

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Ústav elektrotechniky a měření

Unipolární tranzistory

Přednáška č. 5

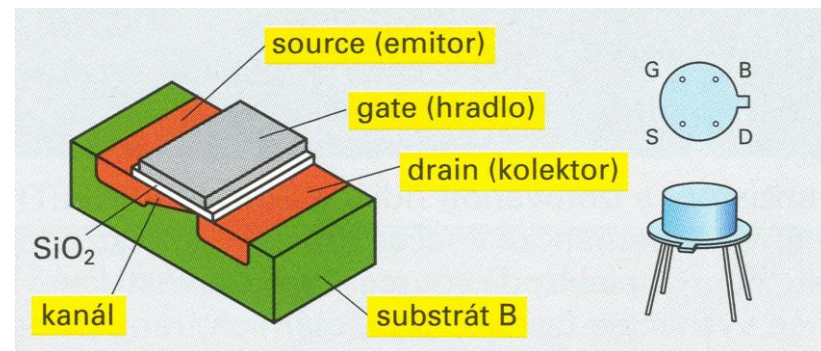
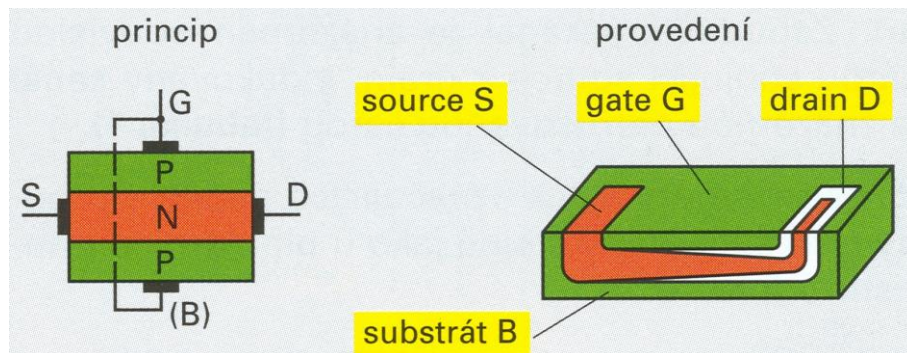
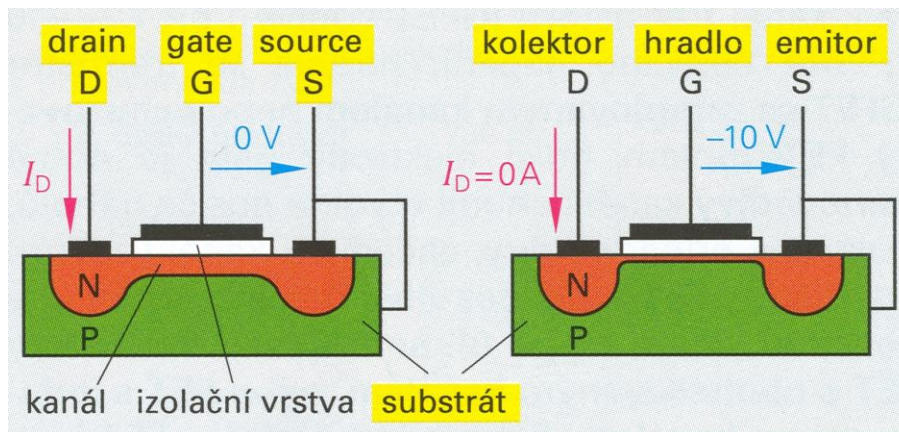
Milan Adámek

adamek@ft.utb.cz

U5 A711

+420576035251

Princip činnosti unipolárních tranzistorů (FET)



Princip činnosti unipolárních tranzistorů (FET)

- výstupní (zatěžovací) proud teče jen jedním typem polovodiče (*vodivým kanálem*), neprochází tedy přes PN přechod jako u bipolárního
- proud ve vodivém kanálu je řízen elektrickým polem – jde o FET tranzistory (**F**ield **E**ffect **T**ransistor)
- vodivý kanál může být typu P nebo N – jde o FET s kanálem N nebo P
- koncové elektrody mají názvy: **Source** (zdrojová elektroda)
Drain (odvod nábojů)
Gate (řídící elektroda)

Princip činnosti unipolárních tranzistorů (FET)

- při výrobě FET je planární technologií v monokrystalu typu N nebo P vytvořen vodivý kanál difuzí tak, aby měl vodivost opačného typu než monokrystal – **substrát B** (angl. Bulk – hlavní část)
- substrát musí být vodivě spojen se Source, aby se při řízení mohly vyměňovat nosiče náboje mezi substrátem a kanálem
- vysoká dotace P⁺ na kontaktních plochách s kovovými elektrodami zabraňuje vytvoření závěrné vrstvy mezi kovem a polovodičem

Princip činnosti unipolárních tranzistorů (FET)

- Gate musí být izolován od kanálu, aby neprotékal proud mezi Source a Gate
- izolaci lze realizovat dvojím způsobem:
 - Izolační vrstvou – jde o IGFET
 - PN přechodem – jde o JF-ET

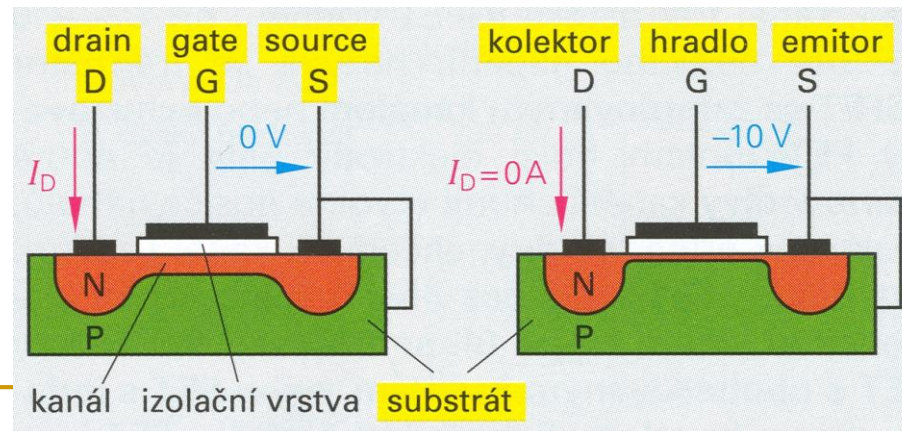
IGFET tranzistory

Princip činnosti

- název IGFET (Insulated Gate FET)
- izolační vrstva slouží pro oddělení Gate od kanálu
- na izolaci je napařen kov (elektroda – Gate)

Podle izolační vrstvy a substrátu se IGFET dělí na:

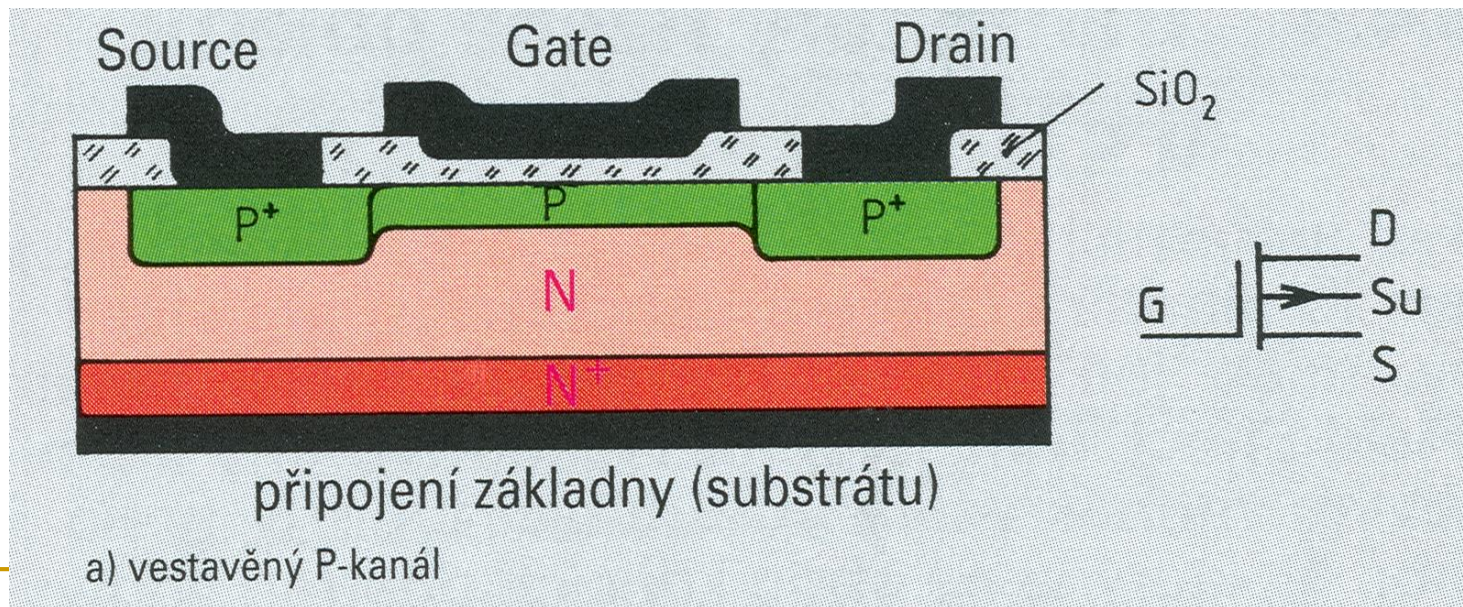
1. MOSFET – (Metal Oxid Semiconductor FET)
 - izolační vrstva je SiO_2 , substrát tvoří křemík
2. MISFET – (Metal Insulator Semiconductor FET)
 - izolační vrstva SiO_2 , substrát galliumarsenid



IGFET tranzistory

Druhy IGFET tranzistorů

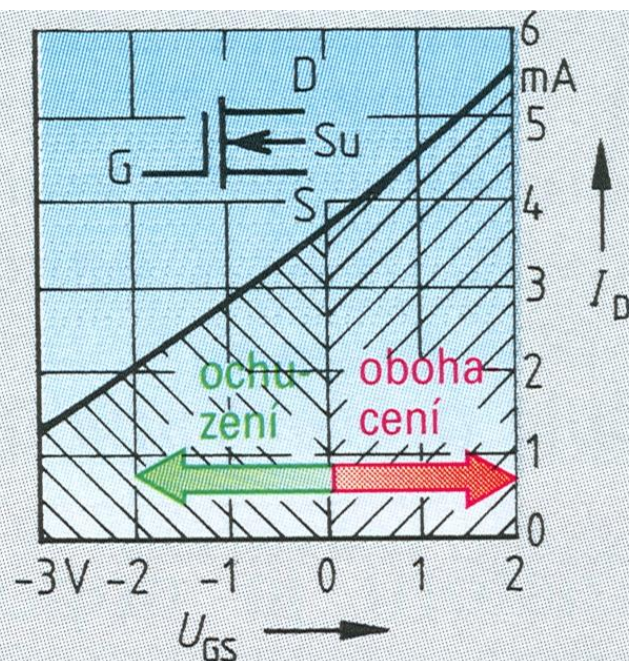
- IGFET se **zabudovaným (vestavěným) kanálem** = **ochuzovaný FET** – kanál je vodivý i při $U_{GS}=0$ – elektrické pole U_{GS} vytlačuje nosiče nábojů a přiškrcuje tak kanál
- v IGFET s N kanálem pro $U_{GS}>0$ se začnou elektrony nasávat do kanálu
- v IGFET s N kanálem pro $U_{GS}<0$ se začnou elektrony odčerpávat z kanálu –dojde k ochuzení kanálu o volné nosiče nábojů



IGFET tranzistory

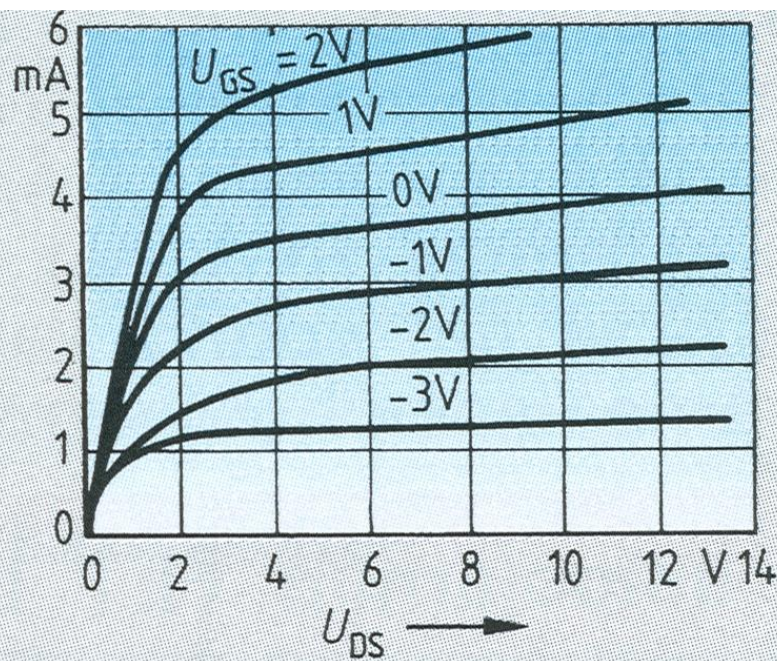
Charakteristiky IGFET tranzistorů se zabudovaným kanálem

Převodní charakteristiky



a) IG-FET se zabudovaným N-kanálem

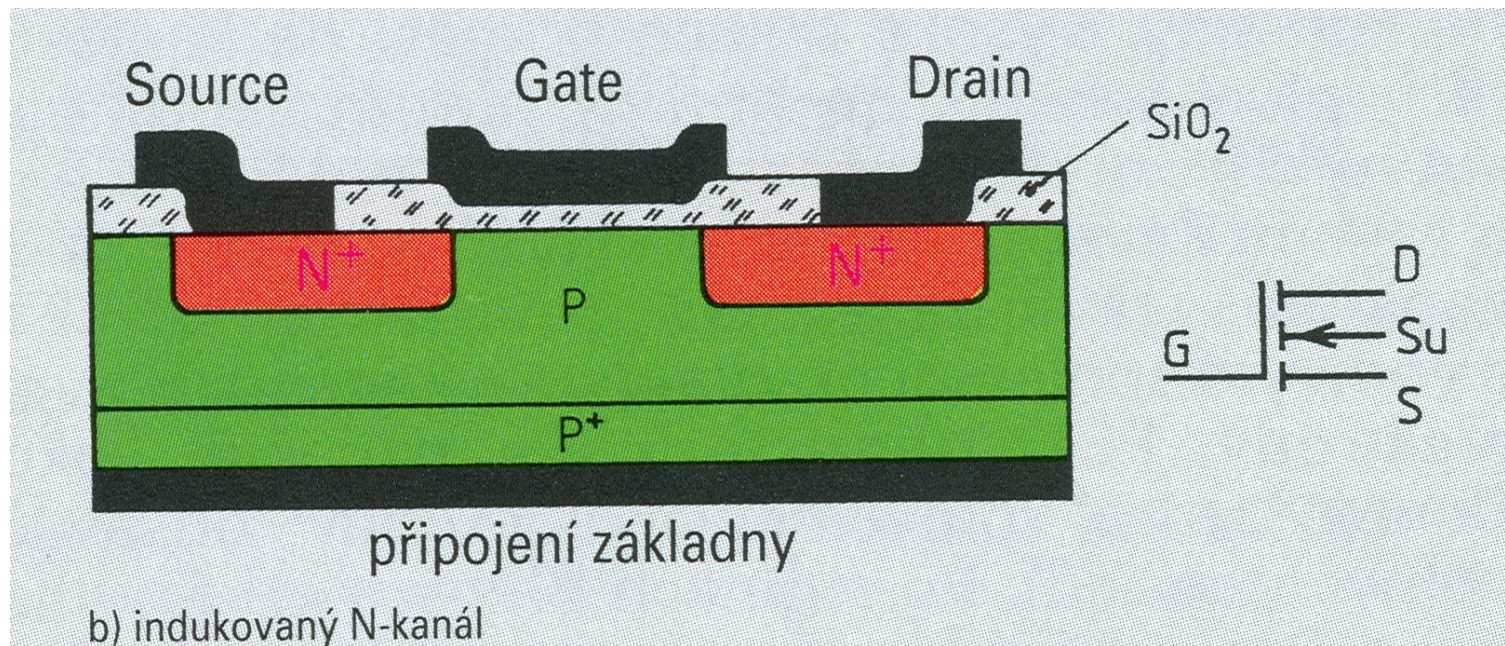
Výstupní charakteristiky



IGFET tranzistory

Druhy IGFET tranzistorů

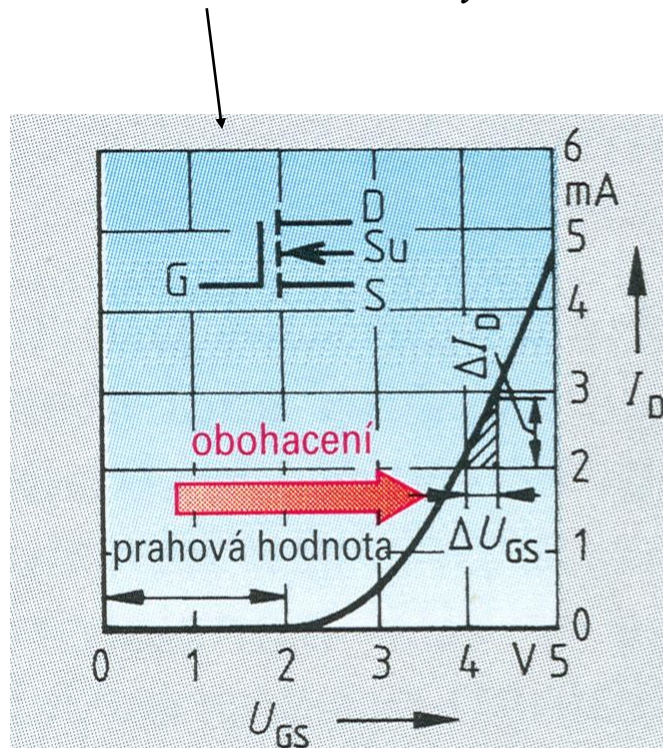
- IGFET s indukovaným kanálem = FET s obohaceným kanálem
kanál je nevodivý při $U_{GS}=0$ – vodivý kanál je nutno vytvořit
přiložením napětí mezi S a G



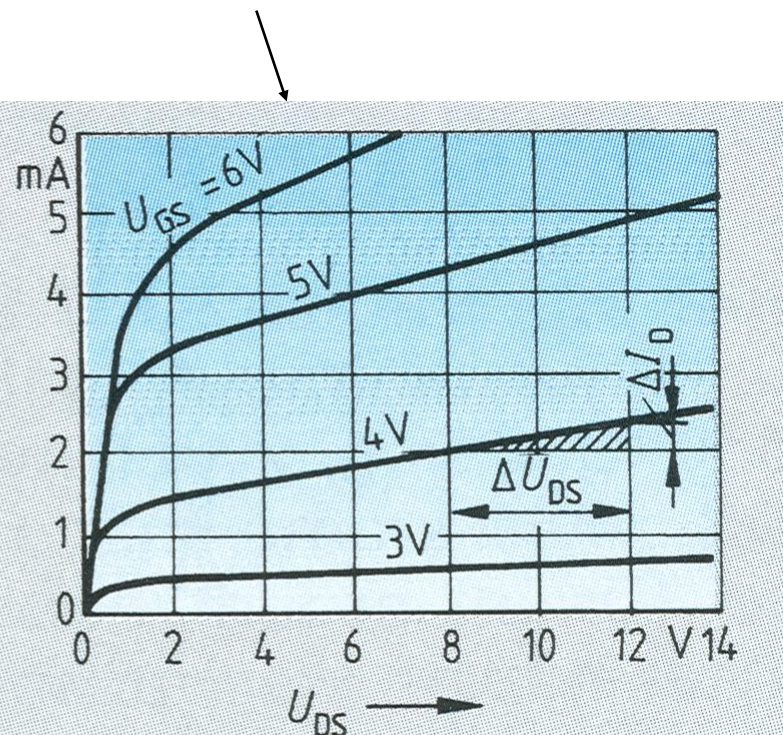
IGFET tranzistory

Charakteristiky IGFET tranzistorů s indukovaným kanálem

Převodní charakteristiky



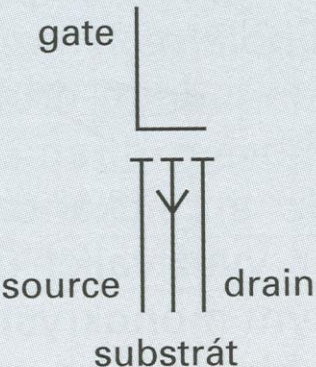
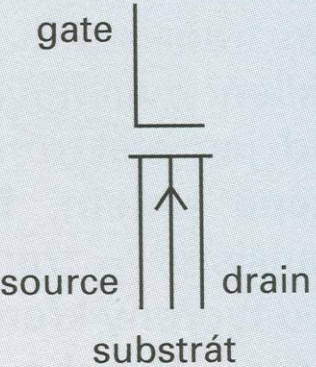
Výstupní charakteristiky



b) IG-FET s indukovaným N-kanálem

IGFET tranzistory

Schématické značky IGFET tranzistorů

hranice mezi gate a kanálem	FET s kanálem P	FET s kanálem N
izolační vrstva (IGFET, MOSFET)	 <p>IGFET s indukovaným kanálem P</p>	 <p>IGFET se zabudovaným kanálem N</p>

IGFET tranzistory

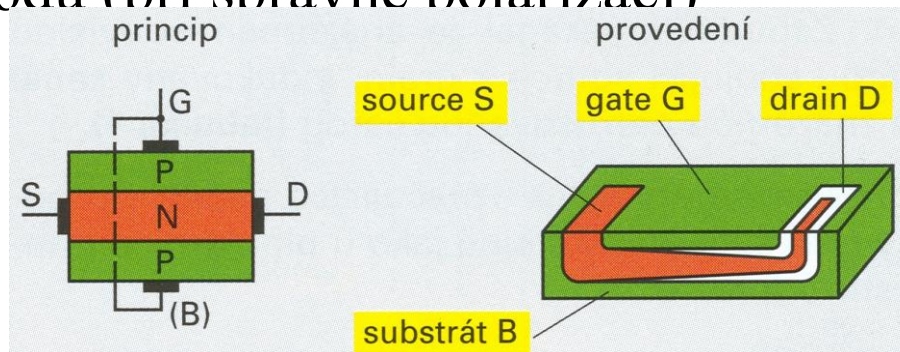
Pravidla při manipulaci s IGFET tranzistory

- protože elektroda Gate je galvanicky oddělena od kanálu, může se elektrostaticky nabíjet na vysoké napětí – dojde k **proražení izolace**
- při transportu a skladování je nutno spojit vývod Gate s ostatními vývody – tyto vodivé spoje lze odstranit až po zapájení tranzistoru
- při pájení těchto tranzistorů je třeba zajistit jejich ochranu pomocí speciálního pracoviště
- pro odstranění problémů se vyrábí IGFET s ochrannými přepět'ovými diodami - transily

JF-ET tranzistory

Princip činnosti

- název JF-ET (junction FET, z angl. spojení), často označované jako PNFET
- vodivý kanál může být P nebo N (častější je kanál N kvůli pohyblivosti elektronů)
- elektroda Gate je vytvořena z opačného polovodiče než je vodivý kanál (vznikne vždy přechod PN)
- mezi Gate a vodivým kanálem je izolace vytvořena závěrnou vrstvou PN přechodu (při správné nolarizaci)



JF-ET tranzistory

Princip činnosti

- účinný průřez kanálu je tím menší, čím vyšší je napětí Gate – Source
- toto předpětí mezi Gate – Source se nesmí přepólovat, jinak by se zrušila závěrná vrstva

