



Elektronika na báze GaN-u:

# Keď sa rýchlosť snúbi s výkonom

napísal Ing. Milan Ťapajna, PhD.  
foto EIÚ SAV

**Viete, čo majú spoločné 'blue-ray', LED lampy, radary a vysoko-efektívne meniče? Okrem toho, že tieto zariadenia „sú na elektriku“, ich najdôležitejšou spoločnou črtou je technológia založená na gálium nitríde (GaN). Väčšine sa v spojení s GaN-om vynoria vysoko svietivé LED-ky, už menej sú však známe čisto elektronické aplikácie GaN-u v oblasti radarov, mobilnej komunikácie alebo vysoko efektívnych AC a DC meničov pre hybridné automobily či bežné adaptéry. Dôvodom je najmä to, že táto progresívna technológia pomaly ale nezadržateľne postupuje z výskumno-vývojových laboratórií do komerčnej sféry spotrebnej elektroniky.**

## MATERIÁL, NA KTORÝ PRÍRODA NEMYSLELA

GaN je polovodič so širokou energetickou medzerou (3,4 eV). Jeho výskum odštartoval začiatkom 90. rokov Japonec Shuji Nakamura, ktorý aj napriek nesúhlasu vedenia firmy Nichia, vyvinul modrú LED. Zaujímavosťou GaN-u je, že sa v prírode nevyskytuje a je ho potrebné syntetizovať, hoci syntéza objemového materiálu s vysokou kvalitou je veľmi náročná. Preto sa GaN častejšie pripravuje vo forme tenkých vrstiev (jednotky  $\mu\text{m}$ ) na cudzom substráte ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ , SiC, preferuje sa Si kvôli nižšej cene), najmä technikou chemickej depozície z pár organo-kovových zlúčenín (MOCVD). Na výrobu elektronických a opto-elektronických súčiastok si však nevystačíme iba s GaN-om. Na tento účel sa pripravujú tzv. heteroštruktúry tvorené ultra-tenkými (1 až desiatky nm) vrstvami nitrídov s pridaním Al alebo In umožňujúcich rast materiálov so širokým rozsahom parametrov.

## ROZHRANIE PLNÉ ELEKTRÓNŮV

Na vytvorenie tranzistora na báze GaN pre výkonové vysoko-frekvenčné aplikácie je v najjednoduchšom prípade potrebné narásť tenkú vrstvu (<25 nm) AlGaN-u na atomárne rovný povrch GaN-u. Vďaka silnej ionicite väzieb medzi atómami kovu a N sa na rozhraní AlGaN/GaN tvorí plošný polarizačný náboj, ktorý je kompenzovaný voľnými elektrónmi s rozložením blízkym plošnému, nazývaný aj 2-D elektrónový plyn. Jeho základnou črtou je vysoká pohyblivosť (a teda rýchlosť) a vysoká plošná husta elektrónov. Toto rozhranie plné elektrónov tvorí kanál tranzistora s vysokou pohyblivosťou nosičov (HEMT-u), ktorý bude rýchly a dokáže riadiť vysoké prúdy. Navyiac, široká energetická medzera GaN-u pridá vysoké prierné napätie a funkčnosť pri extrémnych teplotách.

## SUPER RÝCHLY A VÝKONNÝ

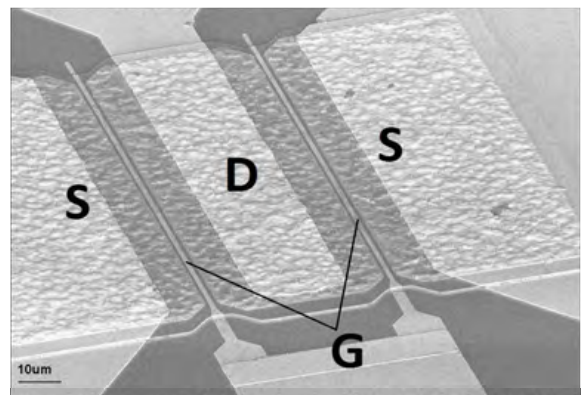
Na výrobu HEMT-u treba ešte na vybranú oblasť vytvárať ohmické kontakty tvoriace emitor (drain), kolektor (source) a hradlo na ovládanie prúdu kanálom (gate). Čím užšie hradlo, tým rýchlejší tranzistor. A výsledok? GaN technológia ponúka bezprecedentné výkony v GHz oblasti. V prípade radarov sú HEMT-y na báze GaN-u schopné riadiť až 5-krát vyšší výkon ako konvenčné technológie pri polovičnej cene. Fujitsu nedávno predstavila GaN HEMT pre mobilné aplikácie schopný riadiť výkon 150 W pri 2,1 GHz.

## 5% MÔŽE ZMENIŤ SVET

Rýchle spínanie vysokých prúdov predurčuje GaN tranzistory aj pre výkonové aplikácie ako sú AC/DC a DC/DC konvertory s vysokou účinnosťou. Konverzné straty v distribučnej sieti predstavujú približne 10% celkovej produkcie elektrickej energie. Vďaka nižším spínaním stratám HEMT-ov na báze GaN je možné zvýšiť účinnosť najmodernejších spínaných prvkov na báze Si z 93 na 98%. Takéto zdanlivo malé zvýšenie účinnosti spínaných prvkov môže viesť k úspore energie, ktorá vysoko prevyšuje aktuálnu produkciu energie z obnoviteľných zdrojov. Zatiaľ stále otvorenou otázkou je ale realizácia spoľahlivého obohacovacieho GaN HEMT-u (zatvorený tranzistor bez napätia na hradle).

## GaN NA EIÚ SAV

Problematika GaN tranzistorov je jedným z nosných výskumných programov na EIÚ SAV. Na základe originálnej myšlienky ústav inicioval projekt EÚ UltraGaN, ktorý viedol k realizácii HEMT-u na báze InAlN/GaN s 3-krát vyššou hustotou elektrónov v kanáli v porovnaní s AlGaIn/GaN systémom. S touto témou súvisel aj nasledujúci projekt EÚ MORGaN s cieľom zlepšenia tepelného manažmentu výkonových súčiastok. V súčasnosti sa ústav v rámci projektu EÚ HipoSwitch podieľa na výskume nových konceptov realizácie obohacovacieho HEMT-u pre DC/DC konvertory. Cieľom projektu je vývoj obohacovacích GaN HEMT-ov, ich transfer do výroby a implementácia výsledného systému do bazových staníc. Na riešenie týchto úloh hľadáme nových študentov v rámci bakalárskych, diplomových a doktorandských projektov prístupných na našom webe [eluv.sav.sk](http://eluv.sav.sk) alebo facebooku [facebook.com/elusav](https://www.facebook.com/elusav).



Vysoko-frekvenčný HEMT s oblasťami emitora (S) kolektora (D) a dvoch „prstov“ 400 nm širokého hradla (G) pripravený na EIÚ SAV.