

Streszczenie

Rozprawa doktorska dotyczy opracowania i realizacji w pełni zintegrowanego, miniaturowego źródła promieniowania rentgenowskiego wykonanego w technologii systemów mikro elektromechanicznych MEMS (ang. *Micro-Electro-Mechanical Systems*). Celem badań było zaprojektowanie i wykonanie autonomicznego układu generacji promieniowania X, o niskim poborze mocy, niewielkich wymiarach oraz potencjale zastosowań w mobilnych, zintegrowanych systemach analitycznych i diagnostycznych.

W ramach pracy przeanalizowano aktualny stan wiedzy w zakresie podstaw fizycznych, mechanizmów generacji promieniowania rentgenowskiego, a także rozwiązań technicznych, ze szczególnym uwzględnieniem aspektu ich miniaturyzacji. Na podstawie przeprowadzonego przeglądu literatury oraz analizy ograniczeń i wyzwań występujących w istniejących miniaturowych źródłach promieniowania rentgenowskiego sformułowano wymagania projektowe, technologiczne i eksploatacyjne dotyczące nowoprojektowanego źródła.

W oparciu o te założenia opracowano pierwsze na świecie źródło rentgenowskie MEMS, w którego skład wchodzi: katoda polowa (wykonana z ostrzy krzemowych i/lub kompozytu nanorurek węglowych oraz PVP (ang. *Polyvinylpyrrolidone*)), kolumna elektrono-optyczna umożliwiająca ogniskowanie wiązki elektronów, target transmisyjny zoptymalizowany pod kątem generacji promieniowania X w zakresie energii do 25 keV oraz zintegrowana mikropompa jonowo-sorpcyjna zapewniająca utrzymanie wysokiej próżni. Proces technologiczny bazował na fotolitografii, trawieniu krzemu i szkła, osadzaniu warstw metalicznych oraz bondingu anodowym w kontrolowanych warunkach.

Badania eksperymentalne objęły charakteryzację emiterów polowych (pomiar charakterystyk I–V, stabilności emisji, wielkości plamki elektronowej), weryfikację właściwości targetów (wpływ materiału i geometrii na widmo oraz intensywność promieniowania), testy układu ogniskowania wiązki oraz ocenę warunków próżniowych wewnątrz struktury. Zintegrowane urządzenie zostało poddane testom generacji promieniowania poza komorą próżniową. Przeprowadzono badania intensywności, energii, rozkładu przestrzennego, stabilności oraz powtarzalności generacji promieniowania.

Uzyskane wyniki potwierdziły możliwość generacji promieniowania X o kontrolowanych parametrach w mikroskalowej, hermetycznej strukturze MEMS. Opracowane rozwiązanie otworzyło perspektywy zastosowań w kompaktowych analizatorach fluorescencji rentgenowskiej XRF (ang. *X-Ray Fluorescence*), integracji z mikroprzepływowymi układami „lab-on-chip” m.in. do badań biologicznych i chemicznych oraz w instrumentach satelitarnych wymagających miniaturowych źródeł kalibracyjnych.

Praca wnosi wkład w rozwój technologii mikrosystemów poprzez: opracowanie stabilnych mikroemiterów elektronowych, opracowanie nowych metod kontroli wiązki elektronów, optymalizację targetów transmisyjnych, rozwój metod hermetyzacji i utrzymania próżni w strukturach MEMS, oraz integrację kompletnego układu generacji promieniowania rentgenowskiego w pojedynczej strukturze. Wyniki te stanowią podstawę do dalszych badań nad mikrotomografią, spektroskopią rentgenowską *in situ* oraz hybrydowymi sensorami radiacyjnymi nowej generacji.

Słowa kluczowe: miniaturyzacja, MEMS, źródło rentgenowskie, emisja polowa, mikropompa jonowo-sorpcyjna, XRF.