

Mikroelektronika na Slovensku, technologické zariadenia.

EXPERIMENTÁLNE TECHNOLOGICKÉ ZARIADENIA PRE MIKROELEKTRONIKU VYVINUTÉ NA KATEDRE MIKROELEKTRONIKY STU ŠTEFAN BEDERKA

EXPERIMENTAL DEVICES FOR MICROELECTRONIC DEVELOPED IN THE DEPARTMENT OF MICROELECTRONICS OF THE SLOVAK UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

This contribution provides an overview of experimental devices for microelectronics, that were developed and manufactured at the Department of Microelectronics of the Slovak University of Technology. The first (II-1) implanter was partly made from a prototype of the NG-2 neutron generator, which had been developed at the Institute of Physics of the Slovak Academy of Sciences several years earlier. The second (II-330) implanter was intended for research and development of GaAs-based semiconductor devices. For this purpose, a device for the rapid isothermal processing of semiconductors has also been developed and manufactured. The last activity in this trend was the development of reactors for the growth of diamond layers. Some of the special components of ion implanter parts have been used in the design of devices supplied to external customers.

1. ÚVOD

V dobe začínajúceho záujmu o rozvoj mikroelektroniky u nás bol samozrejmosťou vývoj a stavba experimentálnych zariadení na riešenie výskumných úloh v laboratórnych podmienkach. Z pohľadu dnešnej doby sa môže zdať, že to bola práca zbytočná, že zariadenia sa mali nakúpiť a úsilie sa malo venovať predovšetkým teoretickému a experimentálnemu riešeniu úloh. Experimentálne zariadenia mali predsa tomuto úsiliu iba slúžiť a nie byť predmetom výskumu a vývoja. Do novembra 1989 bola však u nás iná doba. Vládlo plánované hospodárstvo, svet bol politicky i ekonomicky rozdelený. Bol nedostatok zmeniteľných finančných prostriedkov na nákup materiálov, prístrojov a technologických zariadení od firiem spoza Železnej opony. To však nebol jediný problém. Vyspelé západné štáty často uvalili embargo – zákaz vývozu vyspelej techniky do štátov komunistického bloku, ktorého súčasťou bolo aj Československo.

Žili sme však v tej dobe a museli sme sa jej pravidlám v mnohom prispôbiť. Naše snahy o vývoj experimentálnych zariadení boli vedením STU a Katedry mikroelektroniky nielen vyžadované ale, v rámci daných možností, aj podporované. Hlavnú zásluhu na tom mal predovšetkým profesor Rudolf Harman, zakladateľ a dlhoročný vedúci Katedry mikroelektroniky (KME) (1970-1990). V nasledujúcom sa budeme venovať iba tým technologickým zariadeniam, ktoré boli vyvinuté v Oddelení vákuovej techniky, ktoré viedol prof. Bláha a neskôr od r. 1977 doc. Viera Dúbravcová. Kolektív sa začiatkom sedemdesiatych rokov venoval technike tavenia kremeňa a stavbe elektróno-zväzkového zariadenia a jeho aplikáciám. Neskôr sa začal zaoberať myšlienkou na vývoj iónového implantátora pre mikroelektronické aplikácie.



Obr. 1 Prof. Rudolf HARMAN
(18.9. 1931 - 16. 10. 1999)

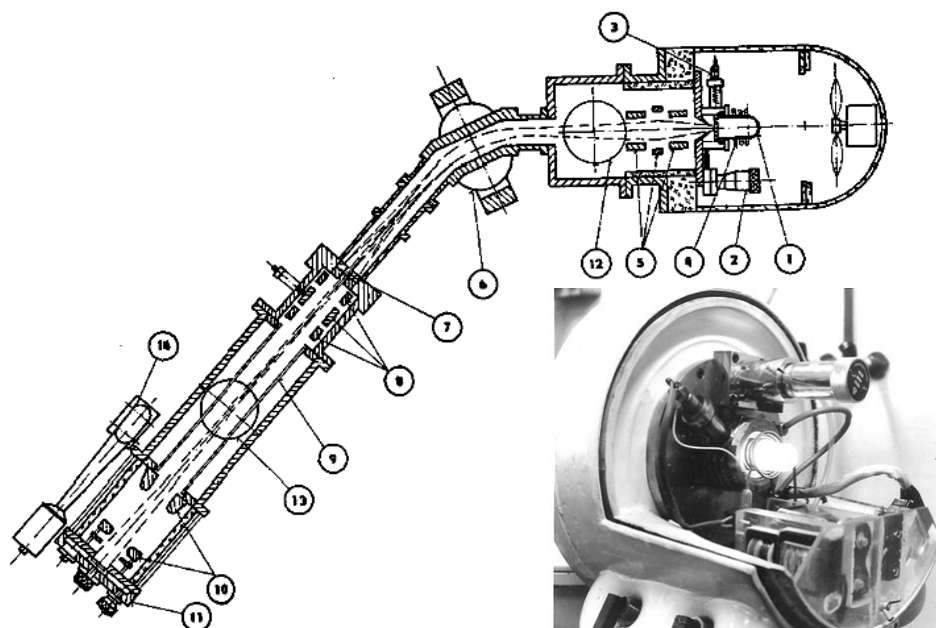
2. IÓNOVÝ IMPLANTÁTOR II-1

Iónové implantátory slúžia na priame dopovanie polovodičových substrátov iónmi prímiesnych atómov. Riadením druhu prímiesí, ich energie a plošnej hustoty možno s vysokou presnosťou a reprodukovateľnosťou vytvárať p-n priechody polovodičových prvkov. Táto

metóda sa s výhodou využíva vo výrobe integrovaných obvodov s vysokou hustotou integrácie. Atómy prímiesi sú ionizované v iónovom zdroji, elektrickým poľom extrahované a fokusované do zväzku. V hmotnostnom separátore sa zo zväzku iónov vyčlenia iba ióny požadovanej prímiesi. Tie sa ďalej urýchlia na požadovanú energiu, odstraňujú sa z nich neutrálne atómy a molekuly a zväzok sa pôsobením kombinácie priečných elektrických a prípadne aj magnetických polí vychyluje v oboch na seba kolmých smeroch tak, aby sa celý veľkoplošný substrát rovnomerne pokryl požadovanými prímiesami želanej koncentrácie a tieto prenikli do želanej hĺbky.

Rozvoj implantačnej techniky bol pomerne rýchly. Nadviazal na konštrukciu malých urýchľovačov nabitých častíc, vyvíjaných a široko používaných v jadrovej fyzike. Inak to nebolo ani v našom prípade. Už v 60. rokoch bol vo Fyzikálnom ústave SAV uvedený do činnosti prvý, malý urýchľovač deuterónov na produkciu rýchlych neutrónov, tzv. neutrónový generátor NG-1. Za ním nasledovali ďalšie, typu NG-2 [1]. Pre ich stavbu boli vyvinuté vf. iónové zdroje, vysokonapäťové zdroje jednosmerného napätia [2] a iónooptické systémy na fokusovanie, separáciu, centrovanie a rozmietanie iónových zväzkov [3].

Už v prvej polovici 70. rokov prof. Bláha s kolektívom pripravoval vývoj a stavbu iónového implantátora. Keď však v roku 1977 a neskôr prišli na KME štyria pracovníci z FÚ SAV (Štefan Bederka, Július Grňo, Jozef Kral a Stanislav Tomek) a priniesli so sebou okrem skúseností so stavbou a prevádzkou neutrónových generátorov aj vývojový typ NG-2, práca na vývoji iónového implantátora sa urýchlila a začiatkom roku 1978 bol iónový implantátor, pod označením II-1, uvedený do činnosti. Jeho konštrukčná schéma je na obr. 2. a pohľad na obr. 3.

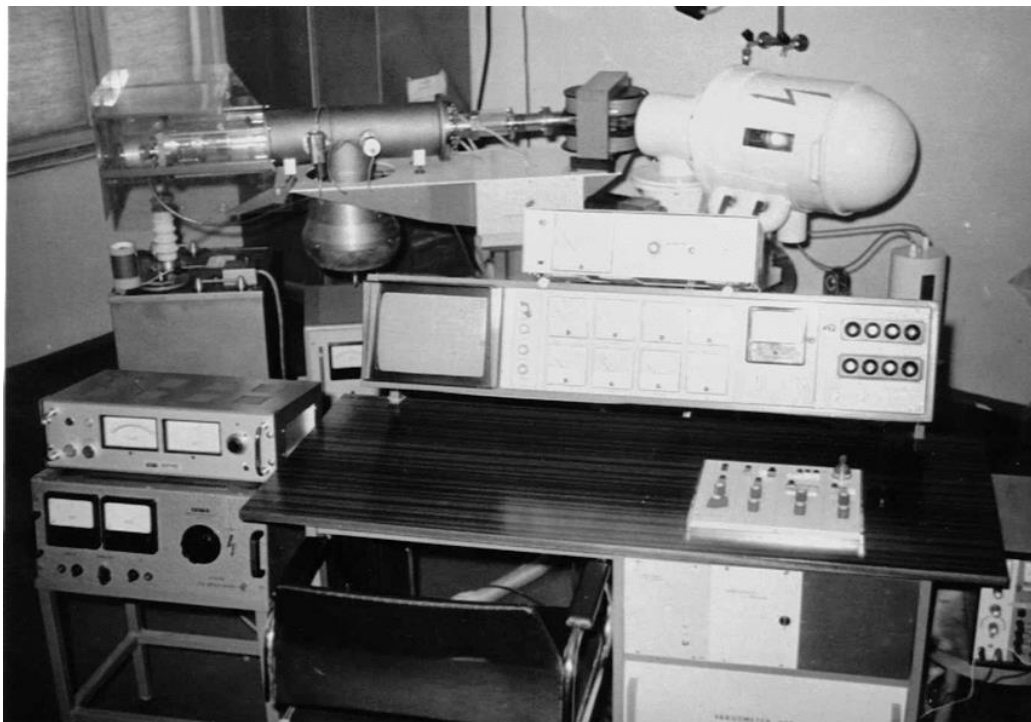


Ob. 2. Funkčná
Schéma II-1 a
Pohľad na
VF iónový zdroj

- 1–Výbojová komora i. z., 2–ihlový ventil, 3–odparovacia piecka anóda, 4–rezonančný obvod, 5–fokusačná šošovka, 6–magnetický hmotnostný separátor, 7–clona separátora, 8–výstupná šošovka separátora, 9–rozmietacia komora, 10–urýchľovacia trubica, 11–terčová komora, 12, 13 Vývevy, 14–izolačný transformátor

Vf iónový zdroj, vybavený pieckou na odparovanie tuhých materiálov, je uložený v izolačnej vani. Výboj v jeho kremennej výbojovej komore je budený vf. elektrickým poľom frekvencie 27,12 MHz z vf. generátora výkonu 250 W. Základné prevádzkové parametre tohto malého implantátora boli nasledovné: zväzok extrahovaných a fokusovaných iónov z iónového zdroja vstupoval do magnetického separátora s maximálnou energiou 30 keV. Separovaný zväzok iónov v rozsahu 1-35u bol rozmietajú v elektrostatickej x-y vychylujúcej komore a následne

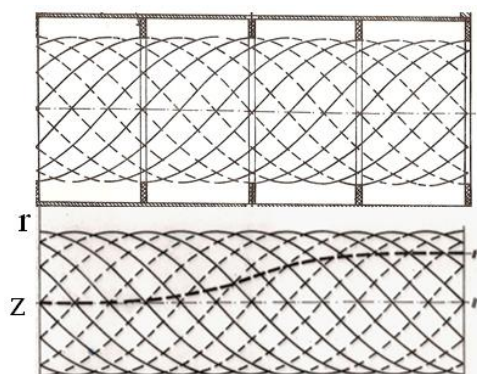
urýchlený elektrickým poľom na konečnú energiu max. 80 keV. Intenzita prúdu iónového zväzku, ktorý dopadal na substrát priemeru 35 mm, bola rádu desiatok μA . Podrobnejšie je konštrukcia iónového implantátora II-1 opísaná v [4].



Obr. 3 Celkový pohľad na Iónový Implantátor II-1 s jeho riadiacou jednotkou

Hoci parametre tohto implantátora boli limitované, pomocou neho sa urobilo viacero zaujímavých výskumných prác. Bol to najmä výskum vytvárania oxidových vrstiev na Si implantáciou O^+ iónov v dávke až $2,5 \times 10^{18} / \text{cm}^2$ a ich následným žihaním. V tej súvislosti sa študovali aj objemové zmeny povrchovej vrstvy kremíka a SiO_2 pri vysokých dávkach implantovaného kyslíka, spôsobené mechanizmom odprašovania [5] a vplyv implantovaného vodíka na koncentráciu poruchového náboja na rozhraní Si- SiO_2 MOS štruktúr.

Už v priebehu stavby II-1 bolo zrejmé, že jeho parametre nie sú pre aktuálne požiadavky mikroelektroniky dostatočné. Preto sa už hneď po jeho dokončení pripravoval projekt ďalšej verzie implantátora, ktorý by tieto požiadavky spĺňal.: Nový implantátor mal umožňovať implantovať širšie hmotnostné spektrum iónov na energiu 150 keV na veľkoplošný substrát priemeru 10 cm. Preto sa začalo s konštrukciou nového iónového zdroja, zdroja urýchľovacieho napätia a hmotnostného separátora. Už na implantátore II-1 sa overoval aj nový princíp konštrukcie x-y rozmietačieho elektrostatického systému na paralelný posun zväzku [6]. Je to konštrukcia mnohoelektrodovej elektrostatickej komory na výstupe ktorej sú dráhy všetkých iónov zväzku aj po rozmietnutí paralelné. To znamená, že implantované ióny dopadajú na substrát pod rovnakým uhlom. Je to dôležité najmä pre zamedzenie efektu kanálovania a dosahovania rovnakého koncentračného



Obr. 4. Schéma konštrukcie rozmietačej Komory implantátora II-1 a dráha iónu v jej elektrickom poli.

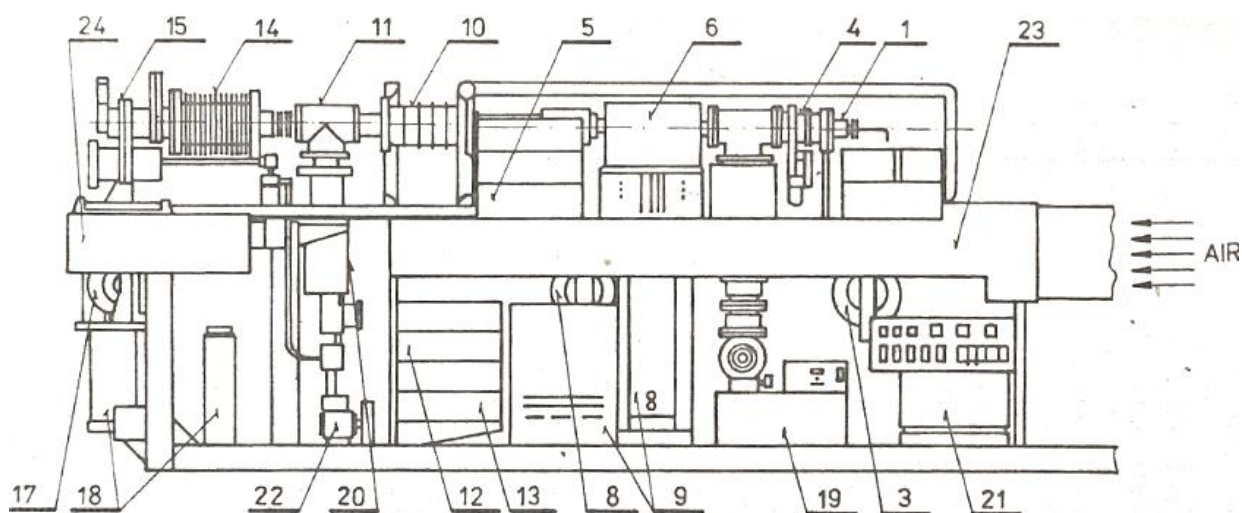
profilu dopantov na celej ploche veľkoplošných substrátov. Princíp konštrukcie tohto systému je uvedený na obr. 4 a podrobnejšie je opísaný v [3].

3. IÓNOVÝ IMPLANTÁTOR II-330

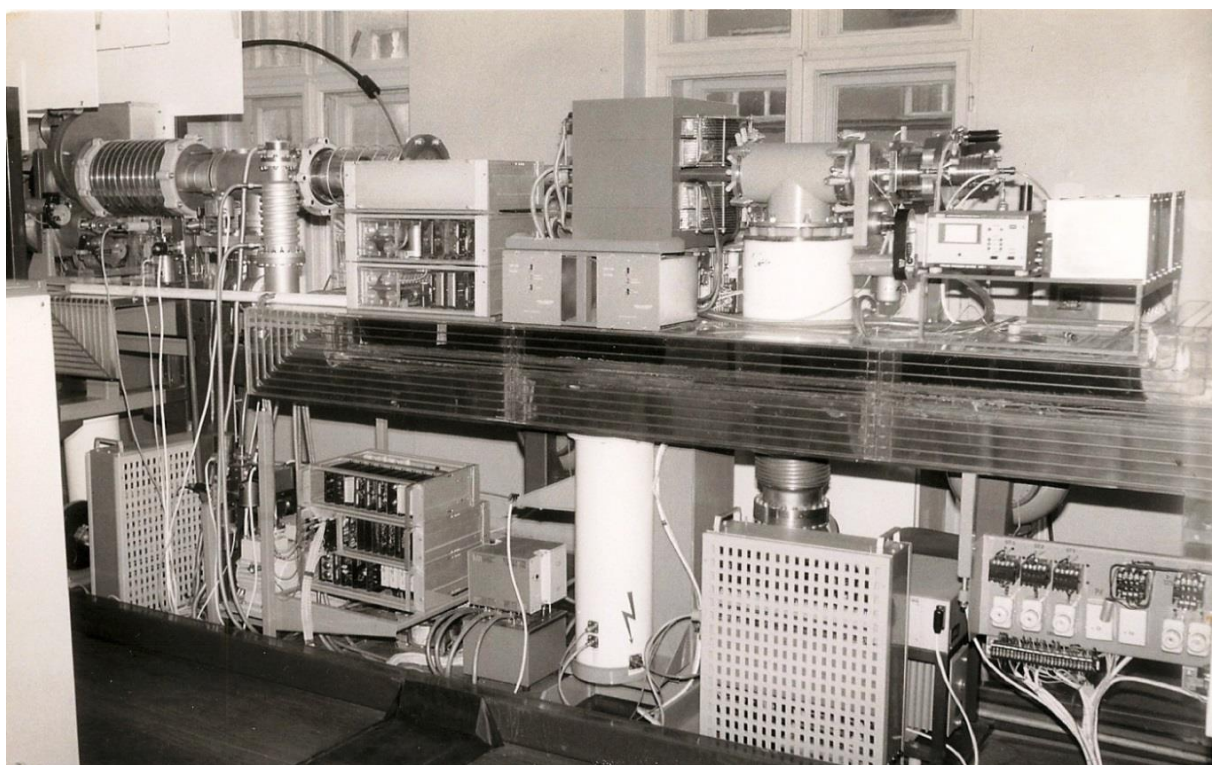
Začiatkom 80. rokov, po zriadení Ministerstva elektrotechnického priemyslu ČSSR bolo rozhodnuté, že vývoj nášho nového iónového implantátora bude zaradený do programu RVHP (Rady vzájomnej hospodárskej pomoci), ktorého cieľom bolo sústrediť úsilie socialistických štátov na zvýšenie úrovne vývoja a výroby mikroelektronických prvkov, integrovaných obvodov a k tomu potrebných technologických zariadení. Malo sa tým čeliť embargu vyspelých kapitalistických štátov exportovať ich vyspelú techniku do štátov tzv. východného bloku. Podľa nového zadania mal implantátor slúžiť predovšetkým na vývoj elektronických prvkov na báze A_3B_5 materiálov, najmä GaAs polovodičov, a mal byť postavený predovšetkým z prístrojov a súčiastok, dostupných v štátoch RVHP. Pôvodne rozpracovaná koncepcia konštrukcie nového implantátora sa musela zásadne zmeniť, čo spôsobilo nemalé problémy. Vznikol projekt implantátora II-330 (ďalej len implantátor), nazvaný podľa maximálnej projektovanej energie implantovaných iónov 330 keV. Boli stanovené aj jeho ďalšie nové parametre: rozsah hmotností implantovaných iónov do 120 u, maximálny priemer substrátov 10 cm (4"), prúd iónov rádu stoviek $\mu A \div 1 mA$ a podľa možnosti automatické riadenie procesu implantácie, kvôli predpokladanej polovýrobe IO na báze GaAs, a samozrejme čisté vákuum (bez olejových pár) v systéme implantátora.

Splnenie týchto požiadaviek, s ohľadom na požadovanú kompaktnosť zariadenia, vyžadovalo vývoj nasledovných funkčných častí tohto implantátora: iónový zdroj, VN zdroje jednosmerného napätia 150 kV/2mA, zdroje fokusačných napätí, hmotnostný separátor typu ExB s jeho napájacími zdrojmi, zdroj špirálového rozmietacieho systému, urýchľovacie trubice, terčová komora s automatizovanou výmenou substrátov, izolačný transformátor sieťového napätia 220V/220V s izolačnou pevnosťou medzi primárnym a sekundárnym vinutím 150 kV a preneseným výkonom 5kW. Ku všetkým týmto funkčným častiam bolo potrebné vyvinúť a postaviť napájacie zdroje a kontrolné elektronické obvody. Samostatnou kapitolou bolo riadenie tohto zložitého systému. Všetky jeho funkcie boli riadené manuálne a ich časť, dôležitá pre riadenie a kontrolu kľúčových parametrov procesu implantácie, bolo možné zveriť počítaču SM 50/50. Riadiace údaje boli v digitálnej forme prenášané k prístrojom na jednotlivých potenciálových úrovniach optickými vláknami a podobne aj informácie o činnosti prístrojov k riadiacej jednotke implantátora. Viaceré z týchto funkčných častí implantátora predstavovali svojou náročnosťou a rozsahom práce samostatné výskumné projekty. Na ich riešení spolupracovali s kolektívom pracovníkov Oddelenia vákuovej techniky KME aj Vývojové dielne SVŠT a študenti, ktorí sa na ich riešení podieľali formou diplomových prác a prázdninových brigád. Niektoré špeciálne, technologicky náročné práce boli objednávané u externých, špecializovaných inštitúcií. Najmä Ústav prístrojovej techniky ČSAV v Brne, neskôr DELONG Intr. s.r.o a NES Nová Dubnica s.r.o.

Schéma iónového implantátora II-330 s vyznačením jeho hlavných funkčných častí je uvedená na obr. 5. Na obr. 6 je celkový pohľad na vybavenie implantátora prístrojmi, na obr. 7 je pohľad do laboratória s implantátorom a na obr. 8 je pohľad na otvorenú časť jeho urýchľovača počas jeho uvádzania do činnosti. Požiadavke postaviť zariadenie na báze materiálov, súčiastok a prístrojov vyrábaných v štátoch RVHP nebolo možné splniť v celom rozsahu. Pre čerpanie vákuového systému bolo potrebné predsa len zakúpiť vývevy od západoeurópskych výrobcov. Vstupná časť zariadenia od iónového zdroja po štrbinu hmotnostného separátora bola čerpaná turbomolekulovou vývevou fy Balzers a oblasť terčovej komory kryogénnou vývevou fy Varian. Stavba implantátora bola ukončená koncom roku 1985. Jeho konštrukcia je opísaná v správe [7].



Obr. 5. **Schéma urýchľovača II-330.** Legenda: 23-Podstavec 1.a2. potenciálovej úrovne urýchľovača, 1-Iónový zdroj, 4-1. Šošovka, 6-ExB hmotnostný separátor, 5-Zdroje separátora, 10-1.urýchľovacia trubica, 11-Rozmietací systém, 14-2.Urýchľova-cia trubica, 15-Terčová komora, 24-Podstavec 3. Potenciálovej úrovne, 17, 8, 3-Izolačné transformátory, 18- VN zdroj -150 kV, 22-Rotačná výveva, 20-Kryogenná výveva, 12, 13-Generátor rozmietačieho systému a jednotky prenosu dát, 9-VN zdroj +150 kV, 19-Turbomolekulová výveva, 21-Čerpadlo chladenia vinutí hmotnostného separátora, AIR-chladenie klimatizátorom



Obr. 6. Fotografia zostavy urýchľovača II-330 s jeho prístrojovým vybavením.

Uvádzanie implantátora do činnosti bolo časovo náročné, predovšetkým pre jeho celkovú zložitosť a principiálne nové riešenia väčšiny jeho funkčných častí. Jeho odovzdanie do používania sa oneskorovalo. Úsilie pracovníkov bolo veľké a motivované aj záujmom nadriadených orgánov (obr. 9). Napriek tomu sa uvedenie implantátora do prevádzky s plánovanými parametrami neuskutočnilo. Implantátor bol síce v r. 1987 uvedený do pokusnej prevádzky, avšak s niektorými redukovanými parametrami. Bolo urobených iba niekoľko kontrolných implantácií, ktorých výsledky boli zverejnené. Dôvod bol prozaický:



Obr. 7 Zostava iónového implantátora s jeho riadiacim pultom a riadiacim počítačom, v úzadí.



Obr. 8 Práca v laboratóriu iónovej implantácie

V druhej polovici osemdesiatych rokov prichádzalo k postupnej zmene v politických vzťahoch medzi štátmi súperiacich politických systémov. Ešte počas práce na uvádzaní implantátora do činnosti bolo zrušené embargo na vývoz vyspelej techniky zo západných štátov do krajín RVHP. Od toho momentu začali priemyselné podniky a výskumné inštitúcie nakupovať vyspelú techniku, vrátane iónových implantátorov, od firiem západných štátov. Celý program RVHP, dosiahnuť kapitalistické štáty v mikroelektronike, sa v celom rozsahu zrútil. Ďalšie financovanie projektov tohto programu bolo zastavené. To postihlo aj projekt vývoja iónového implantátora II-330 na KME EF SVŠT. Väčšina pracovníkov zaoberajúcich sa implantátorom odišla alebo sa začali venovať riešeniu iných úloh. Implantátor slúžil nejakú dobu na pedagogické účely a ešte niekoľko rokov čakal v laboratóriu na možnosť jeho dokončenia a plného využitia. Tá možnosť však neprišla a implantátor v polovici deväťdesiatych rokov musel uvoľniť laboratórium pre stavbu nového, perspektívnejšieho experimentálneho zariadenia: reaktora na rast diamantových vrstiev.



Obr. 9 Generálny tajomník UV KSS Jozef Lenart za sprievodu rektora SVŠT prof. Blažejka na návšteve v laboratóriu II-330

4. ZARIADENIE NA RÝCHLE IZOTERMÁLNE ŽIHANIE POLOVODIČOV

Popri stavbe iónového implantátora pre účely implantácie prímiesí do GaAs bolo potrebné riešiť aj problém poimplantačnej rekryštalizácie kryštálovej mriežky povrchovej vrstvy GaAs, narušenej implantáciou, a zabezpečenie elektrickej aktivácie implantovaných prímiesí. Pri dlhodobom tepelnom spracovaní GaAs v konvenčných peciach, pri teplote okolo 600 °C, dochádza k degradácii povrchu substrátu následkom úniku As a tiež k vydifundovávaniu prímiesí. Ako vhodnou sa ukázala metóda rýchleho zahriatia substrátu na vysokú teplotu po dobu niekoľkých sekúnd, tzv. metóda rýchleho izotermálneho žihania (RIŽ)



Obr. 10. Experimentálna aparatura RIŽ

Najskôr bolo potrebné overiť túto metódu na malých vzorkách GaAs implantovanými donorovými prímiesami. Pre tieto experimenty bolo

postavené experimentálne zariadenie pozostávajúce z kremennej rúry obklopenej lineárnymi halogénovými žiaričmi. Vzorka mohla byť žihaná vo vákuu alebo aj v plynnom prostredí. Na obr. 10 je zobrazená táto aparátúra. Výsledky boli publikované vo viacerých zborníkoch a časopisoch.

Metóda RIŽ sa osvedčila a preto nasledovali práce na vývoji a stavbe zariadenia na žihanie veľkoplošných GaAs implantovaných substrátov. Postavené zariadenie bolo už pomerne dobre vybavené pracovisko (obr. 11). Okrem pokusných žihaní GaAs substrátov ho využívali aj pracovníci Tesly Piešťany pri vývoji výkonových MOSFET tranzistorov. Pretože sa zariadenie osvedčilo, prišla z Tesly objednávka na výrobu takéhoto zariadenia aj pre ich potreby. V spolupráci s Vývojovými dielňami SVŠT sme takéto zariadenie, s vyššou úrovňou automatizácie procesu žihania, postavili a začiatkom deväťdesiatych rokov aj dodali (obr. 12).

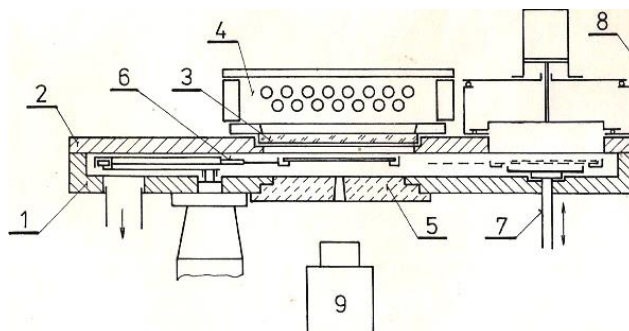


Obr. 11. Zariadenie na RIŽ GaAs substrátov premeru 100 mm.



Obr. 12. Zariadenie na RIŽ vyrobené pre n.p. Tesla Piešťany

Schéma pracovnej komory týchto zariadení je na Obr. 13. Jej hlavnou časťou je žiarič výkonu 22,5 kW, zostavený z 15 halogénových, lineárnych žiaroviek výkonu 1500 W. Žiarivá energia prechádza do komory, k substrátu na vozíku, cez okno z kremeného skla. Pod substrátom je chladené zrkadlo s pozlátenou odrazovou plochou. Konštrukcie týchto zariadení, ich vlastnosti a výsledky ich žihania boli zverejnené v správach o riešení úloh a tiež vo viacerých článkoch, napr. [8].



Obr. 13. Schéma komory zariadenia RIŽ
1-Vaňa, 2-Veko, 3-Priezor, 4-Žiarič, 5-Zrkadlo, 6-Vozík, 7-Elevátor, 8-Zavážacia Komora

Začiatkom deväťdesiatych rokov začal upadať mikroelektronický priemysel u nás a s ním aj výskum v oblasti mikroelektroniky a už vôbec potreba vyvíjať nejaké zariadenia pre jeho potreby. Implantátor II-1 ešte nejakú dobu slúžil pre pedagogické účely. Implantátor II-330 bol demontovaný, iba zariadenie na rýchle izotermálne žihanie polovodičov zostáva k dispozícii a sporadicky slúži svojmu účelu dodnes.

4. REAKTORY NA RAST DIAMANTOVÝCH VRSTIEV

Možnosť postaviť účelné experimentálne zariadenie v Oddelení vákuovej techniky sa naskytla v polovici deväťdesiatych rokov. Objavil sa nový materiál pre výkonné elektronické prvky a špeciálne technológie – diamant, vo forme diamantových polykryštalických vrstiev. Zásluhou Igora Bella, bývalého pracovníka KME, sa naskytla príležitosť oboznámiť sa s touto technológiou na Univerzite Západného Ontária v Kanade (1994) ešte na začiatku jej rozvoja. Bol to tiež začiatok vývoja laboratórnych zariadení pre túto metódu chemickej depozície pár (CVD) rastu polykryštalických diamantových vrstiev. Chopili sme sa tejto príležitosti a vybudovali sme zariadenie na rast týchto vrstiev. Najskôr to bol D-reaktor, pracujúci na báze metódy HF (Hot Filament) CVD a neskôr aj na báze metódy mikrovlnnej CVD. Vývojom a stavbou HF CVD reaktora, ktorý bol uvedený do činnosti na prelome roku 1998-99, sa začal na KME intenzívny výskum v tejto oblasti a trvá dodnes. S mikroelektronikou súvisí iba okrajovo, vývojom senzorov pre niektoré špeciálne použitia. Výnimočné mechanické, chemické, tepelné a elektrické vlastnosti diamantových vrstiev sú však stálou inšpiráciou pre ich praktické využitie. Na obr. 14 je laboratórium s reaktorom HF CVD z roku 1998 a na obr. 15 reaktor MW CVD z obdobia o 12 rokov neskôr. Podrobnejšie sú ich konštrukcie a vlastnosti opísané v zborníkoch zo škôl vákuovej techniky napr. [3], ktoré organizovala do roku 2019 pravidelne Slovenská



Obr. 13. Laboratórium s D1-reaktorom HF CVD a príslušenstvom



Obr. 14. D2-reaktor MW CVD na rast diamantových polykryštalických vrstiev

vákuová spoločnosť. Na témy diamantových vrstiev bolo vypracovaných desiatky diplomových a dizertačných prác a stovky odborných a vedeckých publikácií študentov, doktorandov a riešiteľov radu výskumných úloh z tejto oblasti. A to dokonca aj v Ústave fyziky ČSAV v Prahe, kam skupina našich skúsených pracovníkov, aj s danou problematikou začiatkom prvej dekády 21. storočia, odišla.

5. ZÁVER

Najnáročnejší z uvedenej série zariadení bol projekt iónového implantátora II-330. A to nielen finančne, ale aj rozsahom, odbornou a technologickou náročnosťou vývoja a výroby jeho funkčných častí. Aj keď z vyššie zmienených dôvodov nebol projekt celkom úspešný, za úspech možno považovať rad nových konštrukcií jeho častí. Na riešenie viacerých z nich boli udelené patenty alebo boli využité v stavbe iných užitočných prístrojov a zariadení. Spomeniem najmä:

- 1) Iónové zdroje (vysokofrekvenčný a IZ s dutou katódou)
- 2) Stavebnicový násobič napätia a s ním súvisiace zdroje vysokého napätia
- 3) Izolačný transformátor 220V/220V/150kV-5kW
- 4) Mnohoelektrodová x-y vychyľovacia komora a na jej princípe skonštruované:
 - a) hmotnostný separátor typu ExB
 - b) Špirálový systém x-y rozmietania zväzku iónov
 - c) Komora na paralelný posun zväzku

VN zdroje v niekoľkých napäťových modifikáciach boli v rámci VHC (vedľajšej hospodárskej činnosti KME) vyrobené a dodané do niekoľkých firiem v ČSSR pre ich účely. Napr. na skúšky VN odolnosti energetických zariadení, elektrostatické nanášanie brúsnych práškov alebo ako súčasť iných v priemysle vyvíjaných zariadení. Niektoré z uvedených riešení sme využili aj na konštrukciu zariadení pre zahraničné výskumné inštitúcie a to: VF iónový zdroj pre kanadskú firmu Tribeam Technology a malý urýchľovač protónov na energiu 180 keV tzv. GAMAQUELLE pre Ústav fyziky ťažkých iónov v nemeckom Darmstadte. Na toto riešenie boli dokonca udelené patenty v Nemecku, Francúzsku a USA. Nezanedbateľný je aj pedagogický význam budovania uvedených experimentálnych zariadení. Desiatky študentov sa podieľali na konštrukcii samotných prístrojov a zariadení alebo ich využívaní na riešení rôznych tém ich ročníkových, diplomových a dizertačných prác a svoje skúsenosti si odnášali do praxe.

LITERATÚRA

- [1] BEDERKA, Š.: Nejtronnyje generatory razrabotany v Institute fiziki SAN. Jaderná energie, 24, 1978, No 5, s. 147-179.
- [2] BEDERKA, Š.: Násobič napätia. AO č. 180 178, vydané 15. 8. 1979.
- [3] BEDERKA, Š. Od katódových lúčov po diamanty, zborník z 21. školy vákuovej techniky 2019, 1.-4. októbra 2019, Štrbské Pleso, s. 37-89.
http://svs.stuba.sk/svt21/doc/Zbornik_21SVT2019_08_final.pdf
- [4] BEDERKA, Š., BELLO, I., JANÍK, J., MRÁZ, J.: Ionový implantátor postavený na Katedre mikroelektroniky EF SVŠT. In: Zborník vedeckých prác EF SVŠT, Ed.: Formánek, B., Bratislava, ALFA, 1981, s. 217-221.
- [5] J. GRŇO, Š. BEDERKA, M. VESELÝ, P. MATES: Volume Changes Of Silicon Thin Surface Layers During High Dose Oxygen Implantation, Thin Solid Films, 111 (1984) 59-64
- [6] BEDERKA, Š., KOLENÍČ, F.: Elektrostatická komora na paralelný posun zväzku. AO č. 200 612, vydané 12. 5. 1980.
- [7] BEDERKA Š., BELLO I., ČAPLOVIČ I., DÚBRAVCOVÁ V., ĎURČANSKÝ J., GRELNETH I., GRŇO J., ILLICH V., JANÍK J., KOVAČIČOVÁ M., KRAL J., KRAŠČENÍČ R., KREMNIČAN V., MRÁZ J., RITOMSKÝ A., ŠILHAVÍKOVÁ L., TOMEK S., VALENTOVÁ O.: Záverečná správa z riešenia úlohy štátneho plánu III-6-1/05., APLIKÁCIA IÓNOVÝCH ZVÁZKOV V MIKROELEKTRONIKE A OPTOELEKTRONIKE. Bratislava, december 1985.
- [8] GRŇO, J., BEDERKA, Š., VESELÝ, M.: Pulse Radiation Annealing of Capless GaAs. phys. stat. sol. (a) 79, K 41, 1983, s. 41-44.

Štefan Bederka

Ústav elektroniky a fotoniky FEI STU v Bratislave
sbederka@orangemail.sk

Štefan Bederka (1937) vyštudoval na Elektrotechnickej fakulte Slovenskej vysokej školy technickej (EF SVŠT) Fyziku pevných látok (1962). Dizertačnú prácu v odbore Technická fyzika obhájil na Fakulte technické a jaderné fyziky ČVUT v Prahe (1968). Pôsobil v Oddelení jadrovej fyziky Fyzikálneho ústavu SAV v Bratislave a od roku 1977 na Katedre mikroelektroniky EF SVŠT. V deväťdesiatych rokoch absolvoval pracovné pobyty v GSI Darmstadt (Nemecko), na Univerzite Západného Ontária (UWO CD) v Kanade a na Čínskej univerzite v Hog Kongu. Venoval sa najmä vývoju a experimentálnemu využitiu malých rýchľovačov - neutrónových generátorov pre jadrovú fyziku, iónových implantátorov a reaktorov na rast diamantových vrstiev pre mikroelektroniku a vývoju sprievodných prístrojov a zariadení. Je autorom alebo spoluautorom 12 patentov.

OBRAZOVÁ PRÍLOHA



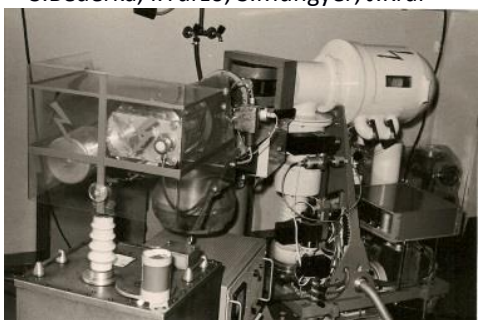
Neutrónový generátor NG-2: S. Tomek, Š. Bederka, I. Turzo, Š. Mungyer, J. Kral



F Kolenič s násob. VN 150 kV pre NG-2



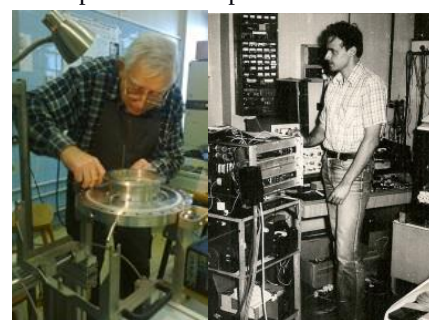
Jaroslav Mráz a Vierka Dúbravcová pri riadiacom pulte II-1



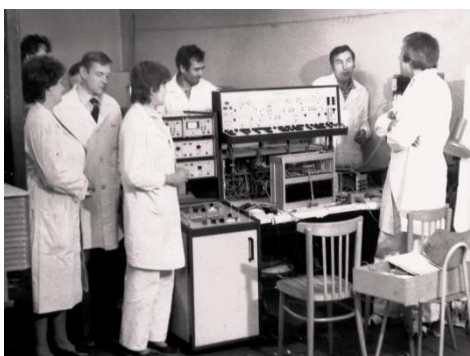
Iónový implantátor II-1_Urýchľovač



VN zdroj NG-2, 150 kV/1 mA



Jozef Kral Univ. mechanik Vlado Kremničan Univ. elektronik



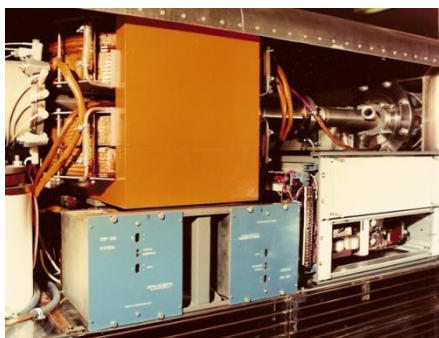
Pracovná porada: M. Kovačičová, J. Janík, V. Dúbravcová, J. Ďurčanský, J. Kral, Š. Bederka.



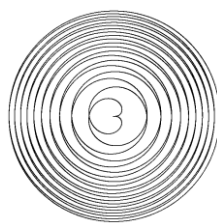
Izolačný transformátor Inštalovaný v II-330



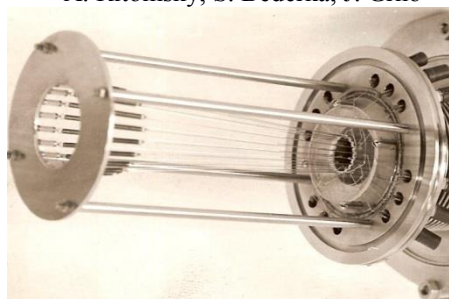
U riadiaceho pultu II-330 – J. Janík, Prof. Harman, V. Dúbravcová, J. Kral, V. Rak, R. Kraščenich, V. Kremničan, A. Ritomský, Š. Bederka, J. Grňo



Hotnostný separátor ExB V implantátore II-330



Špirálový rozmetací systém implantátora II-330

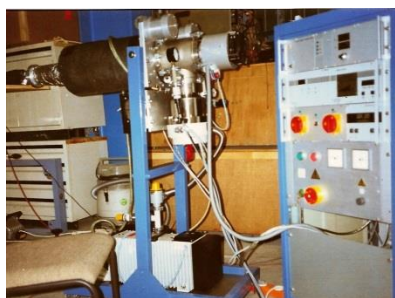


Usporiadanie elektród x-y rozmetacieho systému

Dráha stopy zväzku iónov na terči II-330



Pracovníci vývojových dílní
Montují rám II-330



Gamaquelle, urychlovač
protónov v GSI Darmstadt



Montáž Gamaquelle
L.Dostál+J.Kral



Exportný vf. iónový zdroj

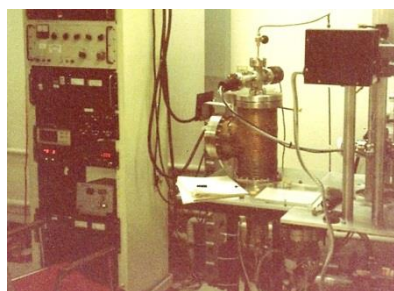


iónový zdroj nainštalovaný
na stende Čínskej univ. v HK

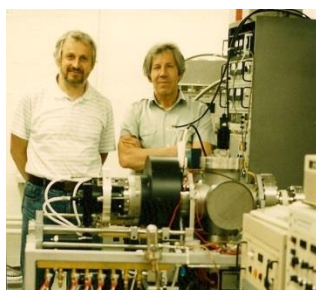


Zdroj VN 120
kV pre SEZ

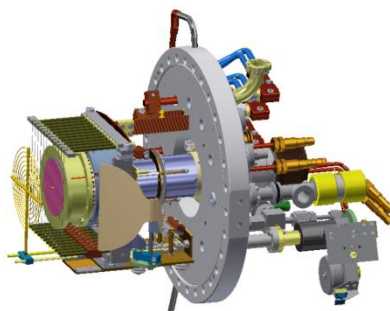
Násobič VN
II-330-150 kV



HF-Reaktor na. UWO CD (1994)
inšpirácia D-programu KME



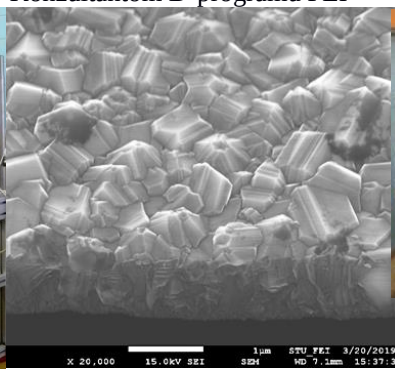
S Igorom Belom v UWO CD,
Konzultantom D-programu FEI



HF system D-reaktora na nosnej
prírube



M. Behul a J. Kral pri práci
S MW reaktorom



Lom diamantovej vrstvy na Si
substráte



Súčasní pokračovatelia vo
výskume aplikácii D-vrstiev
(2020)

Pavol Michniak, Marian Marton
Marian Vojs, Miroslav Behul