

Záverečná karta projektu

Názov projektu Evidenčné číslo projektu **APVV-0455-12**

Tranzistory na báze progresívnych materiálov pre vysoké teploty

Zodpovedný riešiteľ **Ing. Gabriel Vanko, PhD.**

Príjemca **Elektrotechnický ústav SAV**

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

1. Elektrotechnický ústav SAV
2. Ústav elektroniky a fotoniky - Fakulta elektrotechniky a informatiky STU v Bratislave
- 3.
- 4.
- 5.

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

1. Fyzikální ústav Akademie věd ČR, Česká republika
2. Technische Universität Ilmenau, Nemecko
3. Fachhochschule Vorarlberg, Austria

Udelené patenty/podané patentové prihlášky, vynálezy alebo úžitkové vzory, ktoré sú výsledkami projektu

- 1.
- 2.
- 3.

Najvýznamnejšie publikácie (knihy, články, prednášky, správy a pod.) zhrňujúce výsledky projektu – uveďte aj publikácie prijaté do tlače

1. Babchenko, O., Dzuba, J., Lalinský, T., Vojs, M., Vincze, A., Ižák, T., Vanko, G., : Stability of AlGaIn/GaN heterostructures after hydrogen plasma treatment, . Applied Surface Sci 395 (2017) 92-97.
2. Ižák, T., Jirásek, V., Vanko, G., Dzuba, J., Kromka, A., : Temperature-dependent stress in diamond-coated AlGaIn/GaN heterostructures. Mater. & Design 106 (2016) 305-312.
3. Dzuba, J., Vanko, G., Držík, M., Rýger, I., Kutiš, V., Zehetner, J., Lalinský, T., : AlGaIn/GaN diaphragm-based pressure sensor with direct high performance piezoelectric transduction mechanism. Applied Phys. Lett. 107 (2015) 122102.
4. Vanko, G., Vojs, M., Ižák, T., Potocký, P., Choleva, P., Marton, M., Rýger, I., Dzuba, J., Lalinský, T., : AlGaIn/GaN micromembranes with diamond coating for high electron mobility

transistors operated at high temperatures In: ASDAM 2014. Eds. J. Breza et al. IEEE 2014. ISBN 978-1-4799-5474-2. P. 263-266.

5. Dzuba, J., Vanko, G., Držík, M., Rýger, I., Vallo, M., Kutiš, V., Haško, D., Choleva, P., Lalinský, T., : Stress investigation of the AlGaIn/GaN micromachined circular diaphragms of a pressure sensor. J. Micromech. Microengn. 25 (2015) 015001.

Uplatnenie výsledkov projektu

Senzorika - tranzistory v kontrolných a riadiacich obvodoch senzorov pracujúcich pri vysokých teplotách

Vysokovýkonová elektronika - tranzistory vo funkcii spínačov

MEMS - príprava nových typov mikromechanických štruktúr pokrytých funkčnými vrstvami pre vyššiu citlivosť

Meracia technika - meranie parametrov pri vysokých teplotách v ťažkom priemysle

CHARAKTERISTIKA VÝSLEDKOV

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v slovenskom jazyku (max. 20 riadkov)

Hlavnými cieľmi projektu boli návrh procesnej technológie a analýza vlastností tranzistorov s vysokou pohyblivosťou elektrónov (HEMT - high electron mobility transistors) pri zvýšených teplotách (500-800°C). Na ich dosiahnutie bolo potrebné zvládnuť technologické výzvy spojené so vzájomnou integráciou diamantových vrstiev vo funkcii odvodu tepla ("heat sink") a polovodičových heteroštruktúr AlGaIn/GaN ako bázového materiálového systému pre zmienené typy tranzistorov. Riešiteľský tím projektu navrhol technologický postup prípravy vysokoteplotne stabilných diamantom pokrytých HEMTov (HTD HEMT), v ktorom sa využitím ochranných Si₃N₄ vrstiev a nízkoteplotnej depozície podarilo odstrániť poškodenie a naleptávanie povrchu GaN a Schottkyho hradlových elektród. Odladil proces selektívnej depozície diamantových vrstiev pre ich rast v presne definovaných miestach. Implementácia novej depozičnej techniky s PVA polymérom obsahujúcim diamantový prášok viedla k dokonalému pokrytiu 3D GaN membrány diamantom na jej dne, ako aj na povrchu, čo je nevyhnutné pre efektívne chladenie kanála. Kľúčovým problémom pri vysokoteplotnej depozícii rôznorodých materiálov je mechanické napätie, ktoré sa postupne zabudováva do výslednej štruktúry. Riešiteľský tím navrhol metódy pre určovanie aj následné znižovanie reziduálnych napätí vo vrstvách D/GaN. Originálnym prínosom je návrh hradlovej metalizácie na báze Ir/Al formovaného vysokoteplotnou oxidáciou v atmosfére O₂ pri 800°C. Navrhnutá metóda prípravy umožňuje definovať hradlá tranzistorov požadovaných hrúbok, zloženia bez potreby použitia hornej (top) Au kontaktovej vrstvy a zabezpečiť tak tepelnú stabilitu rozhrania rozhodujúcu pre vysoké prevádzkové teploty HEMT súčiastok.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v anglickom jazyku (max. 20 riadkov)

The main objectives of the project were the process technology proposal and analysis of the transport properties of high electron mobility transistors (HEMTs) at elevated temperatures (500-800 °C). for that purpose, it was necessary to master the technological challenges associated with mutual integration of diamond layers as "heat sink" and AlGaIn/GaN heterostructure material system as a base for the aforementioned HEMTs. Project team suggested a technology of high-temperature stable diamond-covered HEMT (HTD HEMT) with the use of protective Si₃N₄ layers and low-temperature NCD deposition to suppress damage of GaN surface and Schottky gate electrodes. They optimized the process of selective area deposition of diamond films for their accurate growth at the defined places. Implementation of the new technique of nucleation by PVA polymer containing diamond powder lead to perfect covering of the 3D GaN membranes walls and bottom by diamond, which is essential for efficient channel cooling. A key problem in the high temperature

deposition of heterostructure materials is the mechanical tension gradually built into the resulting structure. The team suggested a method for determining and subsequent reduction of residual stresses in the D/GaN layers. An original contribution is the proposal of the gate metallization based on Ir/Al formed by high-temperature oxidation in an O₂ atmosphere at 800°C. The proposed method of preparation allows to define desired gate electrode thickness, composition without the need for the upper Au contact layer and thus ensure the thermal stability of the interface important for HEMTs operating at elevated temperatures.

Svojím podpisom potvrdzujem, že údaje uvedené v záverečnej karte sú pravdivé a úplné a súhlasím s ich zverejnením.

Zodpovedný riešiteľ

Ing. Gabriel Vanko, PhD.

V Bratislave 30. 01. 2017

Štatutárny zástupca príjemcu

RNDr. Vladimír Cambel, DrSc.

V Bratislave 30. 01. 2017

.....
podpis zodpovedného riešiteľa

.....
podpis štatutárneho zástupcu príjemcu