

2D-FET struktury s indukovaným pnutím

Autoři:

Jan Brodský, Imrich Gablech, Jan Pekárek

Datum vzniku:

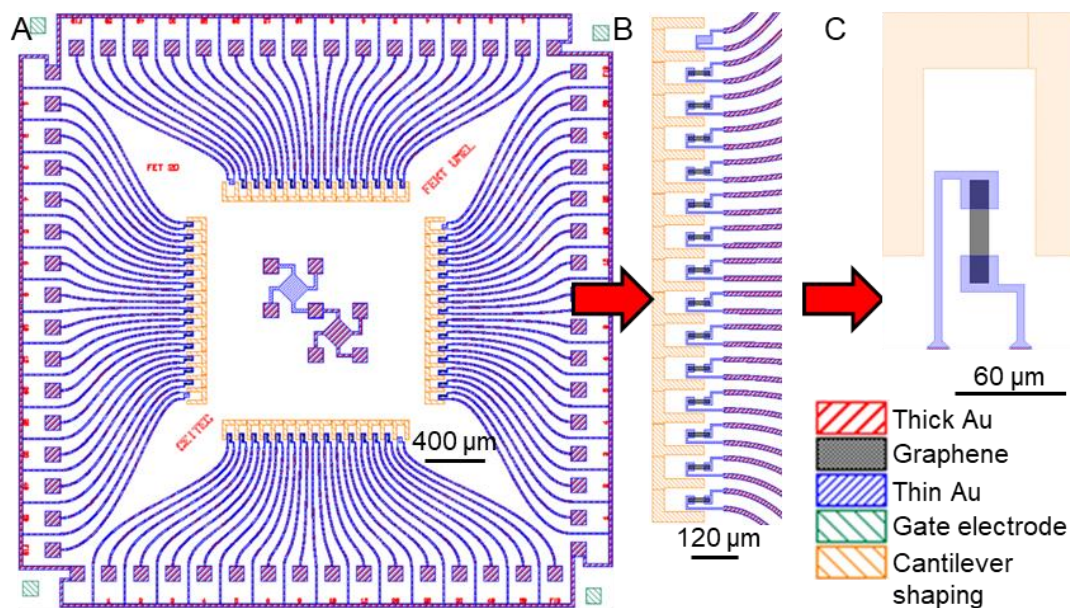
15.9.2020

Projekty:

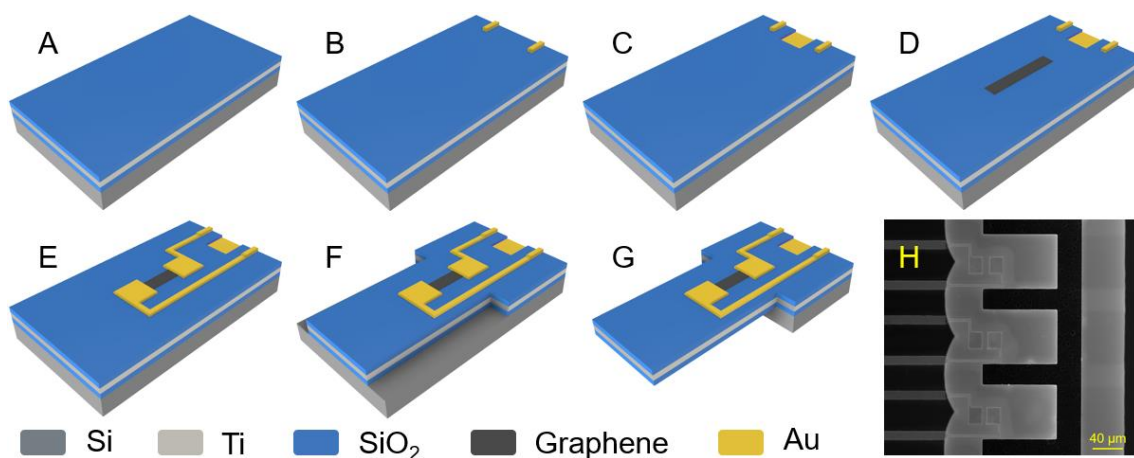
GJ18-06498Y - Modulace fyzikálních vlastností grafenu vyvolaných řízeným mechanickým pnutím

Popis:

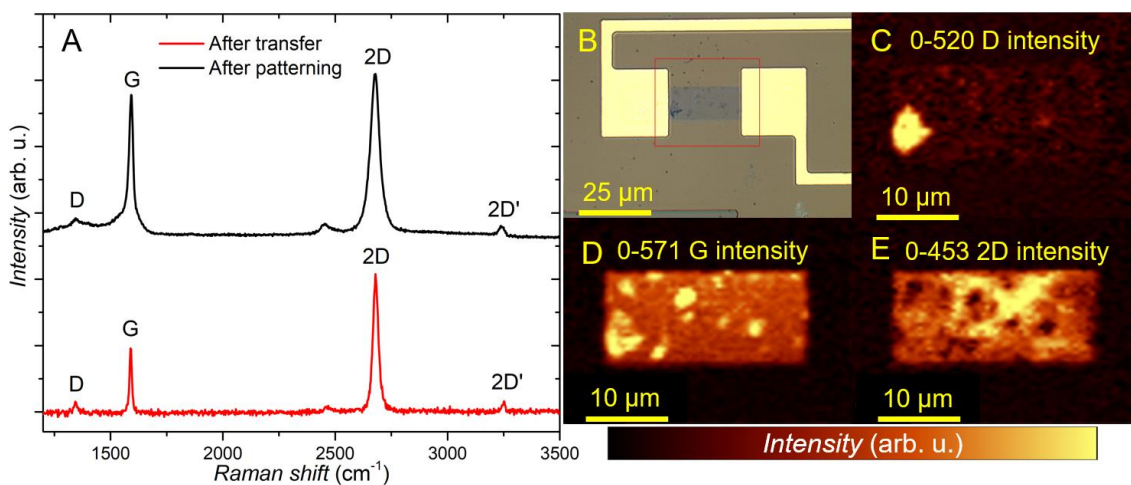
2D-FET struktury s indukovaným pnutím jsou vyrobeny na křemíkovém substrátu pomocí CMOS kompatibilních procesů. Struktury je možné mechanicky ohýbat a kontrolovaně do nich indukovat pnutí, čímž se mění vlastnosti 2D materiálu na povrchu, potažmo výstupní charakteristiky 2D-FET. 2D-FET je cíleně umístěn na nejcitlivějším místě na nosníku a reaguje tak nejvíce na změny v protažení nosníku vlivem ohybu. Tyto struktury je možné použít pro aplikace jako je např. měření a sledování buněk, enzymů, aminokyselin, DNA a RNA při pokojové teplotě anebo také měření toxických, výbušných, skleníkových plynů nebo chemických zplodin. Na Obrázek 1 je zobrazen layout 2D-FET struktury vytvořený v Klayoutu včetně detailů na nosníky a připojení elektrod a tvarovaného 2D materiálu. Na Obrázek 2 je zobrazen výrobní postup pro pole nosníků s 2D-FET strukturou pro řízení pnutí uvnitř grafenu. Na Obrázek 3 pak charakterizace grafenu pomocí Ramanovy spektroskopie. Na Obrázek 4 jsou výsledky FEM simulace pro nosník o rozměrech 60 μm x 100 μm . Na Obrázek 5 pak výstupní charakteristika pro FET strukturu s grafenem pro různá napětí V_{GS} .



Obrázek 1: Layout 2D-FET struktury pro řízení pnutí v grafenu: A) celý čip (6×6 mm²); B) pole nosníků; C) připojení elektrod k vytvarovanému grafenu

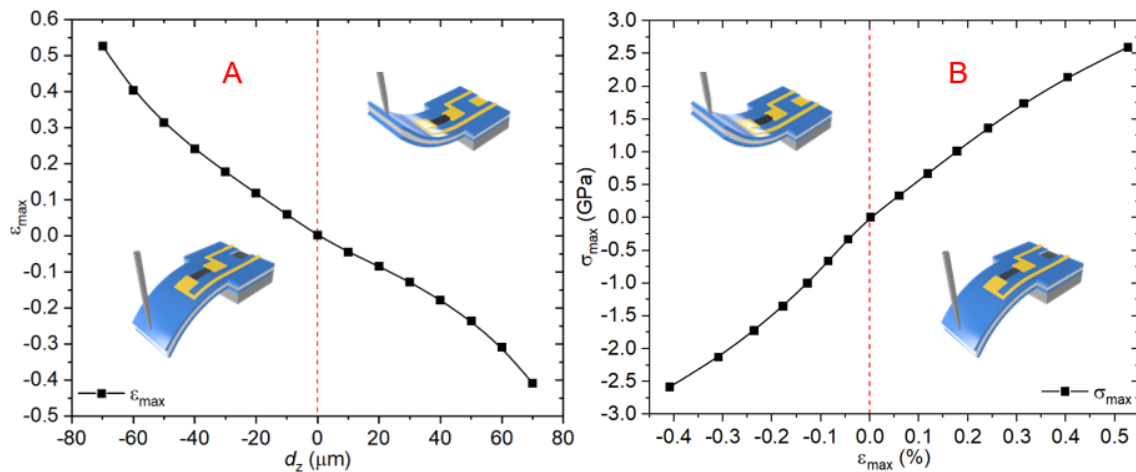


Obrázek 2: Výrobní postup pro nosník s 2D-FET strukturou pro řízení pnutí uvnitř grafenu: A) substrát s vrstvou SiO₂, Ti a SiO₂; B) vyrobené vodivé cesty po Ti a Au lift-off procesu; C) SiO₂ leptání a Au lift-off pro kontakt na Ti hradlovou elektrodu; D) tvarování grafenu; E) Cr/Au elektrody po lift-off procesu; F) litografie a tvarování nosníku; G) izotropní leptání Si substrátu; H) SEM analýza vyrobené struktury.

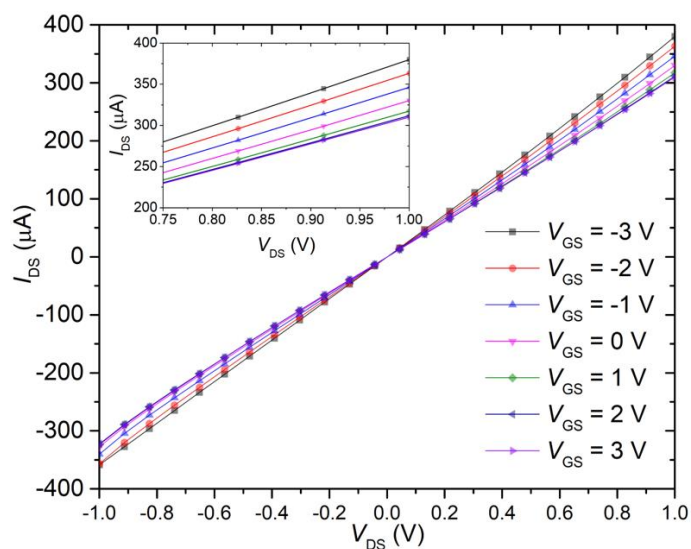


Obrázek 3: Ramanovské spektrum grafenu na struktuře po jeho přenosu a tvarování: A) jednoduché spektrum po přenosu a tvarování; B) optický obrázek elektrody s grafenem; Ramanova mapa C) D vrcholu, (D) G vrcholu; (E) 2D vrcholu.





Obrázek 4: Výsledky FEM simulace pro nosník o rozměrech $60 \mu\text{m} \times 100 \mu\text{m}$: A) Závislost prnutí na výchylce nosníku v rozmezí od $-70 \mu\text{m}$ do $+70 \mu\text{m}$; B) Křivka napětí-deformace pro ohýbající se nosník.



Obrázek 5: Výstupní charakteristika pro FET strukturu s grafenem pro různá napětí V_{GS} . Ve výřezu je detail závislosti I_{DS} na V_{DS} pro V_{DS} v rozmezí od 0.75 V do 1 V.

Parametry struktury:

Rozměr čipu: $6 \times 6 \text{ mm}$

Velikost nosníků: od $60 \times 100 \mu\text{m}$ po $60 \times 400 \mu\text{m}$

Počet nosníků: 4x 16 nosníků

Rozměr aktivní plochy 2D materiálu: od $10 \times 1 \mu\text{m}$ po $10 \times 50 \mu\text{m}$

