

## **Posudek diplomové práce**

Autorka diplomové práce: Bc. Hana Kaňková

Diplomová práce: „CHARAKTERIZACE VLIVU EPITAXNÍ Si DESKY NA PARAMETRY 1200 V FRD SOUČÁSTEK“ vypracovaná Hanou Kaňkovou se zabývá analýzou vlivu parametrů 2. epitaxní vrstvy (tloušťky a elektrického odporu) na statické elektrické parametry součástek na Si deskách pro vysoké napětí (1200 V) určených pro rychlé spínání (tzv. Fast Recovery Diode, FRD).

Cílem práce bylo ověřit, zda změna tloušťky a el. odporu na navržené hodnoty povede ke změnám statických parametrů součástek, případně zvýšení jejich výtěžnosti.

Byly připraveny 3 sady vzorků diod (označeny jako DP31, DG25, DP34) o 25 Si deskách. Každá sada představovala jiný konkrétní výrobek ze skupiny 1200 V FRD součástek. Na vytvořených diodách byly měřeny statické elektrické parametry a jejich teplotní závislost. Pomocí korelační analýzy byl analyzován vliv tloušťky a el. odporu na parametry součástek. Zhodnocení změny parametrů epitaxní vrstvy bylo provedeno pomocí výtěžnosti a indexu způsobilosti procesu  $C_{pk}$ .

V úvodní části autorka představuje nezbytné a velmi cenné teoretické i technologické informace k pochopení dalšího textu. Zabývala se vlastnostmi křemíku, výrobou čipů, epitaxními technologiím i diodám s rychlou obnovou (FRD).

Diplomová práce byla zaměřena na vliv parametrů 2. epitaxní vrstvy, konkrétně tloušťky (THK) a elektrického odporu (RES), na statické elektrické parametry a výtěžnost 1200 V FRD součástek. Pro účely analýzy byly připraveny 3 sady různých vzorků, které byly rozděleny do 6 skupin lišících se parametry 2. epitaxní vrstvy THK a RES. Cílem bylo ověřit, zda změna specifikace (konkrétní hodnoty THK a RES) ze skupiny CP (Centre point) na X (skupina označující rozdělení na 2. epitaxní vrstvě podle jejích parametrů, která odpovídá konkrétní specifikaci odlišné od CP povede k optimalizaci statických el. parametrů a ke zvýšení výtěžnosti FRD součástek.

Z výsledku měření statických el. parametrů vyplývá, že vysoká hodnota THK 2. epitaxní vrstvy je vhodná. U skupin s vysokými hodnotami THK (split LL a LH – malá hodnota tloušťky, nízký a vysoký el. odpor) Si desky vykazovaly podstatně větší výtěžnost (průměrná hodnota ~82,5 %, medián ~99,07 %). Vysoká hodnota THK však měla negativní vliv na parametr  $V_F$  (propustné napětí), jehož hodnoty se, zejména u sady DP34, pohybovaly na hranici dolního specifikačního limitu.

Z porovnání hodnot parametrů pro skupiny CP a X vyplývá, že THK skupiny X je vhodnější pro všechny měřené parametry. Hodnoty parametru  $V_R$  pro split CP (~1264,70 V) se pohybovaly příliš blízko limitu LSL (1220 V). Při zvýšení THK u SiD skupiny X došlo k nárůstu hodnot parametru  $V_R$  o ~1,2 % (průměrná hodnota ~1280,09V), což je žádoucí posun směrem k větší spolehlivosti součástky.

Teplotní charakterizace byla zaměřena na chování parametrů v měřených teplotách, zejména poté na porovnání hodnot pro split CP a X. Teplotní závislost všech měřených parametrů při teplotách 25 °C a 125 °C odpovídala teoretickým předpokladům – s rostoucí hodnotou teploty došlo k lineárnímu nárůstu hodnot  $V_R$  a  $I_R$ , zatímco hodnoty  $V_F$  v absolutní hodnotě klesaly.

Při obhajobě diplomové práce prosím, aby se autorka diplomové práce vyjádřil k následujícímu:

- 1) Vysvětlíte vznik a strukturu p-n přechodu u Si.
- 2) Vysvětlíte, jaké epitaxní defekty se mohou při výrobě FRD diod vyskytovat a jaké mohou mít důsledky pro funkcionalitu vyrobené diody.

Porovnáním výsledků práce s jejím zadáním lze konstatovat, že cíle této práce byly jednoznačně splněny. Práce je velice pečlivě napsána, v tradičním členění, se zanedbatelným počtem překlepů.

Autorka diplomové práce pracovala na tématu, které není jednoduché a přineslo řadu úskalí, které autorka zvládla. Autorka prokázala při řešení diplomové práce schopnost samostatné vědecké práce a iniciativu v získávání nových poznatků.

Je třeba vyzvednout fakt, že epitaxe je standardní součástí výrobního procesu čipů a diplomová práce má tak výrazný přínos a přesah pro aplikaci. Diplomová práce byla vytvořena za podpory společnosti onsemi, s.r.o. v Rožnově pod Radhoštěm.

Diplomovou práci a její zpracování hodnotím známkou „A“ (výborně).

12. 5. 2025

prof. Ing. Tomáš Wágner DrSc