

## Artykuł pracownika GUM w czasopiśmie Measurement

Opublikowane przez : Adam Żeberkiewicz

Artykuł zatytułowany „The physical parameters of MOS structures in the presence of local mechanical stress” ukazał się w międzynarodowym czasopiśmie Measurement: Journal of the International Measurement Confederation (IF = 5.6, 200 punktów ministerialnych) wydawnictwa Elsevier.

<https://doi.org/10.1016/j.measurement.2024.115009>



### The physical parameters of MOS structures in the presence of local mechanical stress

Witold Rzodkiewicz<sup>a</sup>, Kamil Roman<sup>b,\*</sup>

<sup>a</sup> General Office of Measures, Electricity and Radiation Department, 2 Błokarska St., 00-139 Warsaw, Poland

<sup>b</sup> Institute of Wood Sciences and Furniture, Warsaw University of Life Sciences, 160 Nowourszynowska St., 02-787 Warsaw, Poland

#### ARTICLE INFO

**Keywords:**  
Optical voltage  
Stresses  
Ellipsometry  
Raman spectroscopy  
MOS structure

#### ABSTRACT

The development research of metal oxide semiconductors (MOS) nanomaterials provides to produce electronic modules of fast response, low manufacture cost, long work life, and energy consumption. The MOS principles nanostructures utilizing hold great potential in manufacturing and other branches of the economy. The article includes the determination of local mechanical stresses in MOS structures by optical methods and the study of the effect of these stresses on electrical parameters. The main goal of this work was to determine local mechanical stresses in MOS structures and find a correlation of these stresses with basic electrical parameters of MOS structures such as the contact potential difference and flat band voltage in a semiconductor. In the first stage of the work, an attempt at the average value of these stresses using, among others, interferometry and ellipsometry was made. These attempts failed, although they brought other interesting results not related to the main purpose of the research field. However, Raman spectroscopy proved to be an effective tool for measuring stresses in the investigated structures. The authors also determined the stresses using refractive indices based on ellipsometry measurements. The study of MOS structures can be enhanced by using interferometry and ellipsometry, which provide valuable information on changes in thickness and internal stresses. The obtained results have differed from the values presented in the literature. These studies combined with the weighting method contributed to developing, among others an analytical relationship between the refractive index  $n$  and the density of  $\text{SiO}_2$  layers. According to the conducted studies, can be concluded that the only adequate method is Raman spectroscopy. It was possible to determine the stresses in the  $\text{SiO}_2$  layer under the gate and nearby with an accuracy of 20 MPa and 100 MPa, respectively. Similarly, the distributions of the structure's electrical parameters were similar in shape. Based on these results, it was possible to establish a relationship between the stress and the parameters  $V_{FB}$  and  $\phi_{MS}$ . In conclusion, stress in the  $\text{SiO}_2$  layer influences the parameters of  $V_{FB}$  and  $\phi_{MS}$  in the MOS structure. This method provides no limitations related to the size of the spot, oppositely to the measurements of spectroscopic ellipsometry.

Tytuł artykułu w języku polskim brzmi: „Parametry fizyczne struktur MOS w obecności lokalnych naprężeń mechanicznych”. Jego współautorem jest Witold

Rzodkiewicz - główny metrolog w Laboratorium Wzorców Wielkości Elektrycznych Małej Częstotliwości, w Zakładzie Elektryczności i Promieniowania.

Artykuł prezentuje wykorzystanie spektroskopii Ramana do określania lokalnych naprężeń mechanicznych w strukturach metal-tlenek-półprzewodnik (MOS) i ich korelacji z parametrami elektrycznymi, takimi jak napięcie wyprostowanych pasm  $V_{FB}$  i kontaktowa różnica potencjałów  $f_{MS}$ .

Część doświadczalna niniejszej pracy została zrealizowana przez głównego autora w trakcie jego wieloletniej pracy w Zakładzie Charakteryzacji Struktur Nanoelektronicznych Instytutu Technologii Elektronowej w Warszawie (obecnie Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Mikroelektroniki i Fotoniki).

Praca omawia znaczenie badania rozkładu naprężeń w tlenkach bramkowych dla optymalizacji wydajności i niezawodności urządzeń elektronicznych. Podkreślono wpływ naprężeń na parametry elektryczne w strukturach MOS, zwracając uwagę na potrzebę uwzględnienia naprężeń w procesach projektowania i optymalizacji.

Wyniki zaprezentowane w niniejszej pracy przedstawiają dokładne wyznaczenie naprężeń pod i w okolicach bramki metalowej, wpływających na wartości napięcia wyprostowanych pasm i kontaktowej różnicy potencjałów.

W pracy dokonano obliczeń lokalnych naprężeń z użyciem widm ramanowskich dla ponad 50 rozkładów. W badanych strukturach zaobserwowano znaczne naprężenia ściskające w tlenku pod bramką. W znacznej większości przypadków naprężenia te maleją w obszarach bliskich krawędzi bramki i pod krawędzią bramki przechodzą w naprężenia rozciągające lub wykazują znacznie mniejsze niż pod bramką naprężenia ściskające. Naprężenia w warstwie tlenkowej na krawędzi i pod bramką zostały określone odpowiednio z dokładnością  $\pm 20$  MPa i  $\pm 100$  MPa. Kształt rozkładów tych naprężeń był podobny do rozkładów wspomnianych wcześniej parametrów elektrycznych struktury. Łącząc te rezultaty (rozkład parametrów - rozkład naprężeń) uzyskano zależności  $V_{FB}$ ,  $f_{MS}$  od wartości naprężeń.

W ten sposób udowodniono wpływ naprężeń w warstwie  $\text{SiO}_2$  na parametry  $V_{FB}$  i  $f_{MS}$  struktury MOS.