بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مهندسی نساجی

بررسی تاثیر نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم و کربن مشکی بر خواص انعکاسی پارچه های پنبه/ نایلونی در طول موج های مرئی و مادون قرمز نزدیک

رساله دکترای شیمی نساجی و علوم الیاف

محمد خواجه مهریزی

اساتید راهنما:

دکتر سید مجید مرتضوی

پروفسور شادپور ملک پور

۱۳۹۰

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مهندسی نساجی

رساله دکترای رشته مهندسی شیمی نساجی و علوم الیاف آقای محمد خواجه مهریزی

تحت عنوان:

بررسی تاثیر نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم و کربن مشکی بر خواص انعکاسی پارچه های پنبه/ نایلونی در طول موج های مرئی و مادون قرمز نزدیک

در تاریخ ۹۰/۶/۲۳ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهائی قرار گرفت.

استاد راهنمای پایان نامه	دکتر سید مجید مرتضوی
استاد راهنمای پایان نامه	پروفسور شادپور ملک پور
استاد مشاور پایان نامه	دکتر سید منصور بیدکی
استاد داور	دکتر سید حسین امیرشاهی
استاد داور	دکتر محمد علی رضا مالک
استاد داور	دکتر حسین ایزدان
سرپرست تحصیلات تکمیلی	دکتر سعید آجلی

تشکر و قدردانی:

بدینوسیله از اساتید محترم راهنما آقایان دکتر سید مجید مرتضوی،
پروفسور شادپور ملک پور، استاد مشاور عزیز آقای دکتر سید منصور بیدکی و همچنین
مسئولین محترم آزمایشگاه های دانشکده شیمی و نساجی دانشگاه صنعتی اصفهان و
دانشگاه یزد که من را در تهیه این رساله یاری کرده اند
صمیمانه تشکر و قدردانی می نمایم

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات،
ابتکارات و نوآوریهای ناشی از تحقیق موضوع
این رساله متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است.

تقدیم به:

پدر، مادر

و

همسر و فرزند عزیزم

فهرست مطالب.....صفحه

فصل اول : مقدمه.....۱۲
۱-۱ بررسی امواج الکترومغناطیس ۱۲
۱-۱- ۱ امواج مادون قرمز و عملکرد دوربین های دید در شب ۱۳
۱-۲ استتار منسوجات..... ۱۶
۱-۲-۱ انواع روش های استتار ۱۷
۱-۲-۲ زمینه های استتار ۱۸
۱-۳ استتارمنسوجات در ناحیه NIR ۲۱
۱-۳-۱ ترکیباتی که قابلیت ایجاد یا کنترل بازتاب مناسب در محدوده مادون قرمز نزدیک را دارند (آلی-معدنی) ۲۲
۱-۳-۲ استفاده از رنگینه ها در استتار منسوجات ۲۴
۱-۳-۲-الف- استتار پارچه های پنبه ای رنگی سبز با استفاده از رنگینه های خمی در ناحیه مادون قرمز نزدیک ۲۷
۱-۳-۲-ب- استتار پارچه های پلی استر رنگی سبز با استفاده از رنگینه های دیسپرس در ناحیه مادون قرمز نزدیک ...۲۸
۱-۳-۳ استفاده از رنگدانه ها در استتار منسوجات ۲۹
۱-۳-۳- الف- دی اکسید تیتانیوم ۲۹
۱-۳-۳- ب-کربن مشکی و کربن اکتیو.....۳۱
۱-۴ استفاده از تکنیک چاپ در استتار منسوجات ۳۳
۱-۵ برخورد نور به اجسام و تئوریهای مربوط به آن ۳۷
۱-۵-۱ انتشار و روابط مربوط به آن ۴۰
۱-۵-۱-الف- مقدمه ۴۰
۱-۵-۱-ب- انواع انتشارها.....۴۱
۱-۵-۱-ج- پارامترهای حاکم بر انتشار ۴۱
۱-۵-۱-د- تابع فازی انتشار.....۴۲
۱-۵-۲ نظریه کیوبلکا-مانک ۴۳
۱-۵-۲-الف- بعضی از محدودیت های نظریه کیوبلکا – مانک ۴۴
۱-۵-۲-ب- رنگ همانندی منسوجات با استفاده از نظریه یک ثابتی کیوبلکا – مانک.....۴۵
۱-۵-۳ نظریه مای ۴۶
۱-۵-۴ نظریه مدل هندسی ۴۹
۱-۶ راحتی منسوج استتار شده ۵۰
۱-۷ هدف و نوآوری تحقیق ۵۱
فصل دوم : تجربیات ۵۳
۲-۱ مواد و وسایل مورد نیاز ۵۳
۲-۱-۱ مواد مورد استفاده ۵۳
۲-۱-۲ وسایل و دستگاههای مورد استفاده ۵۹
۲-۱-۳ نرم افزارهای مورد استفاده.....۶۰

۲-۲ روش انجام آزمایش ۶۰
۲-۲-۱ آماده سازی خمیر چاپ ۶۰
۲-۲-۲ بکارگیری روش رنگ همانندی اسپکتروفتومتری در همانند سازی طرح های استتاری در ناحیه Vis-NIR ۶۱
۲-۲-۳ تکرارپذیری انعکاس نمونه ها در نواحی UV-Vis-NIR ۶۱
۲-۲-۵ روش اندازه گیری مشخصات رنگی نمونه ها ۶۳
۲-۲-۶ آزمون نفوذپذیری هوا ۶۴
۲-۲-۷ روش ارزیابی ثبات نمونه ها در برابر عرق بدن ۶۴
۲-۲-۸ روش های اندازه گیری ثبات های شستشوئی، نوری و مالشی نمونه ها ۶۵
۲-۲-۹ اندازه گیری زاویه تماس مایع با سطح نمونه ها ۶۵
فصل سوم : نتیجه گیری و بحث ٦٦
۳-۱ مقدمه ۶۶
۳-۲ بررسی خواص انعکاسی نمونه های چاپ شده فام قهوه ای، سبز و خاکی با استفاده از رنگینه های خمی ۶۶
۳-۳ اثر بیندر، مواد منتشرکننده و جاذب مختلف بر رفتار انعکاسی نمونه ها در طول موج های Vis-NIR ۶۸
۳-۴ اثر حضور دی اکسید تیتانیوم بر میزان انعکاس در طول موج های Vis-NIR ۶۹
۳-۵ بررسی خواص انعکاسی نمونه ها در نواحی Vis-NIR ۷۰
۳-۵-۱ بررسی خواص انعکاسی قرص های نانو و میکرو دی اکسید تیتانیوم در فشارهای مختلف ۷۰
۳-۵-۲ بررسی خواص انعکاسی نمونه های چاپ شده با نانو دی اکسید تیتانیوم در غلظت های مختلف ۷۲
۳-۵-۳ اثر تغییر غلظت نانو و میکرو دی اکسید تیتانیوم در خمیرهای چاپ رنگدانه ها ۷۳
۳-۵-۴ اثر نانو کربن مشکی و کربن اکتیو بر انعکاس نمونه های چاپ شده ۷۹
۳-۵-۵ بررسی تاثیر زمینه سفید و سیاه بر خواص انعکاسی نمونه های چاپ شده ۸۵
۳-۶ بررسی میزان خاصیت فلورسنتی در نمونه های چاپ شده با رنگدانه ها ۸۹
۳-۷ قدرت پشت پوشی نمونه های چاپ شده محتوی دی اکسید تیتانیوم ۹۳
۳-۸ بررسی میزان انتشار نمونه ها از طریق پیشگوئی تئوری مای ۹۵
۳-۹ بررسی ویژگی های رنگی نمونه های چاپ شده ۹۷
۳-۹-۱ بررسی مولفه های رنگی نمونه های چاپ شده با غلظت های مختلف نانو و میکرو دی اکسید تیتانیوم ۹۷
۳-۹-۲ تغییر مولفه های رنگی نمونه های رنگی دارای غلظت های مختلف کربن مشکی و کربن اکتیو ۹۹
۳-۱۰ اندازه گیری زاویه تماس مایع با سطح نمونه ها ۱۰۰
۳-۱۱ قابلیت عبور دهی هوا در نمونه های چاپ شده ۱۰۴
۳-۱۲ ارزیابی ثبات شستشوئی، نوری و مالشی نمونه های رنگی چاپ شده دارای دی اکسید تیتانیوم،کربن مشکی و کربن اکتیو ۱۰۷
۳-۱۳ ارزیابی ثبات در برابر عرق بدن نمونه های رنگی چاپ شده دارای دی اکسید تیتانیوم، کربن مشکی و کربن اکتیو ۱۰۹
فصل چهارم : نتیجه گیری کلی و پیشنهادات ۱۱۲
۴-۱ مقدمه ۱۱۲

۴-۲ نتیجه گیری.....۱۱۴
۴-۲-۱ نتایج بدست آمده از بکارگیری رنگینه های خمی در چاپ نمونه ها ۱۱۴
۴-۲-۲ بررسی تاثیر بیندرهای مختلف، مواد منتشرکننده و مواد جاذب مختلف بر رفتار انعکاسی نمونه ها ی چاپ شده در محدوده Vis-NIR ۱۱۴
۴-۲-۳ اثر حضور دی اکسید تیتانیوم بر میزان انعکاس در نواحی Vis-NIR ۱۱۵
۴-۲-۴ ارزیابی تاثیر فشار های مختلف در تهیه قرص دی اکسید تیتانیوم و همچنین غلظت های مختلف ذرات دی اکسید تیتانیوم بر رفتار انعکاسی نمونه های چاپ شده ۱۱۵
۴-۲-۵ اثر تغییر نانو و میکرو دی اکسید تیتانیوم در خمیر چاپ رنگدانه ها ۱۱۵
۴-۲-۶ اثر نانو کربن مشکی و کربن اکتیو بر انعکاس نمونه های چاپ شده ۱۱۶
۴-۲-۷ بررسی تاثیر زمینه سفید و سیاه بر خواص انعکاسی نمونه های چاپ شده در نواحیVis-NIR ۱۱۷
۴-۲-۸ بررسی ویژگی فلورسنتی در نمونه های چاپ شده با رنگدانه ها.....۱۱۸
۴-۲-۹ قدرت پشت پوشی نمونه های چاپ شده محتوی دی اکسید تیتانیوم ۱۱۸
۴-۲-۱۰- بررسی ویژگی های رنگی نمونه های چاپ شده ۱۱۹
۴-۲-۱۱ ارزیابی زاویه تماس قطره مایع با سطح نمونه های چاپ شده.....۱۲۰
۴-۲-۱۲ قابلیت نفوذ هوا در نمونه های چاپ شده ۱۲۰
۴-۲-۱۳ ارزیابی ثبات شستشوئی، نوری، مالشی و ثبات در برابر عرق نمونه های چاپ شده دارای دی اکسید تیتانیوم،کربن مشکی و کربن اکتیو ۱۲۱
۴-۳پیشنهادات جهت ادامه تحقیق ۱۲۲
مراجع.....۱۲۳
ضمیمه ۱ .....۱۲۶
ضمیمه ۲ .....۱۲۷
ضمیمه ۳ .....۱۳۰
ضمیمه ٤ .....۱۳٤

چکیده:

صنایع نظامی در کشورهای مختلف از استتار البسه و تجهیزات نظامی جهت بالا بردن امنیت استفاده نموده اند. یکی از مسائل مهم در این ارتباط، یافتن طرح های استتاری مناسب برای مناطق زیست محیطی مختلف جهت ایجاد حداکثر هماهنگی میان زمینه و جسم می باشد. با الهام گرفتن از رفتارهای استتاری مخلوقات در طبیعت، اثبات شده است که سه عامل اساسی در میزان موفقیت یک طرح استتاری دخیل می باشند. عامل نخست، شباهت رنگی طرح و زمینه است. عامل دوم مسئله تباین رنگهای موجود در طرح بوده و نهایتا شکست تقارن جسم استتار شده می باشد.

در این تحقیق، ابتدا نمودار انعکاسی فام های قهوه ای، سبز زیتونی و خاکی موجود در لباس های نظامی مناطق بیابانی ایران به دست آمد و با استفاده از رنگدانه های انتخابی نمونه های همانند با آنها تهیه گردید. همانندی مذکور میان نمونه ها و فامهای استتاری مرجع در دو ناحیه مرئی و مادون قرمز نزدیک (NIR) و با استفاده از روش چاپ پارچه با مخلوط رنگدانه ها به انجام رسید. پارچه مورد نظر برای تهیه نمونه فامهای استتاری از جنس پنبه/نایلون انتخاب شده که بعلت راحتی پوشش، قابلیت جذب رطوبت مناسب برای بدن و غیره به عنوان لباس نیروهای نظامی مورد استفاده قرار می گیرد. سپس با افزودن نانو و میکرو ذرات دی اکسید تیتانیوم بعنوان ماده مات کننده و همچنین نانوذرات کربن مشکی و کربن اکتیو بعنوان مواد جاذب نور به خمیرهای چاپ حاوی رنگدانه ها، تاثیر این مواد درتغییرات ایجاد شده رفتار انعکاسی نمونه های چاپ شده محتوی این ذرات با غلظت های متفاوت مورد بررسی قرار گرفت. در ادامه، ثبات های شستشوئی، نوری، مالشی، ثبات در برابر عرق بدن، نفوذپذیری هوا و نهایتا زاویه تماس قطره آب با سطح نمونه ها اندازه گیری گردید.

فام های قهوه ای، سبز زیتونی و منسوج نظامی ایران با خمیرهای چاپ حاوی مقادیر مشخص از رنگدانه های سبز B، سیاه P-NG، قهوه ای R و زرد FG همانند گردید و سپس مقادیر مشخص نانو و میکرو ذرات دی اکسید تیتانیوم، کربن مشکی و کربن اکتیو به خمیر های چاپ افزوده شده و بر پارچه های پنبه/نایلونی چاپ گردید. سپس نمونه ها خشک شده و تحت عملیات پخت قرار گرفتند. نهایتا نمونه ها بوسیله آب سرد شستشو داده شده و در هوای آزاد خشک شدند.

نتایج حاصل از بررسی نمودارهای انعکاسی بدست آمده از نمونه های قهوه ای، سبز زیتونی و خاکی نشان می دهد که افزایش غلظت دی اکسید تیتانیوم در ابعاد نانو و میکرو به محتوای رنگدانه ای چاپ نمونه های فوق، باعث کاهش میزان انعکاس سطوح چاپ شده نسبت به نمونه چاپ شده فاقد دی اکسید تیتانیوم در نواحی Vis-NIRمی شود. افزودن دی اکسید تیتانیوم به خمیرهای چاپ حاوی رنگدانه های مختلف باعث افزایش میزان پشت پوشی لایه چاپ شده بر سطح پارچه شده و با توجه به ضریب شکست بالای این رنگدانه و افزایش میزان انتشار حجمی و انعکاس سطحی انجام شده از لایه چاپ شده، میزان نور عبوری قابل برخورد با سطح بستر (کالا) کمتر شده و لذا با کاهش سهم انعکاسی نور توسط بستر، میزان انعکاس کلی نمونه چاپ شده کاهش می یابد. با توجه به اینکه نمونه های رنگ همانند شده معمولا از میزان انعکاسی بالاتر از نمونه های مرجع (شاهد) برخوردار می باشند استفاده از دی اکسید تیتانیوم در غلظت های زیاد (۰/۷۵ -۱ g/kg) درخمیر چاپ باعث کاهش انعکاس نمونه شده و سطح انعکاسی آنها را به سطح انعکاسی مورد نظر نمونه های مرجع در نواحی Vis-NIR نزدیک می نماید.

روند کاهش انعکاس نمونه های رنگ همانند شده با افزودن ذرات کربن مشکی و همچنین کربن اکتیو جاذب نور به خمیرهای چاپ باعث اصلاح رفتار انعکاسی نمونه ها شده و با کاهش انعکاس نمونه ها منحنی انعکاسی نمونه های مرجع بر نمونه های چاپ شده قابل تقلید خواهد بود. نتایج حاصل از بررسی رفتار انعکاسی نمونه های حاوی ذرات منتشر کننده دی اکسید تیتانیوم با تئوری مای می تواند درتطابق نزدیک باشد. همچنین احتمال بیشتری هم در این ارتباط وجود دارد که چون نمونه های چاپ شده تقریبا پشت پوش محسوب می شود نظریه مای، نظریه خوبی برای پیشگوئی رفتار انعکاسی نمونه پشت پوش بکار گرفته شده نمی باشد.

کلمات کلیدی: طرح استتاری، پارچه پنبه/نایلونی، انعکاس در نواحی Vis-NIR، دی اکسید تیتانیوم، کربن مشکی، تئوری مای

فصل اول

مقدمه

۱-۱ بررسی امواج الکترومغناطیس

همه اجسامی که دارای دمای بالاتر از صفر مطلق می‌باشند، تابش مادون قرمز را نشر می دهند. سرعت نشر و طیف نشری حاصل از این اجسام وابسته به دمای جسم و پارامتر قابلیت نشر[۱] می‌باشد. تابش مادون قرمز یک شکل نامرئی از نور می‌باشد که می‌تواند مشابه نور مرئی انعکاس، جذب، پراش و انتقال یابد. در شکل ۱-۱ طبقه بندی دقیق تر تابش الکترومغناطیسی و چگونگی مشاهده آنها نشان داده شده است[۱،۲].

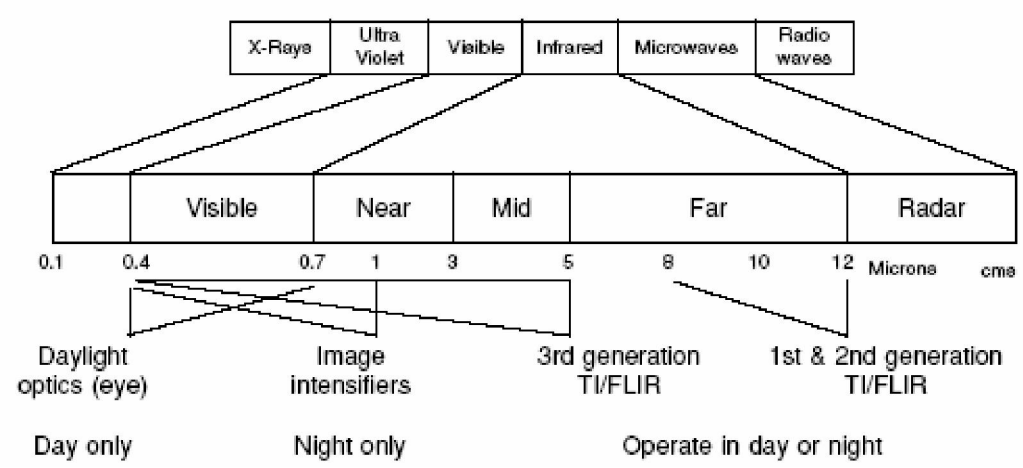
نوری که از سطح خورشید منعکس می شود دامنه وسیعی از طول موج ها را شامل می شود. بیشتر این انرژی در اتمسفر جذب می شود و هرگز به سطح زمین نمی رسد. انرژی ای که به سطح زمین می رسد در محدوده طول موج ۲۵۰۰-۲۹۵ نانومتر می باشد. چشم انسان تنها به بخشی از طول موج پرتوهای الکترومغناطیسی حساس می باشد. انرژی رسیده به سطح زمین، عمدتا به سه بخش عمده ذیل تقسیم می شود[۲] :

الف- ناحیه ماوراء بنفش (۳۸۰-۲۹۵ نانومتر): نور ماورا بنفش تشکیل دهنده ۵ درصد از انرژی است که به سطح زمین می رسد. این نور باعث تجزیه بیندر پوشش ها است زیرا سطح انرژی آن برای شکستن پیوند های یگانه مواد بیندری مناسب می باشد.

---

[۱] emissivity

ب- ناحیه مرئی (۷۸۰-۳۸۰ نانومتر): حدود ۵۰ درصد از انرژی خورشید در ناحیه مرئی طیف الکترومغناطیس تابش می شود. مواد رنگزا بصورت انتخابی در ناحیه مرئی نور را جذب و در دیگر نواحی پرتودهی و نشر می کنند. اگر یک جسم همه طول موج مرئی را بصورت نسبتا یکنواخت و با درصد نزدیک ۱۰۰ انعکاس دهد سفید و اگر مقداری نور را جذب و بقیه را انعکاس دهد رنگی می باشد. بعنوان مثال یک جسم آبی تقریبا همه طول موج ها به جز آبی را جذب می کند. از اینرو ناحیه مرئی شامل طول موج هائی هست که تابش آنها بر روی پرده شبکیه چشم انسان باعث آگاهی و ادراک رنگ می گردد.



شکل۱-۱ طیف امواج الکترومغناطیس و کاربرد آن در انواع تصویربرداری (TI/FLIR: مادون قرمز پیشرفته/ تصویر برداری حرارتی) [۱].

ج- ناحیه مادون قرمز (۲۵۰۰۰-۷۸۰ نانومتر) : حدود ۴۵ درصد از انرژی خورشید مربوط به این ناحیه می باشد. گرم شدن اجسام در نتیجه برخورد اشعه مادون قرمز به جسم روی می دهد. از این مقدار انرژی که در این ناحیه به سطح زمین می رسد حدود ۵۰٪ آن متعلق به محدوده ۱۰۰۰-۷۸۰ نانومتر، ۳۰٪ متعلق به ۱۵۰۰-۱۰۰۰ نانومتر و ۲۰٪ مربوط به محدوده ۲۵۰۰-۱۵۰۰ نانومتر ناحیه ماون قرمز می باشد. بقیه طول موج دارای انرژی محدودی می باشد.

۱-۱- ۱ امواج مادون قرمز و عملکرد دوربین های دید در شب

در تعیین دقیق گستره طول موجی دقیق نواحی مادون قرمز اختلاف نظر وجود دارد. در یکی از رایج ترین گزارشات ناحیه IR به سه بخش اصلی تقسیم بندی می‌شود. این بخش ها عبارتند از[۳] :

- ناحیه مادون قرمز نزدیک (NIR) که نزدیکترین بخش به ناحیه مرئی است و گستره طول موجی آن در محدوده ۱۳۰۰ -۷۸۰ نانومتر می‌باشد.

- ناحیه مادون قرمز میانه (MIR) که در گستره طول موجی (۳۰۰۰-۱۳۰۰) نانومتر می‌باشد. در اکثر وسایل الکترونیکی کنترل از راه دور[1] از نواحی NIR و MIR استفاده می‌شود.

- ناحیه مادون قرمز حرارتی[2] که گسترده ترین ناحیه مادون قرمز بوده و ناحیه طول (۲۵۰۰۰-۳۰۰۰) نانومتر را می پوشاند.

ناحیه مادون قرمز طیف الکترومغناطیسی با استفاده از دو نوع دستگاه تصویر برداری مشاهده می‌شود. این دو نوع عبارتند از:

۱- وسایل تقویت کننده نور مادون قرمز که به دوربین‌های دید در شب[3] معروفند.

۲- وسایل ترموگرافی مادون قرمز[4] که اغلب وسایل تصویربرداری حرارتی[5] نامیده می شوند.

در هر دو مورد صحنه‌ها به طور مستقیم مشاهده نمی شوند، بلکه تصویر صحنه‌ها و یا تصویر الکتریکی حاصل از آنها بر روی نمایشگر دیده می‌شود. از آنجائیکه بحث تحقیق درمورد پوشش دادن منسوجات برای اختفاء در ناحیه NIR می باشد و یکی از مهم ترین وسایل برای شناسائی منسوجات در ناحیه مذکور، دوربین های دید در شب می باشد در ادامه به انواع و عملکرد این دوربین ها اشاره می شود.

در دوربین دید در شب، نورهای محدود موجود در محیط (ستاره‌ها، ماه) توسط لنز شیئی که یک لنز معمولی است جمع‌آوری شده و به استوانه کاتدی تقویت تصویر فرستاده می‌شود. فوتون های نور در بدو ورود به این استوانه به الکترون تبدیل می‌شوند. در طول این استوانه الکترون ها به واسطه فرآیندهای الکتریکی و شیمیایی از نظر تعداد تقویت می‌شوند. این الکترون های مضاعف شده به سمت صفحه فسفری که الکترون ها را مجدداً به نور مرئی تبدیل می‌کند پرتاب شده و تصویر تولید شده به وسیله این صفحه در لنز چشمی مشاهده می‌شود. این تصویر بازسازی شده بصورت اشباع با رنگ سبز مشاهده می‌شود[۳].

دوربین های دید در شب بسته به فناوری مورد استفاده خود به دو طریق کار می کنند: بهینه سازی تصویر و تصویرسازی گرمایی

تجهیزات نوع اول یا بهینه سازی تصویر از روش جمع آوری و تقویت نورهای اندکی که از جسم منعکس می شود و منابع نوری محدود موجود در محیط (ستاره ها و ماه) که با چشم غیرمسلح دیده نمی شوند استفاده می کند. عملکرد این دوربین مانند چشم انسان است ولی اجسام قابل رویت فقط در تصویر بصورت تک رنگ قرمز،

---

[1] Remote Control
[2] Thermal-IR
[3] Night Vision Cameras
[4] Thermographic IR Devices
[5] Thermal Viewers

آبی و یا سبز قابل مشاهده هستند. اکثرا رنگ سبز به خاطر آزار کم چشمها به کار برده می شود. بدیهی است که اشعه مادون قرمز توانایی عبور از پوشش های حجیم و متراکم مثلا دیوار را نداشته و برای تصویربرداری از اجسام پشت مانع های مختلف مناسب نمی باشد[۴].

در نوع دوم یا تصویرسازی گرمایی از جمع آوری بخش بالایی طیف های نور مادون قرمز استفاده می شود. این طیف ها به عنوان گرما از جسم متصاعد می شوند و بنابراین اشیایی که گرم هستند مانند بدن جانداران بیشتر از اجسام سرد مانند درختان، تشعشع مادون قرمز منتشر می نمایند. اما از آنجا که تصویر این دوربین ها دارای طیف رنگی غیرواقعی (قرمز برای جسم گرم و آبی برای جسم سرد) می باشد چندان مورد استفاده بعنوان دوربین دید در شب نیست و مصارف خاص دیگری دارد. شکل ۱-۲ تصویر سرباز توسط دوربین دید در شب را نشان می دهد [۴].

شکل ۱-۲ تصویرسرباز توسط دوربین دید در شب از نوع بهینه سازی تصویر[۵].

در شکل ۱-۳، نمونه ای از دوربین دید در شب و دوربین حرارتی نشان داده شده است.

شکل ۱-۳ دوربین دید در شب یک چشمی (سمت راست) و دوربین تصویر برداری حرارتی (سمت چپ) [۵].

۱-۲ استتار[1] منسوجات

تولید الیاف با خواص نوری، مغناطیسی و الکتریکی منحصر به فرد برای کاربردهای مختلف تجاری در حال تحقیق و بررسی می باشند. ساخت مواد جدید در این زمینه تحقیقاتی با خواص رنگی متمایز در محدوده طیف مرئی[2] به خوبی نواحی ماورابنفش و مادون قرمز در حال توسعه هستند. یکی از کاربردهای جدید این مواد در حوزه استتار منسوجات می باشد. پیشرفت های جدید در علوم الکترونیکی و ارتباطات نوری قادر به قراردادن بیوسنسورها و شناساگرهای مناسب در مواد نساجی و هوشمند سازی آنها شده که می تواند رنگ منسوجات مربوطه را با استفاده از خواص الکتریکی دینامیکی یا استاتیکی برای کاربردهائی نظیراستتار پوشش های هوشمند تغییر دهند [۶].

استتار از اصول و عوامل پدافند غیرعامل می باشد و از مهمترین حیله های جنگی است که برای فریب دشمن به کار می رود. استتار یکی از روش های محافظت در برابر عوامل خارجی می باشد. پایه ی اولیه آن بر روی این واقعیت استوار است که اگر دشمن نتواند هدف را کشف کند، هدف بطور مؤثری محافظت می شود وتلفات کاهش پیدا می کند [۷]. استتار به معنای به حداقل رساندن امکان شناسائی جسم از محیط اطراف یا زمینه بیان می شود. معمولا در کنار واژه استتار، فریب دادن و پنهان کردن هم بکار می رود. واژه استتار، از لغت فرانسوی کاموفلر[3] به معنی آرایش نمودن اقتباس گردیده و در سال ۱۹۱۷ وارد زبان انگلیسی گردید. تا سال ۱۹۰۰ اکثر ارتشهای دنیا از پوشش و لباسهای نظامی رنگی استفاده می نمودند، مثلا ارتش فرانسه در شروع جنگ جهانی اول از لباسهای رنگی (کت آبی و شلوار قرمز) استفاده می نمود که پس از پی بردن به اهمیت استتار ونقش ارزنده آن در کاهش آسیب پذیریها و تلفات، لباس نظامی به رنگ استتار خاکی و یا سبز، قهوه ای و یا ترکیبی از آنها درآمد و این موضوع به تدریج در سایر کشورهای دنیا رایج گردید. فرانسه در بین کشورها، اولین کشوری می باشد که نخستین واحد نظامی استتار را در سال ۱۹۱۵ تشکیل و سازماندهی نمود، پس از فرانسه کشورهای دیگر از جمله انگلیس، آمریکا، آلمان، ایتالیا و روسیه اقدام به ایجاد واحدهای استتار نمودند [۸]. موارد مورد نیاز برای فریب، پنهان سازی و استتار در طول موج های مختلف امواج الکترومغناطیس در جدول ۱-۱ ارائه شده است.

گونه های شگفت انگیزی از پنهان سازی در بین جانوران از گذشته تاکنون شناخته شده و آنچه امروزه بعنوان استتار مطرح است الهام گرفته از طبیعت می باشد .یک مسئله مهم در پنهان سازی موفق، یافتن طرح های استتاری مناسب برای مناطق زیست محیطی مختلف می باشد. با بررسی آنچه در طبیعت اتفاق می افتد، اثبات شده که سه عامل اساسی در میزان موفقیت یک طرح استتاری دخیل می باشند. عامل نخست، میزان شباهت رنگی طرح و زمینه است. عامل دیگر مسئله تباین رنگهای موجود در طرح با زمینه است و نهایتا مسئله شکست تقارن جسم نیز می باشد(تغییر شکل توسط تغییر رنگ و طرح) [۹،۱۰].

---

[1] Camouflage
[2] Visible (Vis)
[3] Camoufler

جدول ۱-۱ موارد مورد نیاز برای فریب، پنهان سازی و استتار [۱].

امواج الکترومغناطیس	شرایط مورد نیاز
مرئی	جسم در معرض قرار گرفته باید رنگ، بافت و ظاهر زمینه طبیعی را همانند کند
ماورابنفش	جسم باید خواص نوری برف و یخ را همانند کنند
مادون قرمز نزدیک	جسم باید انعکاس زمینه را هنگامیکه بوسیله تشدید کننده های تصویری و تلویزیون با نور کم دیده می شود همانند کند
مادون قرمز دور	باید اثر حرارت منتشر شده بوسیله انسان و وسایل گرم به حداقل رسانده شود. جسم بوسیله مشاهده کندگان حرارتی قابل شناسائی می باشد
نشر مربوط به صدا	نویزهای کوچک می تواند بوسیله مواد نساجی مشخصی نشر شوند. جسم بوسیله وسایل شنیداری قابل شناسائی می باشد
رادار	شناسائی تحرکات بوسیله رادار داپلر

۱-۲-۱ انواع روش های استتار

روش های استتار را می توان به چهار گروه تقسیم بندی کرد[۱۱]:

الف-مرموز[1]

در این روش، شی استتار شده (هدف) تلاش می کند تا با محیط مخلوط شود و بطور محسوسی هدف قابل مشاهده نباشد. برای این منظور، هدف باید تفاوتهای قابل رویت بین خود و زمینه را با توجه به میزان حساسیت مشاهده کننده به حداقل برساند.

ب-نفاق[2]

در این روش، هدف علاقه ای به اختلاط با محیط ندارد . این روش، کاملا بصورت تضاد با روش مرموز می باشد. این روش استتار، مشاهده کننده را گیج کرده و مشاهده کننده نمی تواند اطلاعات دقیقی از اندازه، شکل، ساختار و تعداد اشیاء مستتر شده حاصل کند. نمونه دیگری از این استتار، دودی است که توسط نیروهای نظامی برای پنهان نمودن تحرکات خود بکار برده می شود.

[1] Cryptic
[2] Disruptive

ج- تقلیدی[1]

تلاشی است که بوسیله شی مستتر شده انجام شده تا بعنوان اجسام دیگر متصور شود. در بعضی موارد این روش می تواند یک فرایند بسیار پیچیده باشد مانند تقلید هشت پا که هنگام نزدیک شدن دشمن، شکل خود را تغییر می دهد تا به شیرماهی یا ماهی های سمی دیگر در محل سکونتش شبیه شود.

د- تصویر نگاتیو[2]

این روش استتار، فرایند استفاده از رنگهای روشن تر در نواحی معمولا تیره و برعکس استفاده از رنگهای تیره در نواحی معمولا روشن است. بعبارت دیگر در این روش، اگر شی دارای عمق باشد کاملا مسطح دیده می شود. بعضی ازحیوانات هم از این شیوه استتار به منظور جلوگیری از شناسائی خود توسط شکارچی استفاده می کنند.

۱-۲-۲ زمینه های استتار

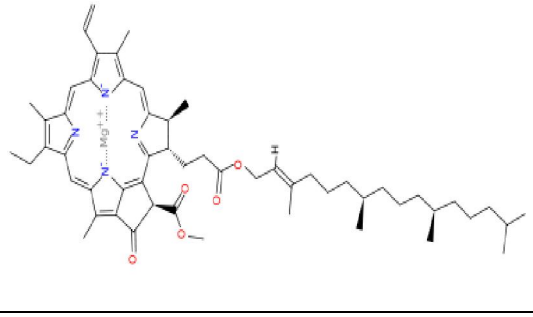
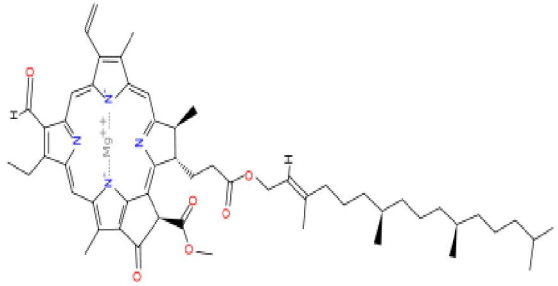
معمولا چهار محیط برفی، جنگلی، بیابانی و شهری را می توان مهم ترین زمینه های استتار برای پنهان سازی نیروها و تجهیزات نظامی عنوان کرد. در محیط برفی، انعکاس برف در طول موج های ماوراء بنفش حدود ٪۹۸-۸۰ می باشد و اجسام برای استتار در این مناطق، باید بتوانند انعکاسی نزدیک با زمینه برفی محیط داشته باشند. معمولا برای استتار منسوجات سفید میتوان از سولفات باریم استفاده کرد [۱].

در محیط جنگل، هریک از عناصر جنگلی دارای خصوصیت انتشار مادون قرمز متفاوتی هستند که به ساختار شیمیایی آنها وابسته می‌باشد. برای مثال برگ‌های درختان که جزء اصلی در محیط جنگلی به حساب می‌آیند؛ دارای بازتاب نسبتاً کم در ناحیه مرئی و بازتاب نسبتاً زیاد در محدوده مادون قرمز نزدیک می‌باشند. عنصر اصلی که در ساختارگیاهان نقش اساسی ایفا می‌کند کلروفیل (سبزینه) می‌باشد. کلروپلاست تمام گیاهان سبز دارای کلروفیل نوع a و b می‌باشد.کلروفیل b از نظر داشتن گروه آلدئید (-CHO) به جای گروه متیل ($-CH_3$) با کلروفیل a متفاوت بوده و همین امر سبب بیشتر شدن وزن مولکولی کلروفیل b نسبت به کلروفیل a می‌شود(شکل ۱-۴) [۱۲].

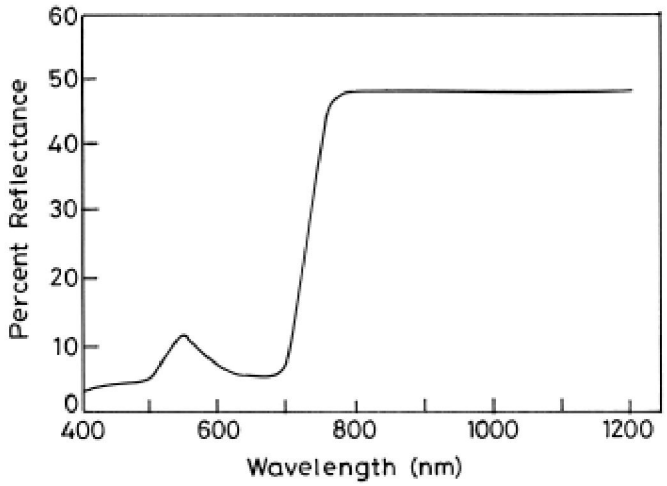
کلروفیل گیاهان دارای طیف بازتابش مادون قرمز نزدیک ویژه‌ای است و در تهیه پوشش‌های استتاری، تلاش برای ایجاد مشابهت میان مقادیر بازتابش پوشش در محدوده مادون قرمز با میزان بازتابش مادون قرمز نزدیک کلروفیل گیاهان انجام می‌شود. طیف انعکاسی برگ سبز درخت در محدوده Vis-NIR ارائه شده است (شکل ۱-۵) [۱۲].

---

[1] Mimicry
[2] Countershading

	
کلروفیل a	کلروفیل b

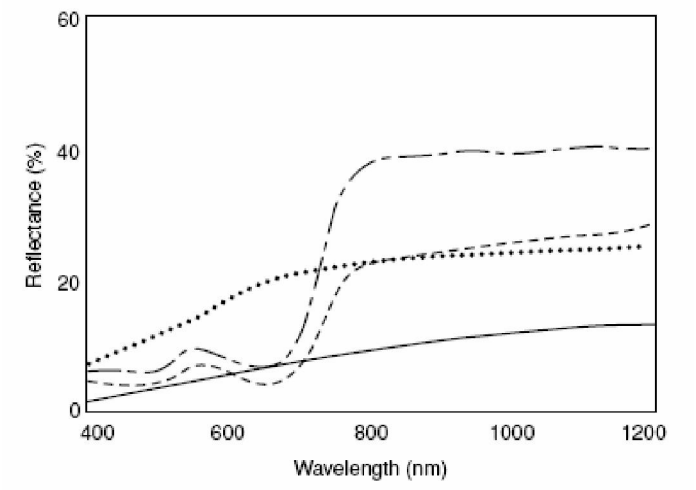
شکل ۱- ۴ ساختارهای مولکولی کلروفیل a و کلروفیل b [۱۲].



شکل ۱-۵ طیف انعکاسی برگ سبز درخت در محدوده Vis-NIR طیف الکترومغناطیس [۱۲].

در مقابل، شن و ماسه‌های بیابان که جزء اصلی محیط‌های بیابانی را تشکیل می‌دهند، دارای بازتاب نسبتاً زیاد در ناحیه مرئی و NIR می‌باشند. در شکل ۱-۶ منحنی انعکاسی بعضی از اشیاء طبیعی در نواحی Vis-NIR نشان داده شده است.

انعکاس گیاهان تغییرات گسترده ای دارد. برای مثال درختان با برگ ریز انعکاس نسبتاً بالایی نسبت به درختان با برگهای سوزنی داشته که انعکاس آنها در فصول مختلف سال تغییر می‌کند. در مجموع انعکاس NIR برگ درختان در زمستان بسیار کمتر از تابستان است[۱۲].



شکل ۱-۶ منحنی انعکاسی بعضی از اشیاء طبیعی(——برگ پهن، - - - شن خشک، ---برگ سوزنی شکل، — خاک مرطوب) [۱].

بطور کلی شیدهای ناحیه های بیابانی و جنگلی برای هدف استتار را می توان سبز زیتونی، قهوه ای، برنز تیره، سبز روشن، به رنگ سنگی تیره[1] و به رنگ سنگی روشن[2] ذکر کرد. بنابراین لازم است که انعکاس در ناحیه مادون قرمز رنگ منسوج مطابق با انعکاس در ناحیه مادون قرمز زمینه جنگلی یا بیابانی باشد. متوسط مقادیر انعکاس NIR بعضی از مواد طبیعی به شرح زیر می باشد. سبزیجات سبز٪ ۷۰-۵۰ ، شن٪ ۴۰-۳۰، بتن ٪۵۰-۴۰، آجرهای ساختمان٪ ۴۰-۳۰ و آب ٪۱۵- ۱۰[۱۳].

شکل ۱-۸ منحنی‌های انعکاس طیفی را برای پارچه ای با طرح چاپی از چهار رنگ نشان می‌دهد. در این طرح از رنگهای خاکی (۵± ۶۰ ٪)، سبز (۵± ۴۵ ٪)، قهوه ای (۲۵ ٪>) و سیاه (۱۰ ٪>) در ناحیه NIR استفاده شده است [۱،۱۴] . لازم به ذکر است که هر رنگ باید یک مقدار انعکاس معینی داشته باشد. علاوه بر این مقادیر کل انعکاس جمع شده از هر ناحیه رنگی چاپ شده باید در ناحیه بسته سبز ناتو[3] حاصل از معادله (۱-۱) قرار بگیرد. این ناحیه در شکل ۱-۸ نشان داده شده است [۱۴].

NATO NIR Green Envelop = (خاکی ×۰/۱۵) + (سبز ×۰/۳۴) + (قهوه ای ×۰/۳۵) + (سیاه ×۰/۱۶) (۱-۱)

بسته سبز ناتو، مجموعه ای از استانداردهای موردنیاز برای منسوجات مختلف مورد استفاده مناطق نظامی با فام های مختلف با کدهای مشخص است که دارای خصوصیات رنگی، انعکاسی و ثباتی مورد نیاز در این مناطق می باشد.

---

[1] Bright stone
[2] Dark stone
[3] NATO IRR Green Envelope