

# تأثیر خواص مواد نیمرسانا و ساختار مسفت بر مشخصه‌های انتقال الکترون در افزاره (شبیه‌سازی مونت کارلو)

کامیار ثقفی<sup>۱</sup>، محمد کاظم مروج فرشی<sup>۲\*</sup>، وحید احمدی<sup>۳</sup>

۱- استادیار دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه شاهد

۲- استاد بخش مهندسی برق، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس

۳- دانشیار بخش مهندسی برق، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس

\* تهران، صندوق پستی ۱۴۳-۱۴۱۱۵

farshi\_k@modares.ac.ir

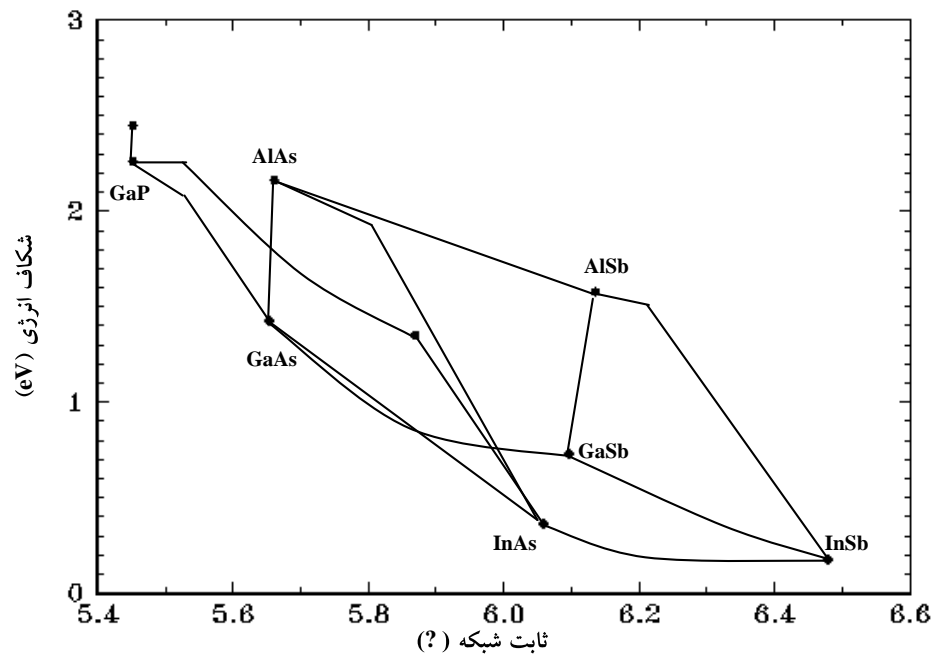
**چکیده-** در این مقاله به بررسی نقش خواص ذاتی مواد نیمرسانای مرکب، از جمله اختلاف انرژی بین دره‌های L و  $\Gamma$  در ماده، جرم مؤثر حامل و همچنین فرایندهای پراکندگی بر مشخصه‌های انتقال الکترون در کانال مسفت می‌پردازیم. به‌علاوه، تأثیر ساختار مسفت بر مشخصه‌های انتقال الکترون را در افزاره مطالعه می‌کنیم. برای بررسی این موضوع ساختار مسفت InGaAs تعبیه‌شده بر روی بستر نیم‌عایق InP و ساختار مسفت InP را با روش مونت کارلو شبیه‌سازی کرده و نتایج حاصل را با نتایج به‌دست آمده از شبیه‌سازی ساختار مسفت GaAs مقایسه می‌کنیم. از بین این سه ترانزیستور، مسفت InGaAs بهترین مشخصه سرعت را از خود نشان می‌دهد. با هدف بهبود بیشتر مشخصه سرعت در ترانزیستور اخیر علاوه بر اضافه کردن لایه درین کم‌غلظت (LDD) در کنار درین، برای اولین بار سورس را با InP جایگزین می‌کنیم. این ساختار، بزرگترین مقدار متوسط سرعت الکترون را در سراسر کانال در مقایسه با سایر مسفت‌ها نتیجه می‌دهد.

**کلید واژگان:** ایندیوم فسفاید، ایندیوم گالیم آرسناید، شبیه‌سازی مونت‌کارلو، گالیم آرسناید، مسفت، نیمرسانای مرکب.

## ۱- مقدمه

دیگر که از یک طرف از دید مشخصه‌های انتقال مشابه GaAs باشد و از طرف دیگر اختلاف بین دره‌های L و  $\Gamma$  در آن بیش از GaAs باشد، می‌تواند بر محدودیت بیان‌شده در GaAs فایق شود. برای این منظور، رفتار مسفت از جنس ایندیوم گالیم آرسناید (InGaAs) بر روی بستر نیم‌عایق ایندیوم فسفاید (InP) مطالعه می‌شود [۳-۷]. یکی از شرایط مهم رشد ماده‌ای بر روی ماده دیگر در ادوات نیمرسانا، تطابق ثابت شبکه دو ماده است.

در بررسی مسفت (MESFET) معمولی از جنس گالیم آرسناید (GaAs) در مجاورت درین در کانال، جایی که میدان الکتریکی قوی است، دو عامل وجود حاملها در دره L و پدیده پراکندگی معکوس، سرعت الکترون‌ها را به‌سرعت کاهش می‌دهند [۱، ۲]. بدین ترتیب، افزایش ولتاژ درین تا جایی که انرژی حاملها به سطح لازم برای ورود به دره L برسد، در مجموع می‌تواند سرعت حاملها را افزایش دهد. بدیهی است عامل این محدودیت، اختلاف انرژی بین دره‌های L و  $\Gamma$  است. بنابراین انتخاب ماده‌ای



شکل ۱ نمودار تغییرات شکاف انرژی برحسب ثابت شبکه [۸].

ماده فقط به ازای درصد مولی  $\alpha = 0.53$  با InP یکسان می‌شود. لذا برای پرهیز از ایجاد نقص شبکه کریستالی، مسفت  $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$  بر روی بستر InP ساخته می‌شود. بدین ترتیب، بین دره‌های L و  $\Gamma$  این ماده، حدود  $0.69 \text{ eV}$  تفاوت انرژی وجود خواهد داشت. از امتیازهای دیگر InGaAs نسبت به GaAs کوچکتر بودن جرم مؤثر آن در دره‌های L و  $\Gamma$  است بنابراین در محدوده وسیعی از میدان الکتریکی، سرعت الکترون در InGaAs بیشتر از GaAs خواهد بود. از سوی دیگر GaAs نیز برتری‌هایی نسبت به InGaAs دارد. با توجه به اینکه شکاف انرژی در InGaAs کوچکتر از GaAs است لذا دمای کار ادوات ساخته شده با InGaAs نسبت به GaAs پایین‌تر است. از طرفی کوچک بودن ارتفاع سد شاتکی در مسفت‌های InGaAs باعث افزایش جریان نشتی گیت می‌شود که کارکرد آن را محدود می‌سازد. برای رفع این نقیصه، ماده‌ای با شکاف انرژی بزرگتر مانند GaAs یا ایندیوم آلومینیم آرسناید (InAlAs) را میان InGaAs و

برابر نبودن ثابت شبکه دو ماده باعث ایجاد نقص در شبکه کریستالی در محل فصل مشترک شده و رفتار ابزار را بشدت تحت تأثیر قرار می‌دهد. شکل ۱ نمودار فاز (تغییرات شکاف انرژی برحسب ثابت شبکه) را برای مواد نیمرسانای مرکب مختلف نشان می‌دهد [۸].

همانگونه که در شکل مشاهده می‌شود، برای آلومینیم گالیم آرسناید ( $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ) که از حرکت بر روی خط پیوند دهنده GaAs به آلومینیم آرسناید (AlAs) حاصل می‌شود، با تغییر درصد مولی Al از صفر تا یک، تغییر حاصل در ثابت شبکه فقط  $0.2\%$  خواهد بود. حال آنکه تغییر در شکاف انرژی حدود  $0.739 \text{ eV}$  است. این ویژگی یکی از امتیازهای مهم  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  است. انتخاب InGaAs به عنوان کانال و نواحی سورس و درین در مسفت ناشی از تفاوت انرژی بین دره‌های L و  $\Gamma$  در این ماده است. این تفاوت برحسب درصد مولی In  $\alpha$  در ترکیب برابر  $0.829x + 0.251$  است [۹].  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  بر روی خط GaAs به InAs قرار دارد. ثابت شبکه این

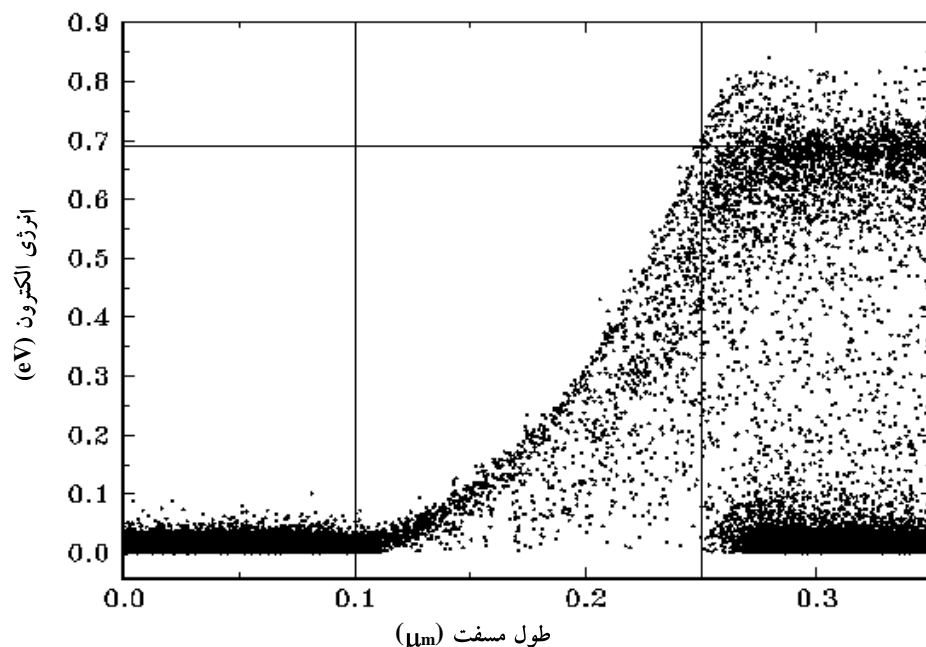
اعمالی هیچ‌یک از حامل‌های کانال به دره L وارد نشده و تمام آنها در دره  $\Gamma$  قرار دارند. اثر پراکندگی معکوس نیز در مجاورت درین دیده نمی‌شود. در شکل ۳، به ازای شرایط فوق، بین متوسط سرعت در مسافت GaAs و مسافت InGaAs مقایسه‌ای انجام شده است. ملاحظه می‌شود که به دلیل عدم وجود پراکندگی معکوس و در نتیجه خالی بودن دره L از حاملها در مسافت InGaAs، متوسط سرعت در نقاط نزدیکتری به درین شروع به کاهش می‌کند. عدم تفاوت چشمگیر میان اوج متوسط سرعت در دو مسافت GaAs و InGaAs و همچنین افت متوسط سرعت در مجاورت درین در کانال، به توضیح بیشتری نیاز دارد. در شکل ۴ توزیع سرعت الکترون برای شرایط فوق در مسافت InGaAs ترسیم شده است.

اولین نکته‌ای که در این شکل جلب توجه می‌کند حرکت شبه بالستیکی حاملها در نوار فوقانی توزیع سرعت است.

اتصال گیت قرار می‌دهند تا سد شاتکی را به اندازه لازم افزایش دهد [۸].

## ۲- مسافت $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$

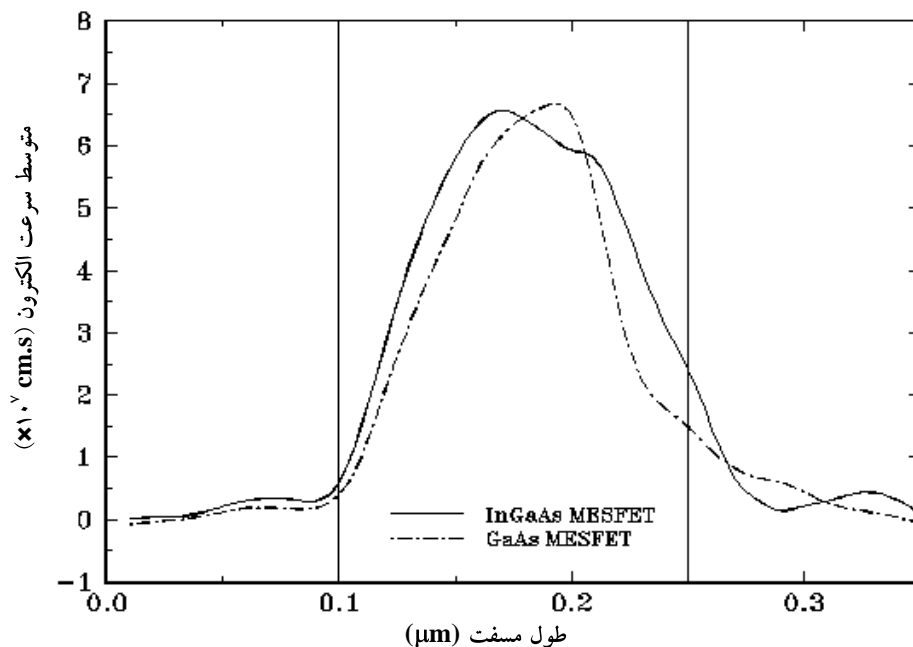
در این قسمت مشخصه‌های انتقال در ترانزیستور مسافت  $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$  روی  $\text{InP}$  بررسی و با مسافت معمولی از جنس GaAs مقایسه می‌شود. ساختار و مدل شبیه سازی شده برای هر دو ترانزیستور مشابه مرجع [۱-۲] است. طول نواحی  $n^+$  سورس و درین برابر  $0.1\mu\text{m}$ ، نواحی اتصال سورس و درین  $0.05\mu\text{m}$  و ناحیه فعال برابر  $0.15\mu\text{m}$  انتخاب شده است. غلظت نواحی  $n^+$  برابر  $5 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$  در نظر گرفته شده است. عمق کانال برابر  $0.1\mu\text{m}$  است. ابتدا شبیه‌سازی به ازای  $V_{DS} = 0.18\text{V}$  و  $V_{GS} = -0.2\text{V}$  در دمای  $77^\circ\text{K}$  انجام شده است. شکل ۲ توزیع انرژی الکترون را در این ترانزیستور نشان می‌دهد. همانگونه که اشاره شد، به ازای  $x = 0.53$  برای درصد مولی In، تفاوت انرژی بین دره‌های L و  $\Gamma$  حدود  $0.69\text{eV}$  است. ملاحظه می‌شود که به ازای ولتاژهای



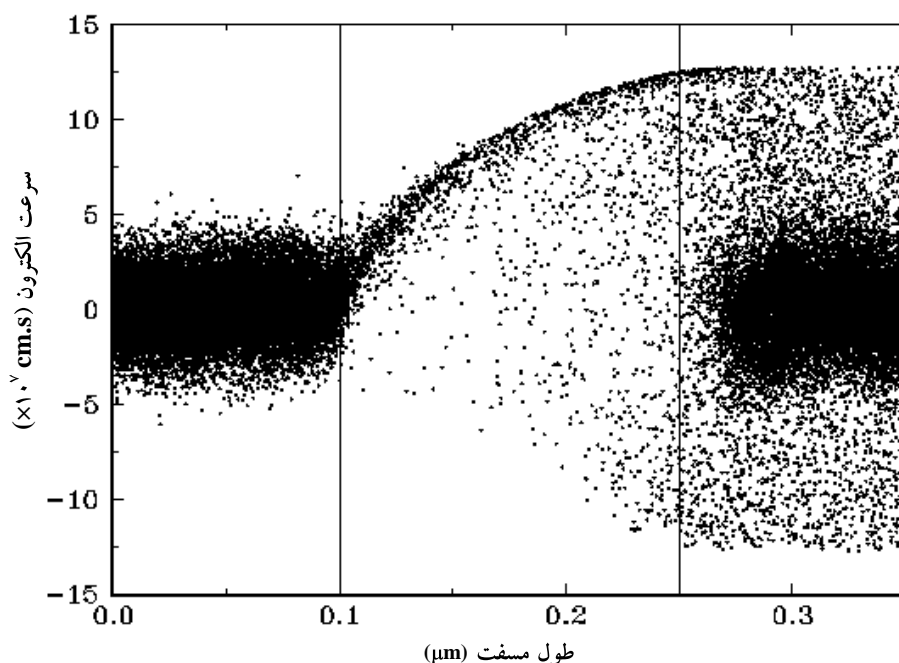
شکل ۲ توزیع انرژی الکترون در مسافت  $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$  به ازای  $V_{DS}=0.18\text{V}$ ،  $V_{GS}=-0.2\text{V}$  و  $T=77^\circ\text{K}$

تعدادی از حاملهای پارانرژی در خلاف جهت میدان الکتریکی حرکت کرده و باعث کاهش متوسط سرعت در مجاورت درین می شوند.

از سوی دیگر ملاحظه می شود که اگرچه با نزدیک شدن به درین، سرعت حاملهای مجموعه زیاد می شود، اما بر اثر فرایندهای پراکندگی در نیمه راست کانال، در مجموع از حرکت بالستیکی انحراف خواهیم داشت. در این ناحیه،



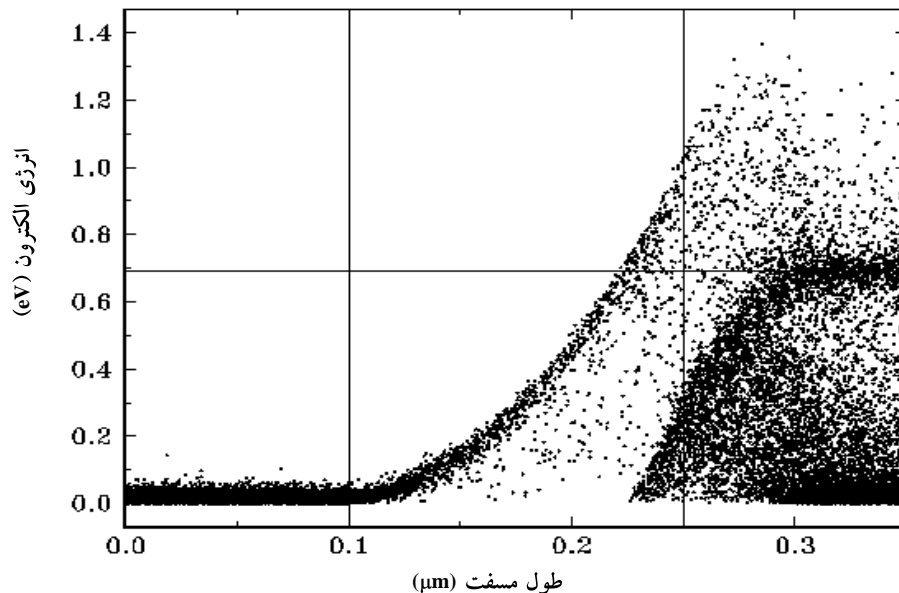
شکل ۳ مقایسه متوسط سرعت الکترون در مسفت های InGaAs (خط ممتد) و GaAs (خط-نقطه) به ازای  $V_{DS}=0.8V$  و  $V_{GS}=-0.2V$  در دمای  $300K$ .



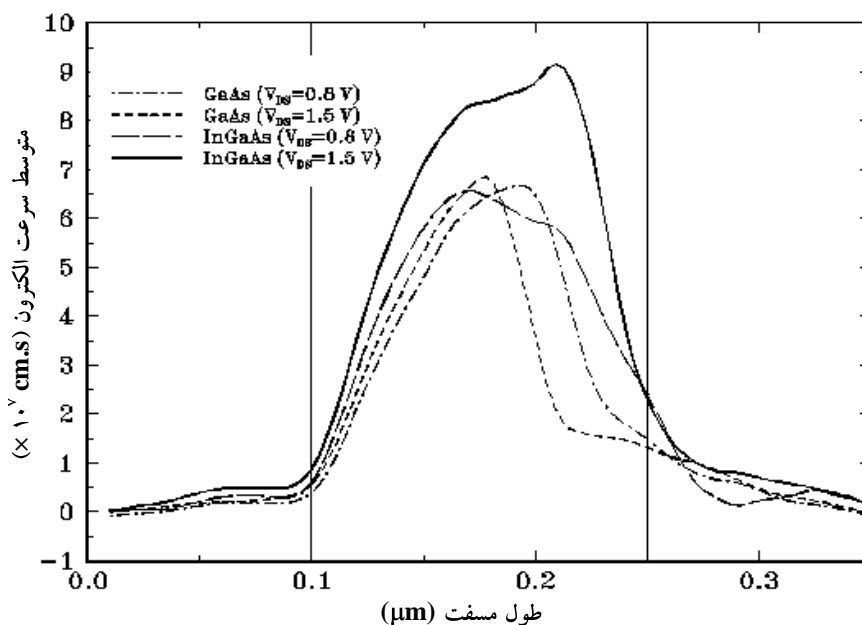
شکل ۴ توزیع سرعت الکترون در مسفت  $In_{0.53}Ga_{0.47}As$  به ازای  $V_{DS}=0.8V$  و  $V_{GS}=-0.2V$  در دمای  $300K$ .

نسبت به شکل ۲ در سراسر کانال نوید افزایش سرعت را در سراسر کانال می‌دهد. در شکل ۶، مقایسه متوسط سرعت حاملها در مسیفت‌های InGaAs و GaAs، به ازای دو مقدار بایاس  $V_{DS}=0.8\text{ V}$  و  $V_{DS}=1.5\text{ V}$  نشان داده شده است.

با افزایش ولتاژ درین-سورس به  $1.5\text{ V}$  شبیه‌سازی برای هر دو مسیفت تکرار شد. در شکل ۵ توزیع انرژی برای مسیفت InGaAs به ازای ولتاژ جدید درین ترسیم شده است. در این شکل اثر پراکندگی معکوس و حضور حاملها در دره L نمایان شده است. اما وجود حاملهای پیرانرژی



شکل ۵ توزیع انرژی الکترون در ترانزیستور مسیفت  $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$  به ازای  $V_{DS}=1.5\text{ V}$  و  $V_{GS}=-0.2\text{ V}$  در دمای  $77\text{ K}$ .



شکل ۶ مقایسه متوسط سرعت الکترون در مسیفت‌های InGaAs به ازای  $V_{DS}=1.5\text{ V}$  (خط ممتد) و  $V_{DS}=0.8\text{ V}$  (خط چین بلند)، و مسیفت‌های GaAs به ازای  $V_{DS}=1.5\text{ V}$  (خط چین کوتاه) و  $V_{DS}=0.8\text{ V}$  (خط - نقطه) برای  $V_{GS}=-0.2\text{ V}$  در دمای  $77\text{ K}$ .

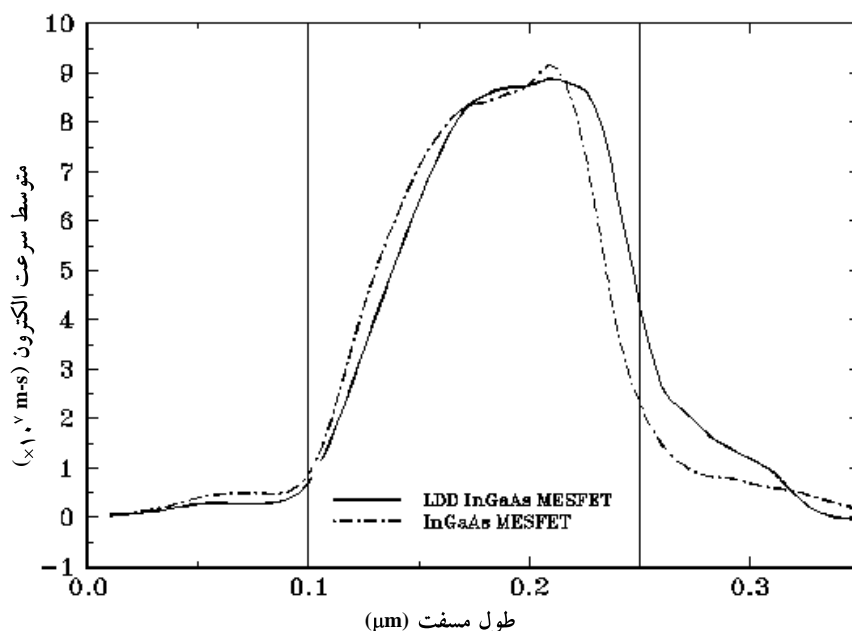
الکترون‌ها در مجاورت درین مسفت با لایه LDD دیرتر از سرعت الکترون‌ها در ساختار بدون لایه LDD کاهش می‌یابد.

### ۳- ترانزیستور مسفت InP

باتوجه به اینکه ساخت مسفت InP عمومیت دارد [۱۰-۱۴]، دراین بخش به بررسی و شبیه‌سازی این ترانزیستور می‌پردازیم. شکاف انرژی دره  $\Gamma$  در InP حدود  $1/26\text{eV}$  است. لذا حداکثر دمای کار آن بین GaAs و InGaAs قرار دارد. سد شاتکی روی این ماده نیز به‌طور طبیعی کمتر از اندازه دلخواه است و مانند InGaAs با قرار دادن لایه دیگری مانند GaAs یا روشهای ویژه دیگر [۱۵]، این سد را افزایش می‌دهند. تفاوت انرژی بین دره‌های L و  $\Gamma$  حدود  $0/74\text{eV}$  است. لذا در نگاه اول انتظار داریم که به‌دلیل کم‌اثر شدن پراکندگی معکوس و حضور حاملها در دره L، با افزایش سرعت حاملها روبه‌رو شویم.

همانطور که انتظار داشتیم، به ازای ولتاژ درین- سورس  $1/5\text{V}$ ، حاملهای دره  $\Gamma$  در مسفت InGaAs قبل از رسیدن به نقطه‌ای که فرایندهای پراکندگی غالب شود انرژی چشمگیری را کسب می‌کنند و در اندازه متوسط سرعت آنها جهش چشمگیری مشاهده می‌شود. کاهش مجدد سرعت در مجاورت درین، ناشی از پراکندگی معکوس حاملهای دره L و فرایندهای پراکندگی است. همانطور که در شکل مشاهده می‌شود، افزایش ولتاژ  $V_{DS}$  در مسفت GaAs، باعث می‌شود که سرعت حاملها در مجاورت درین سریعتر کاهش یابد.

اضافه کردن لایه LDD به مسفت InGaAs نیز مشابه مسفت GaAs می‌تواند اثر پراکندگی معکوس و حضور حاملها را در دره L کاهش دهد. نتیجه حاصل از شبیه‌سازی مسفت InGaAs با لایه LDD به عمق  $0/08\ \mu\text{m}$  و غلظت  $5 \times 10^{14}\ \text{cm}^{-3}$  با نتیجه مربوط به ساختار بدون لایه LDD در شکل ۷ مقایسه شده است. در این شکل ملاحظه می‌شود، که متوسط سرعت



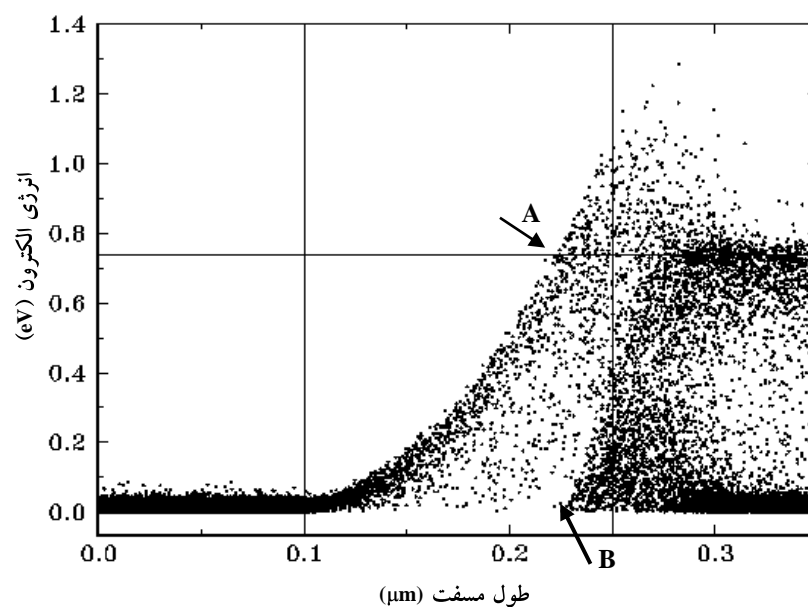
شکل ۷ مقایسه بین متوسط سرعت الکترون در InGaAs مسفت (خط-نقطه) و مسفت LDD InGaAs (خط ممتد) به ازای  $V_{GS} = -0/2\text{V}$  و  $V_{DS} = 1/5\text{V}$  در دمای  $300\text{K}$ .

GaAs کمی از سرعت در مسافت InP بیشتر است. اما سرعت در مجاورت درین مسافت InP به مراتب از سرعت در مسافت GaAs بیشتر است. جرم مؤثر دره  $\Gamma$  در GaAs از InP کمتر است. بنابراین می‌توان انتظار داشت که حاملهای دره  $\Gamma$  در GaAs از InP سریعتر باشند.

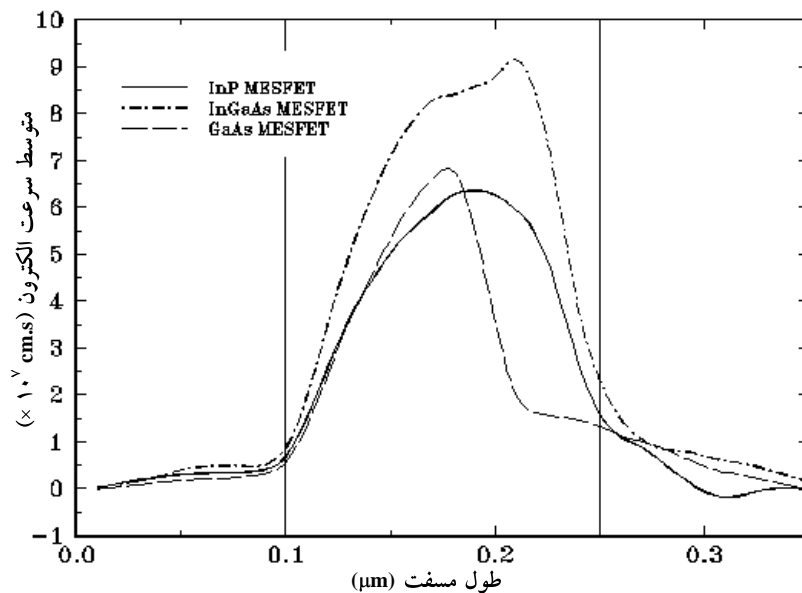
پس از آنکه انرژی الکترونها به حدود  $0.29\text{eV}$  رسید حاملهای مسافت GaAs به دره L وارد می‌شوند، در صورتی که الکترونها مسافت InP همچنان در دره  $\Gamma$  اند. در نتیجه، جرم مؤثر حاملهای InP در این حالت چندین برابر کوچکتر از GaAs است و تا زمانی که انرژی حاملها به حدود  $0.74\text{eV}$  نرسد، این وضعیت تقریباً حفظ می‌شود. علت تقریبی بودن آن، اثر رو به رشد فرایندهای پراکندگی با نزدیک شدن به درین است. با رسیدن به سطح انرژی  $0.74\text{eV}$ ، برتری، همچنان با InP است زیرا جرم مؤثر دره L در GaAs از جرم مؤثر در InP کمی بیشتر است. بدین ترتیب اختلاف سرعت بین InP و GaAs منطقی خواهد بود.

در شکل ۸ توزیع انرژی الکترونها در مسافت InP به ازای  $V_{GS} = -0.2\text{V}$  و  $V_{DS} = 1.5\text{V}$  برای شرایط مشابه با مسافت InGaAs در بخش قبل ترسیم شده است. در این شکل نیز نقطه ورود به دره L و انتهای ناحیه پراکندگی معکوس (نقاط A و B روی شکل)، مشابه شکلهای قبلی توزیع انرژی، تقریباً با یکدیگر برابرند. لذا کاهش متوسط سرعت حاملها تقریباً از این نقطه آغاز می‌شود.

در شکل ۹ متوسط سرعت حامل به ازای شرایط فوق برای مسافت InP، مسافت InGaAs و مسافت GaAs نشان داده شده است. برخلاف انتظار اولیه متوسط سرعت حاملها در مسافت InP در سراسر کانال به‌طور چشمگیری از مسافت InGaAs کمتر است. جرم مؤثر الکترون‌ها در دره‌های  $\Gamma$  و L در InP از InGaAs بیشتر است بعلاوه انرژی فونون‌های نوری قطبی نیز در InP از InGaAs بیشتر است [۱۶] و الکترونها تحت تأثیر این فرایند پراکندگی، انرژی بیشتری را از دست می‌دهند. بدین ترتیب موارد ذکر شده توجیه مناسبی برای اختلاف سرعت در این دو ساختار است. در مقایسه مسافتهای InP و GaAs مشاهده می‌شود که اوج سرعت در مسافت



شکل ۸ توزیع انرژی الکترون در ترانزیستور مسافت InP به ازای  $V_{GS} = 0.2\text{V}$  و  $V_{DS} = 1.5\text{V}$  در دمای  $300\text{K}$ .



شکل ۹ مقایسه متوسط سرعت الکترون در مسافت‌های InP (خط ممتد)، InGaAs (خط نقطه)، GaAs (خط چین) به ازای  $V_{DS}=1/5V$  و  $V_{GS}=-0/2V$  در دمای  $300^{\circ}K$ .

می‌یابد [۲]. اینک برای مشاهده این اثر در مسافت InGaAs تعبیه شده بر روی بستر InP، از سورس InP استفاده می‌کنیم. شایان ذکر است که این ساختار در این تحقیق برای اولین بار بررسی شده است. در محل فصل مشترک سورس و کانال ( $InP/In_{0.53}Ga_{0.47}As$ )، یک ناپیوستگی حدود  $0/4 eV$  در نوار انرژی، وجود دارد. این ناپیوستگی در مقایسه با ناپیوستگی  $0/2 eV$  در ساختار  $AlGaAs/GaAs$  برتری محسوب می‌شود. از سوی دیگر به دلیل اختلاف زیاد (حدود  $0/69 eV$ ) بین کف دره‌های L و  $\Gamma$  در InGaAs احتمال ورود زود هنگام حاملها به دره L وجود ندارد.

برای شبیه‌سازی این ساختار، غلظت نواحی سورس و درین  $10^{18} cm^{-3}$  و غلظت کانال  $5 \times 10^{16} cm^{-3}$ ، بایاس پایانه‌ها  $V_{GS} = 0/2 V$  و  $V_{DS} = 1/2 V$  و دمای محیط  $300^{\circ}K$  انتخاب شده است.

چگالی شدت جریان درین برای مسافت‌های InGaAs و GaAs و InP به ازای  $V_{DS}=1/5 V$  و  $V_{GS} = -0/2 V$  در جدول ۱، با یکدیگر مقایسه شده است.

تأثیر افزایش ولتاژ در مسافت InP نیز مشابه مسافت GaAs است. همانگونه که در شکل ۱۰ دیده می‌شود، با افزایش بایاس درین - سورس تا  $V_{DS}=2V$ ، اوج مشخصه سرعت کمی افزایش می‌یابد. از طرفی نقطه اوج کمی به سمت سورس انتقال می‌یابد که ناشی از تأثیر بیشتر پراکندگی معکوس و حضور حاملها در دره L است.

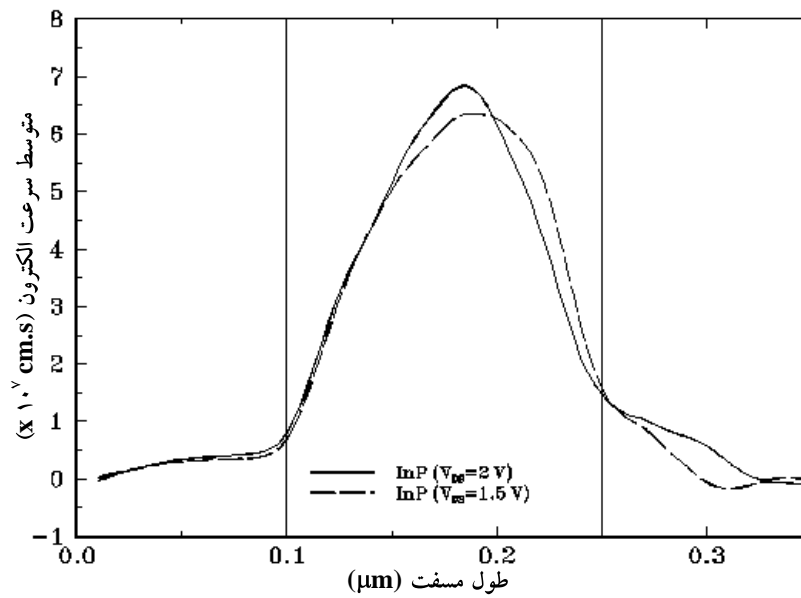
#### ۴- ترانزیستور مسافت $In_{0.53}Ga_{0.47}As$ با سورس InP

در بخشهای قبل ملاحظه شد که مسافت با کانال InGaAs بیشترین سرعت را دارد. از سوی دیگر با استفاده از ساختار ناهمگون در مسافت GaAs، مشخصه سرعت در مجاورت سورس  $AlGaAs$  در کنار کانال GaAs بهبود



جدول ۱ مقایسه چگالی جریان در سه مسفت مختلف به ازای  $V_{GS} = -0.2V$  و  $V_{DS} = 1.5V$  در دمای  $77\text{ K}$ .

جنس مسفت	$J(\text{mA}/\mu\text{m}^2)$
GaAs	۳/۷۰۳
$\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$	۵/۲۶۹
InP	۳/۸۰۶



شکل ۱۰ مقایسه متوسط سرعت الکترون در مسفت InP به ازای بایاس‌های  $V_{DS} = 1/5V$  (خط چین) و  $V_{DS} = 2V$  (خط ممتد) برای  $V_{GS} = -0.2V$  در دمای  $77\text{ K}$ .

ساختار محسوب می‌شود.

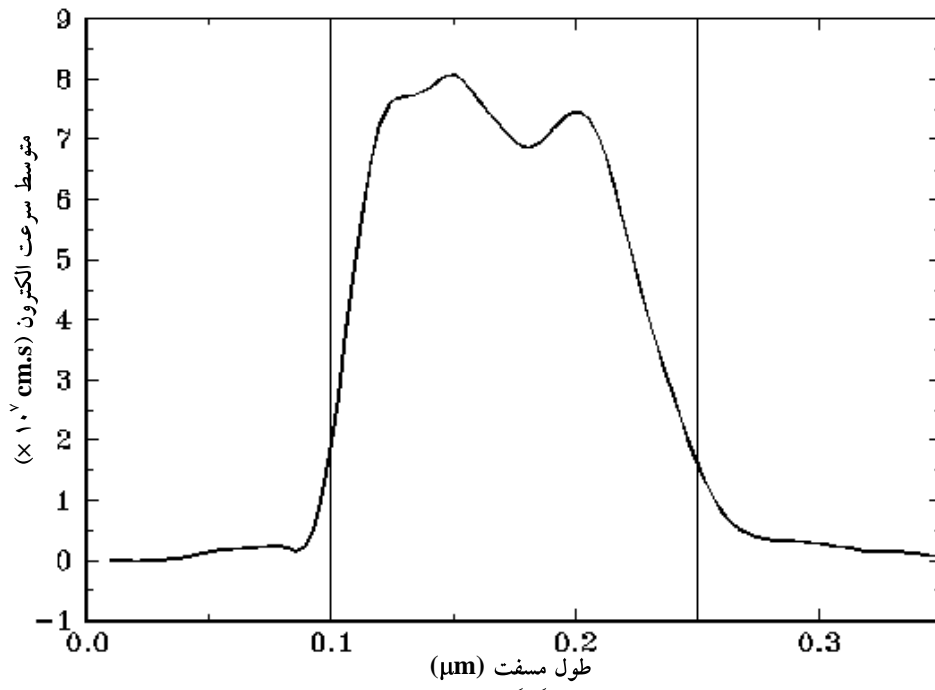
### ۵- نتیجه گیری

در این تحقیق علاوه بر نقش نوع ساختار مسفت، خواص ذاتی مواد نیمرسانای تشکیل دهنده آن نیز بر مشخصه‌های انتقال بررسی و مشخصه‌های مسفت‌های GaAs، InP/InGaAs، InGaAs، AlGaAs/GaAs مقایسه شده است. به‌طور کلی مشخصه‌های انتقال در سه نوع مسفت آخری نسبت به دو نوع مسفت اول رفتار بهتری دارند.

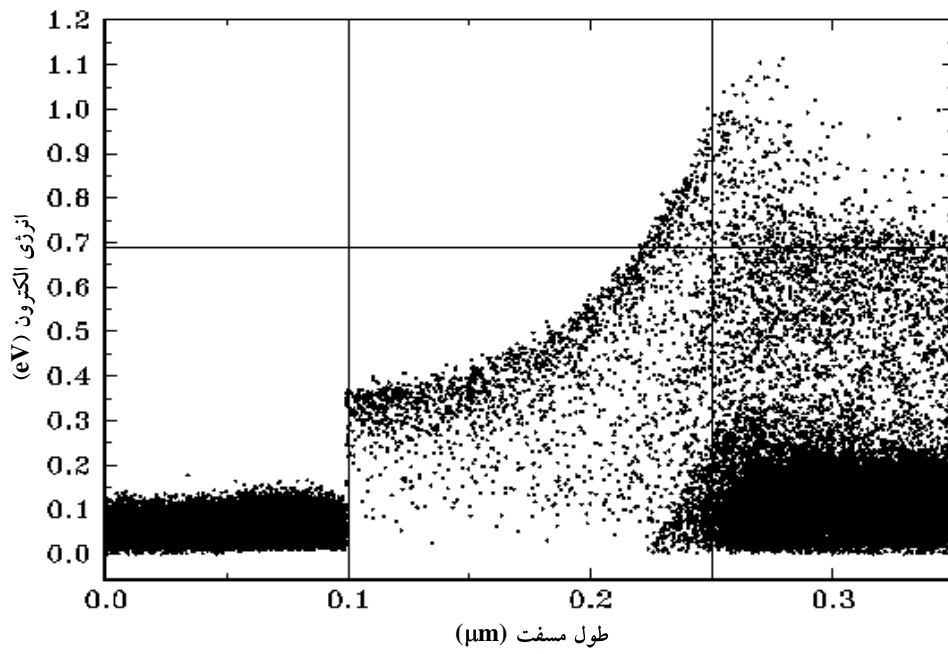
با مقایسه رفتار سه مسفت معمولی از جنس GaAs،  $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$  و InP، ملاحظه شد که سرعت حامل در مسفت InGaAs بیشتر است.

برای مدل‌سازی پدیده تونل‌زنی در ناپیوستگی نیز، از مدلی مشابه مدل مطرح شده در مرجع [۱۷] استفاده شده است. اثرات تبهگنی و برهم‌کنش الکترون-الکترون نیز در شبیه‌سازی ملحوظ شده است. یک لایه LDD با غلظت  $5 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$  نیز به‌طرف درین اضافه شده است. متوسط سرعت حامل در این شبیه‌سازی در شکل ۱۱ نشان داده شده است. از مقایسه این شکل با شکل ۷، برتری ساختار مطرح شده روشن می‌شود.

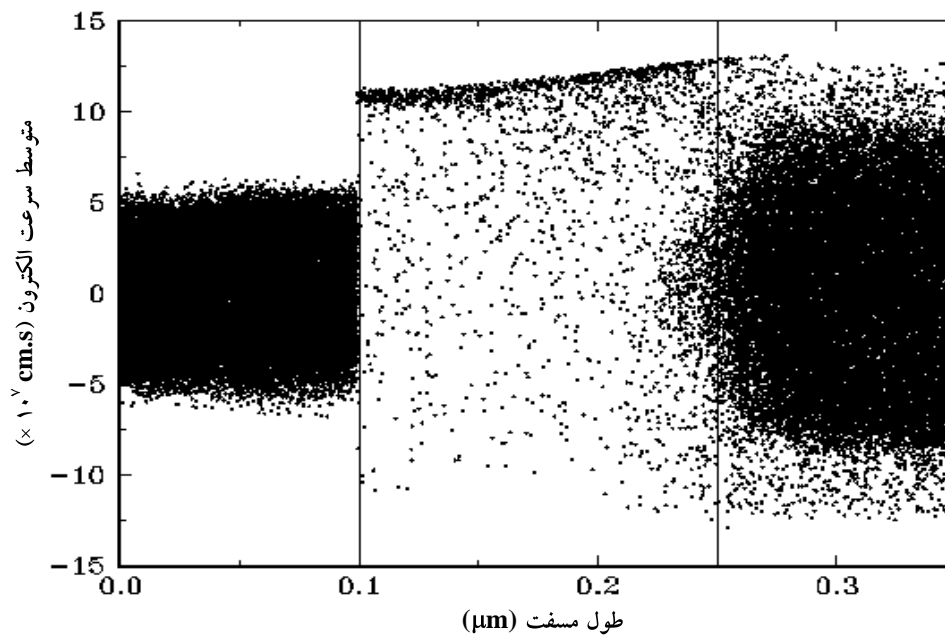
برای مقایسه با دیگر ترانزیستورهایی که تاکنون معرفی شده است، توزیع انرژی و توزیع سرعت حامل در این ساختار به‌ترتیب در شکل‌های ۱۲ و ۱۳ نشان داده شده است. نکته قابل توجه دیگر عدم وجود مراکز DX در InP در مقایسه با AlGaAs است که امتیاز دیگر این



شکل ۱۱ متوسط سرعت حامل برای مسافت ناهمگون با کانال  $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$  و سورس  $\text{InP}$  به ازای  $V_{DS}=1/2V$  و  $V_{GS}=-0/2V$  در دمای  $77\text{ K}$ .



شکل ۱۲ توزیع انرژی حامل برای مسافت ناهمگون با کانال  $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$  و سورس  $\text{InP}$  به ازای  $V_{DS}=1/2V$  و  $V_{GS}=-0/2V$  در دمای  $77\text{ K}$ .



شکل ۱۳ توزیع سرعت حامل در مسافت ناهمگون با کانال  $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$  و سورس InP به ازای  $V_{DS}=1/2V$  و  $V_{GS}=-0/2V$  در دمای ۷۷ K.

Submicron GaAs/AlGaAs MESFETs: A Monte Carlo Simulation,” *Scientia Iranica*, Vol. 7, No. 3-4, pp. 164-168, 2000.

- [3] S. W. Bland, A. F. Galashan, S. A. Kitchin, “High Transconductance InGaAs FETs Using an Undoped Amorphous silicon Schottky Barrier Enhancement Layer,” *Second International Conference. Indium Phosphide and Related Materials*, pp. 312-315, 1990.
- [4] G.W. Wang, “Strain-Relaxed Epitaxial Layers for High-Speed Electronic Devices,” *Appl. Phys. Lett.*, vol. 59, No. 5, pp. 573-575, 1991.
- [5] J. M. Schellenberg, C. L. Lau, M. Feng, P. Brusenback, “W-band Oscillator Using Ion-Implanted InGaAs MESFETs,” *IEEE Microwave and Guided Wave Lett.*, vol.1, No.5, pp. 100-102, 1991.
- [6] G.W. Wang, R. Kaliski, Y. Chang, “InGaAs MESFETs for Millimeter-Wave

چگالی شدت جریان درین در این سه ترانزیستور به ازای  $V_{GS}=-0/2V$  و  $V_{DS}=1/5V$  در دمای ۷۷ °K محاسبه و مقایسه و ملاحظه شد که مسافت  $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$  بزرگترین چگالی شدت جریان را دارد.

نشان داده شد که وجود سورس باشکاف انرژی بزرگتر از شکاف ماده کانال، باعث بهبود رفتار مشخصه‌های حامل در کانال می‌شود. در بین همه مسافت‌های شبیه‌سازی شده، مسافت ناهمگون با کانال InGaAs و سورس InP تعبیه شده بر روی بستر InP بهترین مشخصه را از خود نشان داد.

## ۶- منابع

- [۱] ثقفی، کامیار «تحلیل انتقال الکترون در ترانزیستور MESFET با روش مونت کارلو»، رساله دکتری الکترونیک، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۷۸.
- [2] K. Saghafi, and M. K. Moravvej-Farshi, “Effects of Doping and Alloy Composition on Electron Transport in

- [12] Wei Yang, Z. Abid, A. Gopinath, F. Williamson, "InP MESFET with High Breakdown Voltage," *4th International Conf. on InP and Related Materials*, pp. 368-370, 1992.
- [13] Z. Abid, A. Gopinath, F. Williamson, M. I. Nathan "Direct-Schottky-Contact InP MESFET," *IEEE Elec. Dev. Lett.*, Vol. 12, No. 6, p. 279-280, 1991.
- [14] A. A. Iliadis, "Nearly Ideal Enhanced Barrier Height Schottky Contacts to n-InP for MESFET Applications," *Elect. Lett.*, Vol. 25, No. 9, pp. 572-574, 1989.
- [15] R. Tyagi, T. P. Chow, J. M. Borrego, K. A. Pisarczyk, "Improved Al/InP Schottky Barriers by Co-Implantation of Be-P," *Fifth International Conf. on InP and Related Materials*, pp. 349-352, 1993.
- [16] [www.watson.ibm.com.Damocles](http://www.watson.ibm.com/Damocles), 1997.
- [17] M. K. Moravvej-Farshi, K. Saghafi, "Ensemble Monte Carlo Simulation of a GaAs n+-i-n+ Diode", *Scientia Iranica*, Vol. 6, No. 1, 1999.
- Low-Noise Applications," *IEEE Microwave and Guided Wave Lett.*, Vol. 1, No. 4, pp. 76-77, 1991.
- [7] G. W. Wang, Y. Chang, "Q and V Band Power InGaAs MESFETs," *Elect. Lett.*, Vol. 27, No. 6, pp. 488-489, 1991.
- [8] H. Morkoc, H. Unlu, G. Ji, *Principles and Technology of MODFETs*, Vol. 1, John Wiley & Sons, 1991.
- [9] S. J. Zurek, R. B. Darling, K. J. Kuhn, M. C. Foisy, "Elevated Temperature Performance of Pseudomorphic AlGaAs/InGaAs MODFETs," *IEEE Trans. on Elec. Dev.*, Vol. 45, No. 1, pp. 00, 1998.
- [10] S. Uno, T. Hashizume, S. Kasai, Nan-Jian Wu, H. Hasegawa, "860 eV Platinum Schottky Barrier on Indium Phosphide by insitu Electrochemical Process and its Application to MESFETs," *Japan. J. of Appl. Phys.*, Part 1, Vol. 35, No. 2B, pp. 1258-1263, 1996.
- [11] H. Sawatari, M. Oyake, K. Kainosho, H. Okazaki, O. Oda, "Study of InP MESFETs Based on Cd<sub>x</sub> Interfacial Layers Grown by the Adsorption.Oxidation Method," *Fifth International Conf. on InP and Related Materials*, pp. 297-300, 1993.