

# OPTIČNI PROFILOMETER

Marina Santo Zarnik<sup>1,2</sup>, Janez Holc<sup>2</sup>

<sup>1</sup> HIPOT-RR, d. o. o. Raziskave in razvoj tehnologij in sistemov, Trubarjeva 7, 8310 Šentjernej

<sup>2</sup> Institut "Jožef Stefan", Jamova 39, 1000 Ljubljana

## POVZETEK

Na Odseku za elektronsko keramiko Instituta "Jožef Stefan" smo s sredstvi Evropskega sklada za regionalni razvoj v okviru Centra odličnosti "Materiali za elektroniko naslednje generacije ter drugih prihajajočih tehnologij" kupili optični profilometer Viking proizvajalca Solarius Inc. Profilometer uporabljamo za karakterizacijo površin debelih plasti, nanesenih z različnimi metodami na keramične in kovinske podlage.

Brezkontaktni profilometer omogoča karakterizacijo površin, ki jih s kontaktnim načinom merjenja ni mogoče karakterizirati. To so v debeloplastni tehnologiji natisnjene in posušene paste, barve, mehke plastike, razni nanosi na papirju, plastiki, kovinah, merjenje mehanskih deformacij plastike in kovin ipd. Postopek merjenja je hiter, možno je merjenje profila 2D in 3D.

## Optical surface profiler

### ABSTRACT

An optical surface profiler gives excellent performance when it comes to measurements of roughness, relief and fine texture for a large number of materials and in numerous industrial and research applications. The most important feature for such measurement equipment is the treatment of surfaces that cannot be measured using tactile instruments, for example, measurements of the surfaces of wet films and coatings. In order to meet the requirements for these kinds of measurements in the Electronic Ceramics Department of the Jožef Stefan Institute, the Viking modular surface measuring system from Solarius™, was obtained in the frame of the national Centre of Excellence: "Materials for Electronics of the Next Generation and Other Emerging Technologies". This particular configuration of the Viking non-contact profiler system is equipped with two different optical sensors: a high-resolution Nobis® optical sensor (for measurements in the vertical range of 300 µm and with a vertical resolution of 10 nm) and a laser sensor (for the measurement range up to 5 mm and with a resolution of 1 µm). This way the system meets a wide variety of accurate 2D and 3D surface inspections and provides the operator with the ideal tool for thick-film measurements.

## 1 OSNOVNE ZNAČILNOSTI MERILNEGA SISTEMA IN PRINCIP MERJENJA

Optični profilometer Viking – Solarius je merilni sistem, ki omogoča brezkontaktno meritev profilov. Namenjen je predvsem za merjenje in analizo hrapavosti površin, merjenje debeline nanosov (tanke plasti debeline reda nekaj 100 nm, debele plasti do debelin več 10 µm) ter merjenje ukrivljenosti podlage zaradi interakcije med podlago in nanosom, ki so posledica različnih termičnih raztezkov, kemijskih interakcij in/ali drugih efektov. Zaradi prilagodljive konstrukcije je merilni sistem uporaben tudi za meritve statičnih in kvazistatičnih deformacij površin, ki so posledica različnih mehanskih ali električnih obremenitev.

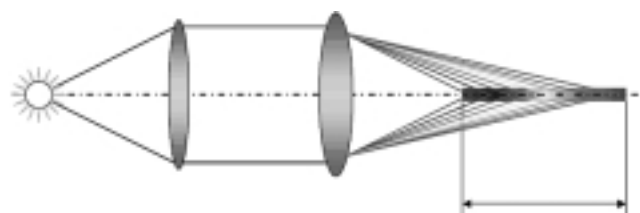
Merilni sistem vključuje dva merilna senzorja: senzor Nobis® (ki deluje po principu barvnega razklona) z merilnim območjem 300 µm in vertikalno ločljivostjo 10 nm ter laserski senzor z merilnim območjem 5 mm in vertikalno ločljivostjo 1 µm (premer žarka: 30 µm).



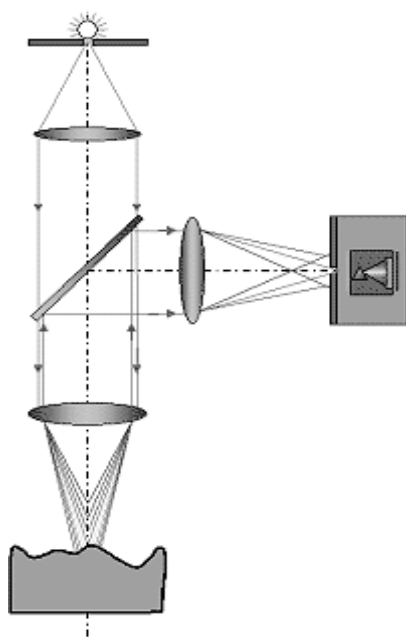
Slika 1: Optični profilometer Viking – Solarius s senzorjem Nobis®

Senzor Nobis® izkorišča barvno napako optičnih leč, tj. lastnost optičnih leč, da fokusirajo svetlobo različnih valovnih dolžin vzdolž optične osi. Bela svetloba se ob prehodu skozi lečo objektivna razkloni vzdolž optične osi, kot je shematično prikazano na sliki 2. Merilno območje senzorja je podano z razdaljo med fokusnima točkama največje in najmanjše valovne dolžine, ki ju še zazna spektrometer.

Princip merjenja s senzorjem Nobis je shematično prikazan na sliki 3. Senzor uporablja močan izvir bele svetlobe, ki se na objektivu, postavljenem navpično nad merjeno površino, razkloni vzdolž optične osi. Od površine odbita svetloba z določeno valovno dolžino se preko polprepustnega zrcala usmeri v spektrometer. Poznanje zveze med valovno dolžino in razdaljo fokusne točke omogoča določanje višine oz. globine



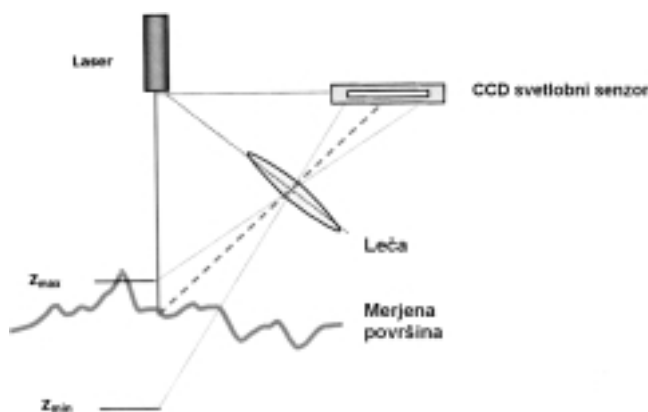
Slika 2: Barvni razklon bele svetlobe na objektivu



Slika 3: Princip merjenja višine površine s senzorjem Nobis

opazovane točke na merjeni površini. Do spektrometra pride samo tista svetloba, ki je fokusirana točno na merjeno površino. Zato med meritvijo ni treba premikati objektiv, kot je to primer pri klasičnih konfokalnih sistemih. Merilno glavo, ki je brez gibljivih delov, se pred meritvijo ročno fiksira na ustrezno razdaljo od površine merjenca tako, da je njegova površina v merilnem območju. Med meritvijo merilna glava miruje. Merjenec je na merilni mizici, ki se premika v poljubni smeri v horizontalni ravnini v območju 100 mm × 100 mm. Maksimalna hitrost pomikanja optične mizice je 30 mm/s, tako lahko na vzorcu velikosti nekaj kvadratnih milimetrov izmerimo 3D-profil površine z rastrom 1 μm v nekaj urah.

Laserski senzor deluje po principu laserske triangulacije, ki je shematsko prikazana na sliki 4. Laserski žarek je usmerjen na opazovano površino. Višina oz. globina merjene točke se izračuna na



Slika 4: Princip merjenja višine vzorca z lasersko triangulacijo



Slika 5: Merilni sistem Viking z lasersko glavo

osnovi paralakse med laserskim žarkom in točko opazovanja, to je svetlobnim senzorjem (CCD).

Merilni sistem z lasersko glavo je prikazan na sliki 5. Bistvena prednost tega sistema je veliko merilno območje, saj omogoča meritve profilov v območju do 5 mm.

V tabeli 1 so zbrane nekatere pomembne prednosti in slabosti obeh senzorjev merilnega sistema Solarius tip Viking.

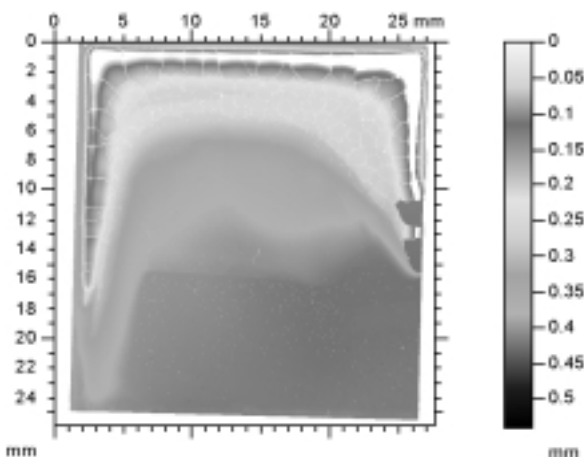
Tabela 1: Primerjava senzorja Nobis in laserskega senzorja

Senzor	Prednosti	Slabosti
Nobis	velika vertikalna ločljivost, možnost merjenja prozornih, mehkih in "mokrih" površin, hitrost merjenja, velika horizontalna ločljivost	meritev debeline nekaterih optično reflektivnih materialov, kot na primer tanka napršena zlata plast debeline 100 nm na siliciju
Laserski	široko merilno področje (nekaj milimetrov)	občutljivost za sence, manjša ločljivost, majhna horizontalna ločljivost

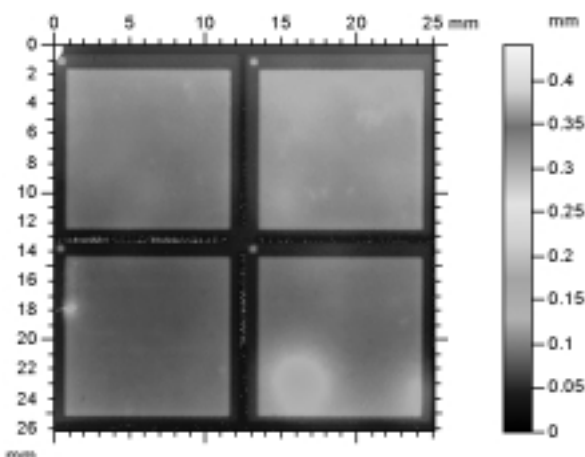
## 2 NEKAJ PRIMEROV UPORABE OPTIČNEGA PROFILOMETRA

Navedli bomo nekaj primerov uporabe optičnega profilometra v debeloplastni tehnologiji. Plasti so po nanosu debele nekaj 10 μm, odvisno od uporabljene tehnologije in lastnosti materiala.

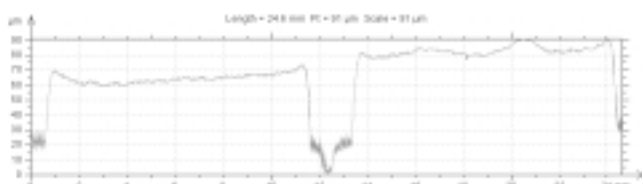
Prvi primer uporabe je prikazan na sliki 6. Z elektroforezo smo na korundno podlago, prevlečeno s tanko plastjo platine, ki nam je rabila kot elektroda, nanесли plast (Pb,La)(Zr,Ti)O<sub>3</sub> (PLZT) in jo sintrali. Zaradi neenakomernega nanosa, ki je posledica neoptimizirane sestave suspenzije in pogojev nanašanja, je bila debelina nanosa na spodnji strani in robovih nekajkrat večja kot v središču. Na robovih je plast po žganju zaradi predebelega nanosa PLZT razpokala. Bela površina na sliki 6 je območje zunaj merilnega področja senzorja Nobis.



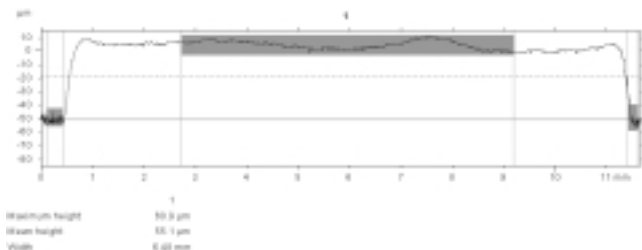
**Slika 6:** Primer 3D-površine PLZT-plasti, nanesene z elektroforezo na Pt/korundno podlago in žgano. Za meritev je bila uporabljena merilna glava Nobis. Vzorec je med elektroforezo visel tako, da je bil debelejši del globlje v suspenziji. Merilna lestvica prikazuje izmerjeno globino v mm.



**Slika 7a:** Površina debeloplastnega preskusnega vzorca: LTCC-podlaga s tiskanim in žganimi debelimi plastmi PZT in zlatimi elektodami



**Slika 7b:** Izbran profil vzdolž daljice AB iz serije profilov, ki so rezultat meritve na sliki 7a



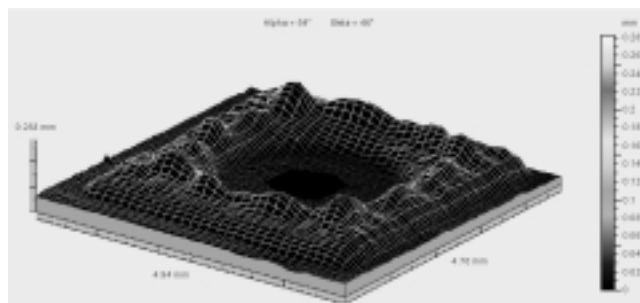
**Slika 7c:** Analiza merilnih rezultatov: izračun debeline PZT-plasti na detajlu desne strani profila s slike 7b

Slika 7a prikazuje rezultate meritev površine debeloplastnega vzorca, izdelanega po postopku sitotiska. Na keramični podlagi z nizko temperaturo žganja (Low Temperature Cofired Ceramic – LTCC) smo nanesli elektrode iz tanke plasti zlata in debelo plast keramike  $\text{Pb}(\text{Zr},\text{Ti})\text{O}_3$  (PZT). Merili smo debelino nanosov in ukrivljenost vzorca. Meritev zelo nazorno pokaže tudi različne defekte na površini. Iz merilnih rezultatov je možno izbrati posamezne profile ter jih dodatno analizirati. Na sliki 7b je prikazan izbran profil vzdolž daljice AB, medtem ko slika 7c prikazuje primer analize merilnih rezultatov oz. meritev debeline nanosa PZT-plasti.

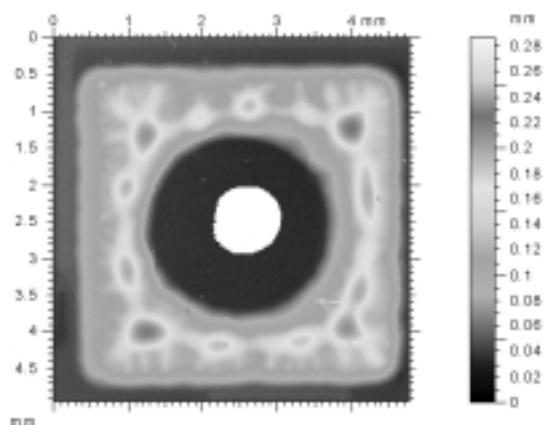
Slike 8a-8e prikazujejo primer meritve debeline nanosa lepila za pritrjevanje silicijevega senzorja tlaka z uporabo senzorja Nobis in laserskega senzorja.



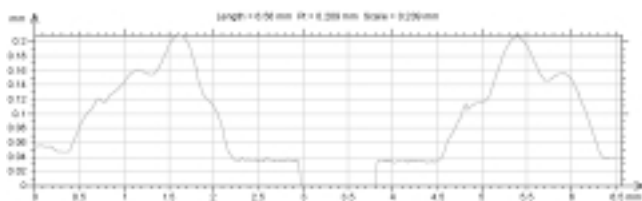
**Slika 8a:** Preskusni vzorec: Debeloplastni vzorec z nanosom lepila za pritrjevanje silicijevega senzorja tlaka (levo) in prilepljeno silicijevo tabletko (desno)



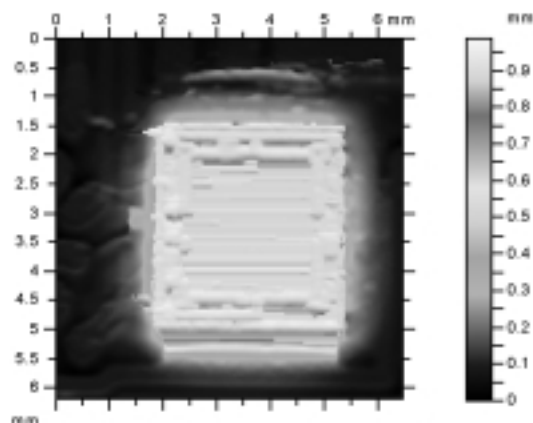
**Slika 8b:** 3D-prikaz izmerjene površine nanosa lepila (s slike 8a, levo)



**Slika 8c:** Analiza debeline nanosa lepila za pritrjevanje silicijevega senzorja tlaka



**Slika 8d:** Meritev površine vzorca z zalepljeno tabletko (s slike 8a desno) z laserskim senzorjem. Ker je višina silicijeve tabletko večja od merilnega območje senzorja Nobis, smo uporabili laserski senzor.



**Slika 8e:** 3D-prikaz izmerjene površine vzorca s slike 8d. Slabša ločljivost in izrazite sence, predvsem na desni strani vzorca, se izraža v neostrem prehodu.

### 3 Sklep

Meritve, ki smo jih naredili na različnih vzorcih, so pokazale, da je merilni sistem Viking s senzorjem

Nobis zelo primeren za merjenje hrapavosti različnih površin, debeline nanosov tankih in debelih plasti ter ukrivljenosti podlage zaradi interakcije med podlago in nanosom, ki so posledica različnih termičnih raztezkov, kemijskih interakcij in/ali drugih efektov. Zaradi različne odbojnosti in (delne) presojnosti nekaterih materialov so možne težave pri meritvah tankih plasti, debelih do nekaj 100 nm, tako da moramo biti v takih primerih dodatno previdni pri analizi in interpretaciji merilnih rezultatov. Rezultati, ki smo jih dobili pri meritvah plasti, debelih od 1  $\mu\text{m}$  do več 10  $\mu\text{m}$ , so potrdili veliko uporabnost merilnega sistema, predvsem za kontrolo priprave vzorcev, izdelanih s postopki debeloplastnega sitotiska. Z uporabo laserskega senzorja, ki je namenjen za širše merilno področje, pa je sistem Viking primeren za meritve in analizo različnih tridimenzionalnih struktur in hibridnih debeloplastnih vezij. Zaradi prilagodljive konstrukcije in dostopnosti premikajoče se merilne mizice je merilni sistem uporaben tudi za meritve statičnih in kvazistatičnih deformacij površin, ki so posledica različnih mehanskih ali električnih obremenitev pri senzorskih aplikacijah ali aktuatorjih, ki so ravno tako pomemben predmet raziskav na odseku.

### 4 Literatura

<sup>1</sup>Priročnik za uporabo profilometra Viking, Solarius Inc.

<sup>2</sup><http://www.digitalsurf.fr/en/oemnobisprinciples.htm>