

PRESSURE SENSOR BASED ON CARBON NANOTUBE ARRAY AS THE FIELD EMITTERS

Jan Pekárek

Master Degree Programme (1), FEEC BUT

E-mail: xpekar03@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Richard Ficek & Radimír Vrba

E-mail: ficek@feec.vutbr.cz & vrbar@feec.vutbr.cz

ABSTRACT

This document describes the pressure sensor based on carbon nanotube array as the field emitters. The sensor consists of the cathode with a multi-wall carbon nanotube array and the anode as elastic membrane fabricated by wet etching process. The insulator and vacuum chamber are between both parts of sensor. The goal of this research is to describe the principle and fabrication of this pressure sensor.

1. ÚVOD

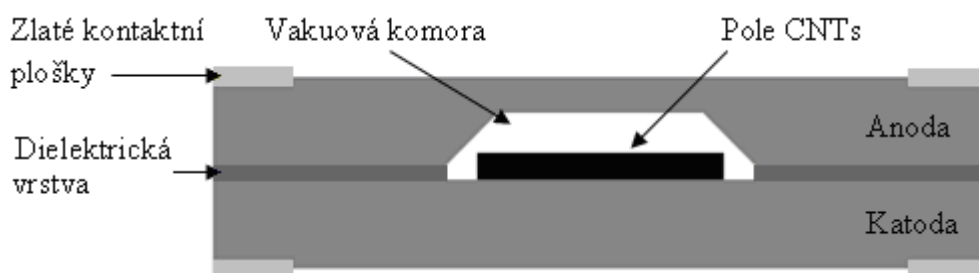
Emise elektrickým polem se v mikroelektronických zařízeních poprvé objevila na počátku šedesátých let a hned byla uznávána kvůli své vynikající teplotní stabilitě, nízkému ztrátovému výkonu a rychlé odezvě. Až do nynějška byla výroba mikroelektronických zařízení jako zdroje emise elektronů soustředěná na křemíková pole vyrobená pomocí suchého nebo mokrého leptacího procesu. Výrobci pomalu naráží na fyzikální hranice při výrobě mikroelektronických zařízení na křemíkovém substrátu. Tento fakt vede vědce v úsilí najít lepší materiály pro emisi elektrickým polem.

V roce 1991 objevil profesor Iijima uhlíkové nanotrubičky (zkráceně CNTs). Již od svého objevu vzbudily velkou pozornost jako objekty s výjimečnou mechanickou pevností, elektrickou a tepelnou vodivostí, emisními vlastnostmi a také velkým poměrem mezi svojí délkou a průměrem.

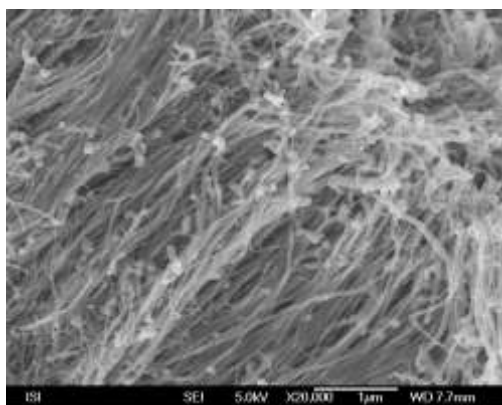
2. ROZBOR

Níže popisovaný tlakový senzor pracuje na jednoduché myšlence. Tlak působící na tenkou pružnou anodu, která je na jiném potenciálu než katoda, způsobuje její prohnutí, přičemž se mění intenzita elektrického pole. Intenzita elektrického pole vyvolává studenou emisii z katodového pole uhlíkových nanotrubic směrem k anodě. Předpokládáme při tom konstantní napětí na elektrodách [2].

Tlakový senzor se tedy skládá ze dvou základních částí - anody jako pružné membrány a katody, na které je deponováno pole CNTs (viz. Obrázek 2). Mezi oběma částmi je dielektrická vrstva zabraňující kontaktu. Pro samotnou funkci senzoru je nutná vakuová komora (kapitola 2.3.) mezi elektrodami (viz. Obrázek 1).



Obrázek 1: Schéma tlakového senzoru.



Obrázek 2: Deponované pole CNTs.

Základním materiálem pro obě elektrody tlakového senzoru je čtyř palcový wafer monokrystalického křemíku typu N s orientací <100> o tloušťce 525 μm dodaný společností ON Semiconductor. Tento wafer je nařezán na destičky obdélníkového tvaru 15 x 10 mm. Následné úpravy těchto destiček (budoucích elektrod) jsou popisovány níže.

2.1. KATODOVÁ ČÁST SENZORU

Katodovou část senzoru tvoří křemíková destička, na jejíž jedné straně byly pomocí námi vytvořené šablony vakuově napařeny zlaté kontaktní plošky 2 x 1,5 mm s tloušťkou 600 nm. Na druhé straně je deponováno pole CNTs pomocí metody PECVD (Plasme Enhanced Chemical Vapor Deposition - plazmochemická depozice z plynné fáze) za atmosférického tlaku. Příprava CNTs pomocí PECVD metody je na rozdíl od ostatních metod výroby CNTs (např. obloukový výboj mezi uhlíkovými elektrodami, laserová ablace) technologicky a ekonomicky příznivá díky možností použití nižších teplot.

Metoda PECVD spočívá v rozkladu plynného uhlovodíku (např. CH_4 , C_2H_2) za přítomnosti kovového katalyzátoru (např. Fe, Co, Ni) a plazmatu [1].

Nejlépeších výsledků je dosaženo pomocí napařeného Fe katalyzátoru kruhovitěho tvaru průměru 5 mm s tloušťkou 10 nm. Depoziční teplota substrátu se pohybovala na hranici 700 $^\circ\text{C}$, přičemž čas nepřesáhl rozmezí 58 – 60 s. Toto časové rozpětí je voleno s ohledem na analýzu předchozích výsledků. Vzdálenost substrátu a hořáku je 34 mm, průtoky použitých plynů $Q(\text{Ar}) = 1450 \text{ sccm}$, $Q(\text{H}_2) = 425 \text{ sccm}$ a $Q(\text{CH}_4) = 40 \text{ sccm}$.

2.2. ANODOVÁ ČÁST SENZORU

Anodovou část senzoru opět tvoří křemíková destička o rozměrech 15 x 10 mm a tloušťce 525 μm , na jejíž jedné straně jsou opět napařeny zlaté kontaktní plošky. Na opačné straně vůči zlatým ploškám je vyleptána membrána čtvercového tvaru o rozměrech 5 x 5 mm a

hloubce cca 325 μm . Tyto vhodně zvolené rozměry membrány resp. pole tvořeného CNTs zajišťují přiměřeně velký prostor tvořící vakuovou komoru mezi anodovou a katodovou částí senzoru. Samotné leptání Si destičky je prováděno anizotropně pomocí námi vytvořené oxidové masky v roztoku KOH.

2.3. KOMPLETACE SENZORU

Na zlaté kontaktní plošky jsou pomocí speciálního vodivého lepidla přilepeny tenké měděné drátky. Pro účely měření jsme navrhli a vyrobili vakuovou aparaturu pro umístění přípravku s elektrodami. Přípravek slouží ke spojení elektrod po dosažení námi požadovaného vakua v aparatuře, což má za následek vznik vakuové komory mezi elektrodami (viz. Obrázek 1). Hodnota vakua potřebného k emisi elektronů a zamezení jejich rekombinace s molekulami kyslíku je 10^{-10} mbar [3]. Katodovou a anodovou část senzoru hodláme do budoucna spojit pomocí anodického pájení ve vakuu, kdy dielektrickou vrstvu mezi oběma částmi bude tvořit tenký simaxový disk (100 - 300 μm). Tento krok výroby je nyní v přípravné fázi. V první fázi měření je použit fotorezist RISTON[®]MM140 jako dielektrická vrstva, která se díky své tloušťce a vlastnostem jeví jako dostatečná náhrada simaxu.

3. ZÁVĚR

V tomto projektu byl popsán princip a výroba tlakového senzoru využívajícího pole uhlíkových nanotubic jako zdroje emise elektronů. První výsledky měření na výše popsaném senzoru se momentálně zpracovávají. Tlakový senzor bude použitelný v širokém tlakovém rozmezí s dostatečnou citlivostí jednotlivých kroků. Výrobní proces je po technologické stránce náročný a každá jeho část by mohla být samostatným tématem ke zpracování.

PODĚKOVÁNÍ

Tento příspěvek vznikl za podpory grantu MPO 2A-1TP1/143 a výzkumného záměru MSM 0021630503.

Na tomto místě bych chtěl poděkovat vedoucímu diplomové práce Ing. Richardu Fickovi, a Prof. Radimíru Vrbovi za vedení a cenné rady. Dále pak kolegovi Bc. Miroslavu Šedovi, Mgr. Ondřeji Jaškovi a Mgr. Marku Eliášovi za pomoc a spolupráci při realizaci jednotlivých kroků.

LITERATURA

- [1] R. Ficek, R. Vrba, B.H. Kim, S. Goodnick, S. Milicic, Z. Kučerová, L. Zajíčková, M. Eliáš: Carbon nanotubes synthesized by plasma enhanced CVD: Preparation for measurements of their electrical properties for application in pressure sensor, IEEE SYMPOSIUM ON COMMUNICATIONS AND INFORMATION TECHNOLOGIES 2006, Bangkok, October 2006
- [2] B. Mahar, C. Laslau: Development of Carbon Nanotube-Based Sensors, IEEE Sensors Journal, vol. 7, no. 2, pp. 266-282, February 2007
- [3] K. Qian, T.Chen et al: Research on carbon nanotube array field emission pressure sensors, Electronics Lett., vol. 41, no. 14, July 2005