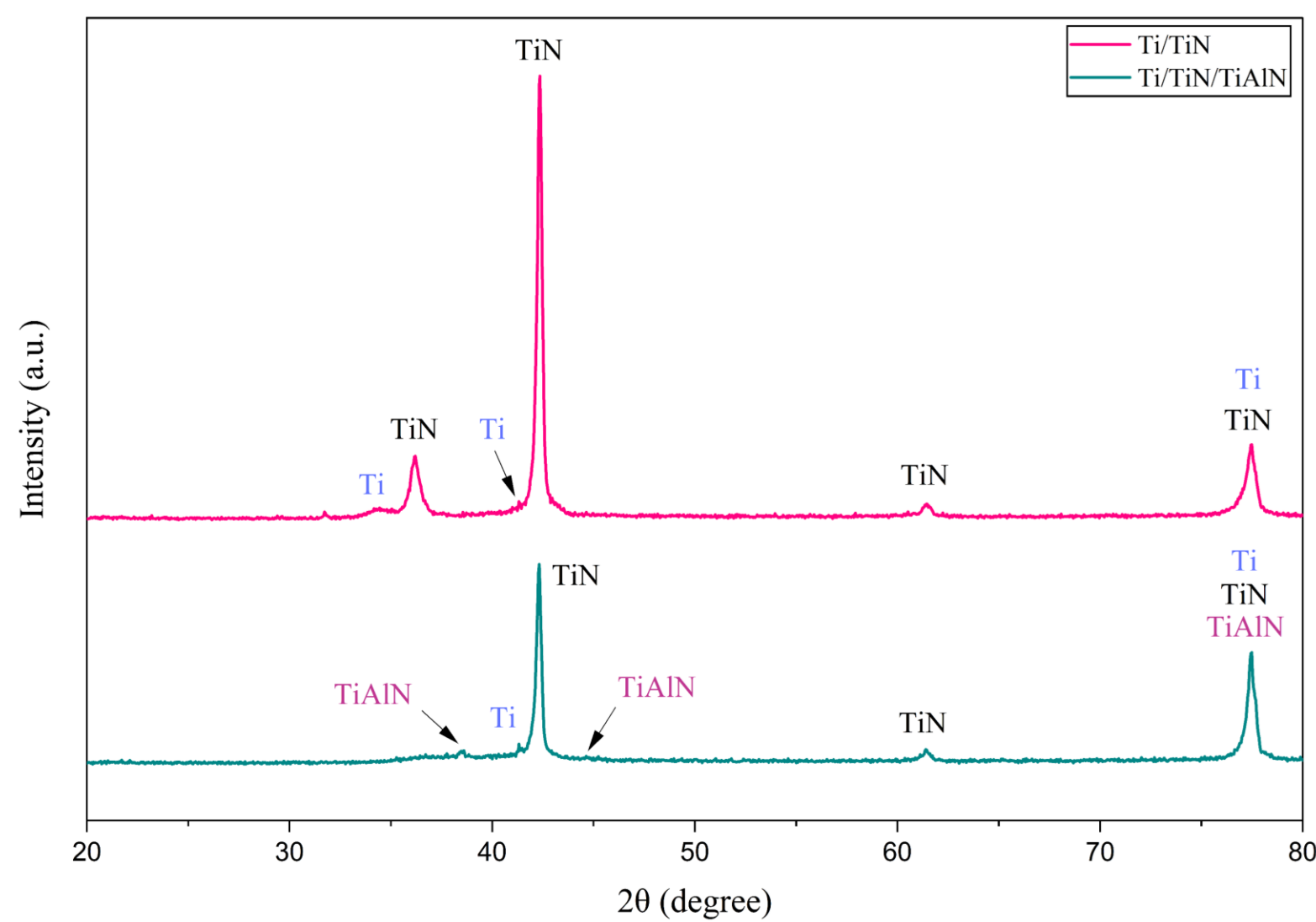
شکل ۱۰. نمودار نایکوئیست تست EIS



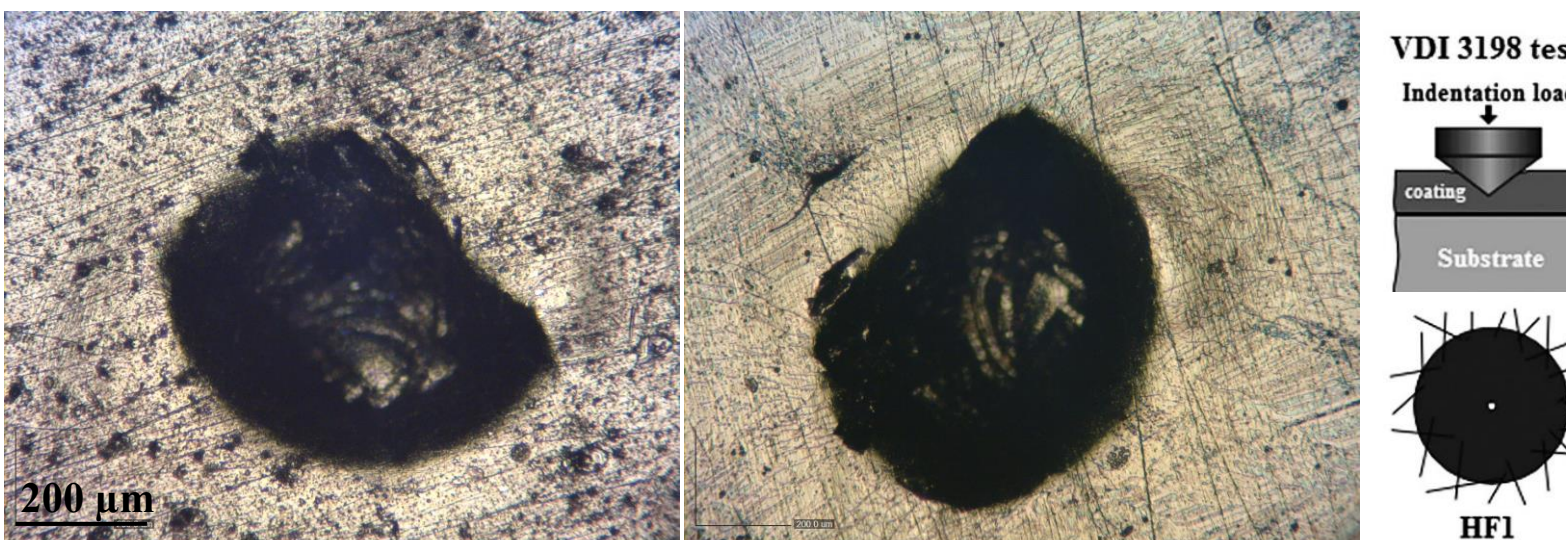
شکل ۱۱. نمودار بُد و بد فاز تست EIS



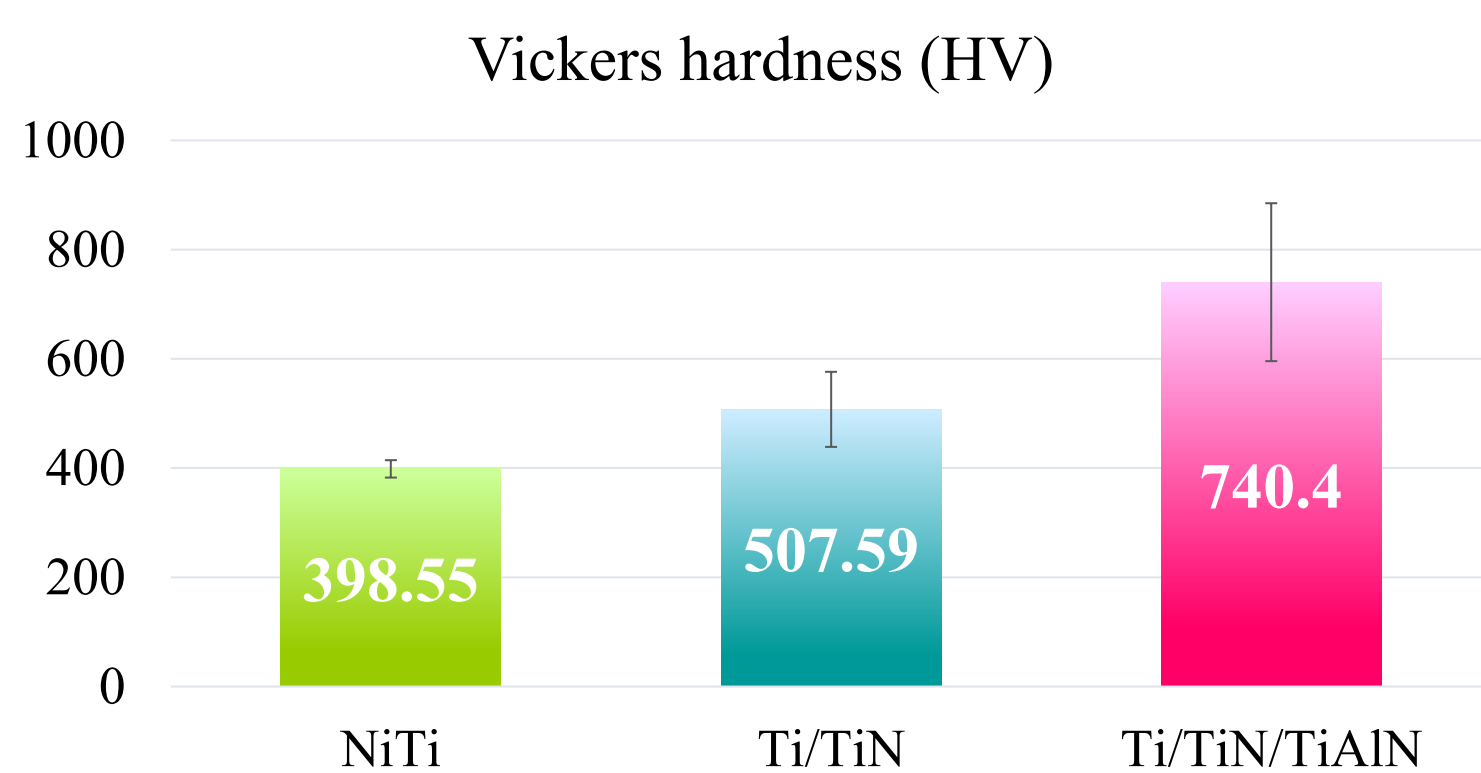
شکل ۵. نتایج آنالیز EDS



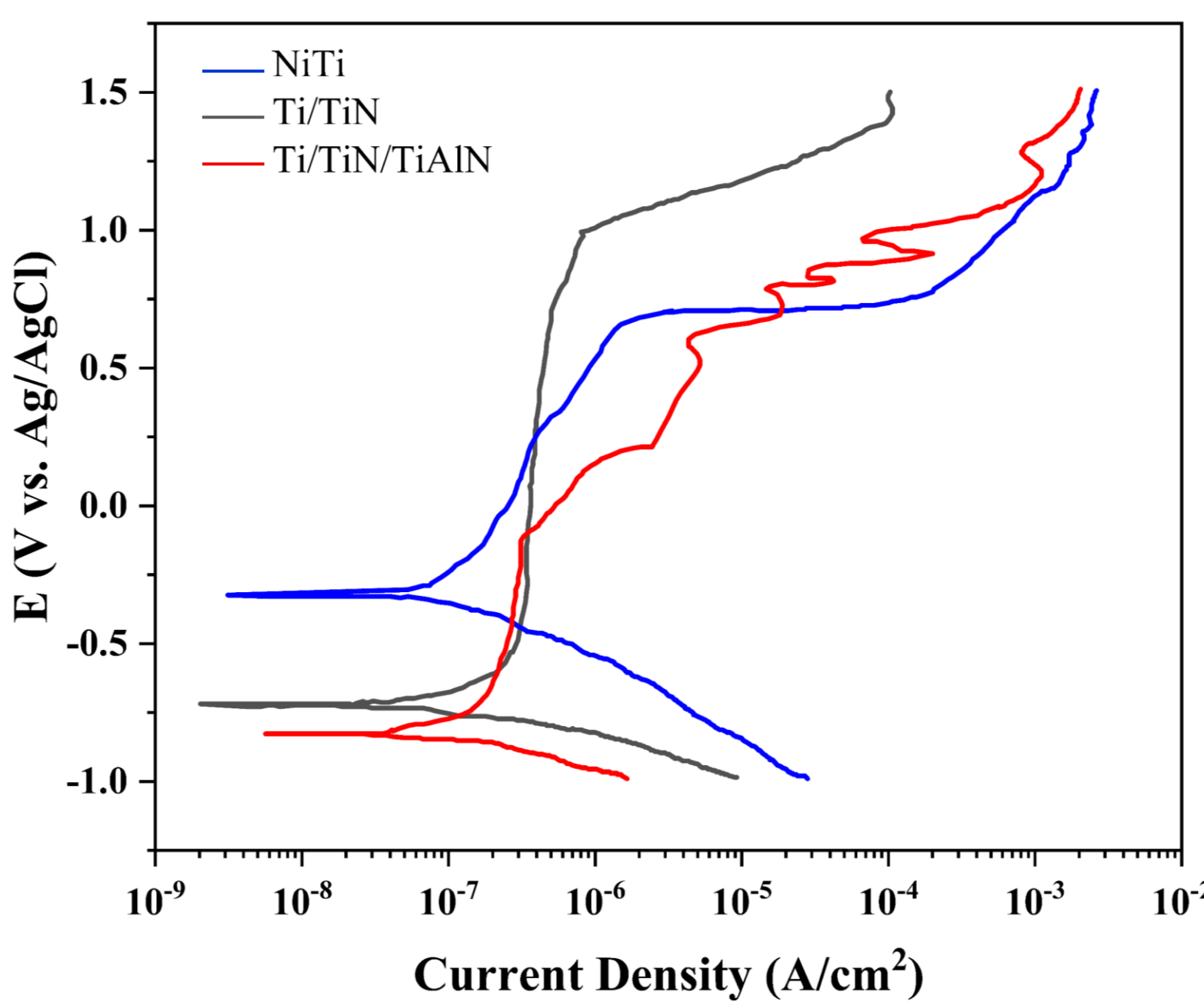
شکل ۶. الگوهای پراش پوشش‌های Ti/TiN و Ti/TiN/TiAlN بر روی زیرلایه NiTi



شکل ۷. تصاویر OM نمونه‌ها پس از تست راکول سی برای سنجش چسبندگی پوشش به زیرلایه



شکل ۸. نمودار سختی ویکرز نمونه‌ها



شکل ۹. منحنی‌های پلاریزاسیون پس از ۳۰ دقیقه غوطه‌وری در محلول PBS

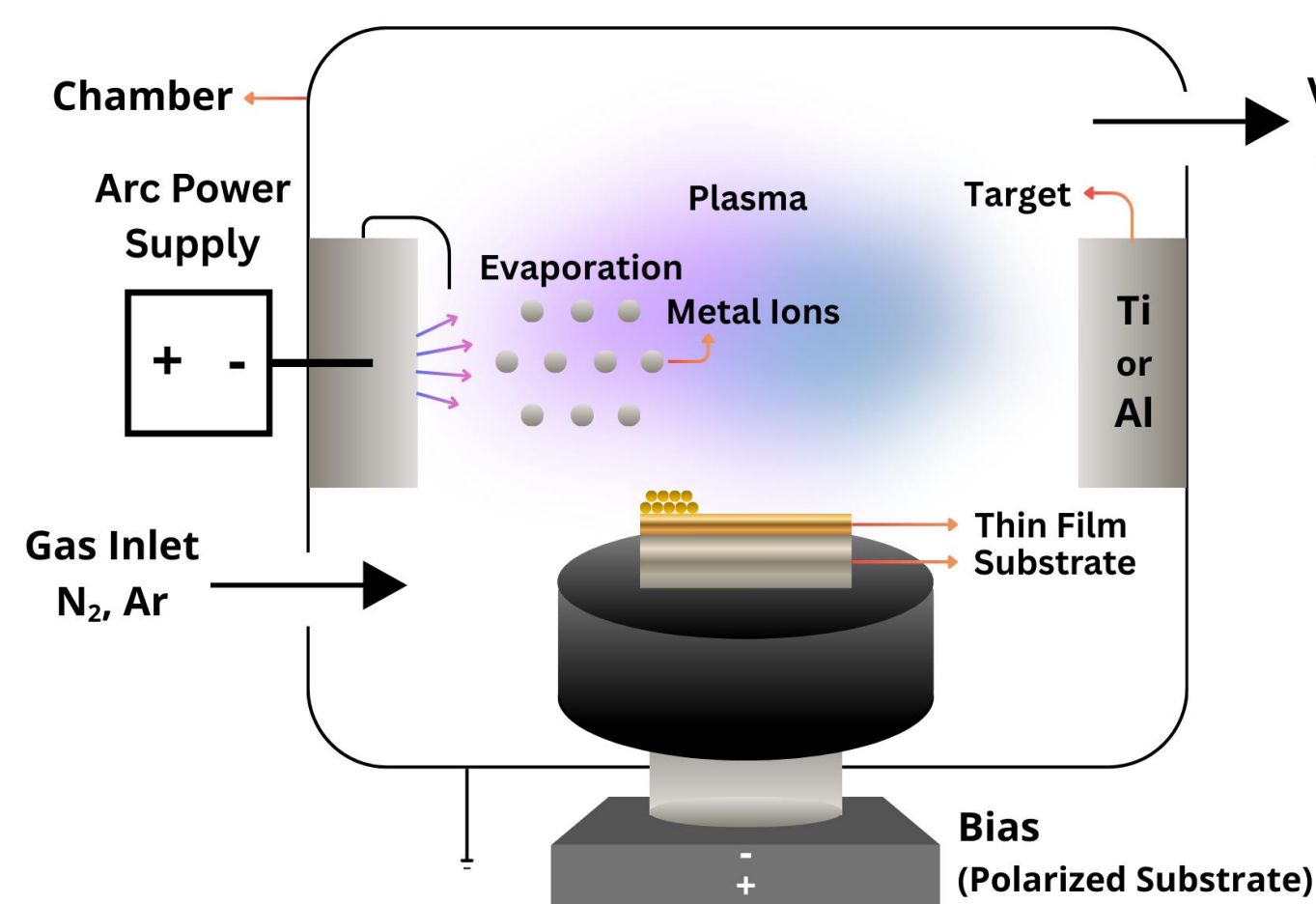
چکیده

در این پژوهش؛ به‌منظور اصلاح سطح آلیاژ نیکل-تیتانیوم، دو پوشش نیتريدی پایه تیتانیوم با معماری چندلایه متفاوت (Ti/TiN و Ti/TiN/TiAlN)؛ پس از مطالعه و بهینه‌سازی پارامترها، به روش رسوب‌دهی فیزیکی بخار با تبخیر قوس کاتدی (CAE-PVD)، بر روی زیرلایه‌های نیکل-تیتانیوم، رسوب داده شدند. سپس، برای بررسی خواص پوشش‌ها و تاثیر آن‌ها بر خواص آلیاژ نیکل-تیتانیوم، آزمایش‌های مشخصه‌یابی شامل آنالیزهای FE-SEM، EDS و XRD، تست‌های مکانیکی چسبندگی راکول سی و سختی‌سنجی ویکرز، و تست‌های خوردگی طیف‌سنجی امپدانس الکتروشیمیایی (EIS) و پلاریزاسیون پتانسیودینامیک در محلول بافر فسفات سالین (PBS)؛ انجام و تحلیل شدند. نتایج نشان می‌دهند که هر دو پوشش به‌طور مؤثری خوردگی سطح و در نتیجه انتشار یون‌های نیکل را کاهش داده‌اند. این بهبود، زمینه‌ساز استفاده ایمن‌تر، بادوام‌تر و موثرتر از این آلیاژ در کاربردهای پیشرفته زیست‌پزشکی است.

روش انجام پژوهش



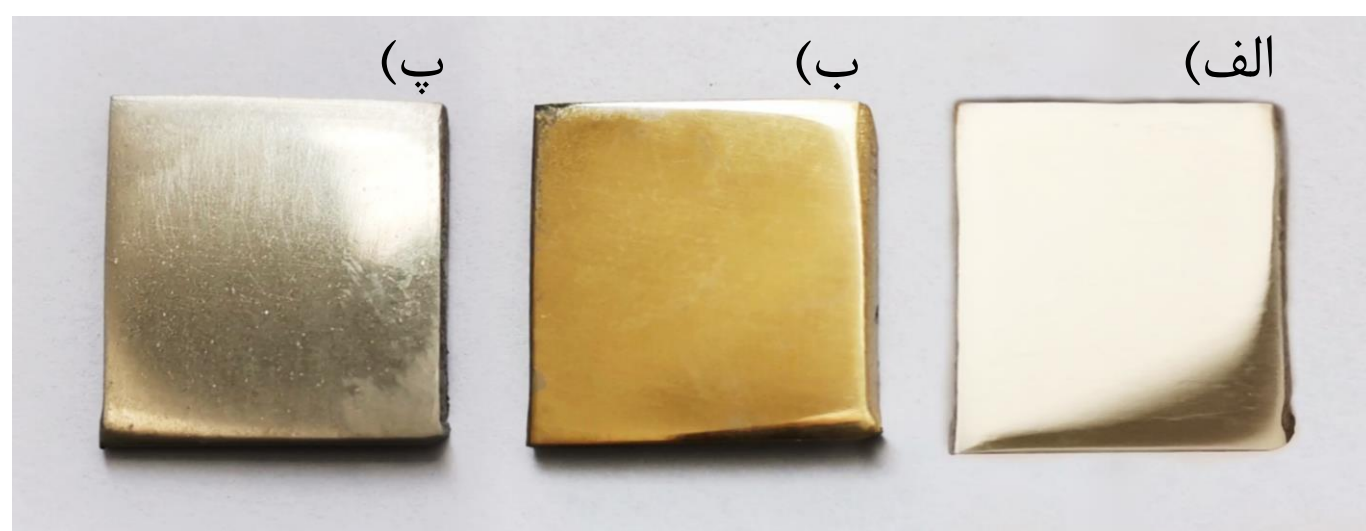
شکل ۱. مراحل فرایند پوشش‌دهی



شکل ۲. تصویر شماتیک فرایند پوشش‌دهی CAE-PVD

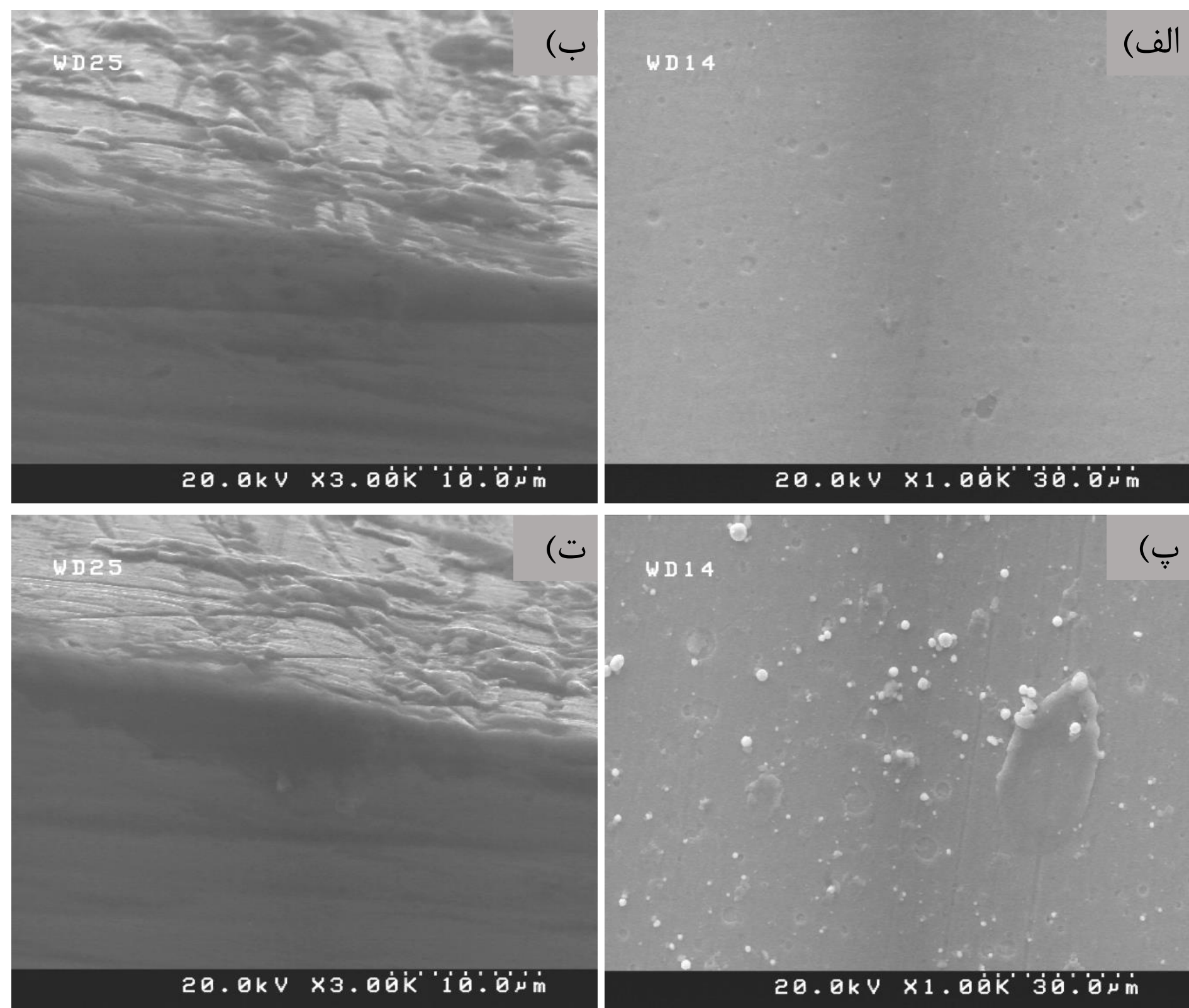
جدول ۱. پارامترهای فرایند پوشش‌دهی

Films	Glow voltage (V)	Bias voltage (V)	Argon flow rate (sccm)	Nitrogen flow rate (sccm)	T (°C)	Exposure time (min)
Ti/TiN	350	150	50-60	150	200	14
Ti/TiN/TiAlN	350	140	70-80	40	200	20



شکل ۳. (الف) NiTi بدون پوشش (ب) NiTi با پوشش Ti/TiN (پ) NiTi با پوشش Ti/TiN/TiAlN

نتایج



شکل ۴. تصاویر FE-SEM: (الف) سطح پوشش Ti/TiN (ب) سطح مقطع پوشش Ti/TiN (پ) سطح پوشش Ti/TiN/TiAlN (ت) سطح مقطع پوشش Ti/TiN/TiAlN

نتیجه‌گیری

- پوشش‌های چندلایه Ti/TiN و Ti/TiN/TiAlN با مورفولوژی یکنواخت و متراکم، به‌طور موفقیت‌آمیز بر روی زیرلایه نیکل-تیتانیوم رسوب داده شدند.
- وجود لایه میانی تیتانیوم منجر به چسبندگی خوب پوشش‌ها به زیرلایه شد. این لایه همچنین با کاهش تنش‌های پسماند و تعدیل اختلاف ضریب انبساط حرارتی، از لایه‌لایه شدن پوشش جلوگیری کرده است.
- هر دو پوشش سختی سطح را به‌طور قابل‌توجهی افزایش دادند، به‌طوری‌که ترتیب سختی به صورت $Ti/TiN/TiAlN > Ti/TiN > NiTi$ مشاهده شد.
- مقاومت خوردگی هر دو نمونه پوشش داده شده نسبت به زیرلایه NiTi بدون پوشش، بهبود یافته است. پوشش Ti/TiN و Ti/TiN/TiAlN، دانسیته جریان خوردگی را به ترتیب تا مقادیر چشمگیر ۱۲ و ۲۸ برابر نسبت به نمونه بدون پوشش کاهش داده‌اند.
- پوشش Ti/TiN، پایدارترین پسیو را تشکیل داده و در محدوده گسترده پتانسیل $-۷/۰$ تا حدود ۱ ولت، این سد مستحکم در برابر خوردگی را حفظ کرده است.
- پوشش Ti/TiN/TiAlN، با دارا بودن کمترین نرخ خوردگی و بیشترین مقاومت انتقال بار، و همچنین به‌واسطه تشکیل Al_2O_3 و قابلیت خود ترمیمی پس از آسیب سطحی، پیشرفت واکنش خوردگی را کنترل کرده و بهترین نتیجه را در بهبود خاصیت مقاومت به خوردگی آلیاژ نیکل-تیتانیوم نشان داده است.

مراجع اصلی

[1] M. Muhammed, M. Javidani, T. Ebrahimi Sadrabadi, M. Heidari, T. Levasseur, M. Jahazi. A Comprehensive Review of Cathodic Arc Evaporation Physical Vapour Deposition (CAE-PVD) Coatings for Enhanced Tribological Performance. *Coatings*. 2024

[2] K. Safin Kaosar Saad, T. Saba, A. Bin Rashid, Application of PVD coatings in medical implantology for enhanced performance, biocompatibility, and quality of life, *Heliyon*, Volume 10, Issue 16, 2024