



Tranzistor s kvantovými tečkami pro jednofotonovou detekci



Základní princip

- Vzhledem ke struktuře vodivostního pásu se volné elektrony z dopované polovodičové struktury hromadí na kvantových tečkách (QDs)
- Takto vytvořený potenciál vytlačuje elektrony z přilehlé 2D kvantové jámy (vodivý kanál tranzistoru)
- Absorbicí záření dojde k excitaci elektron-děrového páru, díra je přitahována na kvantovou tečku, čímž se sníží potenciál v okolí QD, což vede ke zvýšení vodivosti kanálu tranzistoru

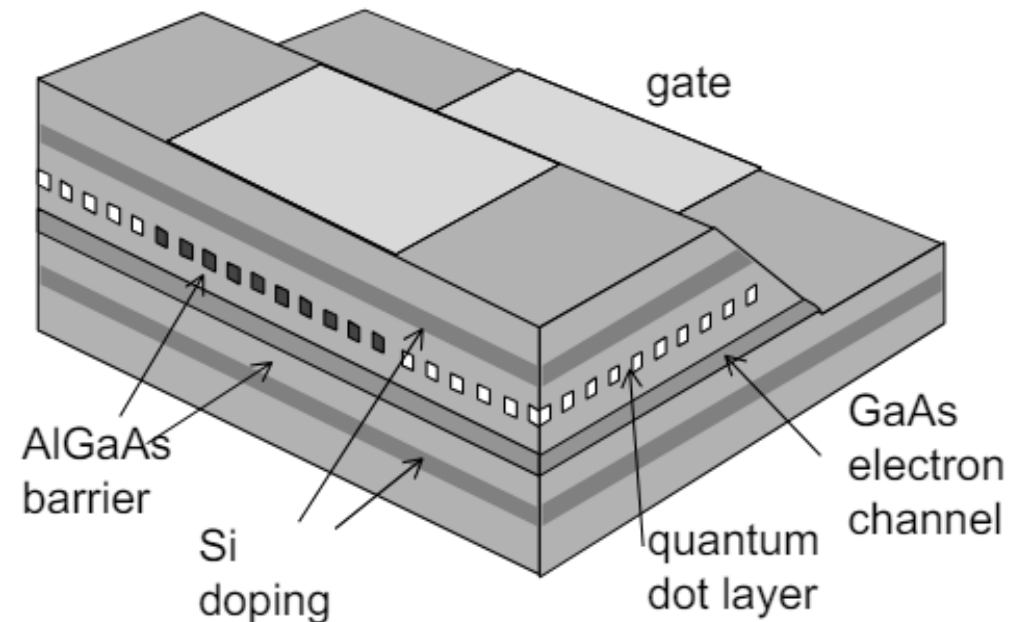


Fig. 1. Cross-sectional view of quantum dot FET structure with a small area Schottky gate.

Základní princip

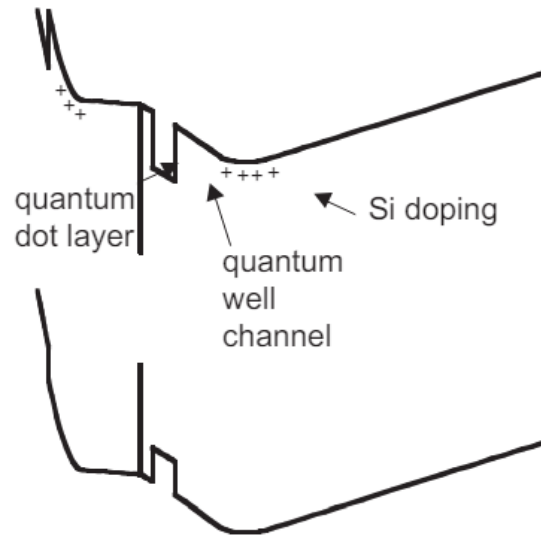


Fig. 2. Schematic of the conduction and valence band edge along the growth direction of the device.

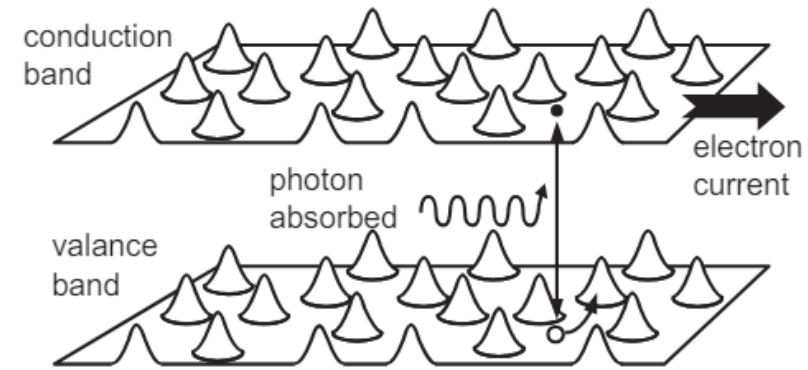


Fig. 3. Schematic in-plane variation of the conduction and valence band profiles in the 2DEG layer of the device. Local maxima form in the conduction band of the 2DEG layer, due to the negatively charged dots in an adjacent layer. The 2DEG current must flow around these maxima, leading to a relatively low conductance. An absorbed photon produces an electron-hole pair. The photo-excited hole is captured by a dot, thereby lowering its potential, allowing a larger 2DEG current to flow.

Výroba zařízení - substrát

- Základem je GaAs wafer
- Bariérové vrstvy jsou tvořeny $\text{Al}_{0.33}\text{Ga}_{0.67}\text{As}$, vrstvy dopované Si slouží jako zdroj přebytečných elektronů
- Vrstva kvantových teček vzniká samouspořádáním (Stranski-Krastanov) z InAs
- Všechny vrstvy jsou připraveny epitaxně

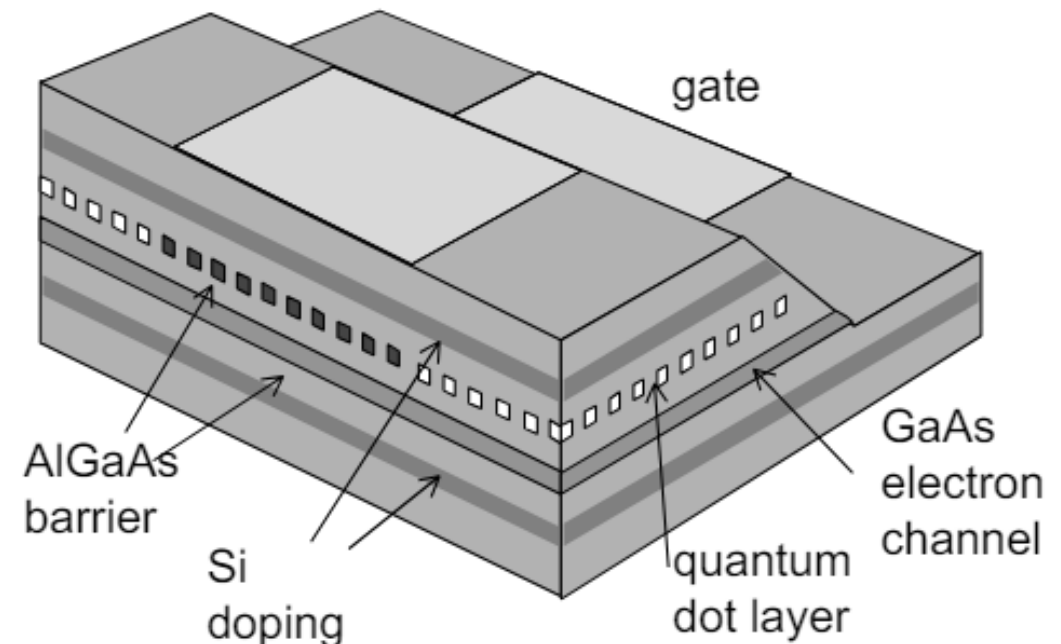


Fig. 1. Cross-sectional view of quantum dot FET structure with a small area Schottky gate.

Výroba zařízení - litografie

- Tranzistorové struktury byly z připraveného substrátu vyrobeny kombinací EBL a fotolitografie
- Nejprve byl vyleptán vyvýšený vodivý kanál, definovaný fotolitografií (šířka $2\ \mu\text{m}$)
- Poté byla nanесena poloprůsvitná gate elektroda, definovaná EBL (šířka $1\ \mu\text{m}$) a ohmické kontakty pro source a drain elektrody

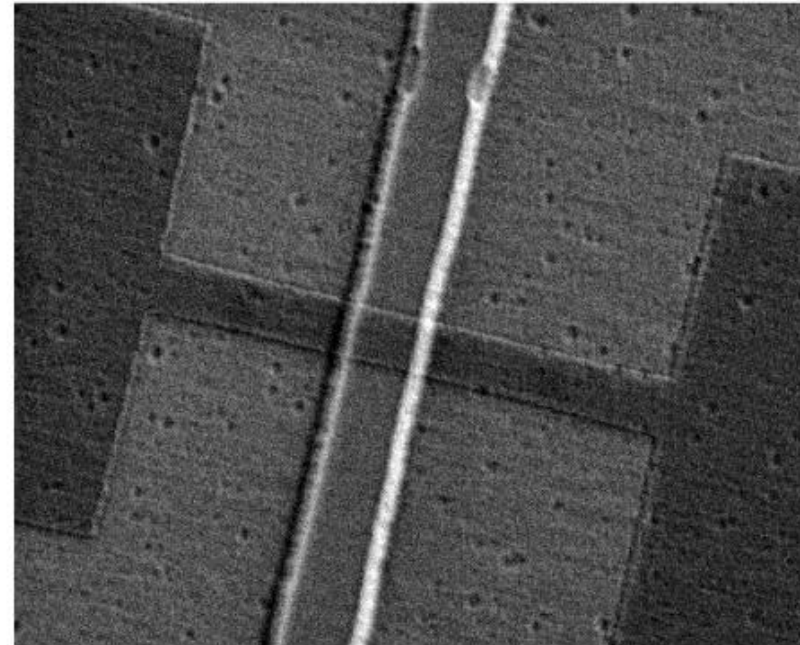


Fig. 4. SEM image of device with a nominally $2\ \mu\text{m}$ wide mesa (runn from top of picture to bottom) and a $1\ \mu\text{m}$ long gate.

Charakterizace zařízení – Změna závislosti vodivosti na gate napětí při osvětlení a resetu

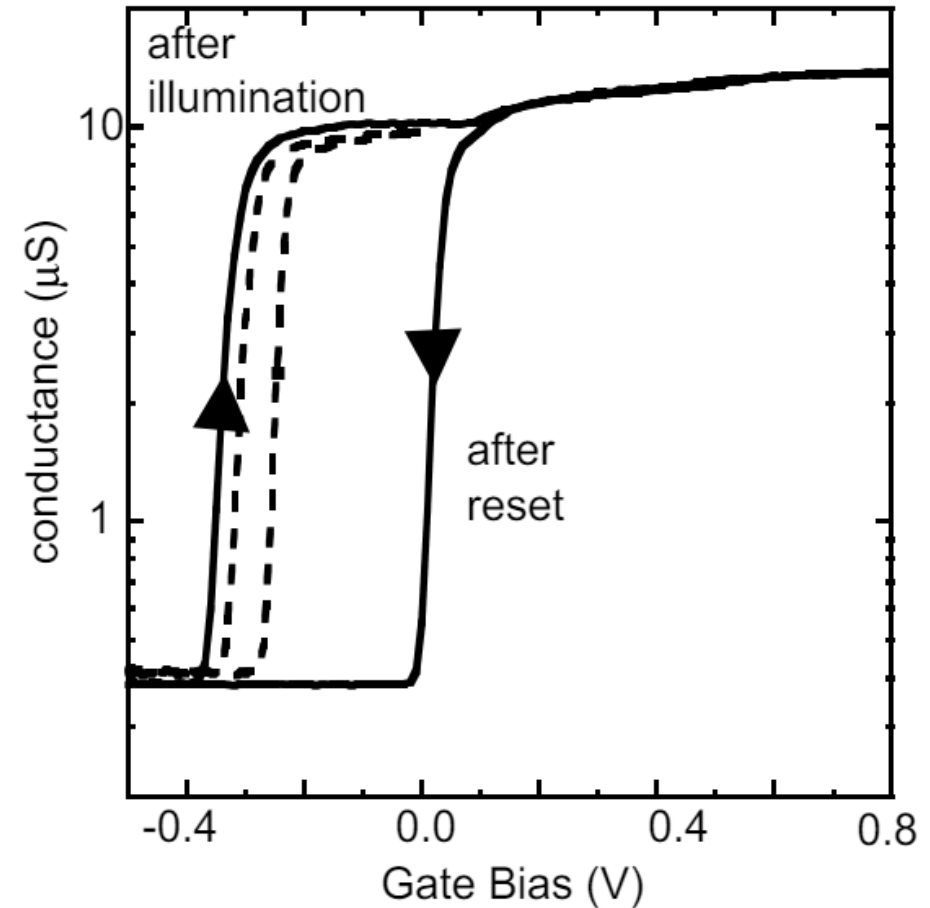


Fig. 9. Conductance (log scale) bistability of the $2 \times 1 \mu\text{m}$ gate device. The solid curve was generated by illumination of the device at -0.5 V , followed by sweeping the gate bias from -0.5 V to $+0.8 \text{ V}$ and back to -0.5 V . The dashed line was generated in a similar manner, but sweeping the gate bias to 0 V and back.

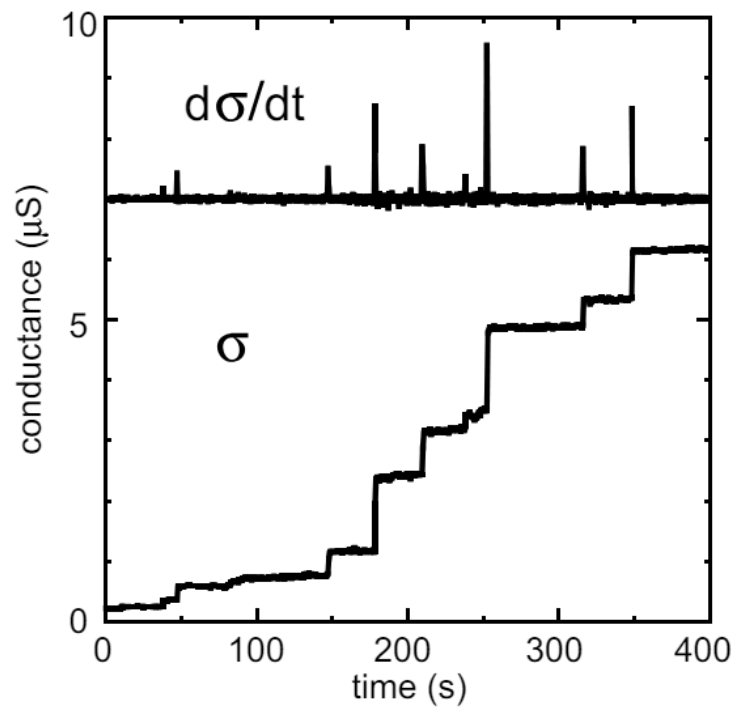


Fig. 10. Conductivity versus time of the small area device under weak LED illumination. The upper curve is the time-differential of the conductance.

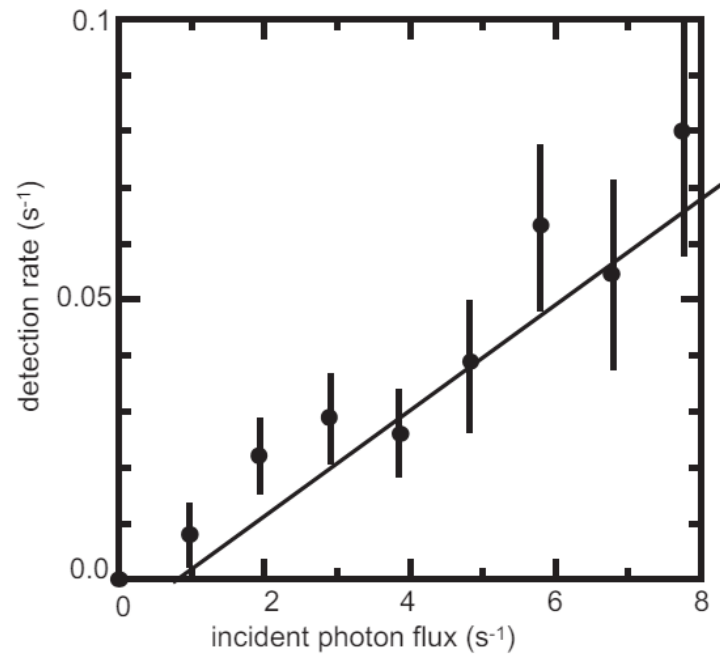


Fig. 11. Photon detection rate as a function of the LED current.

Charakterizace
zařízení –
detekce
slabého
optického
signálu

Vliv provozních parametrů na účinnost detekce

- Účinnost detekce je závislá na základní vodivosti kanálu
- Velká resetovací napětí na gate snižují vodivost kanálu do takové míry, že je třeba velké množství absorpcí pro způsobení měřitelné změny vodivosti
- Nízká provozní napětí na gate mají podobný efekt
- Důsledkem toho vzniká mrtvá doba při níž nejsou absorbované fotony detekovány
- Vliv na účinnost má také použití částečně odrazivé kovové vrstvy jako gate elektrody a také malá tloušťka absorpční vrstvy

Děkuji za pozornost