

NEAR FIELD SCANNING OPTICAL MICROSCOPY AS A TOOL OF LOCAL CHARACTERIZATION OF ELECTRONIC DEVICES

Pavel Müller

Magister Degree Programme (2), FEEC BUT
E-mail: xmulle14@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Pavel Tománek
E-mail: tomanek@feec.vutbr.cz

ABSTRACT

The development of micro and nanoelectronics and nanophotonics needs novel characterization techniques to ensure higher quality of designed devices. The paper describes a use of Scanning Near-field Optical Microscopy (SNOM) in dimensional control and in local investigation of diverse physical parameters. As example of its potential, the correlation between object topography and reflection measurement of tantalum condenser is shown..

1. ÚVOD

Mikroelektronika, nanoelektronika a fotonika nabývají na významu v součástkové základně. S tím je spojená charakterizace součástek a jejich kontrola na mikro a nano úrovni [1]. Mnohá aktuální zařízení však nejsou schopna dosáhnout takového rozlišení, proto nastupují moderní metody lokálního měření fyzikálních charakteristik, ať již mechanických, elektrických, magnetických, či optických.

Jako jeden z parametrů kvality součástek slouží dimenzionální kontrola elektrických, optoelektronických a fotonických součástek, která je možná nejčastěji pomocí optických měřicích metod. Ke zvýšení přesnosti měření a lokální charakterizaci se začíná používat skenovací mikroskop s lokální sondou pracující v optickém blízkém poli (SNOM) [2].

2. SNOM – MIKROSKOPIE BLÍZKÉHO POLE

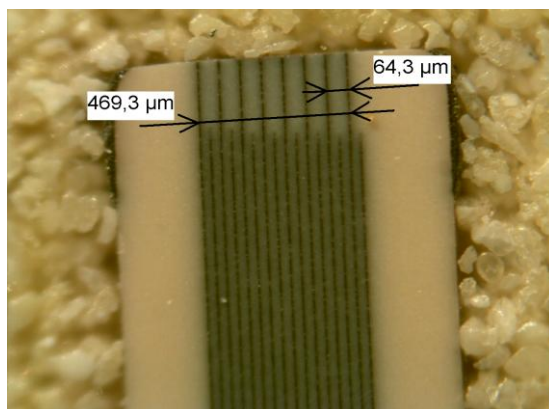
Klasický optický mikroskop má omezenou příčnou rozlišovací schopnost způsobenou difrakčními jevy na objímkách a otvorech (tzv. Abbeova podmínka nebo Rayleighovo kritérium). Tuto difrakční mez však technika SNOM důmyslně obchází. SNOM poskytuje nejen obraz vzorku, ale v každém bodě zároveň umožňuje měřit další charakteristiky předmětu [3]. SNOM se obvykle používají ve čtyřech různých pracovních režimech: transmisním, odrazném, sběrném, kombinovaném. Výhodou SNOM mikroskopu je, že může pracovat při pokojové teplotě, za normálního tlaku, s osvětlením předmětu či bez něj.

SNOM s osvětlením: bezkontaktní metoda, která umožňuje optická měření v blízkém poli s vysokým rozlišením, tj. pod difrakčním limitem klasického mikroskopu.

SNOM bez použití světla (jako AFM – Atomic Force Microscopy): kontaktní i bezkontaktní metoda, při fázových měřeních umožní rozlišit materiály, velmi vysoké rozlišení.

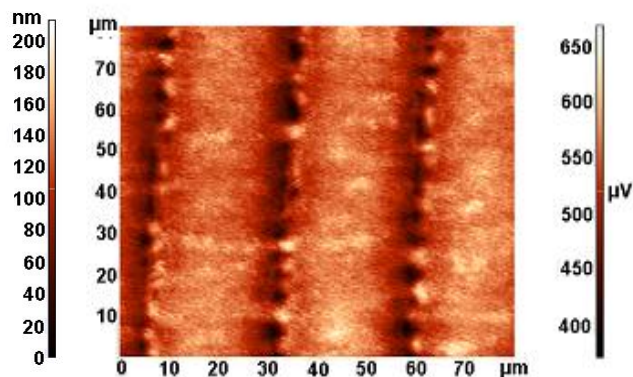
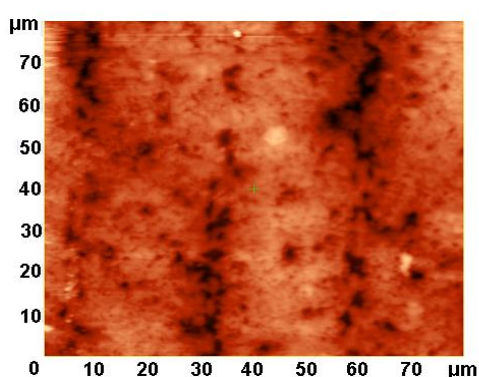
3. VÝSLEDKY

Jako vzorky elektronických součástek byly použity tantalové kondenzátory vyrobené technologií povrchové montáže SMT. Kondenzátory byly zalisovány do vrstvy epoxidové pryskyřice a následně byla na nich odbroušena vrstva $0,2\ \mu\text{m}$ a povrch byl zaleštěn. Pro topografické měření byl nejprve použit klasický optický mikroskop s $45\times$ zvětšením. Výsledný obrázek povrchu je na obr.1. Vzdálenosti elektrod jsou okótované.



Obr. 1: Zobrazení vzorku pod optickým mikroskopem.

Následně byl použit SNOM mikroskop k měření topografie a odrazivosti povrchu téhož vzorku se superrozlišením. Vzhledem k podstatně vyšší rozlišovací schopnosti SNOM oproti optickým mikroskopům je také zorné pole tohoto mikroskopu velmi malé – v našem případě dosahoval obraz rozměrů $80\ \mu\text{m} \times 80\ \mu\text{m}$ [4]. V prvním případě byl mikroskop firmy NT-MDT použit jako AFM mikroskop, což znamená, že snímal topografii daného vzorku (obr.2). V tomto případě optickou sondou, která je běžně užívána pro lokální osvětlování předmětu či snímání světla, neprocházelo světlo a sonda kopírovala povrch vzorku, přičemž topografie byla vytvářena bod po bodu.



Obr.2: Lokální topografie pozorovaného vzorku.

Obr.3: Obraz odrazivosti vzorku v optickém poli.

Při druhém pozorování byl do optického vlákna, které se pohybovalo v těsné blízkosti nad povrchem vzorku, přivedeno světlo ze zelené laserové diody ($\lambda = 532\ \text{nm}$), které osvětlovalo pozorovaný vzorek. Lokálně generované světlo se od vzorku odrazilo do fotonásobiče

a tím byl opět bod po bodu sestaven obraz povrchu vzorku. Byla tak vlastně měřena odrazivost zkoumaného vzorku

4. ZÁVĚR

Tématem této práce byla srovnávací studie použití klasických i moderních metod optické inspekce povrchů, které jsou nezbytné pro měření kvality elektrických, elektronických a optoelektronických součástek. Byl řešen dílčí úkol: lokální měření dvou významných charakteristik materiálů – topografie a odrazivosti povrchů keramického tantalového kondenzátoru. Pomocí klasického mikroskopu bylo dosaženo malé rozlišení přibližně 30 μm . Použitím moderní mikroskopie v blízkém poli ukázalo rozlišení přibližně 1 μm . Srovnání výsledků topografie (obr.2) a odrazivosti (obr. 3) vykazuje výraznou korelaci rozlišení detailů obou měření. Měření topografie povrchu neumožňuje zobrazit změny ve složení materiálů, tj. lokální změny indexu lomu použitých materiálů. Předností použité metody je, že pomocí měření odrazivosti jsou zvýrazněny polohy kovových elektrod, které se při řezu, broušení a leštění dostaly pod tenkou vrstvu dielektrika.

PODĚKOVÁNÍ

Tento příspěvek je součástí řešení výzkumného záměru MIKROSYN Nové trendy v mikroelektronických systémech a nanotechnologiích podporovaného MŠMT ČR pod registračním číslem MSM 0021630503 a grantu GAČR 102/08/1474 Lokální optická a elektrická charakterizace optoelektronických struktur s nanometrickým rozlišením.

REFERENCE

- [1] Tománek, P., Benešová, M., Otevřelová, D., Dobis, P. Scanning near-field optical microscopy in semiconductor research. *Phys. of Low-dim. Struct.*, 2004, vol. 2004, No. 1/2, p. 47 - 53. ISSN 0204-3467
- [2] Ünlü, M. S., Goldberg, B. B., Herzog, W. D., Near-field optical beam-induced current measurements on heterostructures, *Appl. Phys. Lett.*, 1995, Vol. 67, 13, pp. 1862-1864, ISSN 0003-6951.
- [3] Tománek, P. Škarvada, P. Grmela, L. Local optical and electron characteristics of solar cells, *Proc. of SPIE*, vol. 7388, paper 73880L1, 9 pages, 2010.
- [4] Škarvada, P., Grmela, L., Abuetwirat, I., Tománek, P. Nanooptics of locally induced photocurrent in monocrystalline Si solar cells, *Proc. of SPIE*, vol. 7138, paper 713829, 6 pages, 2008.