بسمه تعالی

گزارش مقاله

Body-Implantable RFID Tags Based on Ormocer Printed Circuit Board Technology

نام دانشجو : سعید سبحانی نژاد

نام استاد : خانم دکتر جاسبی

رشته و گرایش : مهندسی کامپیوتر - معماری سیستم‌های کامپیوتری

مقطع : دکتری تخصصی

درس : مفاهیم ویژه در معماری کامپیوتر۱

پاییز ۱۳۹۹

تعریف مسئله و هدف اصلی مقاله:

سوال اصلی مطرح شده در مقاله چیست؟

در این مقاله هدف اصلی در بعد پیشرفت در حوزه پزشکی و بیومدیکال می‌باشد دستگاه‌های قابل جایگذاری گوناگونی برای برآورده ساختن نیازهای مختلف فیزیولوژیک، زیست‌دارویی، یا فیزیکی برای درمان، مراقبت و پایش وضعیت ساخته شده‌اند. به علت کارکردها و مشخصات متنوع این دستگاه‌های قابل جایگذاری،لازم بوده است که مواد، ساختارها، و قطعات الکترونیکی گوناگونی طراحی و ساخته شوند. با این حال، یکی از چالش‌های مشترک در ساخت دستگاه‌های قابل جایگذاری سازگاری زیستی مواد در بافت‌های بدن انسان است که در این مقاله سوال اصلی نحوه کارکرد تگ‌های RFID بر اساس تکنولوژی مدار چاپی اورموسر در بدن می‌باشد.

چه مشکلی باید برطرف شود؟

دستگاه‌های قابل جایگذاری مدرنی که برای اهدف معین ساخته و کارکردهای الکترونیکی پیچیده دارند به بردهای مدار چاپی (PCB) برای تکمیل سیستم نیاز دارند. اما این فناوری با محیط داخل بدن سازگار نیستند که از این رو در این مقاله به این بحث پرداخته شده است که این مدارات و دستگاه‌ها را با موادی که در این مقاله مورد بررسی قرار گرفته شده است طراحی و آزمایش شود که مشکل سازگاری تگ‌ها در داخل بدن حل شود .

چه ضرورتی برای مطرح شدن مسئله است؟

در حال حاضر برای تشخیص بیماری‌ها ما نیازمند اطلاعات جامع و دقیقی از وضعیت بیمار و حال جسمی بیمار می‌باشیم و یا حتی برای پیشگیری به بیماری و تحقیقات پزشکی اطلاعات جامع و دقیقی نیاز است که با استفاده از فناوری‌های جدید و دستگاه‌های قابل جایگذاری در بدن این اطلاعات به صورت دقیق و جامع گردآوری می‌شود که مورد استفاده قرار بگیرد از این رو به درستی کار کردن دستگاه‌ها اهمیت زیادی دارد که با ساختن دستگاه‌هایی که در بدن انسان اطلاعات مهمی ارسال کنند حائز اهمیت بسیاری می‌باشد .

چه روشهایی قبلا برای این کار انجام شده؟

دستگاه‌های قابل جایگذاری زیادی با فناوری‌های زیادی ساخته شده‌اند که می‌توانند در محیط بدن انسان به خوبی کار کنند ولی در این مقاله از ماده اورموسر که چندین سال است که در صنعت دندان‌پزشکی استفاده می‌شود و نتایج سازگاری خوبی در بدن انسان در زمان‌های بلند مدت داده است استفاده شود و موجب دستگاه‌های سازگارتر در محیط بدن انسان شود.

روش پیشنهادی ارائه شده چیست؟

نخستین هدف این مقاله ارائه‌ی یک فناوری زیست‌سازگار PCB از اورموسر، یا به طور خاص اورموکامپ است. اورموسرها زیردسته‌ای از کوپولیمرهای زیست‌سازگار در بدن هستند که از سیلوکسان و مونومرهای ارگانیک ساخته می‌شوند. واژه Ormocer (organically modified ceramic technology) به معنی سرامیک مدیفاید شده ارگانیک است این مواد از ماتریکس کوپلیمری ارگانیک-غیرارگانیک و ذرات فیلر تشکیل شده‌اند

در این مقاله، اورموکامپ انتخاب شده است زیرا به سادگی در دسترس است و در ساخت میکرو دستگاه‌های مختلف مانند دستگاه‌های میکرو سیالی و چارچوب‌های رشد سلول از آن استفاده‌ی زیادی می‌شود. شفافیت نوری اورموکامپ امکان ساخت حسگرهای نوری را می‌دهد.

در این مقاله فرآیند ساخت تگ شناسایی فرکانس رادیویی نسل ۲ فرکانس فوق بالای (UHF) کد محصول الکترونیکی (EPC) مبتنی بر اورموسر که شامل یک آی سی کنترل و یک آنتن حلقه‌ای است را شرح می‌دهد. عملکرد RFID با قرار دادن تگ زیر پوست خوکچه و شناسایی موفق آن با RFID Reader نشان داده می‌شود. بازهٔ آشکارسازی و نشانگر شدت سیگنال دریافت (RSSI) اندازه‌گیری و با یک تگ تجاری مقایسه می‌شود.

توضیح راه حل پیشنهادی مقاله برای حل مسئله:

۱- ساخت تگ RFID اورموکامپ:

فرآیند ساخت تک RFID مبتنی بر اورموکامپ (یا هر دستگاه قابل جایگذاری در بدن مبتنی بر PCB اورموکامپ) را به پنج مرحلهٔ زیر می‌توان تقسیم کرد:

۱) آماده‌سازی یک زیرلایه‌ی اورموکامپ یا «ویفر»،

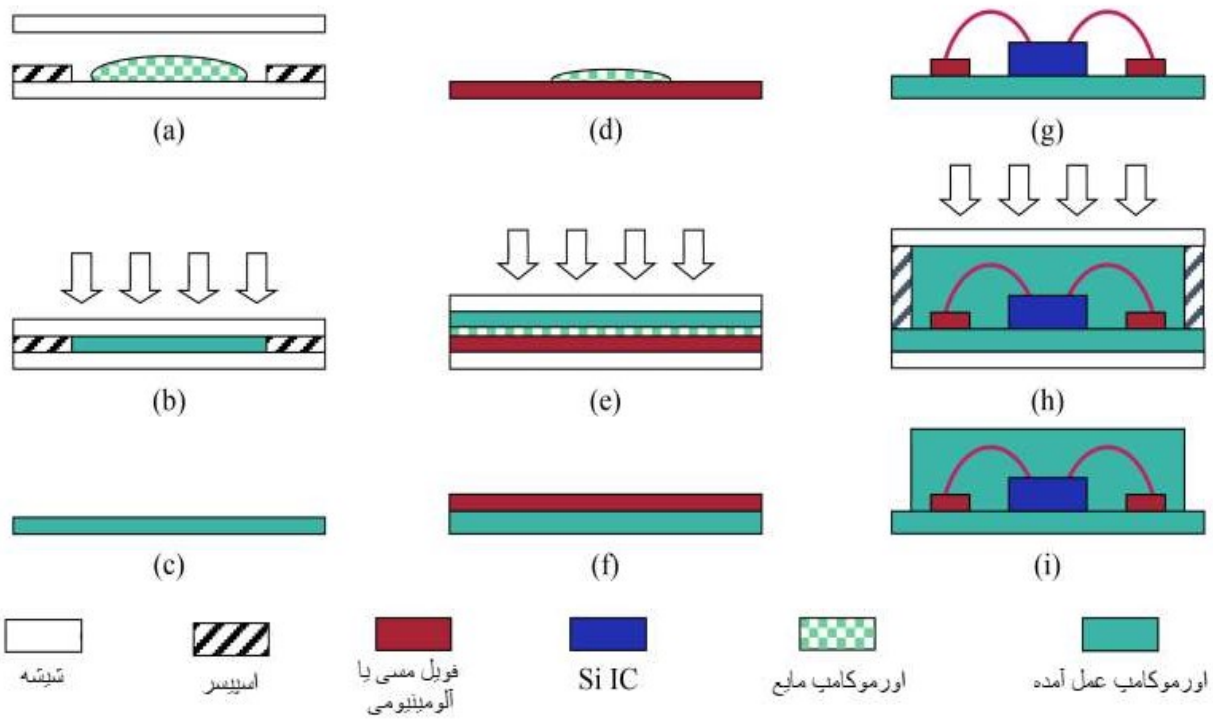
۲) لایه‌گذاری فلز مس یا آلومینیوم بر روی یک طرف یا هر دو طرف این زیرلایه،

۳) الگونشانی فلزی با استفاده از تکنیک‌های فوتولیتوگرافی سنتی،

۴) چسباندن قطعات الکترونیکی بر روی PCB اورموکامپ،

۵) و در نهایت، کپسوله کردن دستگاه در اورموکامپ برای اینکه سازگاری کامل زیستی ایجاد شود و جایگذاری در بدن ایمن باشد.

زیرلایه‌های اورموکامپ با قالب‌اندازی بین دو صفحهٔ شیشه‌ای آماده می‌شوند. نخست، صفحه‌های شیشه‌ای در محلول ۵٪ دی‌متیل‌دی‌کلروسیلان در تولوئن غوطه‌ور می‌شوند تا چسبندگی اورموکامپ آماده شده کاهش یابد. فرآیند تفصیلی ساخت PCB اورموکامپ بر اساس لایه‌نشانی در شکل نمایش داده شده است.



شکل۱) مراحل ساخت دستگاه قابل جایگذاری در بدن مبتنی بر PCB اورموکامپ

a) اورموکامپ مایع بین دو صفحه‌ی شیشه‌ای با اسپیسر μm ۲۵۰ پوشانده می‌شود تا ضخامت زیرلایه کنترل شود.

b) اورموکامپ مایع به مدت ۵ دقیقه، با استفاده از لامپ UVی LED در طول موج تقریباً nm ۴۰۰ عمل آورده می‌شود.

c) زیرلایه‌ی عمل آورده شده از صفحه‌های شیشه‌ای بیرون آورده می‌شود.

d) مقدار کمی اورموکامپ به فویل مسی با ضخامت µm ۲۵ یا فویل آلومینیموم با ضخامت µm ۱۵ افزوده می‌شود.

e) فویل Cu یا Al به زیرلایه‌ی اورموکامپ آماده شده در مرحله‌ی c بین صفحه‌های شیشه‌ای پرس می‌شود تا به وسیله‌ی عمل‌آوری UV برای اورموکامپ در مرحله‌ی d به مدت ۱ دقیقه فویل را بچسباند.

f) بستر روکش فلزی از صفحات شیشه جدا می شود.

g) ردهای هادی با فوتولیتوگرافی سنتی الگونشانی می‌شوند و اجزای الکترونیکی (مانند IC کنترل RFID) نصب و با سیم متصل می‌شوند.

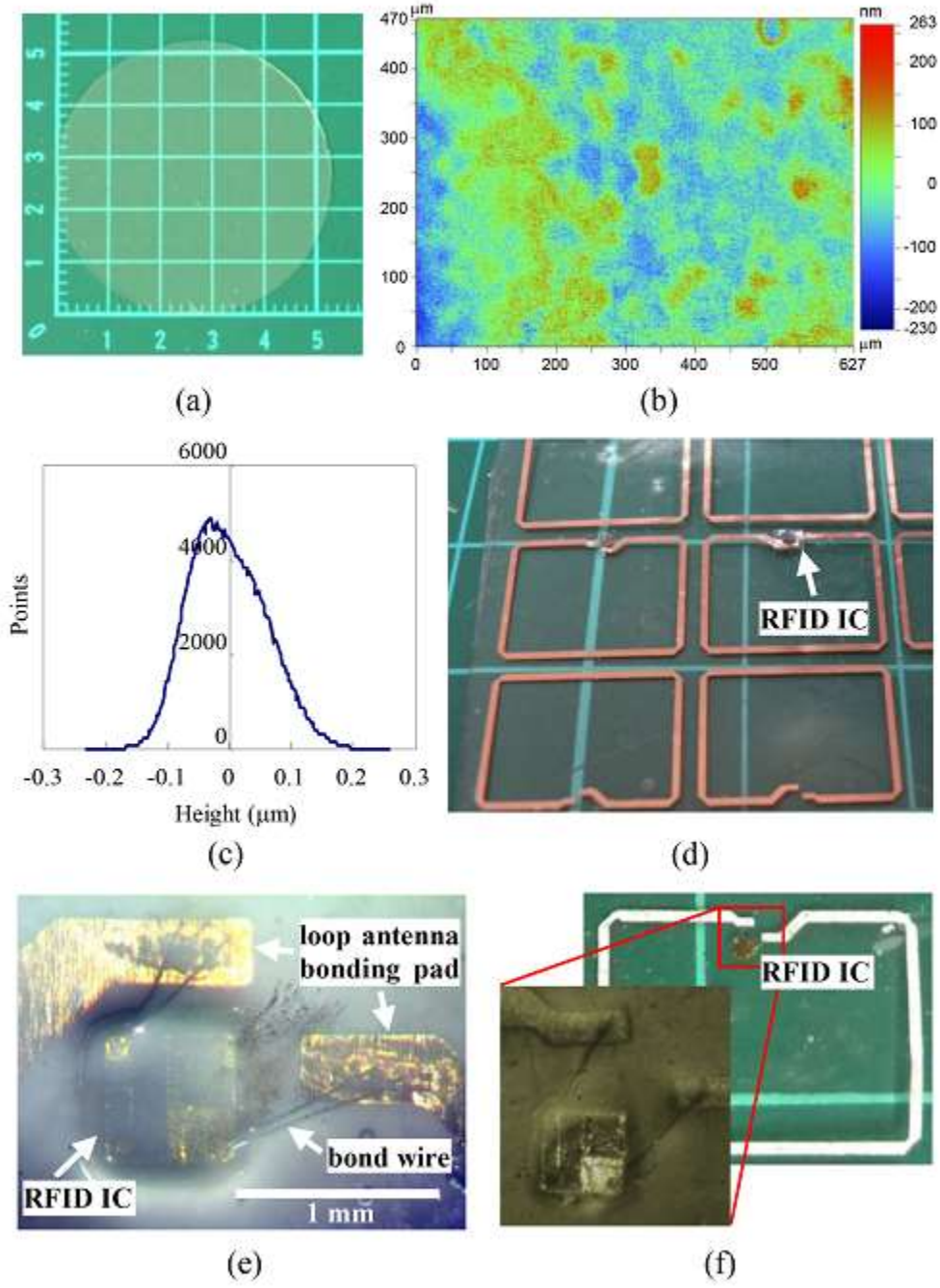
h) برای کپسوله کردن PCB اورموکامپ، اورموکامپ مایع در طرف اجزای PCB ریخته می‌شود و به مدت ۳ دقیقه به وسیله‌ی لامپ UV عمل آورده می‌شود.

i) سرانجام، PCB اورکامپ کپسول‌گذاری شده برای دستگاه‌های قابل جایگذاری در بدن به اندازه‌ی مناسب بریده می‌شود. لازم به اشاره است که با بریدن PCB در مرحله‌ی g می‌توان کپسوله کردن را در سطح دستگاه انجام داد.

۲- نتایج حاصل از آزمایش:

شکل ۲ زیرلایه‌ی اورموکامپ شفافی که آماده شده را نشان می‌دهد. که در شکل b نشان داده شده است، سختی زیرلایه‌های اورموکامپ عمل آمده توسط تداخل‌سنج نور سفید اندازه‌گیری شده است. هیستوگرام ارتفاع یک اندازه‌گیری نوعی در شکل c نشان داده شده است. مجذور میانگین ریشه‌ی دوم سختی سطحی R1 در موقعیت‌های گوناگون در حدود nm ۶۰-۳۰ است. شکل d الگوهای آنتن حلقه‌ای Cu را برای تگ‌های RFID بر روی زیرلایه نشان می‌دهد. شکل e میکروگراف یک IC کنترلگر RFID را نشان می‌دهد که با سیم به آنتن حلقه‌ای چسبانده شده و با اورموکامپ را پوشانده است. شکل f تگ مشابهی را بر اساس متالیزاسیون Al نشان می‌دهد؛ این شکل انعطاف‌پذیری فناوری PCB ساخته شده را نمایش می‌دهد. ملاحظه می‌شود که با استفاده از فیلم‌های فلزی

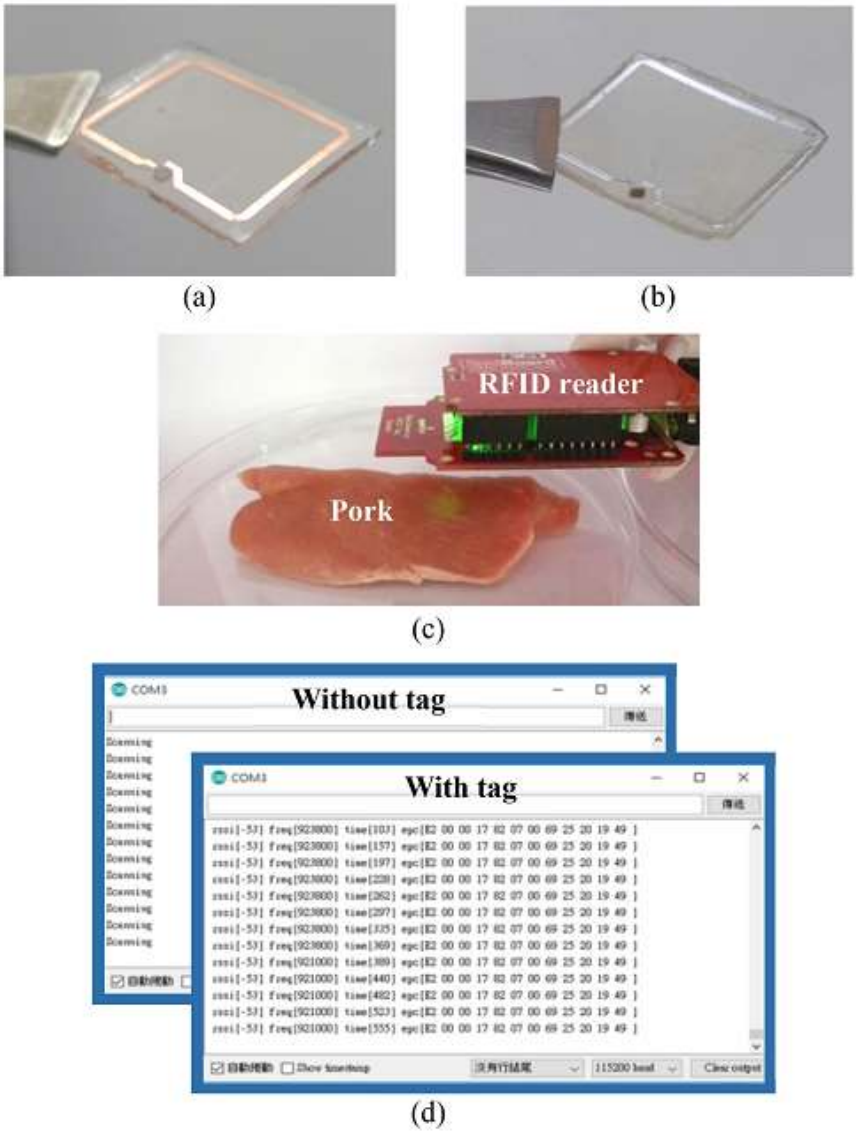
لایه‌نشانی شده نیز به متالیزاسیون می‌توان دست یافت. اما، در این مقاله از فویل‌های فلزی برای پایین آوردن هزینهٔ ساخت با هدف تجاری‌سازی در آینده استفاده شده است.



شکل ۲) دستگاه‌های اورموکامپ ساخته شده

شکل‌های ۳ a و b تگ‌های بریده شده و کپسول‌گذاری شده به ترتیب با فلز Cu و Al را نشان می‌دهند. این تگ‌های Gen 2 RFID سراسری EPC با اندازهٔ ۱۰ در ۱۲ میلی‌متر هستند. برای آزمایش عملکرد تگ RFID اورموکامپ، تگ زیر پوست خوکچه‌ای با ضخامت پوست ۵ میلی‌متر (ماهیچه و چربی) شکل c قرار داده شد تا تاثیر بافت بدن بررسی شود

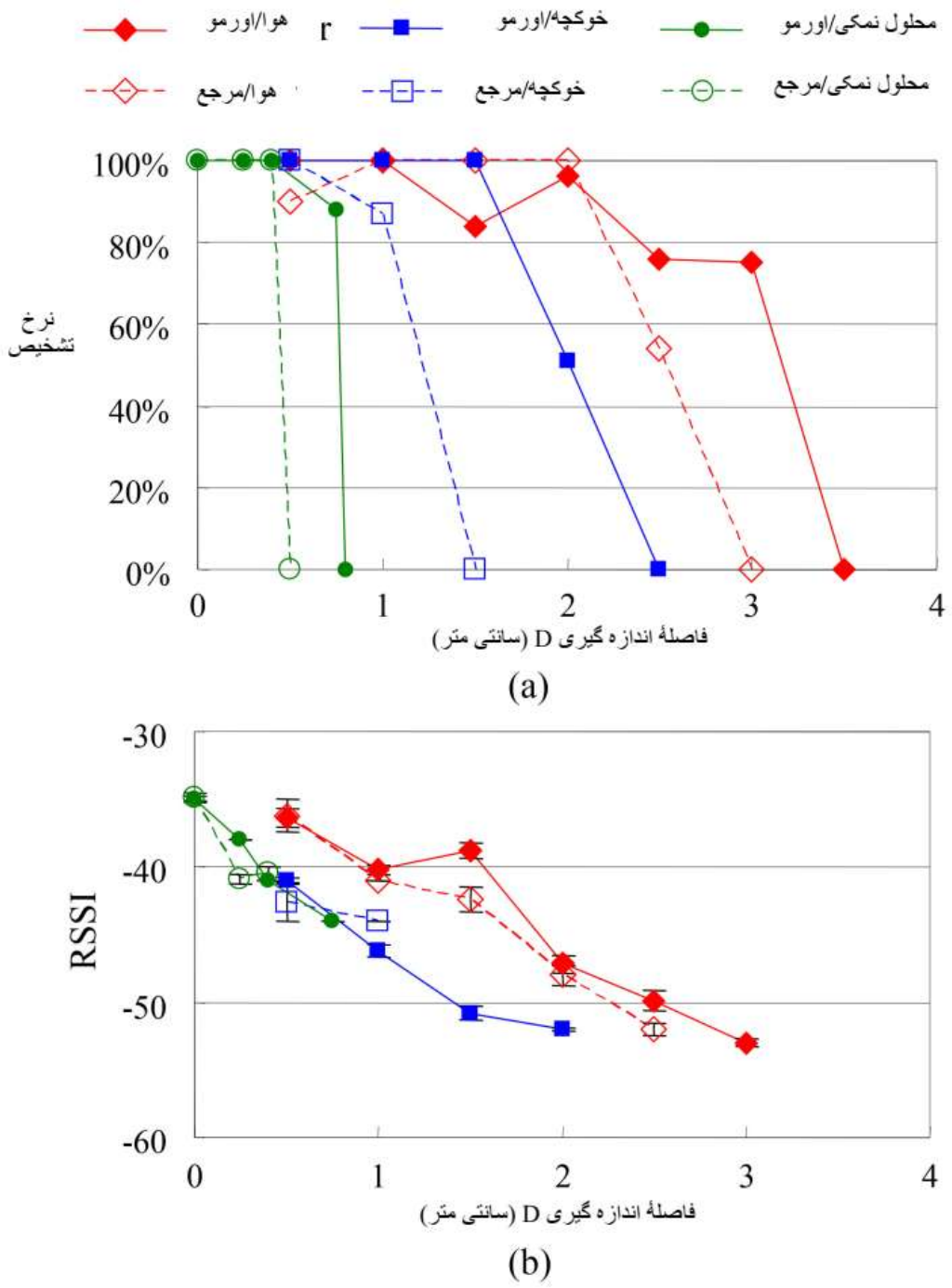
شکل d پیام‌های بدست آمده از RFID Reader با تگ و بدون تگ در زیر پوست را نشان می‌دهد. در این شکل به روشنی می‌توان دید که وقتی تگ وجود داشت جمع‌آوری با موفقیت انجام شد.



شکل ۳)بررسی تگ اورموکامپ

۳- بررسی آزمایش:

عملکرد تگ اورموکامپ ساخته شده با عملکرد تگ AZ 9613 تجاری مرجعی با همان آنتن حلقوی و IC موجود در RFID مقایسه شده است. تگ‌ها در رسانه‌های واسط مختلف (هوا، زیر پوست خوکچه، یا غوطه‌ور در محلول نمکی ۰/۹٪ ایزوتونیک) قرار داده شدند و RSSI و نرخ تشخیص موفق با توان اندازه‌گیری dBm ۵ در فواصل مختلف D اندازه‌گیری شدند و در شکل ۴ نمایش داده شده است. برای اندازه‌گیری در هوا، D فاصلهٔ بین Reader و تگ در نظر گرفته شده است. زیر پوست خوک، D ضخامت پوست در نظر گرفته شده است. در محلول نمکی، D عمق غوطه‌وری تگ در حالی که Reader در فاصلهٔ mm ۵ بالاتر از مایع نگه داشته شده بود در نظر گرفته شده است. بازهٔ تشخیص برای تگ اورموکامپ از هوا (cm ۳~) تا پوست خوکچه (cm ۲~) تا محلول نمکی (cm ۰/۷~) کاهش یافته است. این امر به دلیل افزایش رسانایی رسانه‌ی واسط است. آزمایش در محلول نمکی، که مدل مناسبی برای خون انسان است، نیز ویژگی ضد آب کپسول‌گذاری اورموکامپ را نشان می‌دهد. شکل ۴ نشان می‌دهد که تگ اورموکامپ بهتر از تگ مرجع عمل کرده است. به گمان ما دو علت احتمالی وجود دارد: ۱) حلقهٔ Cu در تگ ساخته شده رسانایی بهتر از حلقهٔ Al در تگ تجاری دارد، و ۲) اتصال IC به حلقه توسط سیم در تگ ساخته شده از چسب هادی در تگ تجاری استقامت بیشتری دارد.



شکل ٤) a) نرخ تشخیص موفق b) میانگین RSSI تگ اورموکامپ ساخته شده اورمو و تگ تجاری مرجع در رسانه‌های مختلف

نقاط قوت و ضعف مقاله:

این مقاله عملکرد خوبی در ساخت تگ‌ها با استفاده از مواد اورموکامپ که سالیان سال است در صنعت دندانپزشکی به عنوان کامپوننت های دندانی استفاده می‌شود و آزمون سازگاری این ماده در بدن را به خوبی پشت سر گذاشته است که این یک ایده جالب و نقطه قوتی در این بحث بوده است.

این تگ ساخته شده فقط با استفاده از یک تکه از بافت مرده خوک مورد آزمایش قرار گرفته است که بهتر بود در بافت زنده خوک و در مرحله بعد در بدن انسان به صورت آزمایش‌ها با دوره بلند مدت مورد استفاده قرار می‌گرفت که انجام نشدن این کار را می‌توان نقطه ضعف این پژوهش دانست.

جمع بندی و پیشنهادات برای کارهای آتی:

در این مقاله نشان می‌دهد که ساخت PCB مبتنی بر اورموکامپ که مشابه PCBهای معمولی است امکان‌پذیر می‌باشد. نشان داده شد که می‌توان تگ RFID قابل جایگذاری در بدن را با استفاده از فقط مواد سازگار در بدن ساخت. بر این مبنا، ساخت دستگاه‌های پیچیده‌تری که از ترکیب حسگر، فعال‌ساز، کنترلگر و فرستنده‌ی داده‌ها و ICهای انتقال توان نیز امکان‌پذیر است. اما هنوز در فناوری‌های کنونی وجود ندارد. خوشبختانه، این مقاله درها را برای ساخت دسته‌ی کاملاً جدیدی از دستگاه‌های قابل جایگذاری سازگار در بدن را باز می‌کند.

در آینده برای استفاده از این فناوری چالش‌هایی وجود دارد:

۱) در حال حاضر، زیرلایه‌ها و کپسول‌گذاری به وسیله‌ی قالب‌گیری ساخته می‌شوند. فرآیند خارج کردن از قالب اغلب موجب شکستگی یا لایه‌لایه شدن می‌شود.

۲) چسباندن زیرلایه‌های اورموکامپ با ورق‌های فلزی روش مناسبی است، اما برای تولید ارزان قیمت و پربازده باید چسبیدن به فویل‌های فلزی را بهبود داد.

شبیه سازی:

این مقاله با استفاده از پیاده‌سازی واقعی با استفاده از خوک مورد بررسی قرار گرفت و گزارشات جمع‌آوری شده و ارائه شده است.