

۲۰۶۶۳۹۸

بسم الله الرحمن الرحيم

مرجع سنسورهای مدرن

مبانی، طراحی و کاربرد

گردآورنده:

جیگوب فرادی

مترجمین:

احمد ایزدی

حسین ناجی

سرشناسه	فرادن، جیکوب؛ Fraden, Jacob
عنوان و نام پدیدآور	مرجع سنسورهای مدرن-مبانی، طراحی و کاربرد/ جیکوب فرادن؛ مترجمین: احمد ایزدی، حسین ناجی؛ به اهتمام معاونت تحقیقات و فناوری سازمان صنایع دریایی.
مشخصات نشر	تهران: گلشنج، ۱۳۹۸
مشخصات ظاهری	۶۳۶ ص؛ مصور، جدول، نمودار
شابک	۹۷۸-۶۰۰-۹۸۵۸۰-۸-۸
وضعیت فهرست نویسی	فیا
یادداشت	عنوان اصلی: Handbook of modern sensors- physics, design, and applications 3rd ed, c2004
یادداشت	کتابنامه
موضوع	آشکارسازها، مدارهای رابط — دستنامه‌ها،
موضوع	Detectors, Interface circuits – Handbook, manuals, etc :
شناسه افزه	ایزدی، احمد، ۱۳۵۰، مترجم
شناسه افزوده	ناجی، حسین، ۱۳۴۷، مترجم
شناسه افزوده	سازمان صنایع دریایی
رده‌بندی کنگره	TA ۱۱۱
رده‌بندی دیویی	۶۲۱/۲
شماره کتابشناسی ملی	۵۹۰۳۱۱



پست الکترونیک:

nashrgolsanj@gmail.com

تلفکس: ۰۲۱۲۶۷۵۰۸۲۸

موبایل: ۰۹۱۲۰۷۲۷۴۰۶

تلگرام: <https://t.me/GOLSANJ>

مرجع سنسورهای مدرن

مبانی، طراحی و کاربرد

توسط: جیکوب فرادن

مترجمین: احمد ایزدی، حسین ناجی

ناشر: گلشنج

چاپ اول

۵۰۰ نسخه

۱۳۹۸ ه. ش.

قیمت: ۱۰۰،۰۰۰ تومان



کلیه حقوق و تکالیف این اثر متعلق به سازمان صنایع دریایی است.

پیشگفتار

شرایط و تحولات سریع در دنیای امروز، چالش‌های فراوانی را بر سر راه توسعه همه سازمان‌ها قرار داده است. با توجه به رشد فزاینده‌ی علم و فناوری در دنیا، به نظر می‌رسد جایگاه پژوهش روز به روز برجسته‌تر می‌شود. هرچه سیستم‌ها به سمت پیچیدگی بیشتر می‌روند نقش اطلاعات و دانش مرتبط، کلیدی‌تر و حیاتی‌تر می‌شود به طوری که ثبت و انتشار دانش همگام با اکتساب فناوری‌های مورد نیاز در چرخه‌های تحقیق و توسعه و پژوهش‌های سازمانی از اهمیت فراوانی برخوردار شده است.

سازمان صنایع دریایی در چارچوب وسایف سازمانی خود در حوزه مدیریت دانش می‌کوشد تا نتایج پژوهش‌های علمی چند ساله محققان، پروژه‌سگران توانای این سازمان و نیز کتب اصلی دانش‌های مرتبط با فعالیت سازمان را بر اساس اولویت‌های تعیین شده در قالب کتاب‌های تخصصی چاپ و منتشر کند تا قابلیت بهره‌برداری بیشتر و بهتر آن‌ها فراهم گردد. کتاب حاضر حاصل تلاش و همت جمعی همکارانمان در دفاتر طراحی و مراکز توسعه فناوری سازمان می‌باشد. امیدوارم ثمره این تلاش برای همه محققان این حوزه مفید واقع شود.

رییس سازمان صنایع دریایی
دریادار مهندس امیر رستگاری

فهرست مطالب

۱۱	۱- مقدمه‌ای بر سنسورها
۱۱	۱-۱- سنسورها: سیگنال‌ها و سیستم‌ها
۱۵	۲-۱- دسته‌بندی سنسورها
۱۵	۱-۲-۱- فعال و غیرفعال
۱۵	۲-۲-۱- مطلق و وابسته
۱۷	۳-۱- واحدهای اندازه‌گیری
۱۹	۲- خصوصیات سنسور
۱۹	۱-۲- تابع انتقال
۲۱	۲-۲- گستردگی (ورودی مقیاس کامل)
۲۲	۳-۲- خروجی مقیاس کامل
۲۳	۴-۲- دقت
۲۴	۵-۲- کالیبره کردن
۲۶	۶-۲- خطای کالیبراسیون
۲۷	۷-۲- هیستریزیس
۲۸	۸-۲- خطای غیرخطی
۳۰	۹-۲- اشباع
۳۰	۱۰-۲- قابلیت تکرار
۳۱	۱۱-۲- نوار مرده
۳۱	۱۲-۲- رزولوشن
۳۲	۱۳-۲- ویژگیهای خاص
۳۲	۱۴-۲- امیدانس خروجی
۳۳	۱۵-۲- محرک
۳۳	۱۶-۲- خصوصیات دینامیکی
۳۷	۱۷-۲- عوامل محیطی
۴۰	۱۸-۲- قابلیت اطمینان
۴۳	۱۹-۲- مشخصات کاربردی
۴۳	۲۰-۲- خطای تخمینی

۴۷	۳ اصول فیزیکی حسگری
۴۸	۳-۱-۱ بار، میدان و پتانسیل الکتریکی
۵۵	۳-۲-۳ خازن
۵۷	۳-۲-۳-۱ ظرفیت خازن
۵۸	۳-۲-۳-۲ ثابت دیالکتریک
۶۲	۳-۳ مغناطیس
۶۵	۳-۳-۱ قانون فاراد
۶۶	۳-۳-۲ سولنوئید
۶۷	۳-۳-۳ شتابده چنبری (Troid)
۶۸	۳-۳-۴ آد. بای دائمی
۶۹	۳-۴ القا
۷۲	۳-۵ مقاومت
۷۴	۳-۵-۱ مقاومت بره
۷۶	۳-۵-۲ حساسیت دما
۷۹	۳-۵-۳ حساسیت کشش
۸۱	۳-۵-۴ حساسیت به رطوبه
۸۲	۳-۶ اثر پیزوالکتریک
۸۸	۳-۶-۱ لایه‌های پیزوالکتریک
۹۴	۳-۷ اثر پیروالکتریک
۱۰۱	۳-۸ اثر هال
۱۰۵	۳-۹ اثرات زیگ و پلیر
۱۱۱	۳-۱۰ امواج صوتی
۱۱۴	۳-۱۱ خواص دمایی و حرارتی مواد
۱۱۵	۳-۱۱-۱ مقیاس‌های دما
۱۱۷	۳-۱۱-۲ انبساط حرارتی
۱۱۹	۳-۱۱-۳ ظرفیت گرمایی
۱۲۰	۳-۱۲ انتقال گرما
۱۲۰	۳-۱۲-۱ رسانش گرمایی
۱۲۳	۳-۱۲-۲ همرفت گرمایی
۱۲۴	۳-۱۲-۳ تشعشع گرمایی
۱۳۴	۳-۱۳ نور
۱۳۷	۳-۱۴ مدل‌های دینامیکی المان‌های سنسوری
۱۳۸	۳-۱۴-۱ المان‌های مکانیکی
۱۴۰	۳-۱۴-۲ عناصر گرمایی
۱۴۲	۳-۱۴-۳ المان‌های الکتریکی
۱۴۳	۳-۱۴-۴ مقایسه

۱۴۵.....	۴ اجزای نوری سنسورها.....
۱۴۷.....	۴-۱- پرتو سنجی.....
۱۵۲.....	۴-۲- نورسنجی.....
۱۵۵.....	۴-۳- پنجره.....
۱۵۷.....	۴-۴- آینه‌ها.....
۱۶۰.....	۴-۵- عدسی‌ها.....
۱۶۱.....	۴-۶- عدسی‌های فرستل.....
۱۶۴.....	۴-۷- فیبر نوری و موج بر.....
۱۶۸.....	۴-۸- متمرکز کننده.....
۱۷۰.....	۴-۹- روکش گذاری به منظور جذب گرما.....
۱۷۱.....	۴-۱۰- مدولاتورهای صوتی-نوری و الکترو-نوری.....
۱۷۳.....	۴-۱۱- مدولاتور، یون فبر نوری انتروفومتر (تداخل سنج).....
۱۷۵.....	۵ مدارهای اکتیو یکپا واسط.....
۱۷۵.....	۵-۱- مشخصه برداری مدارهای واسط.....
۱۸۰.....	۵-۲- تقویت کننده‌ها.....
۱۸۱.....	۵-۲-۱- تقویت کننده‌های ولتاژی.....
۱۸۴.....	۵-۲-۲- ولتاژ فالوور.....
۱۸۵.....	۵-۲-۳- تقویت کننده کاربردی.....
۱۸۷.....	۵-۲-۴- تقویت کننده‌های شارژی.....
۱۹۰.....	۵-۳- مدارهای تحریک.....
۱۹۱.....	۵-۳-۱- منابع جریان.....
۱۹۵.....	۵-۳-۲- مراجع ولتاژ.....
۱۹۷.....	۵-۳-۳- نوسان سازها.....
۲۰۱.....	۵-۳-۴- درایورها.....
۲۰۲.....	۵-۴- مبدل‌های آنالوگ به دیجیتال.....
۲۰۲.....	۵-۴-۱- مفهوم پایه.....
۲۰۴.....	۵-۴-۲- مبدل‌های V/F.....
۲۰۹.....	۵-۴-۳- مدل دو شیبه (Dual-Slope).....
۲۱۲.....	۵-۴-۴- مدل تقریب-متوالی.....
۲۱۳.....	۵-۴-۵- افزایش رزولوشن.....
۲۱۴.....	۵-۵- پردازش و دیجیتالی کردن به روش مستقیم.....
۲۱۸.....	۵-۶- مدارهای تناسبی.....
۲۲۱.....	۵-۷- مدارهای پل.....
۲۲۲.....	۵-۷-۱- پل نامتعادل.....
۲۲۴.....	۵-۷-۲- مدار پل تعادل-خشی.....
۲۲۴.....	۵-۷-۳- جبران سازی دمایی پل مقاومتی.....
۲۳۰.....	۵-۷-۴- تقویت کننده‌های پل.....

۲۳۱	۵-۸- انتقال داده
۲۳۱	۵-۸-۱- انتقال دو سیمه
۲۳۲	۵-۸-۲- انتقال چهار سیمه
۲۳۴	۵-۸-۳- تشخیص شش سیمه
۲۳۴	۵-۹- نویز در سنسورها و مدارها
۲۳۵	۵-۹-۱- نویز ذاتی
۲۳۸	۵-۹-۲- نویز انتقالی
۲۴۳	۵-۹-۳- شیلدگذاری الکتریکی
۲۴۶	۵-۹-۴- خازنهای بایاس (کنارگذر)
۲۴۷	۵-۹-۵- شیلدگذاری مغناطیسی
۲۵۰	۵-۹-۶- نویز جانیکی
۲۵۰	۵-۹-۷- صفحات زمین
۲۵۱	۵-۹-۸- حلقه‌های زمین / رولاسیون زمین
۲۵۳	۵-۹-۹- نویز زیگ
۲۵۵	۵-۱۰- باتری‌ها در سنسورها - کم مصرف
۲۵۶	۵-۱۰-۱- باتریهای اولیه
۲۵۷	۵-۱۰-۲- سلولهای ثانویه
۲۵۹	۶- آشکارسازهای حرکتی و چشمی‌ها
۲۶۱	۶-۱- سنسورهای فراصوت
۲۶۱	۶-۲- آشکارسازهای ماکروویو
۲۶۶	۶-۳- چشمی‌های خازنی
۲۷۰	۶-۴- آشکارساز تریبو الکتریک (الکتریسته ساکن ناشی از اصطکاک)
۲۷۲	۶-۵- آشکارساز حرکتی اپتوالکتریک
۲۷۴	۶-۵-۱- ساختار سنسور
۲۷۸	۶-۵-۲- آشکارسازهای حرکتی نوری مرئی و مادون قرمز
۲۷۹	۶-۵-۳- آشکارسازهای حرکتی مادون قرمز دور
۲۸۹	۷ موقعیت، جابه جایی و ارتفاع
۲۹۰	۷-۱- سنسورهای پتانسیل سنج
۲۹۳	۷-۲- سنسورهای گراشی
۲۹۵	۷-۳- سنسورهای خازنی
۲۹۹	۷-۴- سنسورهای القایی و مغناطیسی
۳۰۰	۷-۴-۱- LVDT و RVDT
۳۰۲	۷-۴-۲- سنسور جریان گردابی
۳۰۳	۷-۴-۳- سنسور القایی متقاطع
۳۰۴	۷-۴-۴- سنسورهای اثر هال
۳۰۹	۷-۴-۵- سنسورهای مغناطیسی - مقاومتی
۳۱۳	۷-۴-۶- آشکارساز مگنتوستریکتیو

۳۱۴	۵-۷- سنسورهای نوری
۳۱۵	۷-۵-۱- پل نوری
۳۱۶	۷-۵-۲- آشکارساز مجاورتی توسط نور قطبیده
۳۱۷	۷-۵-۳- سنسورهای فیبر نوری
۳۱۸	۷-۵-۴- سنسورهای Fabry-Perot
۳۲۱	۷-۵-۵- سنسورهای شبکه‌ای
۳۲۳	۷-۵-۶- سنسورهای نوری خطی (PSD)
۳۲۸	۷-۶- سنسورهای مافوق صوت
۳۳۰	۷-۷- سنسورهای راداری
۳۳۰	۷-۷-۱- رادار ضربیه‌ای کم توان
۳۳۲	۷-۷-۲- رادار نفوذی-زمینی
۳۳۵	۷-۸-۱- سنسورهای سنج و ضخامت
۳۳۵	۷-۸-۱-۱- سنسورهای فرسایشی
۳۳۷	۷-۸-۲- سنسورهای لایه-نازک
۳۳۸	۷-۸-۳- سنسورهای سطح-مار
۳۴۲	۸- سرعت و شتاب
۳۴۴	۸-۱- ویژگی‌های شتاب سنج
۳۴۷	۸-۲- شتاب‌سنج‌های خازنی
۳۴۹	۸-۳- شتاب سنج مقاومتی
۳۵۰	۸-۴- شتاب سنج پیزوالکتریک
۳۵۱	۸-۵- شتاب سنج گرمایی
۳۵۱	۸-۵-۱- شتاب سنج صفحه-داغ شده
۳۵۳	۸-۵-۲- شتاب سنج با گاز داغ شده
۳۵۵	۸-۶- ژيروسکوپ
۳۵۵	۸-۶-۱- ژيروسکوپ چرخان
۳۵۷	۸-۶-۲- ژيروسکوپ سیلیکونی یکپارچه
۳۶۰	۸-۶-۳- ژيروسکوپ نوری
۳۶۲	۸-۷- کابل پیزوالکتریک
۳۶۶	۹- سنسورهای لمسی و سنسورهای کششی و سنسورهای نیرو
۳۶۸	۹-۱- استرین گیج
۳۷۰	۹-۲- سنسورهای لمسی
۳۷۷	۹-۳- سنسور نیروی پیزوالکتریک
۳۸۱	۱۰- سنسورهای فشار
۳۸۱	۱۰-۱- مفهوم فشار
۳۸۳	۱۰-۲- واحدهای فشار
۳۸۳	۱۰-۳- سنسورهای فشار جیوه ای
۳۸۴	۱۰-۴- غشاء و لوله‌های باریک و صفحات نازک

۳۸۷	۵-۱۰- سنسورهای پیزورزیستیو
۳۹۳	۶-۱۰- سنسورهای خازنی
۳۹۴	۷-۱۰- سنسورهای VRP
۳۹۶	۸-۱۰- سنسورهای نوری-الکتریکی
۳۹۷	۹-۱۰- سنسورهای خلأ
۳۹۸	۱-۹-۱۰- گیج پیرانی
۴۰۰	۲-۹-۱۰- گیج یونیزاسیون
۴۰۱	۳-۹-۱۰- گیج گازی وقفه ای
۴۰۳	۱۱- سنسورهای جریان
۴۰۳	۱-۱۱- مقدمه
۴۰۶	۲-۱۱- تکنیک فشر شیب
۴۰۷	۳-۱۱- سنسورهای انتقال، م.ا
۴۱۳	۴-۱۱- سنسورهای فونوتی
۴۱۶	۵-۱۱- سنسورهای الکتریکی سطحی
۴۱۸	۶-۱۱- سنسورهای جریان می-رو
۴۲۰	۷-۱۱- سنسور هوا
۴۲۲	۸-۱۱- سنسورهای جریان جرم کوریولیس
۴۲۴	۹-۱۱- سنسورهای جریان نیروی کشش
۴۲۷	۱۲- سنسورهای آکوستیک
۴۲۸	۱-۱۲- میکروفن‌های مقاومتی
۴۲۸	۲-۱۲- میکروفن‌های کندانسور
۴۳۰	۳-۱۲- میکروفن‌های فایبر-نوری
۴۳۲	۴-۱۲- میکروفن‌های پیزوالکتریک
۴۳۳	۵-۱۲- میکروفن‌های عایق
۴۳۶	۶-۱۲- تشخیص دهنده‌های آکوستیک حالت جامد
۴۴۱	۱۳- سنسورهای رطوبتی
۴۴۱	۱-۱۳- مفهوم رطوبت
۴۴۴	۲-۱۳- سنسورهای خازنی
۴۴۸	۳-۱۳- سنسورهای رسانای الکتریکی
۴۵۰	۴-۱۳- سنسورهای رسانای گرمایی
۴۵۱	۵-۱۳- هیگرومتر نوری
۴۵۳	۶-۱۳- هیگرومترهای نوسانی
۴۵۵	۱۴- تشخیص دهنده‌های نور
۴۵۵	۱-۱۴- مقدمه
۴۵۹	۲-۱۴- فوتودیود
۴۶۷	۳-۱۴- فوتوترانزیستور
۴۷۰	۴-۱۴- فوتورزیستور

۴۷۳	۵-۱۴- تشخیص دهنده‌های سرد شده
۴۷۶	۶-۱۴- تشخیص دهنده‌های گرمایی
۴۷۷	۱۴-۶-۱- سلول‌های گوالی
۴۷۸	۱۴-۶-۲- سنسورهای پیل حرارتی
۴۸۱	۱۴-۶-۳- سنسورهای پایروالکتریک
۴۸۶	۱۴-۶-۴- بالومتر
۴۸۹	۱۴-۶-۵- سنسورهای فعال در طیف دور از مادون قرمز
۴۹۲	۱۴-۷- تشخیص دهنده‌های شعله گاز
۴۹۵	۱۵- تشخیص دهنده‌های تابشی
۴۹۶	۱۵-۱- تشخیص دهنده‌های درخشنده
۵۰۰	۱۵-۲- تشخیص دهنده‌های یونیزاسیون
۵۰۰	۱۵-۲-۱- محفظه‌های یونیزاسیون
۵۰۱	۱۵-۲-۲- نطفه‌های متناسب
۵۰۲	۱۵-۲-۳- شمارنده‌های گیت
۵۰۴	۱۵-۲-۴- تشخیص دهنده‌های نیمه‌رسانا
۵۰۹	۱۶- سنسورهای دما
۵۱۴	۱۶-۱- سنسورهای مقاومت گرم
۵۱۴	۱۶-۱-۱- تشخیص دهنده‌های دما مقاومی
۵۱۷	۱۶-۱-۲- سنسورهای سیلیکونی مقاومی
۵۱۹	۱۶-۱-۳- ترمیستورها
۵۲۵	۱۶-۲- سنسورهای تماسی ترموالکتریک
۵۲۶	۱۶-۲-۱- قانون ترموالکتریک
۵۳۸	۱۶-۲-۲- ترموکوپل‌های مداری
۵۴۰	۱۶-۲-۳- مجموعه‌های ترموکوپل
۵۴۲	۱۶-۳- سنسورهای نیمه‌رسانای با اتصال P-N
۵۴۶	۱۶-۴- سنسورهای دمایی نوری
۵۴۷	۱۶-۴-۱- سنسورهای فلورواتیک
۵۴۸	۱۶-۴-۲- سنسورهای اینترفرومتریک
۵۴۹	۱۶-۴-۳- سنسورهای ترموکرمیک
۵۵۰	۱۶-۵- سنسور دمایی آکوستیک
۵۵۱	۱۶-۶- سنسورهای دمایی پیزوالکتریک
۵۵۵	۱۷- سنسورهای شیمیایی
۵۵۶	۱۷-۱- ویژگی‌های سنسورهای شیمیایی
۵۵۶	۱۷-۲- مشکلات خاص
۵۵۸	۱۷-۳- دسته‌بندی مکانیزم‌های حس کردن - شیمیایی
۵۵۹	۱۷-۴- سنسورهای مستقیم
۵۶۰	۱۷-۴-۱- سنسورهای شیمیایی اکسید-فلز

۵۶۱.....	۱۷-۴-۲- FET شیمیایی
۵۶۲.....	۱۷-۴-۳- سنسورهای الکتروشیمیایی
۵۶۴.....	۱۷-۴-۴- سنسورهای پتانسیومتری
۵۶۵.....	۱۷-۴-۵- سنسورهای کانداکtomتری
۵۶۶.....	۱۷-۴-۶- سنسورهای آمپرومتری
۵۶۸.....	۱۷-۴-۷- سنسورهای گاز تحریک کننده بهبود یافته
۵۷۰.....	۱۷-۴-۸- مقاومت های شیمیایی کشسان
۵۷۱.....	۱۷-۵-۵- سنسورهای پیچیده
۵۷۱.....	۱۷-۵-۱- سنسورهای گرمایی
۵۷۳.....	۱۷-۵-۲- سنسورهای تحریک شونده پلیستری
۵۷۳.....	۱۷-۵-۳- سنسورهای شیمیایی نوری
۵۷۶.....	۱۷-۵-۴- ردیاب جرم
۵۷۹.....	۱۷-۵-۵- سنسورهای بیونی
۵۸۰.....	۱۷-۵-۶- سنسورهای آرایشی
۵۸۰.....	۱۷-۶-۶- سنسورهای شیمیایی فعال، رازهای اندازه گیری
۵۸۳.....	۱۷-۶-۱- شیمی سنجی
۵۸۵.....	۱۷-۶-۲- آرایه های چند سنسوری
۵۸۵.....	۱۷-۶-۳- دماغه های الکتریکی (سنسورهای بویایی)
۵۸۹.....	۱۷-۶-۴- فرآیند استفاده از شبکه های مصنوعی برای پردازش دماغه های الکتریکی
۵۹۲.....	۱۷-۶-۵- سنسورهای شیمیایی هوشمند
۵۹۵.....	۱۸ مواد و فناوری های سنسور
۵۹۵.....	۱۸-۱-۱- مواد
۵۹۵.....	۱۸-۱-۱-۱- سیلیکون به عنوان ماده حس کننده
۵۹۹.....	۱۸-۱-۲- پلاستیک ها
۶۰۴.....	۱۸-۱-۳- فلزات
۶۰۶.....	۱۸-۱-۴- سرامیک ها
۶۰۷.....	۱۸-۱-۵- شیشه ها
۶۰۸.....	۱۸-۲- برداخت سطح
۶۰۸.....	۱۸-۲-۱- ترکیب قلع و صفحات نازک و ضخیم
۶۰۸.....	۱۸-۲-۲- روش ذوب- دوران
۶۰۹.....	۱۸-۲-۳- خالص
۶۱۰.....	۱۸-۲-۴- روش کاند پرانی
۶۱۰.....	۱۸-۲-۵- روش نشست بخار شیمیایی
۶۱۱.....	۱۸-۳- نانو فناوری
۶۱۲.....	۱۸-۳-۱- فوتولیتوگرافی
۶۱۳.....	۱۲-۳-۲- میکرو ماشین کردن سیلیکون
۶۱۹.....	پیوست ها