INSO

19758-5-1

1st.Edition

2017
Identical with
IEC TS 62607-5-1:2014

جمهوری اسلامی ایران

Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران

۱۹۷۵۸-۵-۱

چاپ اول

دارای محتوی رنگی

فناوری نانو - نانوساخت-

مشخصه‌های کنترلی کلیدی-

قسمت ۵-۱: قطعات الکترونیکی دارای فیلم نازک آلی/ نانو- اندازه‌گیری‌های مربوط به انتقال حامل

Nanotechnology – Nanomanufacturing- Key control characteristics –Part 5-1: Thin-film organic/nano electronic devices- Carrier transport measurements

ICS: 07.030, 07.120

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران، ضلع جنوب غربی میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق‌پستی: ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵ تهران- ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج ، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۱۶۳-۳۱۵۸۵ کرج - ایران

تلفن: ۸- ۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

رایانامه: standard@isiri.org.ir

وبگاه: http://www.isiri.gov.ir

Iranian National Standardization Organization (INSO)

No.1294 Valiasr Ave., South western corner of Vanak Sq., Tehran, Iran

P. O. Box: 14155-6139, Tehran, Iran

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

P.O. Box: 31585-163, Karaj, Iran

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: standard@isiri.org.ir

Website: http://www.isiri .gov.ir

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

نام موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۹۰/۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۹۰/۷/۲۴ جهت اجرا ابلاغ شده است.

تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان سازمان ، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود وکوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان های دولتی و غیر دولتی حاصل می شود . پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذینفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیتهٔ ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند درکمیتهٔ ملی طرح و بررسی و درصورت تصویب ، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود . بدین ترتیب ، استانداردهایی ملی تلقی می شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)[1] ،کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5] در کشور فعالیت می کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور ، از آخرین پیشرفت های علمی ، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود .

سازمان ملی استاندارد ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون ، برای حمایت از مصرف کنندگان ، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی ، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی ، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/ یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. سازمان می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور ، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره ، آموزش ، بازرسی ، ممیزی و صدور گواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی ، آزمایشگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش ، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم ، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها ، کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش ، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization
2 - International Electrotechnical Commission
3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legale)
4- Contact point
5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

"فناوری نانو- نانوساخت- مشخصه‌های کنترلی کلیدی- قسمت۵-۱: قطعات الکترونیکی دارای فیلم نازک آلی/نانو- اندازه‌گیری‌های مربوط به انتقال حامل"

رئیس:	**سمت و/ یا نمایندگی**
میرزایی کجانی، مریم (دکترای فیزیک)	عضو هیات علمی- پژوهشگاه استاندارد
دبیر:	
آل‌علی، هدی (دکترای فیزیک)	عضو هیات علمی- پژوهشگاه استاندارد
اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
اسلامی پور، الهه (کارشناسی ارشد زیست شناسی)	کارشناس- ستاد ویژه توسعه فناوری نانو
رجایی، لیلا (دکترای فیزیک)	عضو هیات علمی- دانشگاه قم
سرخوش، لیلا (دکترای فیزیک)	کارشناس- سازمان انرژی اتمی ایران
سهرابی جهرمی، ابوذر دکترای نانوفناوری	مدیر عامل- شرکت راصد توسعه فناوری‌های پیشرفته

سیفی، مهوش (کارشناس ارشد مدیریت دولتی)	کارشناس استاندارد
شهابی زاده، میثم (کارشناسی مهندسی برق الکترونیک، کارشناسی ارشد فیزیک هسته‌ای)	کارشناس- شرکت تولید و توسعه انرژی اتمی
نادری، مهدی کارشناسی ارشد مهندسی مواد	کارشناس- ستاد ویژه توسعه فناوری نانو
ناظمی، محراب (کارشناسی مهندسی برق- کارشناسی ارشد MBA)	کارشناس- پژوهشگاه استاندارد
هاشمی شاد، الهام (کارشناسی ارشد مهندسی برق)	کارشناس- پژوهشگاه استاندارد

فهرست مندرجات

عنوان **صفحه**

پیش گفتار ز
مقدمه ح
۱ هدف و دامنه کاربرد ۱
۲ مراجع الزامی ۱
۳ اصطلاحات، تعاریف و کوته‌نوشت‌ها ۲
۳-۱ اصطلاحات و تعاریف ۲
۳-۲ نمادها و اصطلاحات اختصاری ۵
۴ ساختارهای نمونه OTFTs ۵
۴-۱ ساختارهای معمول قطعات OTFTs ۵
۴-۲ دوپ کردن در محدوده ناحیه تماس در OTFTs ۶
۵ قالب مناسب داده‌ها ۸
پیوست الف (آگاهی‌دهنده) مطالعات تجربی در مورد دوپ‌کردن در محدوده ناحیه تماس در OTFTs ۱۰
پیوست الف-۱ دوپ کردن در محدوده ناحیه تماس در OTFTs با ساختار گیت زیری، تماس رویی ۱۰
پیوست الف-۲ دوپ کردن در محدوده ناحیه تماس در OTFTs با ساختار گیت زیری، تماس زیری ۱۳
کتاب‌نامه ۱۷

.

پیش‌گفتار

استاندارد « فناوری نانو- نانوساخت- مشخصه‌های کنترلی کلیدی- قسمت ۵-۱: قطعات الکترونیکی دارای فیلم نازک آلی/نانو- اندازه‌گیری‌های مربوط به انتقال حامل» که پیش‌نویس آن درکمیسیون‌های مربوط بر مبنای پذیرش استانداردهای بین‌المللی/منطقه‌ای به عنوان استاندارد ملی ایران یه روش اشاره شده در مورد الف، بند ۷، استاندارد ملی ایران شماره ۵ تهیه و تدوین شده ، در چهل و دومین اجلاسیه کمیتهٔ ملی استاندارد فناوری نانو مورخ ۱۳۹۵/۱۱/۳۰ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران بر اساس استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ (استانداردهای ملی ایران- ساختار و شیوهٔ نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینهٔ صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهند شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط موردتوجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

این استاندارد ملی بر مبنای پذیرش استاندارد بین‌المللی زیر به روش «معادل یکسان» تهیه و تدوین شده و شامل ترجمه تخصصی کامل متن آن به زبان فارسی می‌باشد و معادل یکسان استاندارد بین المللی مزبور است:

IEC TS 62607-5-1:2014, Nanomanufacturing - Key control characteristics - Part 5-1: Thin-film organic/nano electronic devices - Carrier transport measurements

مقدمه

قطعات دارای فیلم نازک آلی/ نانو خصوصیات قابل توجهی دارند که از بین آنها می‌توان به وزن کم، خاصیت انعطاف‌پذیری، کم هزینه بودن و فرایند ساخت در دمای پایین اشاره کرد. موسسات دانشگاهی، موسسات تحقیقاتی، صنعت مواد و تولید دستگاه‌ها، تحقیقات بسیار گسترده‌ای در خصوص قطعات الکترونیکی آلی/نانو انجام داده‌اند. بنابراین انتظار می‌رود که یکی از کاربردهای احتمالی آنها استفاده شدن در دستگاه‌های با قابلیت لوله‌ای شدن و قابل انعطاف باشد. بسیاری از ترانزیستورهای دارای فیلم نازک بر پایه مواد نیمه رسانا آلی که آنها را ترانزیستورهای فیلم نازک آلی(OTFTs)[1] می‌نامند، به نظر می‌رسد که بتوانند بر روی نمایشگر نورتاب الکتریکی آلی[2] نصب شوند تا هر یک از مدارهای پیکسلی دیود آلی گسیلنده نور[3] را به کار اندازند. این ترانزیستورهای فیلم نازک آلی کاندیدای مناسب و نویدبخشی برای نانوالکترونیک مولکولی نیز هستند.

ترانزیستورهای فیلم نازک آلی تحرک‌پذیری[4] حامل نسبتاً کمتری (تحرک‌پذیری بار در فیلم نازک: حداکثر ۱۰ cm^2/Vs ولی اغلب کمتر از ۱ cm^2/Vs) در مقایسه با سایر ترانزیستورهای دارای فیلم نازک که بر پایه نیمه رساناهای غیرآلی هستند، نشان می‌دهند. خواص مربوط به انتقال حامل از قبیل تحرک‌پذیری و غلظت حامل فیلم نازک در ترانزیستورهای فیلم نازک آلی معمولاً تنها با به کار بردن ویژگی‌های فیزیکی ترانزیستورهای نیمه رسانای اکسید فلزی سیلیکون برای OTFTs سنجیده می‌شوند. هم تحرک‌پذیری ذاتی توده[5] نیمه رساناهای آلی آلی و هم اثرات خارجی از قبیل میزان مقاومت الکتریکی تماس، تله حامل[6]، وضعیت فصل مشترک و سطوح می‌تواند تحرک‌پذیری فیلم نازک را در ترانزیستورهای فیلم نازک آلی محدود کند. بنابراین، هنوز روش‌های معتبر برای ارزیابی خواص مربوط به انتقال حامل در خصوص مواد فیلم نازک در مقیاس نانومتر ایجاد نشده است و نیاز مبرم به تدوین آن احساس می‌شود.

1- Organic thin-film transistors
2- Organic semiconductor electroluminescence
3- Light-emitting diode pixel
4- Mobility
5- Bulk
6- Carrier trap

فناوری نانو- نانوساخت-

مشخصه‌های کنترلی کلیدی

قسمت۵-۱: قطعات الکترونیکی دارای فیلم نازک آلی/ نانو- اندازه‌گیری‌های مربوط به انتقال حامل

۱ هدف و دامنه کاربرد

این قسمت از مجموعه استاندارد IEC 62607 ساختار نمونه استاندارد شده‌ای را برای مشخصه‌یابی خواص انتقال بار الکتریکی در قطعات الکترونیکی دارای فیلم نازک آلی/ نانو به همراه قالبی برای گزارش جزئیات این ساختار که باید با نتایج اندازه‌گیری داده شود، ارائه می‌کند.

برای آزمون OTFT که با روش دوپ کردن در محدوده ناحیه تماس[1] آماده می‌شود، ساختاری استانداردشده می‌تواند مقاومت الکتریکی تماس را کاهش داده که از آن سنجش قابل اعتمادی از تحرک‌پذیری حامل بار الکتریکی به دست آید. در حقیقت هدف این استاندارد ارائه ساختارهای نمونه آزمون برای تعیین خواص ذاتی انتقال بار قطعات فیلم نازک آلی است. همچنین در این استاندارد اطلاعات قابل اعتمادی در مورد OTFTs ارائه و دستورالعمل‌هایی برای ایجاد ساختار نمونه آزمون تعیین شده تا اطلاعات مربوط به مواد در سراسر جامعه پژوهش و صنعت واضح و یکپارچه باشد.

۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به صورت الزامی به آنها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب، آن ضوابط جزئی از این استاندارد محسوب می‌شوند.

در صورتی که به مرجعی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن برای این استاندارد الزام‌آور نیست. در مورد مراجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی آنها مورد نظر است.

استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

2-1 IEC 60050 (all parts), International electrotechnical vocabulary (available at http://www.electropedia.org/)

2-2 IEC 62860, Test methods for the characterization of organic transistors and materials

1- Contact-area-limited doping

۳ اصطلاحات، تعاریف و کوته‌نوشت‌ها

در این استاندارد اصطلاحات، تعاریف و کوته‌نوشت‌های زیر به‌کار می‌رود.

۳-۱ اصطلاحات و تعاریف

۳-۱-۱

ترانزیستور فیلم نازک آلی

organic thin-film transistor

ترانزیستور اثر- میدانی[1] که دارای یک کانال رسانش[2] است که از فیلم‌های نازک ساخته شده و متشکل از ترکیبات آلی است.

۳-۱-۲

تحرک‌پذیری فیلم نازک

thin-film mobility

تحرک‌پذیری حامل بار کانال رسانش (فیلم نیمه رسانا) در یک OTFT است.

۳-۱-۳

دوپ‌کردن (آلایش) در محدوده ناحیه تماس

contact-area-limited doping

دوپ کردن در نواحی فصل مشترک بین الکترودهای منبع و تخلیه[3] و کانال رسانش در یک OTFT است.

۳-۱-۴

مقاومت کانال

channel resistance

مقاومت الکتریکی که از کانال رسانش و از اعمال ولتاژهای گیت در یک ترانزیستور اثر- میدانی ناشی می‌شود.

۳-۱-۵

1- Field-effect transistor
2- Conduction channel
3- Drain

مقاومت تماس

contact resistance

مقاومت الکتریکی که از کم کردن مقاومت کانال از مقاومت کل بین الکترودهای منبع و تخلیه در یک ترانزیستور اثر- میدانی به دست می‌آید.

یادآوری - اجزاء اصلی مقاومت تماس، سیم‌های رابط الکتریکی[1] و موانع تزریق حامل در فصل مشترک بین الکترود منبع و فیلم نیمه رسانا هستند.

۶-۱-۳

قطعه گیت زیری، تماس زیری

bottom-gate, bottom-contact device

ترانزیستور اثر- میدانی با ساختارهای زیر:

- الکترود گیت بین دی الکتریک گیت و زیرلایه[2] قرار گرفته است؛

- الکترودهای منبع و تخلیه مستقیماً بر بالای زیرلایه قرار گرفته‌اند و مجاور فصل مشترک کانال رسانش- دی-الکتریک گیت هستند.

۷-۱-۳

قطعه گیت زیری، تماس رویی

bottom-gate, top-contact device

ترانزیستور اثر- میدانی با ساختارهای زیر:

- الکترود گیت بین دی الکتریک گیت و زیرلایه قرار گرفته است؛

- الکترودهای منبع و تخلیه بالای لایه نیمه رسانا قرار گرفته‌اند.

۸-۱-۳

قطعه گیت رویی، تماس زیری

top-gate, bottom-contact device

ترانزیستور اثر- میدانی با این ساختارها:

- الکترود گیت در بیشترین فاصله از زیرلایه قرار گرفته است؛

1- Electrical leads
2- Substrate

- دی الکتریک گیت بین الکترود گیت و لایه نیمه رسانا قرار گرفته است؛

- الکترودهای منبع و تخلیه مستقیماً بالای زیرلایه قرار گرفته‌اند و مجاور فصل مشترک کانال رسانش- دی-الکتریک گیت هستند.

۳-۱-۹

قطعه گیت رویی، تماس رویی

top-gate, top-contact device

ترانزیستور اثر- میدانی با این ساختارها:

- الکترود گیت در بیشترین فاصله از زیرلایه قرار گرفته است؛

- دی الکتریک گیت بین الکترود گیت و لایه نیمه رسانا قرار گرفته است؛

- الکترودهای منبع و تخلیه بالای لایه نیمه رسانا مستقر شده‌اند.

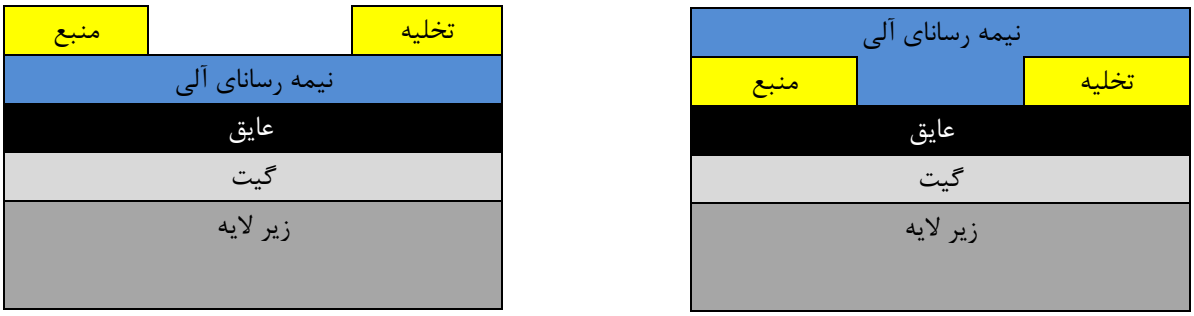
۳-۲ نمادها و اصطلاحات اختصاری

ترانزیستور فیلم نازک آلی	organic thin-film transistor	OTFT
گیت زیری، تماس زیری	bottom-gate, bottom-contact	BGBC
گیت زیری، تماس رویی	bottom-gate, top-contact	BGTC
گیت رویی ، تماس زیری	top-gate, bottom-contact	TGBC
گیت رویی ، تماس رویی	top-gate, top-contact	TGTC
۲، ۳، ۵،۶-تترافلوئور-۷،۷،۸،۸-تترا سیانو کینو دی متان	2,3,5,6-tetrafluoro-7,7,8,8-tetracyanoquinodimethane	F4TCNQ

۴ ساختارهای نمونه OTFTs

۴-۱ ساختارهای معمول قطعات OTFTs

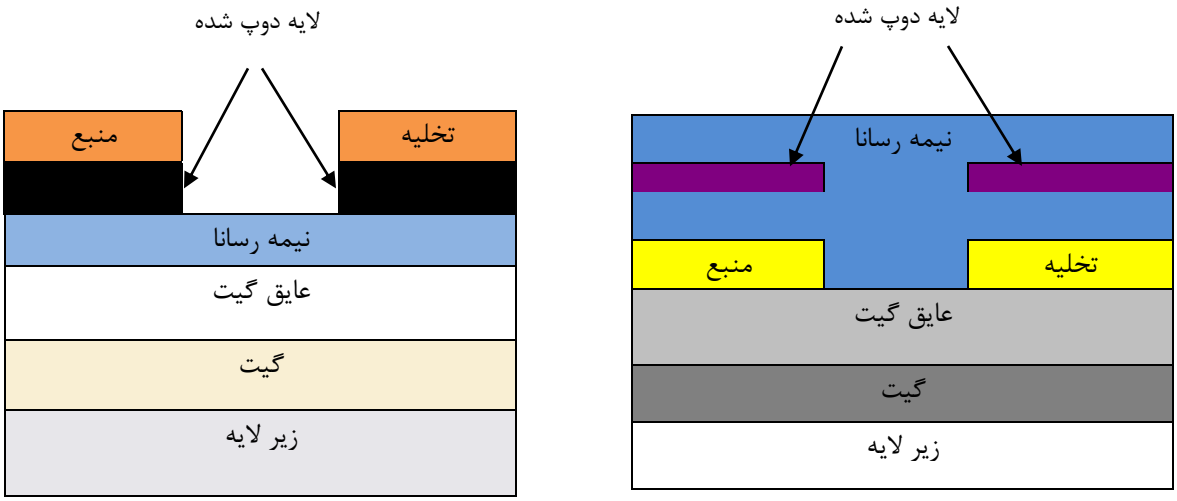
با توجه به مکان الکترودهای منبع- تخلیه و گیت، چندین ساختار متفاوت، در مورد OTFTs وجود دارد. شکل ۱ دو ساختار معمول قطعات را توضیح می‌دهد: الف- ساختار گیت زیری، تماس زیری (BGBC)، - ساختار گیت زیری، تماس رویی (BGTC). قطعات BGTC معمولاً در مقایسه با قطعات BGBC عملکرد بهتری دارند. ولی ساختار BGBC برای یکپارچگی قطعه با چگالی بالا مناسب‌تر است. هر چند که بدون توجه به ساختار قطعه، مقاومت الکتریکی تماس بالا یک مشکل شایع و جدی در OTFTs است زیرا که مقاومت الکتریکی تماس بالا سبب تخمینی کمتر از تحرک‌پذیری ذاتی کانال اثر- میدانی در OTFTs می شود[1],[2].



شکل ۱- ساختارهای معمول قطعات OTFT

۴-۲ دوپ کردن در محدوده ناحیه تماس در OTFTs

دوپ کردن در محدوده ناحیه تماس روشی موثر برای افزایش جریان تخلیه در OTFTs [2]، [3]، [4]، [5]،[6]، [7] به شمار می‌رود. در این نوع دوپ کردن، همانطور که در شکل ۲ نشان داده شده است، لایه‌های پذیرنده (یا دهنده) در مناطق فصل مشترک بین لایه نیمه رسانای فعال و الکترود تماس شکل گرفته‌اند. این لایه‌های دوپ شده سبب کاهش مقاومت الکتریکی تماس شده و منجر به افزایش جریان تخلیه می‌شوند.



الف-ترانزیستور BGBC **ب-ترانزیستور BGTC**

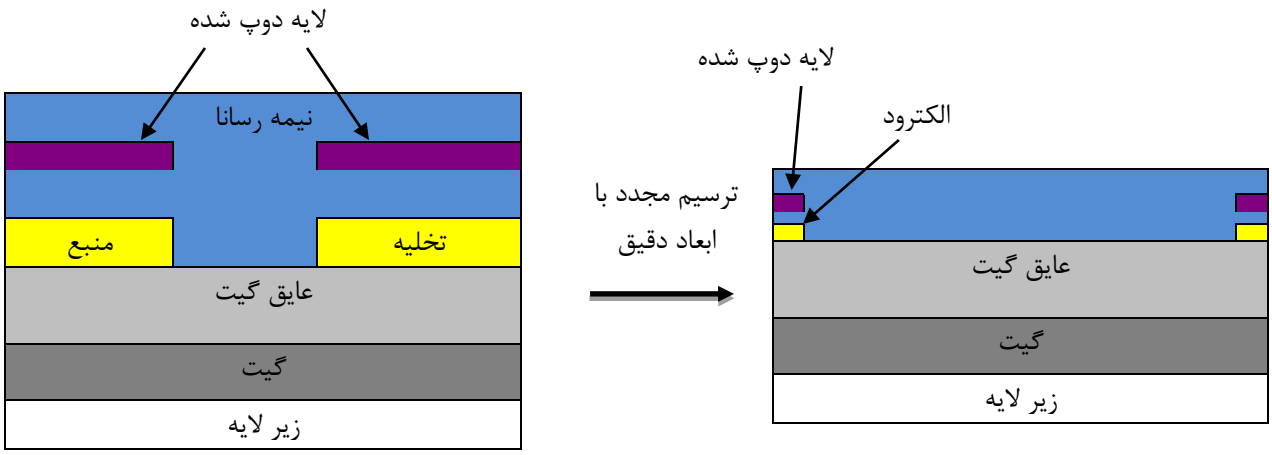
شکل ۲- دوپ کردن در محدوده ناحیه تماس در OTFTs

دوپ کردن در محدوده ناحیه تماس یک روش پرکاربرد برای بهبود عملکرد OTFTs است. به عبارت دیگر، تحرک‌پذیری موثر لایه نازک در نواحی کانال OTFTs تا حد زیادی بستگی به اثرات غیرذاتی مانند ساختار و خواص الکترونیکی ناحیه تماس الکترود دارد. در حال حاضر اطلاعات مربوط به مواد در مورد لایه‌های آلی نیمه رسانا در جامعه پژوهشی و صنعت یکپارچه نیست. این امر منجر به پدید آمدن این طرح پیشنهادی برای ساختارهای استاندارد نمونه آزمون شده است. برای مثال، وجود لایه‌های به شدت دوپ شده در حوالی الکترودهای تماس برای ارزیابی قابل اعتماد تحرک‌پذیری حامل و ارزیابی غلظت در قطعات نیمه رسانا آلی ضروری است (به شکل ۳ مراجعه شود).

دوپ کردن در محدوده ناحیه تماس یک روش پرکاربرد برای بهبود عملکرد قطعات OTFT است.

(*ساختارهای استاندارد نمونه آزمون*)

وجود لایه‌های به شدت دوپ شده در حوالی الکترودهای تماس برای تحقق ارزیابی قابل اعتمادی از تحرک‌پذیری حامل و غلظت در قطعات نیمه رسانا آلی ضروری است.



شکل ۳- خلاصه این استاندارد

۵ قالب مناسب داده‌ها

یک فرم خالی با قالبی مطابق با جدول ۱ برای ویژگی‌های تفصیلی نمونه‌های آزمون OTFT تکمیل گردد. توصیه می‌شود مواردی از قبیل ساختار تماس و مواد الکترود تماسی در این استاندارد قید شوند.

جدول ۱- قالب قابل قبول داده‌ها برای ارائه به همراه خواص مربوط به انتقال حامل در OTFTs

مورد	ویژگی
ساختار تماس	[ ] گیت زیری، تماس زیری (BGBC) [ ] گیت زیری، تماس رویی (BGTC)
شرایط مواد الکترود تماسی	مواد: [ ]فلزات نجیب [ ] فلزات واسطه [ ] اکسیدهای رسانا شفاف [ ] مواد نانوکربن [ ] پلیمر های رسانا [ ] سایر ضخامت الکترود: [ ] نانومتر
پردازش سطح الکترود تماسی	[ ] دوپ کردن با مواد دهنده یا گیرنده (غلظت حامل در لایه‌های دوپ شده: [ ] cm^{-3} ضخامت لایه‌های دوپ شده [ ] نانومتر) [ ] تک‌لایه‌های خودآرا (از قبیل تیول و غیره) [ ] بدون پردازش سطح
پارامترهای قطعه	تحرک‌پذیری فیلم نازک: cm^2/Vs [ ] ([ ] حالت اشباع [ ] حالت خطی) ولتاژ آستانه گیت: V [ ] نوسان زیر آستانه [a]: V/(decade)[b] [ ] مقاومت تماس در ولتاژهای گیت (v_g): (V [ ] > V_g > [ ]V) Ω [ ]~[ ] مقاومت کانال در ولتاژهای گیت (v_g): ([ ]V > Vg > [ ]V) Ω [ ] ~ [ ] روش اندازه‌گیری به کار رفته برای مقاومت‌های الکتریکی تماس و کانال: [ ] اندازه‌گیری چهار کاوندی [c] [ ] روش خط انتقال [ ] سایر ظرفیت گیت: nF/cm^2 [ ] طول و پهنای کانال (پهنا) / (طول): mm [ ] /µm [ ] قطر لایه نیمه رسانای فعال: nm [ ] غلظت حامل لایه نیمه رسانای فعال: cm^{-3} [ ]

[a] Subthreshold-swing

[b] یک decade مطابق با افزایش ده برابری جریان تخلیه است.

[c] probe

پیوست الف

(آگاهی‌دهنده)

مطالعات تجربی در مورد دوپ کردن در محدوده ناحیه تماس در OTFTs

الف-۱ دوپ کردن در محدوده ناحیه تماس در OTFTs با ساختارگیت زیری، تماس رویی

بند الف-۱ مثالی از دوپ کردن در محدوده ناحیه تماس نوع p در OTFTs با ساختار گیت زیری، تماس رویی را تشریح می‌کند که در آن پنتاسن[1] به عنوان ماده نیمه رسانای نوع p و تترافلوئور ۲، ۳، ۵،۶- تترا سیانو کینو دی متان ۷،۷،۸،۸ (F4TCNQ) به عنوان پذیرنده به کار رفته‌اند. هر دو نوع ماده، متداول و از نظر تجاری در دسترس هستند. لایه گیرنده دوپ شده با تبخیر همزمان پنتاسن و F4TCNQ به ترتیب با آهنگ تبخیر برابر با ۰/۴۵ nm/min و ۰/۱۵ nm/min آماده شد. پارامترهای ساختار قطعه در شکل الف-۱ نشان داده شده‌اند. به علاوه، قطعات BGTC بدون لایه‌های دوپ شده نیز ساخته شدند.

در مرحله اول، نشاندن لایه فعال پنتاسن (ضخامت: ۵۰ nm) بر روی عایق SiO_2 به طور همزمان برای این دو نمونه انجام شد. پس از آن، برای قطعه‌ای با لایه‌های دوپ شده پذیرنده، یک لایه دوپ شده ۵ nm با تبخیر همزمان پنتاسن و F4TCNQ با استفاده از یک الگوی ماسک سایه[2] برای ساخت الکترود منبع- تخلیه، به دنبال رسوب‌دهی تبخیر فیزیکی الکترودهای تماسی با طلا با ضخامت ۲۵ nm تهیه شد.

مشخصه‌های ترانزیستوری قطعات تهیه شده مطابق با یک روش مناسب استاندارد IEC ارزیابی شد (IEC 628660). اندازه‌گیری‌ها در خلاء Pa $۱/۰ \times ۱۰^{-۲}$ انجام شدند. تحرک‌پذیری موثر اثر- میدانی (μ_{eff}) و ولتاژ آستانه (V_{th}) با استفاده از مشخصه‌های انتقال (جریان تخلیه (I_d) بر حسب ولتاژ گیت (V_g)) در حالت اشباع بر طبق این معادله به دست آمده‌اند:

$$I_d = WC_i\mu_{eff}(V_g - V_{th})^2/(2L) \qquad (۱)$$

که در آن به ترتیب

C_i ظرفیت خازنی گیت در واحد سطح

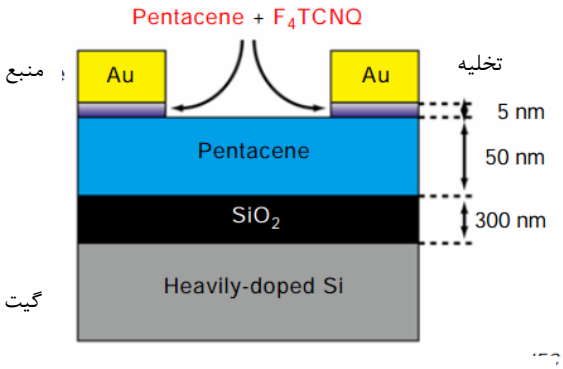
L طول کانال (۵۰ μm)

W پهنای کانال (۱ mm) است.

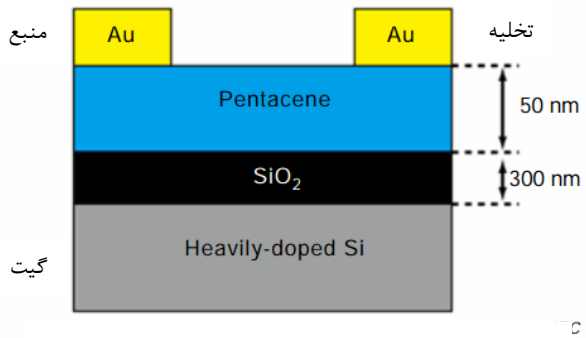
در اینجا، ثابت دی الکتریک برای SiO_2 ، ۳/۹ در نظر گرفته شده است.

1- Pentacene

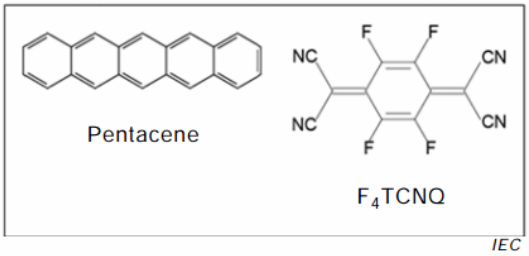
2- Shadow mask pattern



الف- ساختار قطعه پنتاسن BGTC OTFT با لایه-های حامل دوپ شده



ب- ساختار قطعه پنتاسن BGTC OTFT بدون لایه‌های حامل دوپ شده



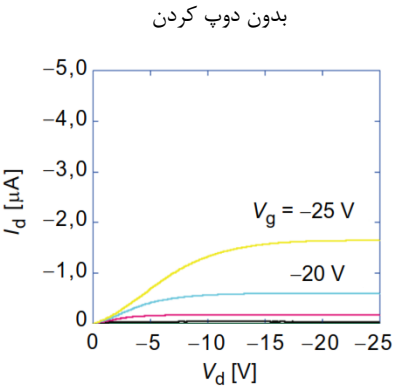
پ- ساختار مولکولی پنتاسن و مولکول‌های F4TCNQ

طول کانال (L)	50 µm
Channel width (*W*)	1 mm

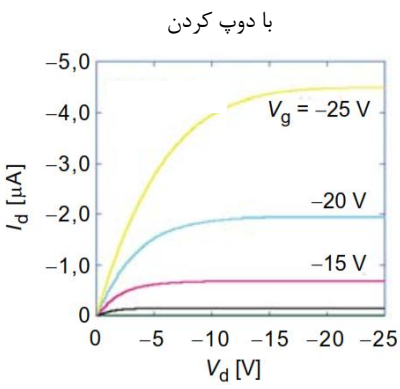
IEC

ت- طول و پهنای کانال در BGTC OTFTs پنتاسنی

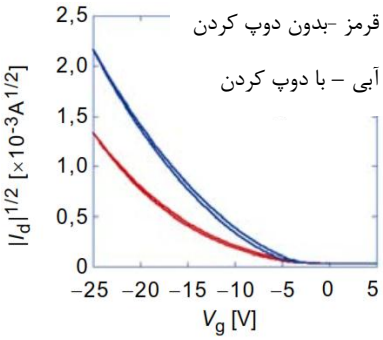
شکل الف-۱ آماده سازی نمونه OTFTs پنتاسنی با ساختار گیت زیری، تماس رویی (BGTC) با استفاده از دوپ کردن در محدوده ناحیه تماس



الف- منحنی‌های جریان تخلیه-ولتاژ تخلیه برای OTFT BGTC پنتاسنی بدون لایه‌های حامل دوپ شده



ب- منحنی‌های جریان تخلیه-ولتاژ تخلیه برای OTFT BGTC پنتاسنی با لایه‌های حامل دوپ شده



پ- منحنی‌های جریان تخلیه- ولتاژ تخلیه برای هر دو قطعه نشان داده شده در شکل-های الف-۲- الف و الف-۲- ب

ولتاژ آستانه [V] بدست آمده از نمودارهای شکل الف-۲-پ	تحرک پذیری موثر فیلم نازک با دوپ نوع P [cm^2/Vs]	$V_g = -25$ V
-۱۳/۸	۰/۱۲	بدون دوپ کردن
-۱۱/۹	۰/۲۴	با دوپ کردن

شکل الف-۲ تأثیر دوپ کردن در محدوده ناحیه تماس در OTFTs پنتاسنی با ساختار گیت زیری، تماس رویی (BGTC)

منحنی‌های جریان تخلیه- ولتاژ تخلیه و منحنی‌های جریان تخلیه - ولتاژ گیت در شکل الف-۲ ترسیم شده‌اند. نمودارها نشان می‌دهند که جریان تخلیه قطعه با لایه دوپ شده، بیشتر از جریان تخلیه قطعه بدون لایه‌های دوپ شده است. مقدار تحرک‌پذیری اثر- میدانی برای حفره[1] با دوپ کردن در محدوده ناحیه تماس از ۰/۱۲ cm^2/Vs به ۰/۲۴ cm^2/Vs رسید که افزایش دوبرابری داشت. این نتیجه تأیید می‌کند که جریان تخلیه به دلیل دوپ کردن در محدوده ناحیه تماس در OTFTs تماس رویی تقویت شده است.

1- Hole

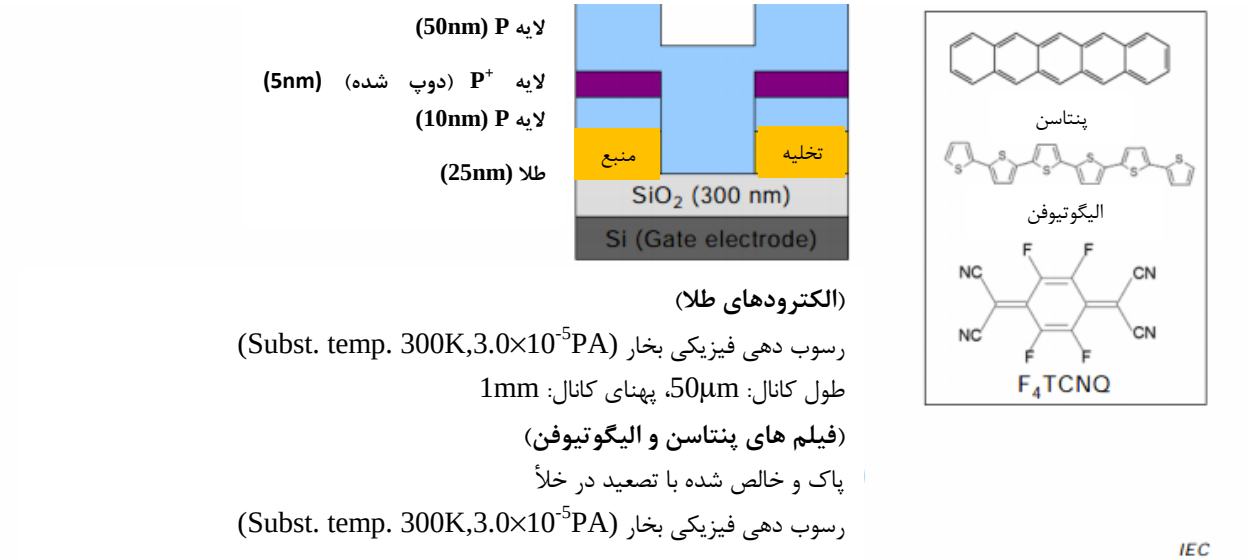
الف-۲ دوپ کردن در محدوده ناحیه تماس در OTFTs با ساختارگیت زیری، تماس زیری

شکل الف-۳ آماده‌سازی نمونه برای BGBC OTFTs کانال نوع p با لایه‌های دوپ شده را نشان می‌دهد. پنتاسن و الیگوتیوفن[1] (سکزیتیوفن-α[2]) به عنوان مواد نیمه رسانای نوع p و F4TCNQ به عنوان عامل دوپ[3] پذیرنده مورد استفاده قرار گرفتند. همه مواد استفاده شده در اینجا متعارف بوده و از نظر تجاری در دسترس هستند. لایه دوپ شده پذیرنده[4] با تبخیر همزمان پنتاسن (یا الیگوتیوفن) و F4TCNQ آماده شد. پارامترهای ساختار قطعه نیز در شکل الف- ۳ نشان داده شده‌اند. آهنگ تبخیر پنتاسن، الیگوتیوفن و F4TCNQ به ترتیب ۰/۴۵nm/min، ۰/۵۹ nm/min و ۰/۱۵ nm/min بود. فاصله بین لایه دوپ شده و الکترودهای تماسی ۱۰ nm تنظیم شد. به علاوه، قطعات BGBC بدون لایه‌های دوپ شده نیز ساخته شدند.

در ابتدا، به کمک ماسک سایه، یک لایه طلا به ضخامت ۲۵ nm با ایجاد خلأ بر روی عایق SiO_2 نشانده شد تا الکترودهای منبع- تخلیه را شکل دهد. طول کانال (L) و پهنای آن (W) به ترتیب برابر با ۵۰ μm و ۱ mm بودند. در مورد قطعات با لایه‌های دوپ شده، بعد از نشاندن یک لایه دوپ شده به ضخامت ۵ nm با تبخیر همزمان ملکول‌های نیمه رسانا و F4TCNQ، یک لایه نیمه رسانا به ضخامت ۱۰ nm با استفاده از همان ماسک سایه برای ساخت الکترودها بر روی الکترودهای تماسی نشانده شد. متعاقبا، پس از حذف شدن ماسک سایه در هوا، نشاندن لایه فعال نیمه رسانا (به ضخامت ۵۰ nm) در مورد قطعات BGBC دوپ شده و دوپ نشده به طور همزمان انجام شد.

مشخصه‌های ترانزیستوری قطعات تهیه شده طبق روند استاندارد IEC (به IEC 62860 مراجعه شود) ارزیابی شدند. روش اندازه‌گیری مشابه همان چیزی است که در بند الف-۱ توضیح داده شده است.

1- Oligothiophene
2- α-Sexithiophene
3- Dopant
4- Acceptor- doped



(الکترودهای طلا)

رسوب دهی فیزیکی بخار (Subst. temp. 300K,3.0×10^{-5}PA)

طول کانال: 50μm، پهنای کانال: 1mm

(فیلم های پنتاسن و الیگوتیوفن)

پاک و خالص شده با تصعید در خلأ

رسوب دهی فیزیکی بخار (Subst. temp. 300K,3.0×10^{-5}PA)

(دوپ کردن)

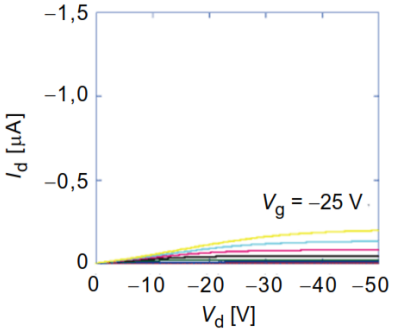
تبخیر همزمان پنتاسن (یا الیگوتیوفن) و F4TCNQ (نسبت ۳:۱)

شکل الف-۳ آماده‌سازی نمونه OTFTs کانال نوع p با ساختار گیت زیری، تماس زیری (BGBC) با استفاده از دوپ کردن در محدوده ناحیه تماس

همانطور که در شکل الف-۴ نشان داده شده است، در OTFTs پنتاسنی با ساختار گیت زیری، تماس زیری، جریان تخلیه قطعه با لایه‌های دوپ شده بیشتر از جریان تخلیه قطعه بدون لایه‌های دوپ شده بود. با دوپ کردن در محدوده ناحیه تماس، مقدار تحرک‌پذیری موثر اثر- میدانی برای حفره از ۰/۰۰۳ cm^2/Vs به ۰/۰۲۴cm^2/Vs رسید. این نتیجه از نظر کیفی نیز با شبیه‌سازی قطعه تأیید شد[7].

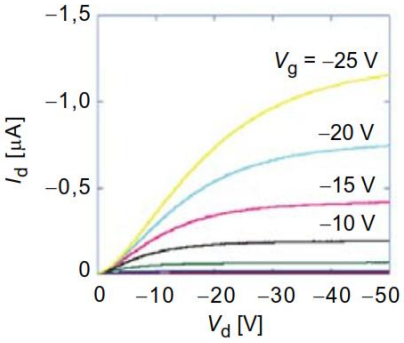
در OTFTs الیگوتیوفنی با ساختار گیت زیری، تماس زیری، لایه دوپ شده نوع p جریان تخلیه را افزایش داد و با دوپ کردن در محدوده ناحیه تماس، همانطور که در شکل الف-۵ نشان داده شده است، مقدار تحرک پذیری موثر اثر- میدانی در مورد حفره از ۱/۴ × ۱۰$^{-۴}$ cm^2/Vs به ۱/۳ × ۱۰$^{-۳}$ cm^2/Vs رسید. این نتیجه نشان می دهد که ساختار قطعه با لایه‌های دوپ شده نوع p برای بهبود عملکرد OTFTs کانال p تماس زیری هم برای OTFTs با لایه فعال الیگوتیوفن هم برای OTFTs با لایه پنتاسن مفید است. تطبیق پذیری این روش (دوپ کردن در محدوده ناحیه تماس) در OTFTs تماس زیری از نظر تجربی تأیید شده است.

بدون دوپ کردن

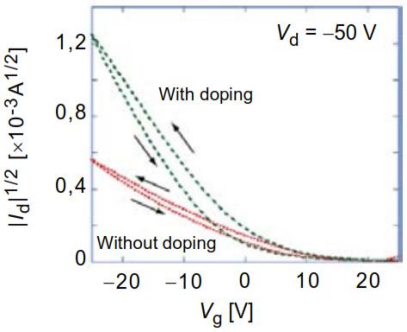


الف- منحنی‌های جریان تخلیه، ولتاژ تخلیه برای BGBC OTFT پنتاسنی بدون لایه‌های حامل دوپ شده

با دوپ کردن



ب- منحنی‌های جریان تخلیه، ولتاژ تخلیه برای BGBC OTFT پنتاسنی با لایه‌های حامل دوپ شده



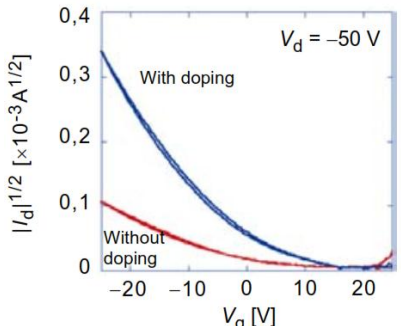
پ- منحنی‌های جریان تخلیه، ولتاژ تخلیه برای هر دو قطعه نشان داده شده در شکل های الف-۴-الف و الف-۴-ب

ولتاژ آستانه [V] بدست آمده از نمودارهای شکل الف-۴-پ	تحرک پذیری موثر فیلم نازک با دوپ نوع P [cm^2/Vs]	$V_g = -25$ V
۳/۱	۳/۰ × ۱۰$^{-۳}$	بدون دوپ کردن
-۱/۵	۲/۴ × ۱۰$^{-۲}$	با دوپ کردن

شکل الف-۴ اثر دوپ کردن در محدوده ناحیه تماس در OTFTs پنتاسنی با ساختار گیت زیری، تماس زیری (BGBC)

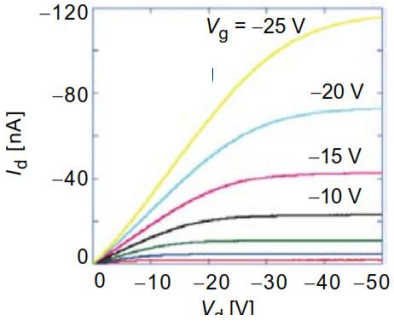
قرمز -بدون دوپ کردن

آبی – با دوپ کردن



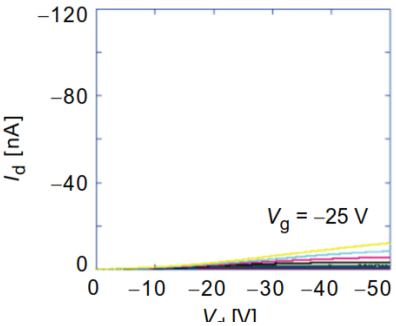
پ) منحنی‌های جریان تخلیه، ولتاژ گیت برای هر دو قطعه نشان داده شده در شکل-های الف-

با دوپ کردن



ب) منحنی‌های جریان تخلیه، ولتاژ تخلیه برای BGBC OTFT الیگوتیوفنی با لایه‌های حامل دوپ شده

بدون دوپ کردن



الف) منحنی‌های جریان تخلیه، ولتاژ تخلیه برای BGBC OTFT الیگوتیوفنی بدون لایه‌های حامل دوپ شده

ولتاژ آستانه [V] بدست آمده از نمودارهای شکل الف–۵–پ	تحرک پذیری موثر فیلم نازک با دوپ نوع P [cm^2/Vs]	$V_g = -25$ V
۰/۱	۱/۴ × ۱۰$^{-۴}$	بدون دوپ کردن
۰/۸	۱/۳ × ۱۰$^{-۳}$	با دوپ کردن

شکل الف–۵ اثردوپ کردن در محدوده ناحیه تماس در OTFTs الیگوتیوفنی با ساختار گیت زیری، تماس رویی (BGBC)

کتاب‌نامه

[1] Y. G. SEOL, N.-E. LEE, S. H. PARK, J. Y. BAE, *"Improvement of mechanical and electrical stabilities of flexible organic thin film transistor by using adhesive organic interlayer"*, Organic Electronics, Vol. 9, 413-417 (2008).

[2] J. LI, X.-W. ZHANG, L. ZHANG, K.Ul-HAQ, X.-Y. JIANG, W.-Q. ZHU, Z.-L. ZHANG, *"Improving organic transistor performance through contact-area-limited doping"*, Solid State Communications. Vol. 149, 1826-1830 (2009).

[3] R. SCHROEDER, L. A. MAJEWSKI, M. GRELL, *"Improving organic transistor performance with Schottky contacts"*, Applied Physics Letters, Vol. 84, 1004-1006 (2004).

[4] K. FUJIMORI, K. SHIGETO, T. HAMANO, T. MINARI, T. MIYADERA, K. TSUKAGOSHI,Y. AOYAGI, *"Current transport in short channel top-contact pentacene field-effect transistors investigated with the selective molecular doping technique"*, Applied Physics Letters, Vol. 90, 193507 (2007).

[5] S. P. TIWARI, W. J. POTSCAVAGE Jr., T. SAJOTO, S. BARLOW, S. R. MARDER, B. KIPPELEN, *"Pentacene organic field-effect transistors with doped electrodesemiconductor contacts"*,Organic Electronics,Vol.11, 860-863 (2010).

[6] Y. ISHIKAWA, Y. WADA, T. TOYABE, *"Origin of characteristics differences between top and bottom contact organic thin film transistors"*, Journal of Applied Physics, Vol. 107, 053709 (2010).

[7] Y. WAKATSUKI, K. NODA, Y. WADA, T. TOYABE, K. MATSUSHIGE, *"Molecular doping effects in bottom-gate, bottom-contact pentacene thin-film transistors"*, Journal of Applied Physics, Vol. 110, 054505 (2011).