



Медицински университет - Варна

“Проф. Д-р Параскев Стоянов”

Факултет „Медицина”

Катедра “Очни болести и зрителни науки”

**Характеристика на UV натоварването на
преден очен сегмен – нов метод за UV
дозиметрия**

Д-р Марин Георгиев Маринов

ЗА ПРИДОБИВАНЕ НА ОБРАЗОВАТЕЛНА И НАУЧНА СТЕПЕН
„ДОКТОР”

Научен ръководител:

Проф. д-р Христина Николова Групчева, д.м.н, FEBO, FICO,
FBCLA

Варна, 2018

Благодаря на семейството си за подкрепата и съветите, на които съм се радвал през годините. Благодаря ви затова, че бяхте неотлъчно до мен, насърчавахте ме и ме окуражаваште да преследвам и постигам целите си.

Благодаря на майка си – Д-р Ралица Нейкова. Ти винаги си била пример за подражание в живота ми и ми показва красотата на Вселената наречена „Очни болести“.

Искам да изкажа специалните си благодарности към Проф. Д-р Христина Групчева, която винаги ме е подкрепяла по всевъзможни начини в професионалното ми развитие. За мен е чест и привилегия именно тя да ми бъде научен ръководител.

СЪДЪРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| 1. ИЗПОЛЗВАНИ СЪКРАЩЕНИЯ..... | 5 |
| 2. ВЪВЕДЕНИЕ..... | 13 |
| 3. ЦЕЛ И ЗАДАЧИ НА ПРОУЧВАНЕТО..... | 14 |
| 3.1 Цел..... | 14 |
| 3.2 Задачи на проучването..... | 14 |
| 4. МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ..... | 14 |
| 4.1 Обект и обхват на изследването..... | 14 |
| 4.2 Алгоритъм..... | 15 |
| 4.3 Изисквания към дизайна на UV дозиметъра и хардуерните компоненти..... | 15 |
| 4.3.1 Изисквания към дизайна на UV дозиметъра..... | 15 |
| 4.3.2 Изисквания към хардуерните компоненти на UV дозиметъра..... | 17 |
| 4.4 Прототип на UV дозиметъра..... | 18 |
| 4.4.1 Сензор/АД конвертор – Silicon labs Si1132..... | 18 |
| 4.4.2 Bluetooth LE модул - Panasonic PAN1740..... | 23 |
| 4.4.3 Flash памет на Adesto Technologies AT25XE01..... | 27 |
| 4.4.4 Бутон Panasonic EVPAW..... | 31 |
| 4.4.5 Батерия CR1025..... | 32 |
| 4.4.6 Keystone Electronics 3030 – държач за батерия 10мм..... | 33 |
| 4.4.7 Допълнителни компоненти – SMD съпротивления и кондензатори..... | 34 |
| 4.4.8 Многослойна печатна платка..... | 35 |
| 4.4.9 Електрическа схема на UV-дозиметъра..... | 37 |
| 4.4.10 Техническа същност и метод на работа на UV-дозиметъра..... | 37 |
| 4.5 Софтуер за комуникация с устройството за операциона система Android 4.3..... | 41 |
| 4.6 Протокол за работа с UV дозиметъра..... | 47 |
| 4.7 Авторски права и процедури свързани с UV дозиметъра..... | 48 |
| 4.8 Алгоритъм за калибриране и проверка на данните на UV дозиметъра..... | 48 |
| 4.9 Алгоритъм за употреба на UV дозиметъра в реални условия..... | 49 |
| 5. РЕЗУЛТАТИ..... | 50 |
| 6. ДИСКУСИЯ..... | 61 |
| 7. ИЗВОДИ..... | 73 |
| 8. ПРИНОСИ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД..... | 75 |
| 8.1 Приноси с познавателен характер..... | 75 |
| 8.2 Приноси с научно-приложен характер..... | 75 |
| 8.3 Приноси с потвърдителен характер..... | 75 |
| 9. РЕЗЮМЕ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД..... | 76 |
| 9.1 Увод..... | 76 |
| 9.2 Цел..... | 76 |
| 9.3 Материали и методи..... | 77 |
| 9.4 Резултати..... | 77 |
| 9.5 Заключение..... | 78 |

| | |
|--|----|
| 10. ABSTRACT..... | 78 |
| 10.1 Introduction..... | 78 |
| 10.2 Aim..... | 78 |
| 10.3 Materials and methods..... | 78 |
| 10.4 Results..... | 79 |
| 10.5 Conclusion..... | 79 |
| 11. НАУЧНИ ПУБЛИКАЦИИ И СЪОБЩЕНИЯ СВЪРЗАНИ С ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД..... | 80 |

1. Използвани съкращения:

UV (UV) – ултравиолетов/а;

UVA - ултравиолетови лъчи с дължина на вълната от 315 nm до 400 nm;

UVB - ултравиолетови лъчи с дължина на вълната от 280 nm до 315 nm;

UVC - ултравиолетови лъчи с дължина на вълната от 100 nm до 280 nm;

NUV – близък ултравиолет - ултравиолетови лъчи с дължина на вълната от 300 nm до 400 nm;

MUV – среден ултравиолет - ултравиолетови лъчи с дължина на вълната от 200 nm до 300 nm;

FUV – далечен ултравиолет - ултравиолетови лъчи с дължина на вълната от 122 nm до 200 nm;

EUV – екстремн ултравиолет - ултравиолетови лъчи с дължина на вълната от 10 nm до 121 nm;

AD (АД) – аналогово – дигитален;

СЗО - Световната Здравна Организация;

СБОБАЛ - Специализирана болница по Очни болести за активно лечение;

VitD – витамин Д;

VDR – ядрен транскриптивен фактор;

RXR – ретиноид X рецептор;

PTH – калциотропни хормони;

ng/mL – нано грама на милилитър;

mg/cm² - милиграма на квадратен сантиметър;

SPF – слънцезащитен фактор;

GWAS - Интернационалната Мултицентрична Геномна Асоциация;

kg/m² - килограма на квадратен метър;

IPD - незабавно потъмняване на пигмента;

PPD - постоянно потъмняване на пигмента;

DT - забавено образуване на тен;

РОМС – пропиомеланокортин;

α-MSH - α-меланоцит-стимулиращ хормон;

ACTH - адреналокортикотропен хормон;

HO-1 - хемо оксигеназа-1;

транс-UCA - транс-урокановата киселина;

NO – азотен оксид;

ms – милисекунда;

sec – секунда;

μs – микро секунда;

ns – наносекунда;

O₂ – молекула кислород;

NO₂ – азотен диоксид;

ХИВ – човешки имунодефицитен вирус;

СПИН – синдром на придобитата имунна недостатъчност;

мм (mm) – милиметра;

нм (nm) – нано метра;

см (cm) – сантиметра;

J/m^2 – джаула за квадратен метър;

mJ/cm^2 – мили джаула за квадратен сантиметър;

HLE - епителиална клетъчна линия;

ISO – международен стандарт;

TUV – трансмисия на UV;

$T(\lambda)$ - предаването на лещата;

$d(\lambda)$ - спектралния интервал;

$E_s(\lambda)$ - директния радиационен спектър на Слънцето;

$S(\lambda)$ - относителния спектрален коефициент;

RUUV – отражение на UV;

$R(\lambda)$ - отразяващата способност на лещата;

АЦП – аналогово – цифров преобразувател;

IRQ – допълнителна линия за външно прекъсване;

IC – интегриран чип;

SPI – шина за сериен периферен интерфейс;

SMD – стандарт за електронни компоненти с повърхностен монтаж;

I2C – шина, серийна компютърна линия;

QFN – стандарт за корпус на електронен компонент;

nA – нано ампера;

μA – микро ампера;

mA – мили ампера;

CIE (CIE) - международна комисия за светлина;

AUX_DATA – изход с информация;

VIS – видима светлина засечена от сензора;

IR – инфра ред засечена от сензора;

AUX – изход;

UCOEF0 - UV конфигурационен регистър;

UCOEF3 - UV конфигурационен регистър;

SCL – стандартен отворен дренажен пин;

SDA – стандартен отворен дренажен пин;

INT – входен пин;

SCK – пин на Si1132;

Mbps – мега бита за секунда;

LE – система с нисък разход на енергия;

BT/MAC – адрес;

MHz – мега херц;

KHz – кило херц;

ppm – частици за милион;

CPU – централен процесор;

BTLE – блутуут LE;

dB – децибел;

°C – градус целзий;

RISC – процесор с индуцирани инструкции;

ARMv6 – вид процесорна архитектура;

ROM – памет за четене;

OTP – програмируем масив за памет;

кБ - кило бита;

SRAM – система за огледално копиране на програмния код;

RAM – памет;

SWD (JTAG) – сериен интерфейс;

DMA – директен достъп до паметта;

PD_SYS – команда;

PD_PER – команда;

PED_RAD – команда;

PD_AON – домейн;

PD_RRx – домейн;

PD_SR – домейн;

SysRAM – системна памет;

UART – интерфейс;

SPI+ - интерфейс;

DCE – тип модем;

APB – пит шина за комуникация;

FIFO – метод за организиране и манипулация на данни;

RTS - сигнали за контрол на потока;

CTS - сигнали за контрол на потока;

DTR - сигнали за контрол на потока;

DSR - сигнали за контрол на потока;

TRRE - режим на прекъсване на предавателя;

IrDA - режим, поддържащ ниска мощност;

EEPROM - енергонезависима препрограмируема памет с електрически запис и електрическо изтриване;

I/O – входно – изходен;

A/D – аналогово – дигитален;

D/A – дигитално – аналогов;

Kb/s – кило бита за секунда;

GPADC - аналогово-цифров преобразувател с ултра ниска мощност;

ADC – аналогово – дигитален конвертор;

LDO - регулатор на напрежението;

Msample/s – мега семпли за секунда;

кс/сек – кило семпли за секунда;

MHz – мега херца;

APB - интерфейс за управление и програмиране;

P0, P1 – портове;

ESN - системно ниво за съхранение на електронни серийни номера ;

V – волта;

SPI Master – хост контролер;

CS – Чип;

SI - сериен вход;

SO - сериен изход;

SCK - сериен часовник;

SPI – комуникационна шина;

MSB – най-значимият бит;

fCLK – допълнителен канал за оувърклокване;

fRDLF - допълнителен канал за оувърклокване;

SIO – пин;

tV - Закъснение часовник-изход;

Kbyte – кило байта;

WP – пин;

SOIC – стандарт в електрониката;

DFN - стандарт за електронни компоненти;

TSSOP – стандарт за пакетиране;

Vdc – волта прав ток;

Vac – волта променлив ток;

N – нютона;

mAh – мили ампер часа;

g – грама;

IRQ - допълнителна линия за външно прекъсване;

CSV - формат за запазване на данни;

NASA – национална космическа агенция на САЩ;

° N – градуса северна географска ширина;

° E – градуса източна географска дължина;

UV index (индекс) – стандартизирана единица за измерване на ултравиолетова светлина;

JEDEC - Методология за четене на стандартния производител ;

MeV – мега електрон волта;

SCC - сквамозно клетъчен карцином;

BCC - базално клетъчен карцином;

NMSC - немеланомен рак на кожата;

ДНК – Дезоксирибонуклеиновата киселина;

РНК – Рибонуклеинова киселина;

SMT - метод за производство на електронни вериги;

PCB - печатна платка;

BGA - матрица от спояващи топки;

АТР (АТФ) – Аденозин трифосфат;

mJ/cm² – милиджаул на квадратен сантиметър;

J/cm² – джаул на квадратен сантиметър;

mW/cm² – миливат на квадратен сантиметър;

W/cm² – ват на квадратен сантиметър;

Hz – мерната единица херц;

MW – мегават;

IR - инфрачервен.

2. Въведение:

Живите същества са в непрестанна връзка с факторите на околната среда. Ултравioletовата светлина е жизнено необходима за развитието и поддържането на живота, но прекомерната експозиция води до патологични промени в много органи и системи. Доказано е негативното въздействие на UV вълните, но липсват достатъчно съвременни научни публикации, свързани с увреждането на зрителния анализатор след излагане на UV и особено негативните последствия след хронично UV увреждане. Причина за това е липсата на подходящ метод за измерване на специфичното UV натоварване в областта на зрителния анализатор.

От години екипът на Катедра по очни болести и зрителни науки към Медицински Университет - Варна с ръководител Проф. Д-р Христина Групчева, се интересува от UV автофлуоресценцията на предна очна повърхност и корелацията ѝ с развитието на патология на зрителния анализатор. С огромна радост можем да съобщим, че успяхме да изобретим UV дозиметър, измерващ вълновото натоварване на зрителния анализатор в UV спектъра. Смятаме, че създаденият от нас метод може да помогне в световен мащаб за по-доброто изучаване на специфична очна патология и развитие на адекватна превенция.

Увличам се по изобретяването на различни приспособления още от ранна детска възраст. На 16 години вече бях конструирал и сглобил два мотора, които се движат и до днес. На 21 години имах вече над 10 саморъчно направени електронни устройства – полупроводникови и лампови. Беше въпрос на време да вплета тези умения в основната си професия и призвание - Офталмологията.

Изобретението ни не би било факт, ако съдбата не ме бе срещнала с ръководителя ми Проф. Д-р Христина Групчева. Нейните идеи, иновативност, професионални насоки и подкрепа създадоха нужната среда за изобретяване на нашия UV дозиметър.

„Гледайте към звездите, а не към краката си. Опитвайте се да осмисляте това, което виждате. Задавайте си въпроси какво кара Вселената да съществува. Бъдете любопитни.“ - *Стивън Хокинг*

3. Цел и задачи на проучването:

3.1. Цел:

Целта на настоящия дисертационен труд е да бъде създаден лесно приложим в извънлабораторни условия метод за индивидуална UV дозиметрия, оценяващ прецизно както моментното, така и кумулативното UV натоварване на зрителния анализатор. Да се приложи на практика създадения метод.

3.2. Задачи на проучването:

За постигане на посочената цел се поставиха следните задачи:

- Да се извърши обзор на публикациите в литературата;
- Да се създаде прототип на индивидуален UV дозиметър, с определени параметри и отговарящ на предварително зададени изисквания;
- Оптимизация на прототипа с цел практическа приложимост;
- Събиране на база данни;
- Анализ на събраните данни за индивидуалната UV експозиция.

4. Материали и методи:

4.1. Обект и обхват на изследването:

Настоящото проучване е проведено в Катедра по Очни болести и Зрителни науки на Медицински Университет – Варна, на територията на Специализирана болница по Очни болести за активно лечение – гр Варна, териториите на общини Варна, Шумен, Бургас, Банско от Република България и Анталия от Република Турция. В него са включени 3 тестови субекта, които са събирали данни, използвайки индивидуални UV дозиметри за периода от 25.07.2016г до 28.10.2017г. База за събиране на данните са териториите на Република България и Република Турция, а база за разработка на дисертационния труд е Катедра по Очни болести и Зрителни науки към Медицински Университет – Варна.

4.2. Алгоритъм:

След подробно проучване за значимостта на UV лъчението спрямо организма и предната очна повърхност, се взе решение за проучване на UV натоварването на предна очна повърхност *in vivo*. Оказа се, че в литературата на съществуват проучвания за UV натоварването на хора в реални условия – по време на извършване на ежедневните си действия, както и не съществува UV дозиметър позволяващ такива измервания. Взе се решение за изработване на уникален по рода си UV дозиметър, позволяващ проследяване както на моментното UV натоварване, така и на кумулираната UV радиация, в областта на очния анализатор. За целта се определи следния алгоритъм:

1. Определяне на изисквания към дизайна на UV дозиметъра и хардуерните компоненти;
2. Създаване прототип на UV дозиметъра;
3. Определяне изисквания към софтуера на UV дозиметъра;
4. Създаване на софтуер и неговото усъвършенстване;
5. Тест на UV дозиметъра и калибриране в лабораторни условия;
6. Тест на UV дозиметъра в реални, извънлабораторни условия и сравняване на данните със стандартизиран източник;
7. Намиране на тестови субекти, желаещи да участват в проучването, носейки UV дозиметъра;
8. Създаване на база данни за UV натоварването на всеки тестови субект;
9. Обработване на получените резултати и интерпретация.

4.3. Изисквания към дизайна на UV дозиметъра и хардуерните компоненти:

4.3.1 Изисквания към дизайна на UV дозиметъра:

Целта на UV дозиметъра е изследване на лъчевото натоварване в областта на предната очна повърхност за дълъг период от време. Дозиметърът трябва да бъде носен на главата, в близост до зрителния анализатор. Това определя нуждата устройството

да е малко по размер, леко, така че да може да бъде закачено директно в околната област – чрез лепенка; или към някакъв друг аксесоар носен в тази област: очила, диадема, фиба, шал, шапка и др.

Дозиметърът трябва да измерва UV радиацията в стандартизирана измервателна единица – UV индекс. Индексът на ултравиолетовите лъчи или UV индексът е международно стандартно измерване на интензитета на ултравиолетово излъчване, генериращо слънчево изгаряне, за определено място и време. UV индексът е разработен от канадски учени през 1992 г., след това е приет и стандартизиран от Световната здравна организация на ООН и Световната метеорологична организация през 1994 г. Той се използва предимно в ежедневните прогнози, насочени към широката общественост, и все по-често се предлага като часова прогноза.

UV индексът е проектиран като линейна скала с отворен край, директно пропорционална на интензитета на ултравиолетовата радиация, която причинява слънчево изгаряне на човешката кожа. Например, ако лице със светла кожа, без слънцезащитно средство, получи слънчево изгаряне за 30 минути при UV индекс 6, то този индивид трябва да очаква слънчево изгаряне за около 15 минути при UV индекс 12 - два пъти по-висок UV индекс, два пъти по-бързо.

Целта на UV индекса е да помогне на хората ефективно да се предпазят от UV радиация, която има положителни ползи за здравето, но в излишък причинява слънчево изгаряне, стареене на кожата, увреждане на ДНК, рак на кожата, имunosупресия и увреждане на очите. Обществените здравни организации препоръчват хората да се защитят (например, като прилагат слънцезащитни продукти върху кожата и носят шапка и слънчеви очила), ако прекарват значително време на открито, когато UV индексът е 3 или по-висок.

От огромно значение е подържането на нормално ниво на комфорт на тестовите субекти. По този начин те биха извършвали нормално ежедневните си дейности и резултатите от дозиметъра биха били реални. За целта, дозиметърът трябва да е портативен. Иначе субектите биха били ограничени в мобилността на действията си и така резултатите от проучването биха се променили.

Важно е получените данни да бъдат съхранени без загуба, независимо от продължителността на носене на дозиметъра. Това определя нужда от устройство с достатъчно голяма памет. За жалост съвременните средства с толкова голяма памет са със значими размери спрямо големината на главата и не би било удобно поставянето и носенето на такава. От друга страна използването на мобилни устройства се е превърнало в ежедневие за всички, а такива мобилни устройства разполагат с нужното количество памет. Бе взето решение дозиметърът да предава информацията до мобилно устройство, където тя да може да се съхрани. Това определя нуждата от универсален пренос на данни – дозиметърът да може безжично да пренася данни до масово достъпни персонални устройства – мобилни телефони, таблети, преносими компютри.

Разбира се, от значение е и устройството да има дълъг експлоатационен период. Това би дало възможност за събиране на достатъчно количество данни, без да се налага прекъсване на ежедневните дейности на тестовите субекти.

4.3.2 Изисквания към хардуерните компоненти на UV дозиметъра:

За измерване на специфичен спектър вълни, устройството се нуждае от сензор. За предаване на получената информация, дозиметъра се нуждае от комуникационен модул. Информацията получена от сензора трябва да бъде предадена, обработена, трансформирана и поднесена в подходящ формат на комуникационния модул, а за целта е нужно наличието на АЦП (аналогов-цифров преобразувател). Разбира се, устройството се нуждае и от собствена памет с цел записване на работен софтуер – фирмуер, съхранение на пакет данни. Всички тези компоненти са активни и се нуждаят от захранване, за да работят. Захранването и компонентите се нуждаят от периферия – филтрираща група от кондензатори и съпротивления, осигуряващи нормални експлоатационни напрежения и количество ток. Разбира се, всички тези електронни компоненти трябва да бъдат монтирани на носител – платка.

Нужно е устройството да е с малък размер, следователно всичките електронни компоненти също трябва да са малки. Това определя използването на SMD (surface-

mount device) компоненти. Използваните сензор, АЦП, комуникационен модули платка също трябва да са с малки размери.

Дозиметърът трябва да бъде носен в областта на главата на тестови субекти, следователно температура на работа и експлоатация на компонентите трябва да е близък до телесната температура на човек и да не се повлиява от нормалната флукутация на температурата в хабитата.

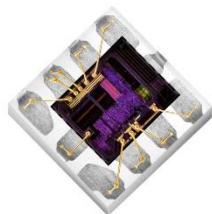
Изискванията за компактност, дълъг експлоатационен период и мобилност налагат нуждата енергийният източник да е мобилен и с малки размери – батерия.

В голяма част от денонощието, човек не е подложен на UV въздействие – докато спи през ноща, или докато е в затворени помещения, които имат филтрирана изкуствена светлина и няма изкуствени източници на UV. В тези периоди на денонощието дозиметърът може да е в неактивен режим – функция, която би удължила многократно експлоатационния период на една батерия. Неактивният, sleep режим би могъл да бъде прекъснат във всеки един момент и устройството да бъде активирано. За целта се използва микробутон, разположен на самото устройство.

4.4. Прототип на UV дозиметъра:

На базата на горепосочените изисквания се подбраха следните компоненти: сензор/АЦП/АД конвертор на Silicon Labs Si1132, Серийна flash памет – Adesto Technologies AT25XE011, блутуут модул за комуникация – Panasonic PAN1740, самостоятелен енергиен източник – батерия CR1025, микробутон – Panasonic EVPAW, периферни компоненти, включително метален клип държач за батерията и печатна платка с дизайн за дозиметъра.

4.4.1 Сензор/АД конвертор – Silicon labs Si1132:

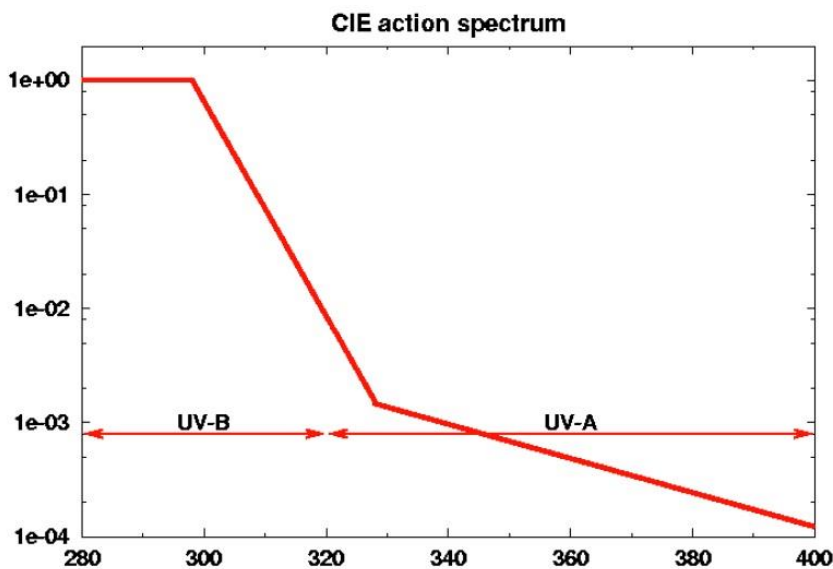


Фигура 1 – Сензор Si1132

Сензор - Si1132 (Si1132 Ultraviolet (UV) Index and Ambient Light Sensor IC) (Фигура 1), свързан към микроконтролера с I2C шина и допълнителна линия за външно прекъсване (IRQ).

Монолитният сензор Si1132 интегрира множество фотодиоди, аналогово-цифров преобразувател, цифрово-сигнален процесор и цифров I2C контролен интерфейс в малък 2мм x 2мм QFN корпус. Този сензор може да измерва силата на околната светлина, както и стандартен UV индекс. Предназначен е за вграждане в различни фитнес уреди, смарт часовници и смартфони. Ниското му потребление позволява дълъг живот на батерията с консумация в спящ режим по-малко от 500nA и средна работна консумация от 1.2uA (при измерване на UV индекс веднъж на всяка секунда). Si1132 е сензор за UV индекс и околна светлина, чието работно състояние се контролира чрез регистри, достъпни през I2C интерфейса. Хостът може да разпреди на Si1132 да инициира улавяне на UV индекса или околната светлина при поискване. Хостът може да постави Si1132 в самостоятелно работно състояние, където изпълнява измервания на определени интервали и прекъсва връзката след всяко измерване. Това води до цялостното спестяване на енергия на системата, което позволява на контролера да работи по-дълго в състояние на сън вместо да активира Si1132.

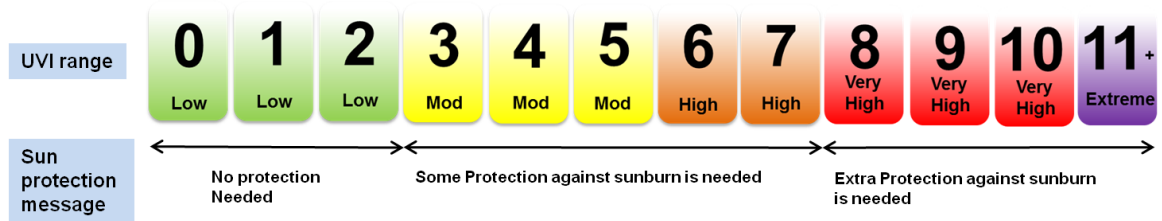
UV индексът е число, линейно свързано с интензивността на слънчевата светлина, достигаща земната повърхност и се определя към Еритемния спектър на действие на СИЕ, както е показано на **фигура 2**.



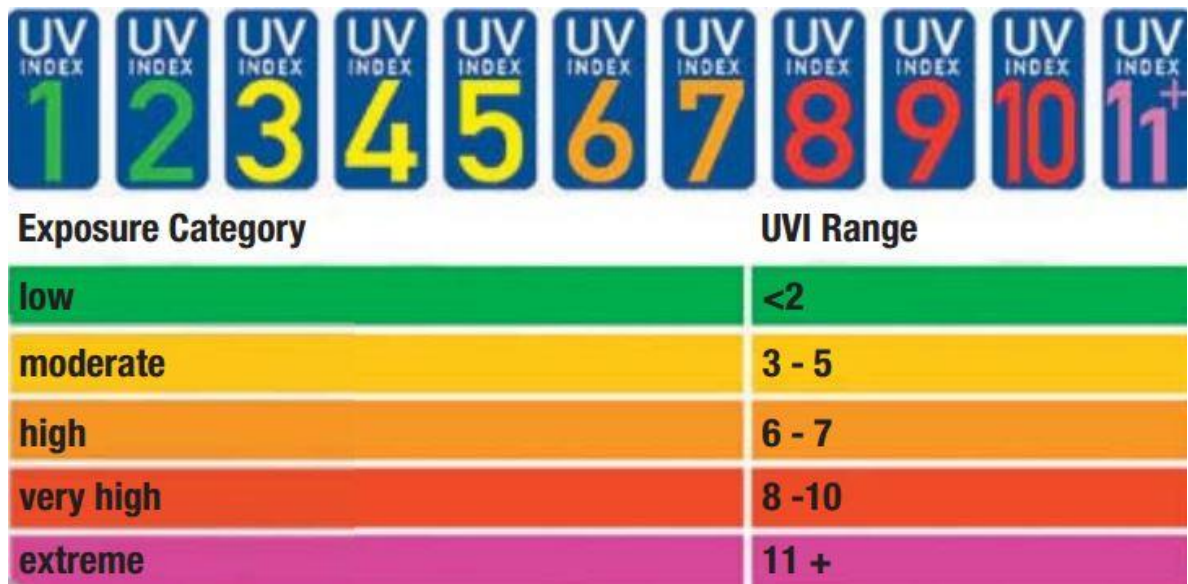
Фигура 2 – Еритемен спектър на действие.

Той е стандартизирана мярка за човешката реакция на кожата на различни дължини на вълната от слънчева светлина от UVB до UVA. UV индексът е

стандартизиран от Световната здравна организация и включва опростено ниво на UV експозиция, както е показано на **фигури 3 и 4**.



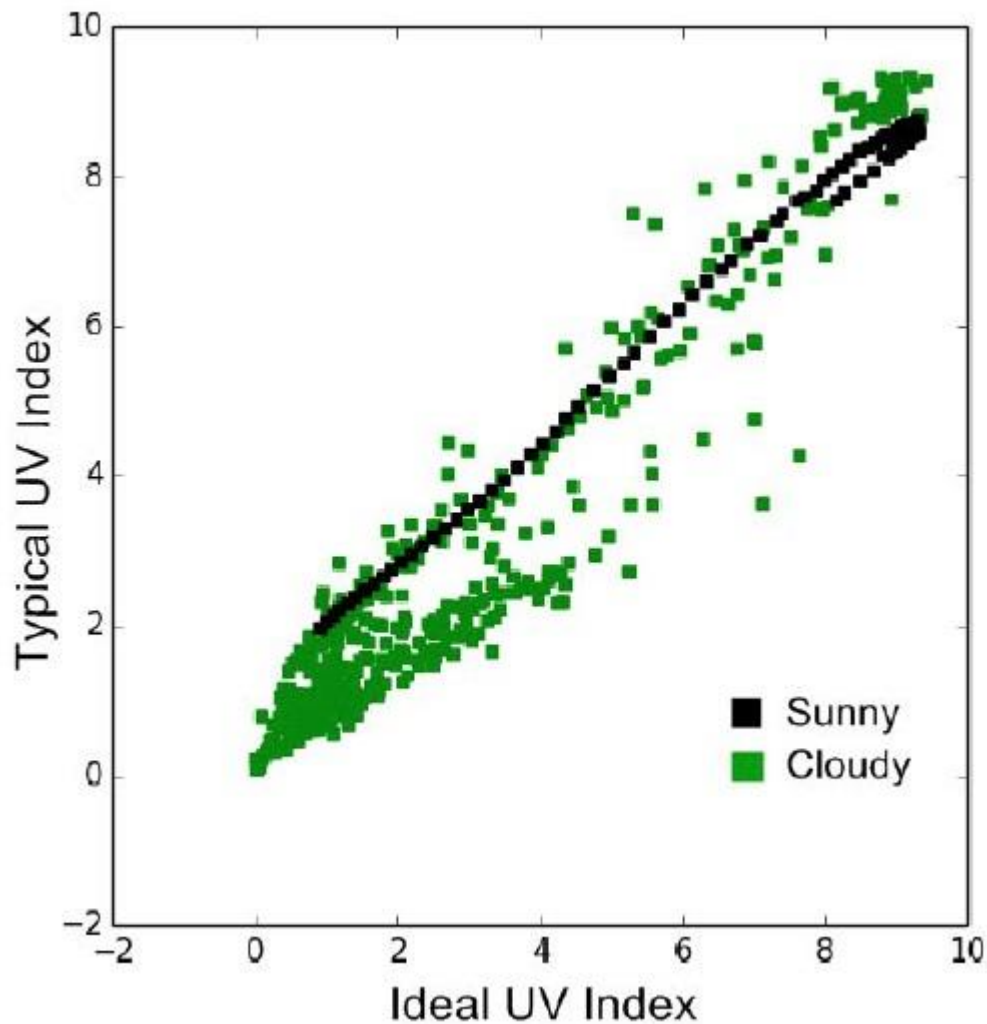
Фигура 3 – UV индекс 1.



Фигура 4 – UV индекс 2.

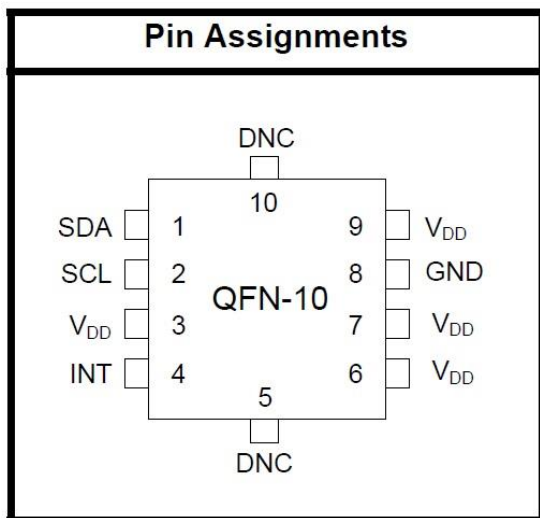
Обикновено, след период от 285 μ s, AUX_DATA ще съдържа 16-битова стойност, представляваща 100 пъти UV индекс на слънчева светлина. Използваният софтуер трябва да раздели резултатите от AUX_DATA на 100. Точността на UV отчитанията може да се подобри, като се използват параметри за калибриране, които са програмирани в Si1132, за да се адаптира за нормална вариация на частите. Параметрите на калибрирането се възстановяват от Si1132 чрез написване на командата Register @ address 0x18 със стойността 0x12. Когато параметрите за калибриране се възстановят, те се показват в I2C регистрите от 0x22 до 0x2D. Те са еднакви регистри, използвани за отчитане на измерванията на VIS, IR и AUX. Кодът на хоста се очаква да разпредели паметта за структурата Si114x_CAL_S. Програмата за калибриране Si114x_ ще я запълни с подходящи стойности. След като са били

възстановени параметрите за калибриране, рутинна команда се използва за промяна на стандартните стойности, които влизат в UCOEF0 до UCOEF3 UV конфигурационни регистри за отстраняване на нормалните вариации на части. Типичният калибриран отговор на UV сензора спрямо изчисления идеален UV индекс е показан на **Фигура 5**. Стандартизирани са спрямо голяма база данни на слънчевите светлинни спектри от облачни до слънчеви дни и при различни ъгли на слънцето / времето на деня.



Фигура 5 – UV индекс спрямо очакваните резултати.

Интерфейсът на хоста към Si1132 се състои от три пина – SCL, SDA и INT. SCL и SDA са стандартни отворени дренажни пинове, които се изискват при работа с I2C. При Si1132 INT прекъсва хост процесора. INT е отворен изход, свързан към дрейн. Резисторен делител е необходим за този пин, за да работи правилно чипа. Като отворен



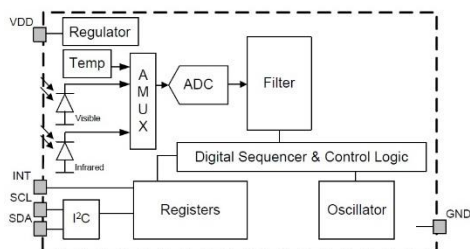
Фигура 6 – Si1132 разположение на пиновете.

изход свързан към дрейн, може да бъде споделен с други дрейн свързани канали в системата.

Като цяло, Si1132 е сензор с ниска мощност за UV индекс и околна светлина, с цифров интерфейс I2C и изход за прекъсване на програмируеми събития. Този сензор включва аналогово-цифров преобразувател, интегриран с висока чувствителност видими и инфрачервени фотодиоди и цифров сигнален процесор.

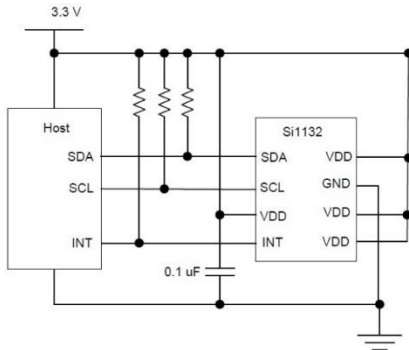
Si1132 предлага отлично представяне под широк динамичен диапазон и разнообразие от източници на светлина, включително пряка слънчева светлина. Si1132 може да работи и под тъмни стъклени капаци, слюди, лещи. Отговорът на фотодиода и свързаните схеми за цифрово преобразуване осигуряват отличен „имунитет“ към изкуствен светлинен шум и трептене на естествената светлина. Si1132 е с 10-крака, 2x2 мм QFN размер (Фигура 6) и е способен на работа при напрежение от 1,71 до 3,6 V, в температурен диапазон от -40 до +85 ° C. Сензорът има вътрешен и външен режим на събуждане, вградено мониториране на захранването и контролер на старта. Има възможност за I2C комуникация със скорост до 3.4Mbps и работа под контрол на друг декодер, като стендбай режимът е с изключително ниска консумация, под 500 nA.

Функционална блокдиаграма е представена на Фигура 7 и показва детайлно принципа на свързване на отделните компоненти на Si1132 – наличните сензори, филтри, дигиталните секвенсер и контролер, свързани с осцилатор и регистрите, комуникиращи с I2C шината.



Фигура 7 – Функционална блокдиаграма на Si1132.

Представена е и примерна схема на свързване на Si1132 с хост, като са описани минималните периферни компоненти, за да се обезпечи нормалната експлоатация на сензора (Фигура 8).



Фигура 8 – Si1132 примерна схема.

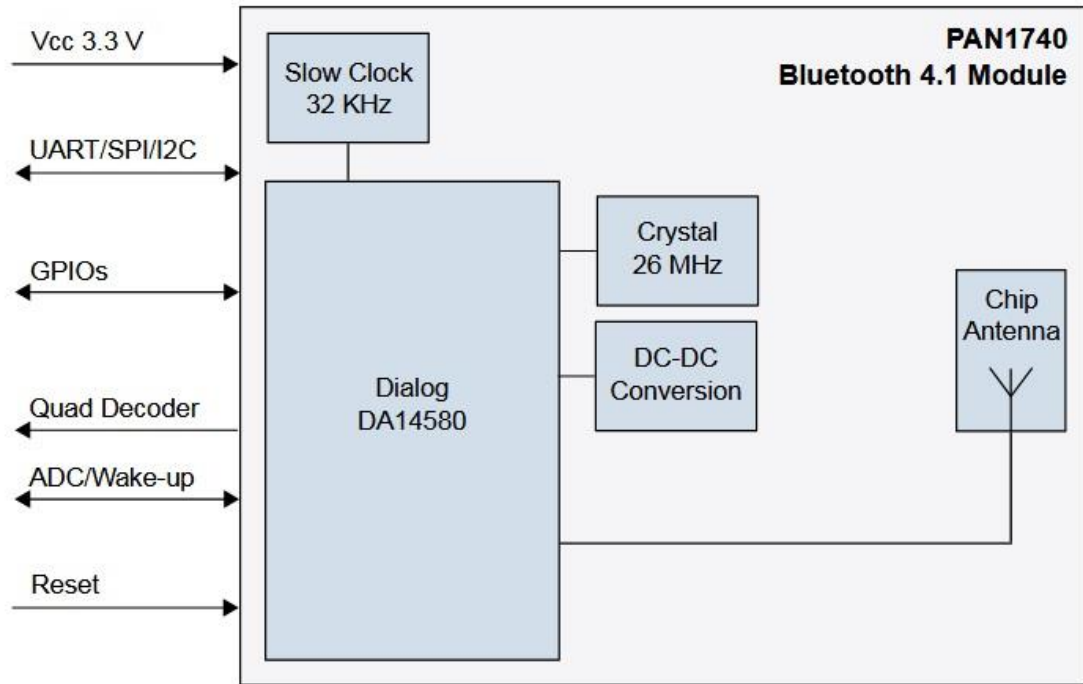
4.4.2 Bluetooth LE модул - Panasonic PAN1740:



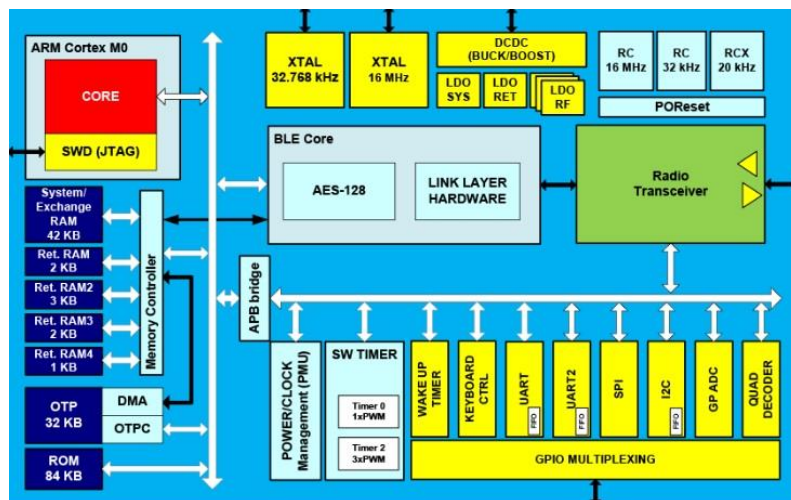
Фигура 9 – Panasonic PAN1740

PAN1740 (Фигура 9) е единичен комуникационен Bluetooth модул с къс обхват, предназначен за вграждане в различни електронни устройства. PAN1740 е напълно в съответствие с Bluetooth V4.1 стандарт. Той включва специален хардуер за внедряване на Bluetooth®Smart и контролен интерфейс с подобрени възможности за свързване. Има следните характеристики – препрограмирваем BT/MAC адрес, включен 16 MHz и 32 768 KHz кристали калибрирани до 1 ppm, програмируем ARM CORTEX M0 CPU, автономно опериране под BTLE, Bluetooth v4.1 GATT профил – ниско енергетичен единичен модул, малък 9.0 mm x 9.5 mm x 1.8 mm SMD размер заедно с антената, по-малка от няколко μ A консумация при покой, интегрирана екранировка срещу електромагнитни смущения, максимална консумация от 4,9 mA, 93 dB чувствителност

и температурен оперативен диапазон от -40 °C, до +85 °C. PAN1740 е представен с блок диаграма на **Фигура 10** и Bluetooth IC на **Фигура 11**.



Фигура 10 – Блок диаграма на PAN1740



Фигура 11 – Bluetooth IC

Процесорът Cortex-M0 е 32-битов процесор с редуцирани инструкции (RISC) с архитектура на Neumann (интерфейс с една шина). Той използва набор от

инструкции, наречен Thumb, който първо се поддържа в процесора ARM7TDMI; но са включени и няколко по-нови инструкции от ARMv6 архитектурата и няколко инструкции от Thumb-2 технологията. Технологията Thumb-2 разшири предишния набор инструкции Thumb, за да позволи всички операции да се извършват в едно състояние на процесора. Инструкцията, зададена в Thumb-2, включва както 16-битови, така и 32-битови инструкции; повечето инструкции, генерирани от съставителя C, използват 16-битовите инструкции, а 32-битовите инструкции се използват, когато 16-битовата версия не може да изпълни необходимите операции. Това води до висока плътност на кодовете и избягва режимното превключване между двата комплекта инструкции. На кратко, процесорът Cortex-M0 поддържа 56 базови инструкции, въпреки че някои инструкции могат да имат повече от една форма. Когато наборът от инструкции е малък, процесорът Cortex-M0 е с висока продуктивност, защото наборът от инструкции Thumb е силно оптимизиран.

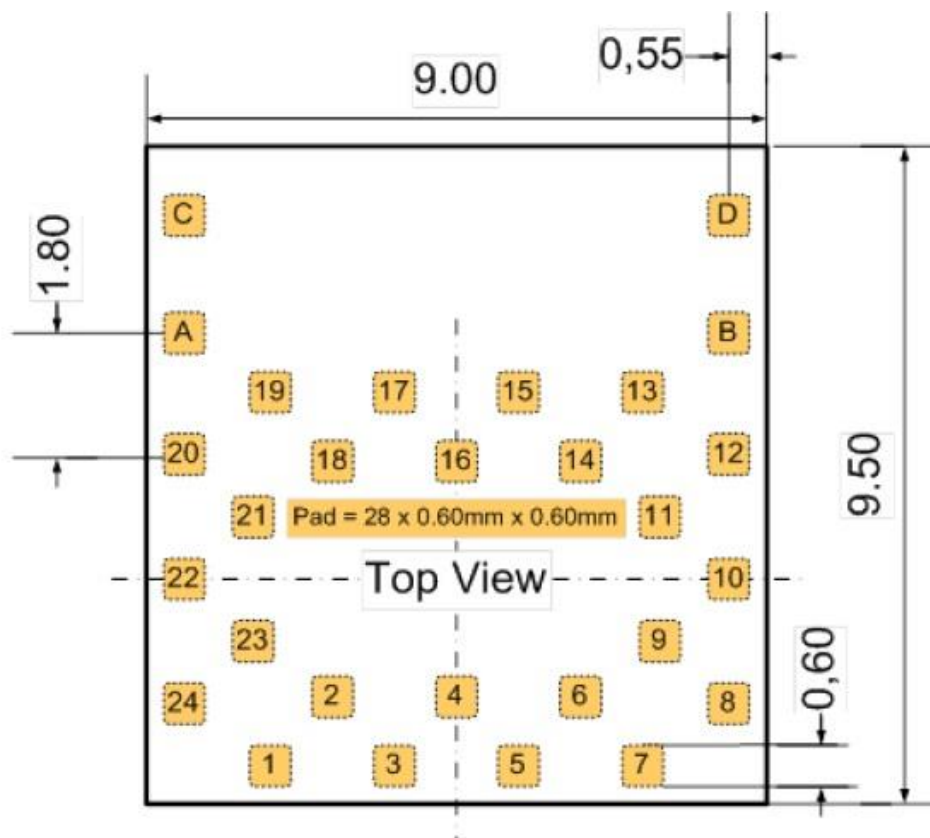
Следните памети са част от вътрешните блокове на PAN1740:

- **ROM.** Това е ROM от 84 kB, съдържащ информацията за протокола Bluetooth Smart, както и последователността от кодове за зареждане;
- **ОТР.** Това е 32 kB Програмируем масив за памет, използван за съхранение на кода на приложението, както и на профилите Bluetooth Smart. Също така съдържа данните за системната конфигурация и калибрирането;
- **Система SRAM.** Това е система SRAM (Sys-RAM) от 42 kB, която се използва основно за огледално копиране на програмния код от ОТР, когато системата се активира / задейства. Той също така служи като Data RAM за междинни променливи и различни данни, които протоколът изисква. По избор, той може да се използва като допълнително пространство за паметта за структурите на данни BLE TX и RX;
- **Задържаща RAM.** Това са 4 специални нискочестотни SRAM клетки (2 kB + 2 kB + 3 kB + 1 kB), използвани за съхраняване на различни данни от протокола Bluetooth Smart, както и глобалните променливи на системата и стека на процесорите, когато системата влиза в режим Deep Sleep. Съхраняването на тези данни гарантира сигурна и бърза конфигурация на Core BLE, след като системата се събуди. Всяка клетка може да бъде включена или изключена в

зависимост от нуждите на приложението за зона на задържане, когато е в режим Deep Sleep.

PAN1740 е оптимизиран за вграждане в устройства за мониториране на здравето, измерване параметри по време на спорт, устройства за взаимодействие с хора и т.н. Клиентите могат да разработват и тестват свои собствени устройства. След завършване на разработката кода на приложението може да бъде програмиран в ОТР.

На **Фигура 12** е представена пиновата конфигурация и пространственото разположение спрямо модула.



Фигура 12 – Конфигурация на пиновете.

PAN1740 е оборудван с високоскоростен 10-битов аналогово-цифров преобразувател с ултра ниска мощност (GPADC). Той може да работи в еднополюсен (единичен край) режим, както и в биполярен (диференциален) режим. ADC има свой собствен регулатор на напрежението (LDO) от 1.2 V, който предоставя изправено напрежение.

Има следните характеристики:

- 10-битов динамичен ADC с 65 ns време за конвертиране;
- Максимална скорост на вземане на проби 3.3 Msample / s;
- Изключително ниска мощност (5 μ A типичен захранващ ток при 100 кс / сек);
- Единичен и диференциален вход с две входни скали;
- Четири единични канала или два диференциални изхода;
- Функция за наблюдение на батерията;
- Функция на късане;
- Настройка на отместване и нулева скала;
- Регулиране на нивото на входния режим.

Пространствен декодер - този блок декодира пулсовите шини от ротационен енкодер, за да осигури стъпката и посоката на движение на външното устройство. Три оси (X, Y, Z) се поддържат.

Интегрираният пространствен декодер може автоматично да декодира сигналите за осите X, Y и Z на входното устройство HID, като отчита етапа на отчитане и посоката: каналите се очаква да осигурят импулсен поток с 90 градусова фазова разлика. В зависимост от това дали еталонният канал води или изостава, може да се определи посоката.

Този блок може да се използва за събуждане на чипа веднага щом има някакво движение от външното устройство, свързано към него.

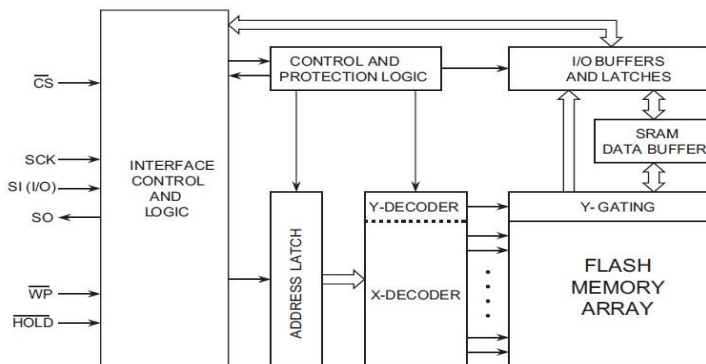
4.4.3 Flash памет на Adesto Technologies AT25XE01:

Adesto® AT25XE011 е силно оптимизиран сериен интерфейс флаш памет с изключително ниска консумация на енергия, предназначен за използване в широк диапазон нискоенергийни потребителски и промишлени приложения. Устройството AT25XE011 е оптимизирано да отговори на нуждите на съвременните приложения в пазарното пространство съобразени с мобилност и интернет.

Графичната архитектура за изтриване на страници и блокиране на блокове позволява по-ефикасно поддържане на пространството в паметта и съхранение на данни и актуализации по безжичен метод. Основните подпрограми и сегментите за съхранение на данни се самооткриват в собствените си отделни области и с

гранулирана архитектура позволяват неизползваното място в паметта (което се случва при големи секторни и големи устройства за блокиране на флаш паметта) да бъдат значително намалени. Полученото подобрене на ефективността на софтуера допринася за намаляването на общите разходи за CPU / MCU, които способства за по-нататъшно намаляване нивата на използване на енергията в системата. Устройството също така съдържа специализиран регистър за сигурност OTP (One-Time Programmable). Този регистър може да се използва за цели като уникално сериализиране на устройства, системно ниво за съхранение на електронни серийни номера (ESN), заключен ключ за съхранение и т.н. Специално проектирана за използване в много различни системи, AT25XE011 поддържа четене, програмиране и изтриване на операции с широк обхват на захранващото напрежение от 1.65V до 3.6V. За програмиране и изтриване не се изисква отделно захранващо напрежение.

На **Фигура 13** е преставена блок диаграма на серийната флаш памет.

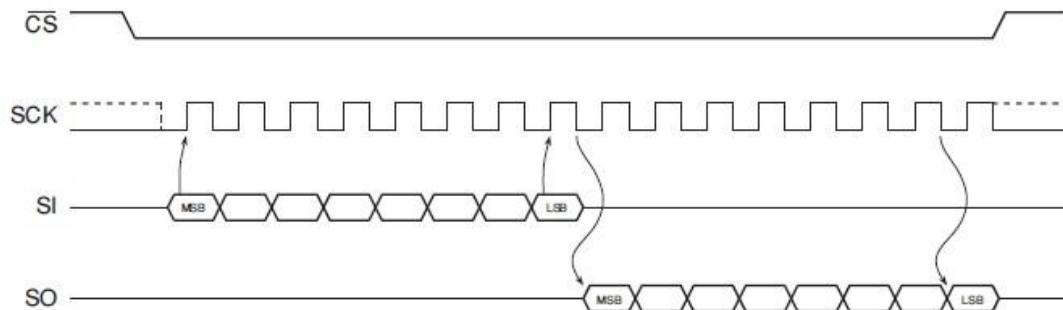


Фигура 13 – Блок диаграма на серийната флаш памет.

За да се осигури най-голяма гъвкавост, масивът на паметта на AT25XE011 може да бъде изтрит на три нива, включително пълно изтриване на чипа. Размерът на блоковете за изтриване е оптимизиран както за кодовете, така и за приложенията за съхранение на данни, което позволява както кодовете, така и сегментите за данни да пребивават в собствените си заличаващи се региони.

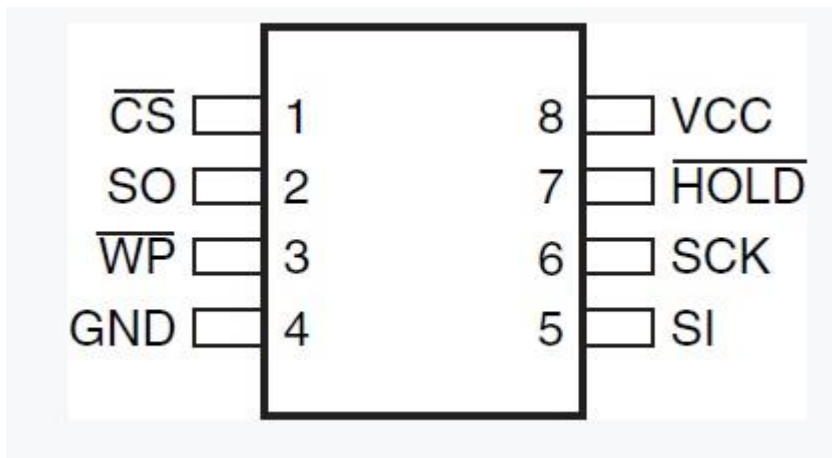
AT25XE011 се управлява от набор от инструкции, които се изпращат от хост контролера, обикновено наричан SPI Master. SPI Master комуникира с AT25XE011 чрез шина SPI, която се състои от четири сигнални линии: Чип (CS), сериен часовник (SCK), сериен вход (SI) и сериен изход (SO). Протоколът SPI определя общо четири режима на работа (режим 0, 1, 2 или 3), като всеки режим се различава по отношение

на SCK поляритета и фазата. Поляритета и фазата управляват потока от данни на шината SPI. AT25XE011 поддържа двата най-често срещани режима, SPI режими 0 и 3. Единствената разлика между SPI Режими 0 и 3 е полярността на SCK сигнала, когато е в неактивно състояние (когато SPI Master е в режим на готовност и не прехвърля никакви данни). С SPI Режими 0 и 3, данните винаги се затварят на изходящия ръб на SCK и винаги се извеждат на падащия ръб на SCK (Фигура 14).



Фигура 14 – SPI режими 0 и 3.

Устройството разполага с режим на четене с двоен изход, който позволява два бита от данни да бъдат излъчвани от устройството на всеки цикъл за подобряване на производителността. За да се осъществи това, изходите SI и SO се използват като изходи за трансфера на байтове данни. С командата за прочитане на двойка изходи, пинът SI става изход заедно с пина SO. Фигура 15 показва конфигурацията на пиновете на флаш паметта.



Фигура 15 – конфигурация на пиновете на серийната флаш памет.

Параметри на серийната флаш памет:

- Захранване 1.65V - 3.6V;
- Съвместима със серийен периферен интерфейс (SPI);
- Поддържа SPI режими 0 и 3;
- Поддържа четене с двоен изход;
- 104MHz максимална честота на работа;
- Закъснение часовник-изход (t_V) от 6 ns;
- Гъвкава, оптимизирана изтриваема архитектура за приложения, с цел съхранение на кодове и данни;
- Малко (256-байт) изтриване на страница;
- Унифицирано изтриване на блокове от 4 Kbyte;
- Унифицирано изтриване на блокове от 32 Kbyte;
- Пълно изтриване на чипа;
- Хардуерно управление на защитените сектори чрез WP пин;
- 128-байтови, еднократно програмируеми (OTP) регистри за сигурност;
- 64 фабрични байта, програмирани с уникален идентификатор;
- 64 байта програмируеми от потребителя;
- Гъвкаво програмиране;
- Програма байт / страница (1 до 256 байта);
- Бързо време на програмиране и изтриване;
- 2ms време за програмиране на страница (256 байта);
- 50 ms време за изтриване на блок 4-Kbyte;
- 400 ms време за изтриване на блокове от 32 Kbyte;
- Автоматична проверка и отчитане на грешки при изтриване / програмиране;
- Софтуерно контролирано нулиране;
- Методология за четене на стандартния производител JEDEC и идентификация на устройството;
- Ниска консумация на ток;
- 200nA консумация наток при Ultra Deep режим;

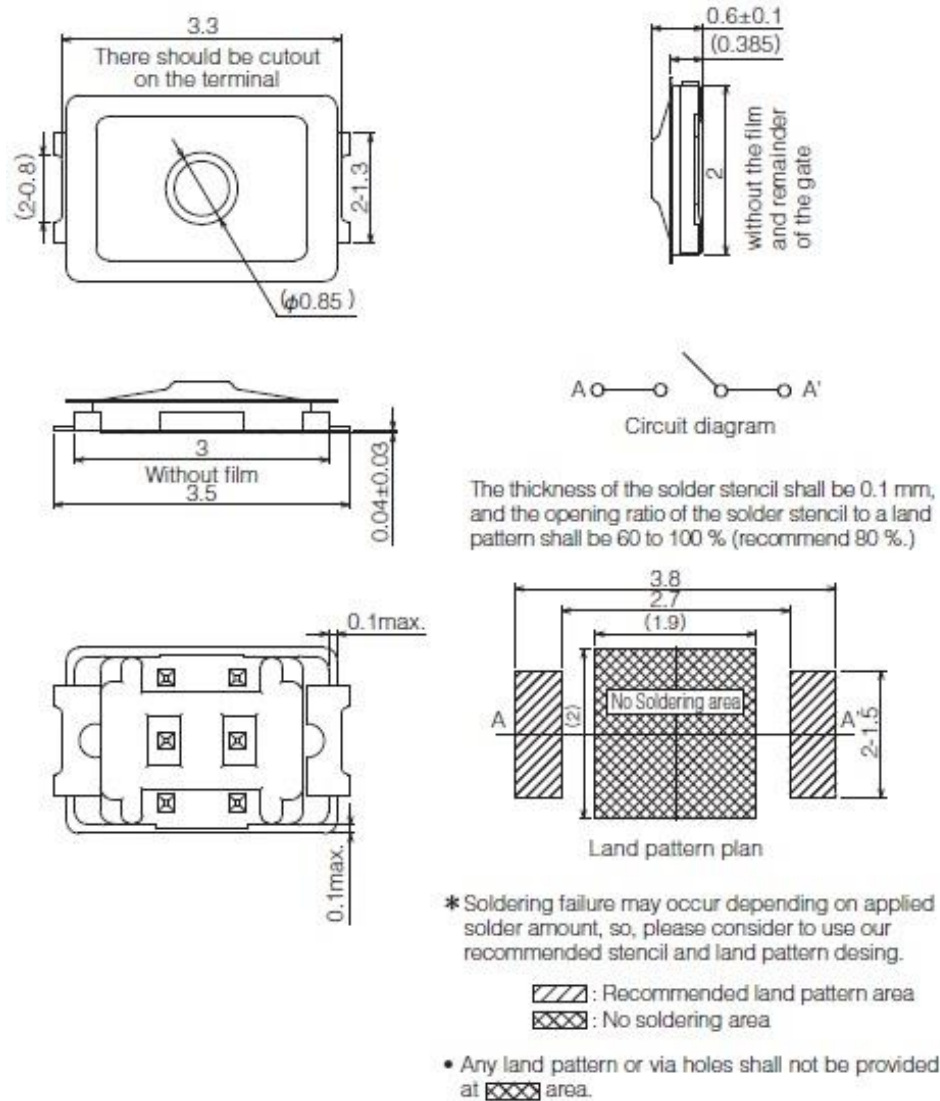
- 4.5µA консумация на ток при Деер режим;
- 25µA консумация на ток при режим на готовност;
- 3.5mA консумация на ток при активен режим;
- Издръжливост: 100 000 цикъла на програма / изтриване;
- Запазване на данни: 20 години;
- Температурен толеранс: -10 ° C до + 85 ° C (при от 1.65V до 3.6V захранване),
-40 ° C до + 85° (при от 1.7V до 3.6V захранване);
- Пакет в промишлеността – Зелен - (Pb / безхалидов / RoHS);
- SOIC формат с 8 пина (150-мили);
- 8-падов Ultra Thin DFN (2 x 3 x 0,6 мм);
- 8-пинов TSSOP пакет;

4.4.4 Бутон Panasonic EVPAW:

Бутонът Panasonic EVPAW се използва за активиране на устройството, когато е било в режим на ниска консумация на енергия – Sleep режим. Характеризира се със следните параметри:

- Малък размер 3x2мм;
- Вграден актуатор;
- Ток до 20mA при 15 Vdc;
- Диелектрична устойчивост 250Vac за 1 мин.;
- Оперативна температура -40/+85 C;
- Сила на натиск 1.6-3.3N;
- Живот 300 000 – 500 000 цикъла.

Фигура 16 представя физическите размери и електрическа схема на бутона.



Фигура 16 – Физически размери и електрическа схема на бутон Panasonic EVPAW.

4.4.5 Батерия CR1025:

За енергиен източник на захранване е избрана батерия CR1025. Тя съчетава много добри електрически параметри в малък размер, което помага да се спази изискването за малък размер на дозиметъра. Характеризира се с:

- Състав Li/MgO₂;
- Напрежение 3.0V;
- Капацитет 30mAh;
- Тегло 0,7g;
- Оперативна температура -40/+60 C;

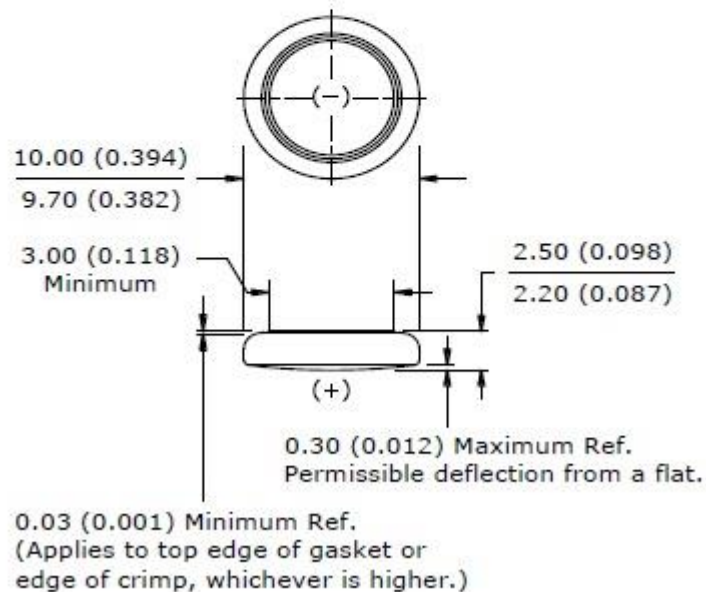
- Саморазряд ~1% за 1 година.

На **Фигура 17** са представени физическите размери на батерията.



Industry Standard Dimensions

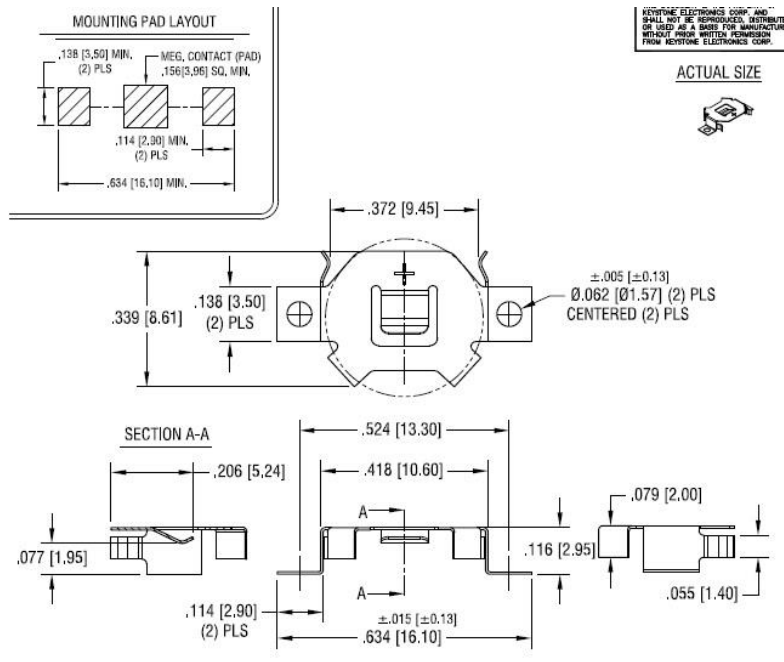
mm (inches)



Фигура 17 – Физически размери на батерия CR1025.

4.4.6 Keystone Electronics 3030 – държач за батерия 10мм:

За закрепване на батерията към платката на дозиметъра е използван Keystone Electronics 3030 – стандартен държач за батерия с диаметър 10мм. На **Фигура 18** са представени физическите размери на държача.

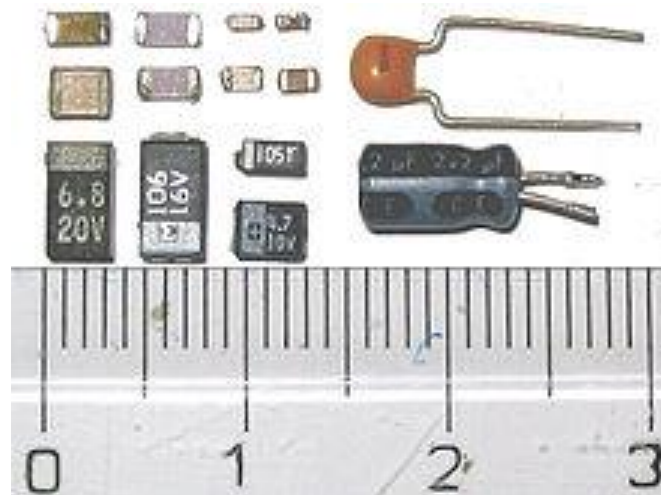


Фигура 18 – Физически размери на държач за батерия 3030.

4.4.7 Допълнителни компоненти – SMD съпротивления и кондензатори:

С цел правилно електрическо свързване на компонентите и филтриране на захранващото напрежение от батерията са използвани допълнителни компоненти – съпротивления и кондензатори. Малкият размер на устройството ограничава размерът и на тези компоненти, затова се използват SMD елементи. Технологията за повърхностно монтиране (SMT) е метод за производство на електронни вериги, в които компонентите са монтирани или поставени директно върху повърхността на печатни платки (PCBs). Така направеното електронно устройство се нарича устройство за повърхностен монтаж (SMD). В промишлеността до голяма степен е заменен методът за изграждане на технология чрез пробиване на платката и поставяне на компоненти с жични проводници в отвори. И двете технологии могат да се използват на една и съща платка, като технологията за проходните отвори се използва за компоненти, които не са подходящи за повърхностен монтаж, като например големи трансформатори и полупроводници с по-висока мощност. Компонентът SMD обикновено е по-малък от неговия еквивалент за монтаж през отвор, тъй като има или по-малки изводи, или изобщо никакви проводници. Той може да има къси пинове или проводници в различни стилове - плоски контакти, матрица от спояващи топки (BGA)

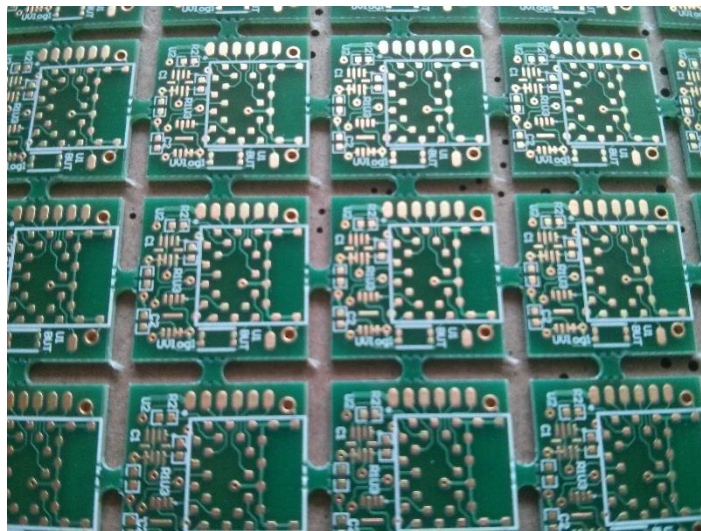
или терминали по корпуса на компонента. На **Фигура 19** е представена съпоставка в размера на SMD кондензатори спрямо такива със същия капацитет, но за монтаж през отвор, на метрична скала.



Фигура 19 – сравнение на SMD кондензатори и такива за монтаж през отвор.

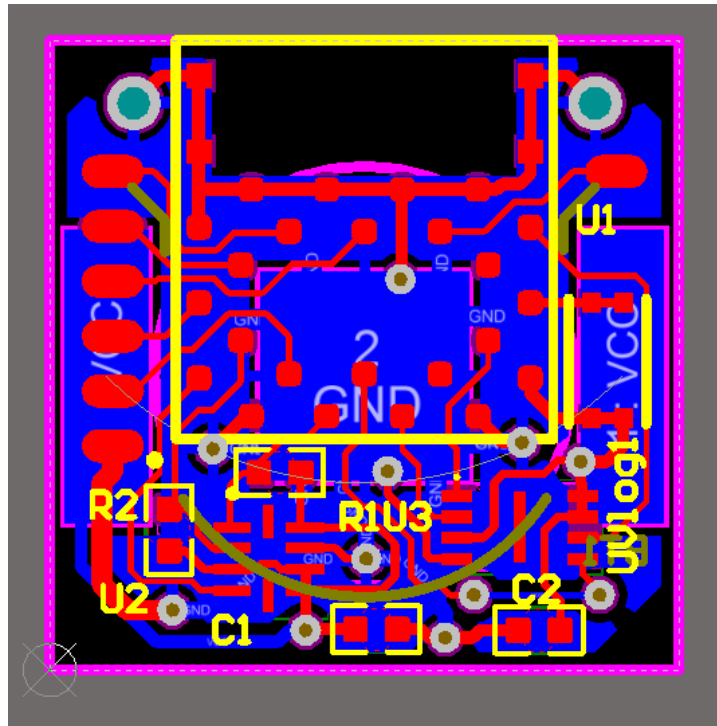
4.4.8 Многослойна печатна платка:

Многослойната печатна платка е изработена по индивидуален дизайн, съобразен с използваните компоненти и изискванията на дозиметъра. Произведена е от водеща фабрика за производство на печатни платки с активен лиценз по стандарти на Европейския Съюз. Представена е на **Фигури 20**.

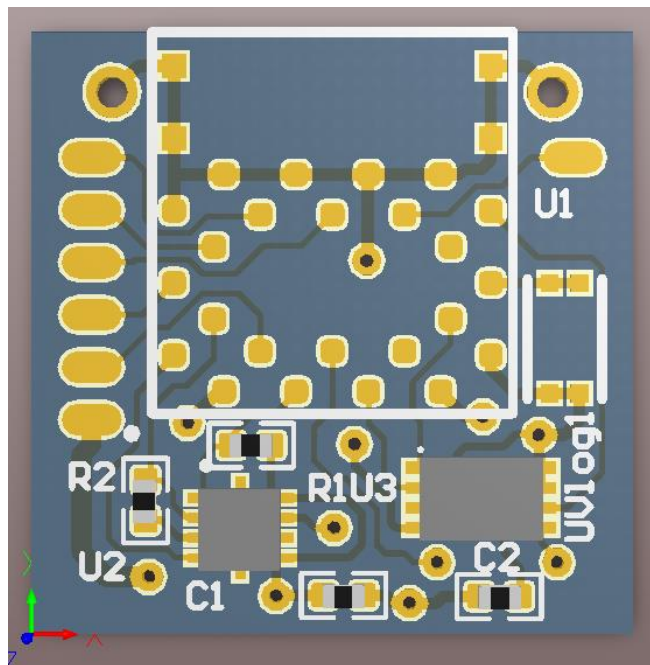


Фигура 20 – Печатна платка – преден изглед.

На **Фигури 21 и 22** са представени схематично дизайнът на различните слоеве на печатната платка и разположението на електронните компоненти.



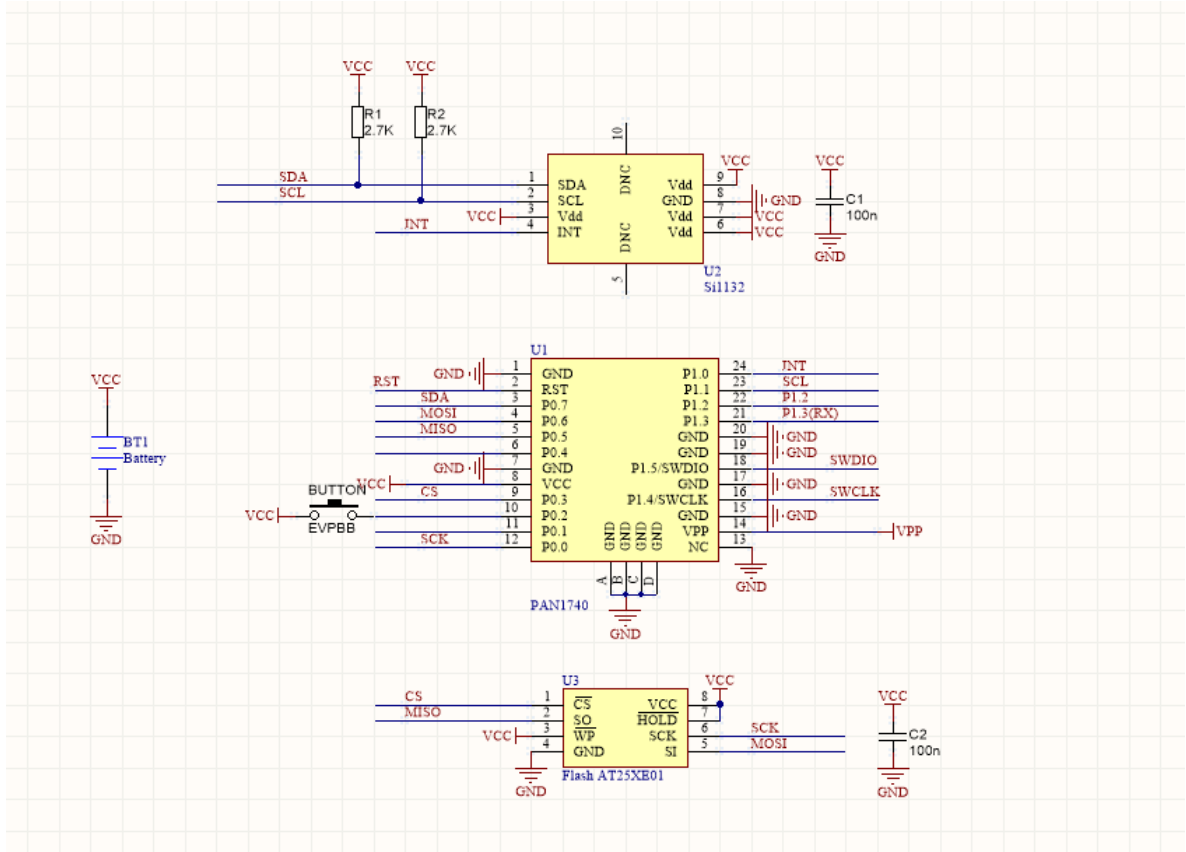
Фигура 21 – Дизайн на предният и задният слой на печатната платка.



Фигура 22 – Разположение на електронните компоненти.

4.4.9 Електрическа схема на UV-дозиметъра:

На **Фигура 23** е представена подробна електрическа схема на дозиметъра с всички електронни компоненти и връзките между техните пинове.



Фигура 23 – Електрическа схема на UV-дозиметъра.

4.4.10 Техническа същност и метод на работа на UV-дозиметъра:

Персонален дозиметър за ултравиолетова радиация в областта на зрителен анализатор (накратко наричано „дозиметър“) е устройство за измерване на стандартизиран ултравиолетов индекс (наричан накратко “UV index”) в областта на зрителния анализатор. Дозиметърът е персонален, портативен, базиран на полупроводникови елементи. Малкият размер, тегло на устройството в комбинация със собствен енергиен източник – батерия CR1025, позволяват то да бъде носено продължително време в областта на главата. Сензорът има ъгъл на възприемне на радиация, съизмерим с този на зрителния анализатор - +/-30 градуса спрямо ос перпендикулярна на повърхността на сензора. В комбинация с позицията му на

главата, това дава възможност за прецизно измерване на UV index , независимо от голямо количество променливи фактори, характерни за отделните индивиди – височина, вид професионална заетост, индивидуални поведенчески навици – време прекарано на открито, поза на седеж, поза на вървене с позиция на главата и насоченост на зрителен анализатор в пространството. Устройството използва Bluetooth LE(Low Energy) технология и сензор за измерване на стандартен UV index - Si1132 на фирмата Silicon Labs. Състои се от следните елементи:

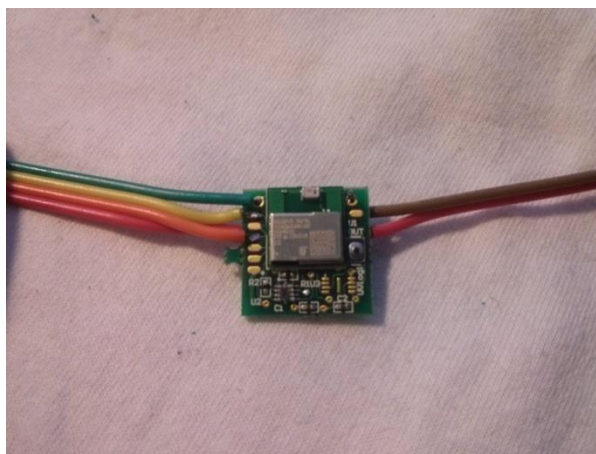
- Сензор - Si1132 (Si1132 Ultraviolet (UV) Index and Ambient Light Sensor IC), свързан към микроконтролера с I2C шина и допълнителна линия за външно прекъсване (IRQ). Монолитният сензор Si1132 интегрира множество фотодиоди, аналогово-цифров преобразувател, цифрово-сигнален процесор и цифров I2C контролен интерфейс в малък 2мм x 2мм QFN корпус. Този сензор може да измерва силата на околната светлина, както и стандартен UV индекс. Предназначен е за вграждане в различни фитнес уреди, смарт часовници и смартфони. Ниското му потребление позволява дълъг живот на батерията с консумация в дежурен режим по-малко от 500nA и средна работна консумация от 1.2uA (при измерване на UV индекс веднъж на всяка секунда);
- Bluetooth LE модул - Panasonic PAN1740, с вграден микроконтролерен комуникационен чип Dialog 14580. Това второ поколение Bluetooth Low Energy модул е с повече от 66% по-ниска консумация в сравнение с предишното поколение. Това позволява работа с малки бутонни литиеви батерии и намалява изискванията към батерията за капацитет до 50%, без загуба в обхвата. Модулът е в екраниран корпус, с интегрирани кристални осцилатори и керамична (чип) антена. Размерът му от 9.0 x 9.5 x 1.8мм го прави един от най-малките модули, които се предлагат на пазара. Вградената в него интегрална схема DA14580 на фирмата Dialog Semiconductor е един от най-малките, с изключително ниска консумация, високоинтегриран Bluetooth Smart комуникационен процесор. Той е изграден на базата на ARM Cortex M0 ядро, има 84KB ROM памет, в която се съхранява Bluetooth LE стек (фабрично записан), 32KB OTP памет, която позволява еднократно записване на потребителски софтуер (не се използва в

конкретното приложение) и 50KB RAM памет за софтуер и данни;

- Серийна flash памет: AT25XE01, съхраняваща софтуера и даваща възможност за ъпдейт през Bluetooth връзката (Software Update Over The Air), чрез Android приложение. Тя се свързва с Bluetooth модула посредством стандартна SPI серийна шина. При включване на устройството вградения в него (фабрично) фърмуер проверява за наличие на валиден програмен код във вътрешната OTP памет. След като не открие наличие на валиден код, фърмуера проверява различни външни канали, един от които е и SPI шината, към която е свързана flash паметта. Фърмуера извлича програмния код от flash паметта, записва го в RAM паметта и го стартира;
- Захранване: малка литиева батерия 3V CR1025.

UV-дозиметърът има следния метод на работа - сензорът Si1132 е настроен да извършва периодични измервания на UV индекса, на всеки 2 секунди. След извършване на измерването - чрез IRQ линията се събужда микроконтролера и той прочита стойността, която се записва в буфер. Микроконтролера от своя страна, ако е свързан към андроид устройство (Android версия минимум 4.3), изпраща периодично натрупаните данни. Устройството може да буферира данни в рамките на 60 минути (ако връзката с андроид устройството е прекъсната).

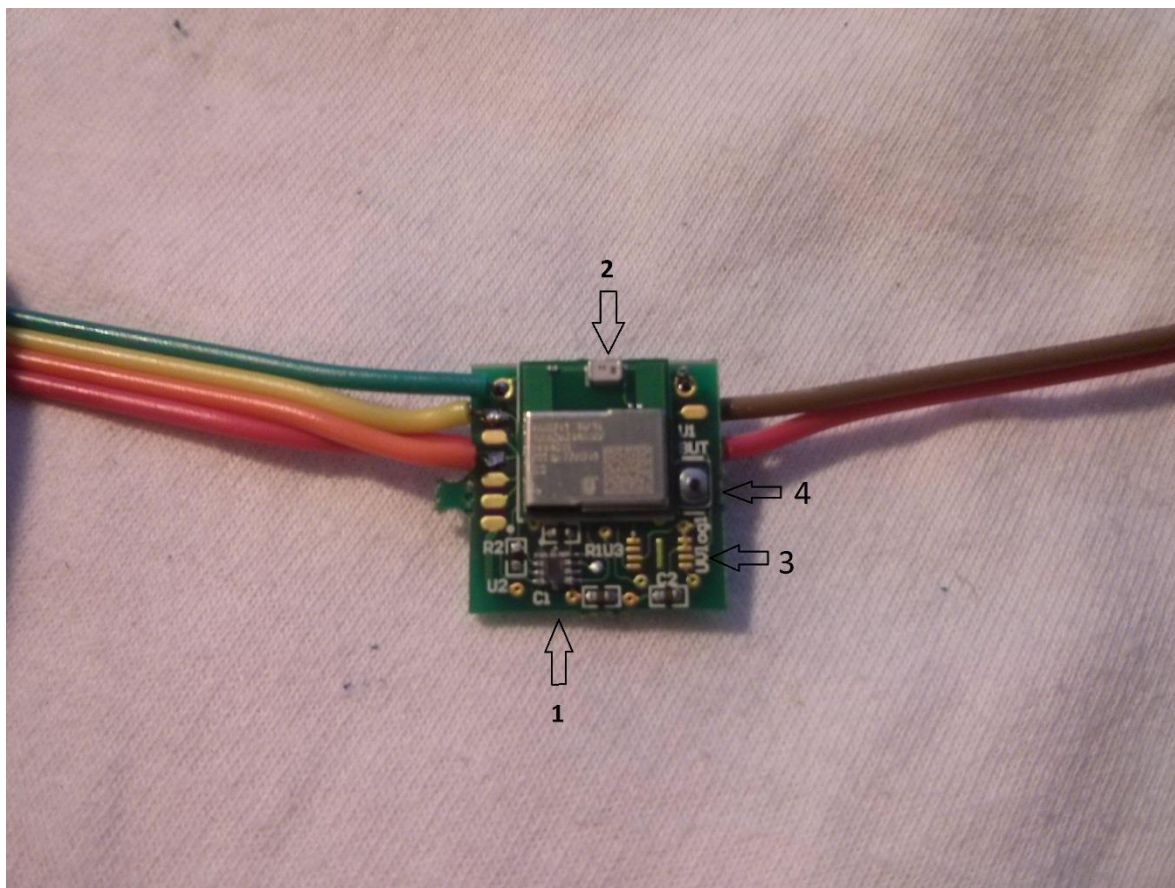
Фигура 24 представя дозиметъра в етап на цялостно окомплектоване и програмиране на фирмуеъра.



Фигура 24 – UV дозиметъра в етап на инсталиране на фирмуеъра.

На **Фигура 25** е представен UV – дозиметъра с обозначение на основните му елементи:

1. Сензор - Si1132;
2. Bluetooth LE модул - Panasonic PAN1740;
3. Серийна flash памет: AT25XE01;
4. Бутон Panasonic EVPAW.



Фигура 25 – Основни елементи на UV дозиметъра.

На **Фигура 26** е представен UV дозиметъра, защитен от дебел термосвиваем шлаух и монтиран на фронта на слънчеви очила. По изработка на препазна кутия от пластичен композит се работи в момента.



Фигура 26 – UV дозиметъра монтиран на фронт на слънчеви очила.

4.5. Софтуер за комуникация с устройството за операциона система Android 4.3. :

Той е изграден от един Service, който се грижи за комуникацията и записването на данните в база данни realm.io и няколко Activity-та, чрез който се прави връзката с устройство, може да се проследи статуса му, да се променят настройките и да се преглеждат натрупаните данни. Софтуера също така позволява ъпдейт на фърмуера на устройството през Bluetooth канал.

Чрез дозиметърът може да се следи индивидуалната получена доза ултравиолетова радиация в зоната на зрителния анализатор, като информацията може да се записва за неопределен период от време, което дава възможност за създаване на индивидуален профил на UV натоварване.

Избрана платформа е Андроид, защото окло 80% от съвременните мобилни устройства са базирани на нея. Андроид е мобилна операциона система, разработена от Google, базирана на модифицирана версия на ядрото на Linux и друг софтуер с отворен код. Предназначена е основно за мобилни устройства с тъч скрийн, като смартфони и планшети. Освен това Google развива още Android TV за телевизори,

Android Auto за автомобили и Android Wear за ръчни часовници, всеки от които със специален потребителски интерфейс. Варианти на Андройд също се използват за конзоли за игри, цифрови фотоапарати, компютри и други електроника.

Android е най-продаваната операционна система в света на смартфоните от 2011 г. насам и на таблетите от 2013 г. насам. От май 2017 г. тя има над два милиарда месечни активни потребители, най-голямата инсталирана база за всяка операционна система, а от 2017 г. Google Play разполага с над 3,5 милиона приложения (239).

Софтуерът е лесен за употреба, с интуитивен дизайн и голяма функционалност. Наречен е UV Logger. Поднася информативност за UV индекс на скала, която се обновява на всеки един цикъл, когато е активно приложението. Цикълът е стандартизиран за период от 2 сек. Така се постига удължен живот на батерията на дозиметъра. Софтуерът синхронизира часовника на дозиметъра с часовника на мобилното устройство, като така се избягва натрупване на времеви грешки. Информацията се запазва в специализирана папка в паметта на мобилното устройство. Апликацията има възможност за експорт на информацията в .CSV формат с цел лесно обработване. Началната страница ни дава информация за директно отчетен UV индекс, информация за час-минути-секунди на отчитането, статус на блутуут адаптера, процентния капацитет на батерията на сензора, състоянието на свързаност с мобилното устройство. Имаме бутони със следните функции - бутон за избиране на устройство (дозиметър) разпознаваеми по индивидуален адрес, бутон за начало/край на записване на информацията, бутон за преглеждане на записаната информация.

На **Фигура 27** е представена началната страница на приложението – UV Logger.

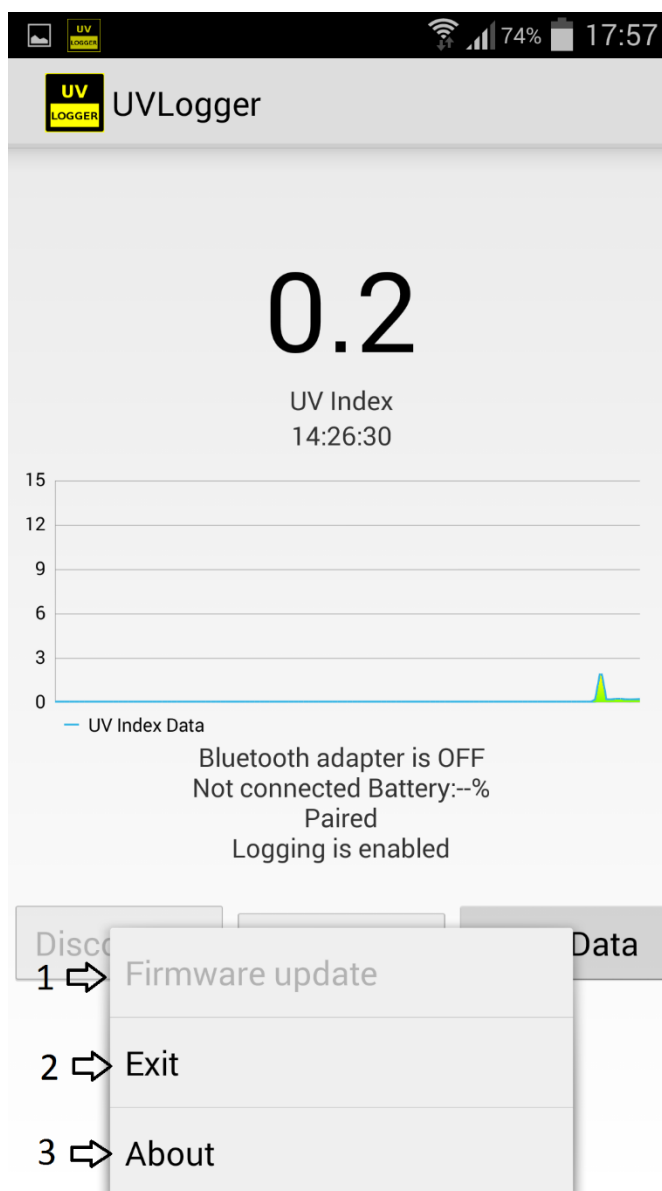


Фигура 27 – Начална страница на UV Logger.

При натискане на бутона за опции на мобилното устройство се активира меню със следните подопции:

1. Ъпдейт на фирмуеъра на UV дозиметъра – опцията е активна само при осъществена връзка с UV дозиметър;
2. Изход от приложението;
3. Обща информация за приложението и настоящата инсталирана версия.

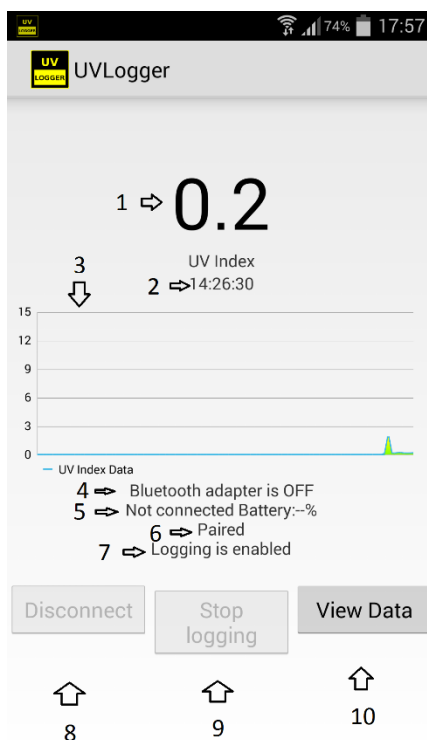
Тези опции са показани на **Фигура 28.**



Фигура 28 – UV Logger с активирано подменю от бутон за опции.

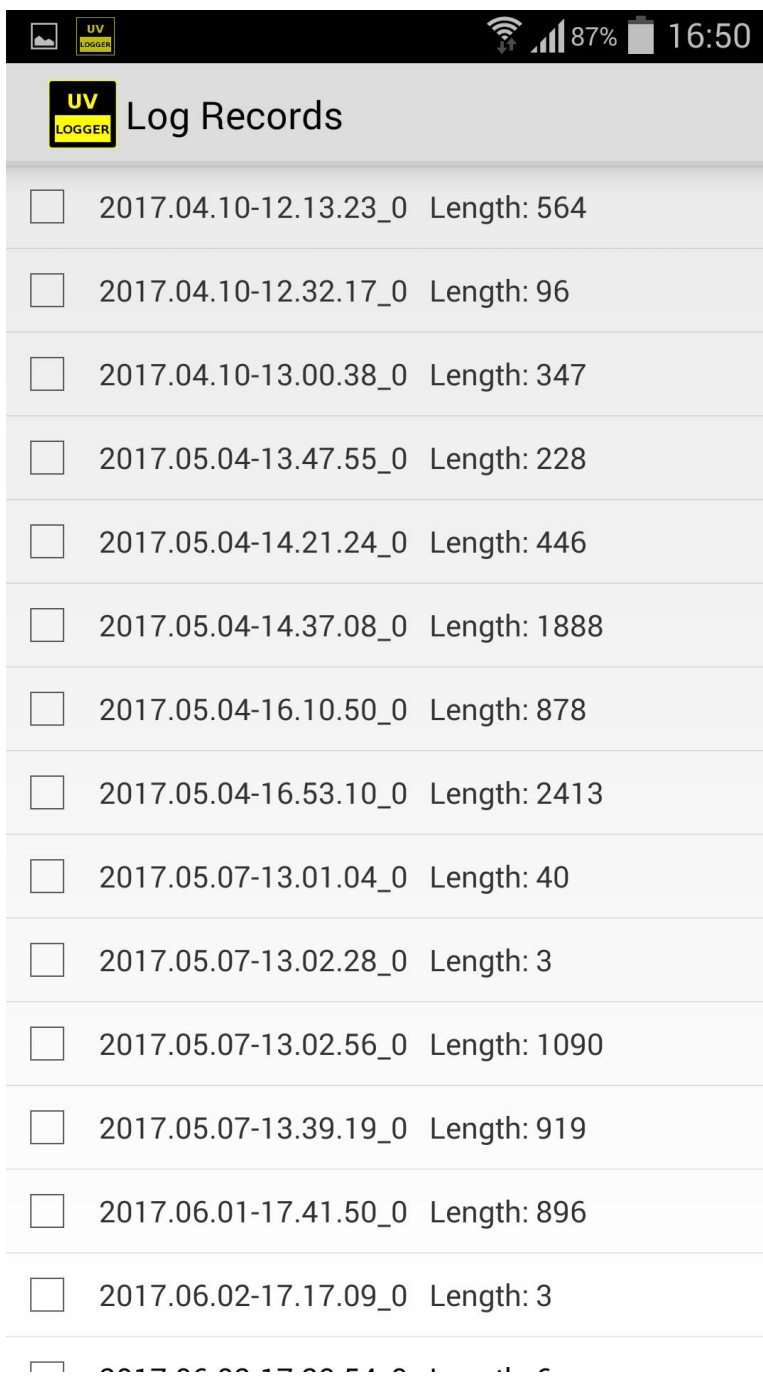
Началната страница на приложението дава информация по множество параметри (Фигура 29):

1. Измерен UV индекс от актуалното измерване – при състояние на работа тази стойност се актуализира на всеки 2 секунди;
2. Час на измерването – синхронизиран с часовника на мобилното устройство;
3. Скала с UV индекса, показваща графично резултатите за определен интервал от време на актуалното измерване;
4. Състояние на Bluetooth връзката с UV дозиметъра;
5. Процент батерия на UV дозиметъра;
6. Състояние на синхронизацията между мобилното устройство и UV дозиметъра;
7. Активност на функцията за записване на данни;
8. Бутон за активиране/деактивиране на връзката с UV дозиметъра;
9. Бутон за начало/стоп на записването на данни;
10. Бутон за преглед на записаните данни.



Фигура 29 – Функции на началната страница на UV Logger.

При активиране на бутона за преглед на записаните данни се задейства нова подстраница, с лист на наличните записи, подредени по дата (Фигура 30). Списъкът ни дава информация за дата на отчитането, час и продължителност – в брой на индивидуални измервания, през интервал от 2 секунди.

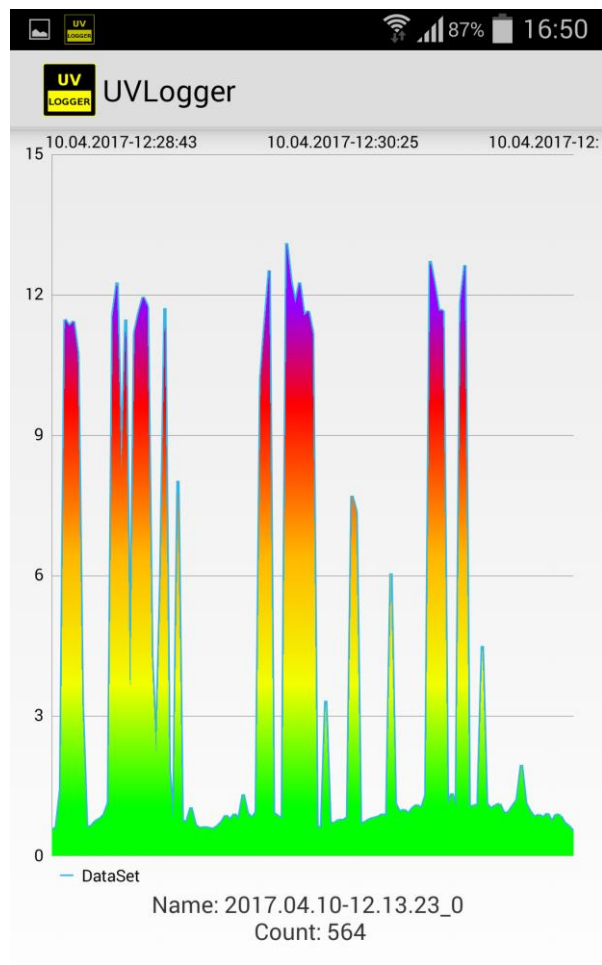


| <input type="checkbox"/> | Date and Time | Length |
|--------------------------|-----------------------|--------|
| <input type="checkbox"/> | 2017.04.10-12.13.23_0 | 564 |
| <input type="checkbox"/> | 2017.04.10-12.32.17_0 | 96 |
| <input type="checkbox"/> | 2017.04.10-13.00.38_0 | 347 |
| <input type="checkbox"/> | 2017.05.04-13.47.55_0 | 228 |
| <input type="checkbox"/> | 2017.05.04-14.21.24_0 | 446 |
| <input type="checkbox"/> | 2017.05.04-14.37.08_0 | 1888 |
| <input type="checkbox"/> | 2017.05.04-16.10.50_0 | 878 |
| <input type="checkbox"/> | 2017.05.04-16.53.10_0 | 2413 |
| <input type="checkbox"/> | 2017.05.07-13.01.04_0 | 40 |
| <input type="checkbox"/> | 2017.05.07-13.02.28_0 | 3 |
| <input type="checkbox"/> | 2017.05.07-13.02.56_0 | 1090 |
| <input type="checkbox"/> | 2017.05.07-13.39.19_0 | 919 |
| <input type="checkbox"/> | 2017.06.01-17.41.50_0 | 896 |
| <input type="checkbox"/> | 2017.06.02-17.17.09_0 | 3 |
| <input type="checkbox"/> | 2017.06.03-17.00.51_0 | 3 |

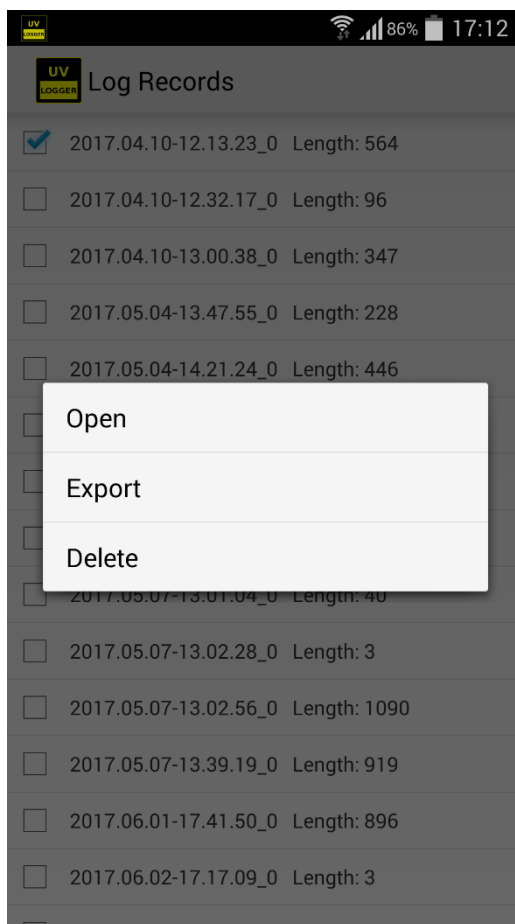
Фигура 30 – Списък със записаните отчитания на UV дозиметъра.

Всеки един от наличните записи може да бъде избран. При еднократно, кратко натискане на избрания запис се отваря нов подпрозорец, показващ графика с резултатите от записа (Фигура 31). При еднократно задържане на избрания запис се отваря малък диалогов прозорец с три опции (Фигура 32):

1. Отваряне на записа;
2. Експорт на записа във формат .csv;
3. Изтриване на записа.



Фигура 31 – Преглед на записани данни.



Фигура 32 – Диалогов прозорец с варианти за манипулация на записа.

4.6. Протокол за работа с UV дозиметъра :

При работа с UV дозиметъра започваме с активиране на функцията за Bluetooth пренос на данни на мобилното устройство, което използваме. Активираме и дозиметъра, който искаме да използваме. Това става чрез натискане на бутона на дозиметъра. Това действие въвежда дозиметъра от спящ, в активен режим. Следва стартиране на приложението UV Logger. Натискаме бутона за свързване с дозиметъра от началната страница на приложението. Отваря се подпрозорец със списък с наличните устройства чрез Bluetooth. Всеки дозиметър си има специфично име (адрес), чрез които можем да ги разпознаваме. Натискаме избрания дозиметър и автоматично се осъществява свързване и синхронизация между мобилното устройство и дозиметъра. Апликацията ни връща към началната страница, като се появява информация за измерения UV индекс, актуалният час, графично представяне на UV индекса, активността на Bluetooth връзката, капацитета на батерията на дозиметъра и

началото на запис. Ако желаем да спрем записването на данни, можем да натиснем бутона за стоп на запис. Тогава записът ще спре, но дозиметърът ще продължи да бъде активен и синхронизиран с мобилното устройство. В такъв режим, ако искаме отново да започнем запис е достатъчно да натиснем само бутона за начало на запис. Ако искаме да прекъснем връзката между мобилното устройство и дозиметъра трябва първо да спрем записа чрез бутона спиране на запис. Следва активиране на бутона за прекъсване на връзката с дозиметъра. Апликацията автоматично прекъсва връзката с дозиметъра, освобождавайки Bluetooth порта на мобилното устройство. Ако връзката не се поднови в рамките на 2 минути, дозиметъра автоматично ще влезе в спящ режим с много ниско ниво на консумация на енергия. Единствения начин за извеждане извън този режим е активация на физическия бутон на дозиметъра. Спящата (Sleep) функция на дозиметъра допринася за дългия експлоатационен период за една батерия на дозиметъра. Така, в зависимост от честотата на записване и дължината на записите, една батерия може да е функционална в рамките от дни до няколко месеца.

4.7. Авторски права и процедури свързани с UV дозиметъра:

UV дозиметърът е защитен по силата на закона за патентите и регистрацията на полезни модели на Република България. В момента тече процедура по патентна регистрация на дозиметъра под името „Персонален дозиметър за ултравиолетова радиация в областта на зрителен анализатор“ със заявка номер 112440 от 16.01.2017г., и процедура по регистрация на полезен модел под името „Дозиметър за ултравиолетова радиация“ със заявка номер 3976 от 07.03.2018г. подадени към Патентно Ведомство на Република България.

4.8. Алгоритъм за калибриране и проверка на данните на UV дозиметъра:

След програмиране на дозиметъра и проверка на фабрично зададените стойности на сензора Silicon labs Si1132, следва сверяване на калибровката по зададените от фирмата производител данни. Този процес е описан в глава 9.4.1.

Последва сверяване на получените данни с референтен източник – NASA. При измерването възпроизведохме акуратно условията на околната среда - географска

ширина, надморска височина, ландшафтна локация и време от денонощието. Повърхността на сензора бе ориентирана перпендикулярно спрямо слънчевото греене. Дозиметърът се стартира спрямо посочения в глава 9.6. протокол за работа. Измерването се осъществи на територията на гр.Варна, община Варна, с географска ширина 43.2141° N и географска дължина 27.9147° E. Получените данни отговарят на официално изнесените данни за UV индекс, следователно UV дозиметърът измерва точно достигащата до земната повърхност UV радиация.

4.9. Алгоритъм за употреба на UV дозиметъра в реални условия:

С цел стандартизиране на резултатите и натрупване на унифицирана база данни бе създаден следния алгоритъм на UV измерване:

- Дозиметърът се стартира в съответствие с описания протокол за експлоатация в глава 9.6.;
- Постава се в областта на главата с насоченост отговаряща на насочеността на зрителния анализатор – може да бъде закрепен за очила(слънчеви или диоптрични), фиба, диадема, директно за кожата чрез двойно залепваща се лепенка и др.;
- Личното мобилно устройство трябва да остане включено и в радиус, съизмерим с дистанцията на обхват на Bluetooth (мобилното устройство може да е в sleep режим);
- Дозиметърът се носи продължително време, като свалянето на данни става автоматично на мобилното устройство, чрез собственото приложение – UV Logger;
- Във всеки един момент може да се проследи както моментното UV натоварване, измерено в стандартизиран UV index, така и кривата за съответната сесия;
- След приключване на режим на записване, данните се систематизират в софтуера, като се записват с отделен час и продължителност;

- Записаните данни могат да бъдат отваряни и преглеждани от софтуера по всяко време, като се визуализира UV крива;
- Получената база данни може да бъде експортирана в .csv формат и допълнително съхранена и обработвана на подходящ софтуер.

В проучването взеха участие трима субекта. Те подписаха информирано съгласие и бяха поканени да участват в проучването след подробни обяснения и предоставяне на време за прочитане и разбиране на самото информирано съгласие. Проучването се извършва чрез носене на UV дозиметър по време на нормални ежедневни дейности. Дозиметърът излъчва вълни единствено спрямо създадените световни стандарти за Bluetooth и поради това не носи риск за здравето на тестовия субект. Правилата за съхранение на данни бяха стриктно спазени и в съответствие със закона за лични данни.

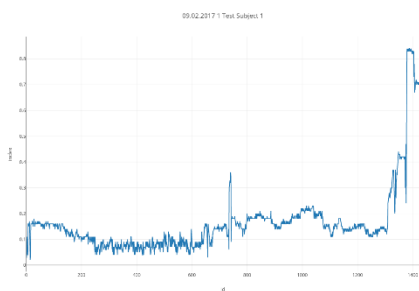
Бяха спазени следният алгоритъм:

1. Вербално обяснение на принципа на работа на устройството и метода за приложение от страна на тестовия субект;
2. Работа с писмено обяснение на проучването;
3. Допълнителна дискусия при необходимост;
4. Попълване на информирано съгласие;
5. Оределяне период на изследването;
6. Включване в проучването – субектите бяха информирани за възможността за прекратяване на участието им във всеки момент.

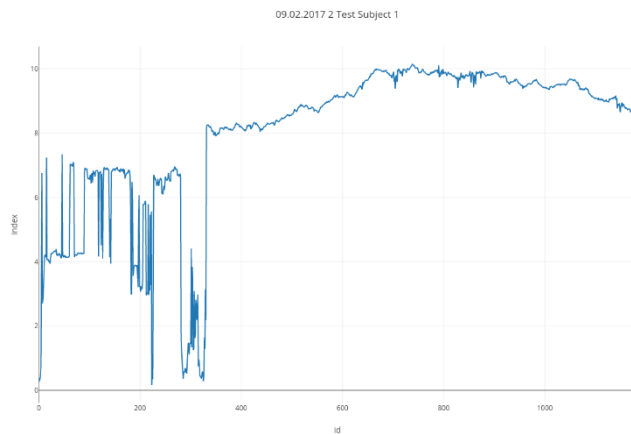
5. Резултати:

Изследването е проведено на 3 тестови субекта и е с обща продължителност 62 дни във времеви интервал от 25.07.2016г. до 28.10.2017г. Очетени са 191 250 цикъла, което се равнява на 382 500 секунди. Статистическата достоверност на получените резултати се базира на статистическата достоверност на сензорния чип – Si1132, представена подробно в техническата документация от завода производител.

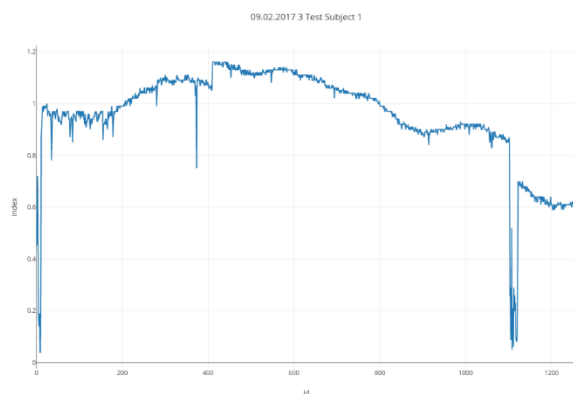
Субект 1 е провел измервания на UV индекс за във времеви интервал от 30.01.2017г. до 11.02.2017г. Измерванията са осъществени на територията на Община Банско с географска ширина 41.8373375° N и географска дължина 23.4872246° E. Записани са 9829 цикъла за 4 дни, което се равнява на 19 658 секунди. Сензорът е закрепен за защитния шлем на тестовия субект. Измерванията са осъществени по време на активен спорт – сноуборд. При тестов субект 1 нямаме промяна в географската ширина, дължина и промяна в заобикалящата среда, и рефлексивната й способност. Тестовият субект е карал по различни писти от спортния комплекс на Банско, като метеорологичните условия са били променливи, но снежната покривка е била плътна. Това обуславя равномерна, плътна, рефлексивна повърхност, увеличаваща UV експозицията. Ръстът на тестов субект 1 е 190см, като разстоянието от UV дозиметъра до земната повърхност при изправен стоеж е 181см, но спортната стойка по време на каране на сноуборд определя постоянна промяна на това разстояние – чести клякания и изправяния, скокове и падания. На 09.02.2017г. тестов субект 1 е провел измервания в три времеви интервала – от 08.04.04ч. до 08.51.34ч., от 12.58.28ч. до 13.37.48ч. и от 14.28.36ч. до 15.10.32ч. представени на **фигури 33, 34 и 35.**



Фигура 33 – 09.02.2017 Субект 1, първо измерване.



Фигура 34 – 09.02.2018г. Субект 1, второ измерване.



Фигура 35 – 09.02.2017г. Субект 1, трето измерване.

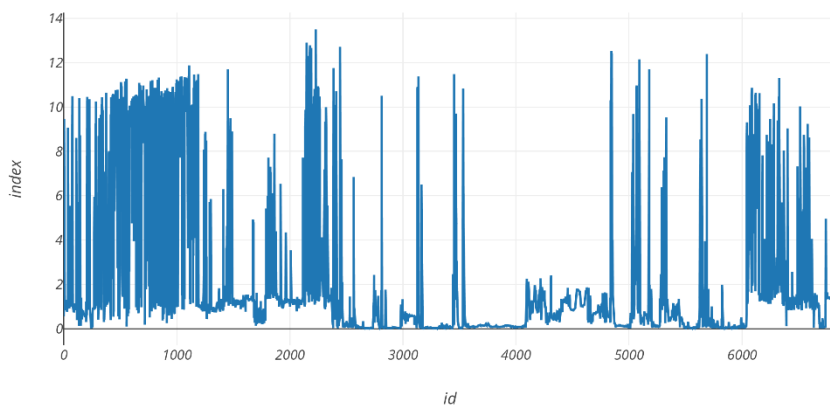
Отчетени са общо 3869 цикъла, което се равнява на 7738 секунди обща продължителност. В трите времеви интервала е карал сноуборд по различни писти, като максималният отчетен UV индекс за първия времеви интервал е 0.84, за втория – 10.14, а за третия – 1.16. И при трите отчитания се забелязват резки промени в измерения UV индекс за много кратки времеви интервали – за секунди индексът варира от 0.26 до над 8.00. Съществено се различават средните и максималните отчетени стойности на UV индекс за трите времеви интервала – респективно трите писти. Това се обяснява с различната позиция на трите писти спрямо Слънцето. Подобни резултати се наблюдават и при останалите отчитания на тестов субект 1.

Тестов субект 2 е провел измервания на UV индекс във времеви интервал от 02.09.2016г. до 02.11.2016г. Измерванията са осъществени по време на неработни дни. Дейностите, които е извършвал субекта са с цел на отдих – разходка, колоездене,

ходене на плаж и пикник. Осъществени са в нормални метеорологични условия на територията на град Варна, община Варна с географска ширина 43.20417° N и географска дължина 27.91083° E. Общо са записани 58 975 цикъла за 13 дни, което се равнява на 117 950 секунди. Сензорът е закрепен за слънчевите очила на субекта, с посока отговаряща адекватно на позицията и насочеността на очите. Височината на тестов субект 2 е 168см, като разстоянието от UV дозиметъръра до земната повърхност при изправен стоеж е 161см. По време на извършване на изброените действия разстоянието от дозиметъръра до земната повърхност варира в широки граници, поради голямото разнообразие на дейности – вървене, колоездене, плажуване и т.н.

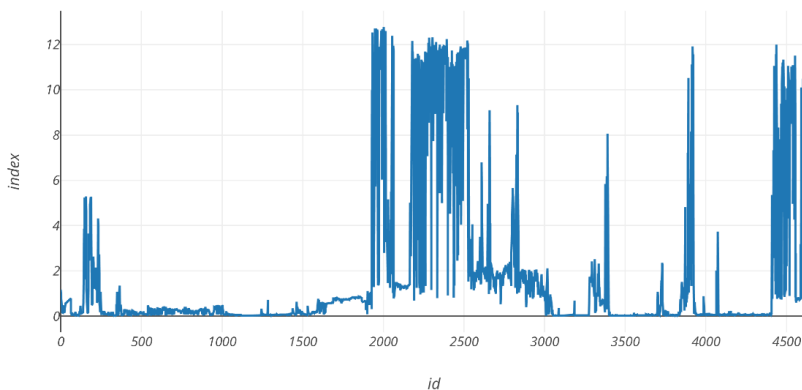
При тестов субект 2 нямаме промяна в географската ширина и дължина, но имаме промяна в заобикалящата среда и рефлексивната ѝ способност. По време на плажуване рефлексивната способност на морската повърхност е в пъти по-голяма от рефлексивната способност на листната маса и тревната повърхност в Морската градина на гр Варна, по време на колоездене. Същевременно комбинацията на няколко променливи – различна заобикаляща среда и голямата мобилност на тялото и главата водят до невъзможност за правилно прогнозиране на UV експозицията при определен вид дейност. Пример за липсата на корелация е много по-голямата UV експозиция по време на пикник в Морската градина на 04.09.2016г във времеви интервал от 09.23.22ч до 13.11.12ч., представен на **фигура 36**, спрямо плажуване на 05.09.2016г. от 09.13.49 до 11.48.09ч, представено на **фигура 37**. Времеви интервали, метеорологичните условия са били сходни, вариацията на UV индекса е също сходна с максимални пикове за 04.09.2016г от 12.79 спрямо 12.77 за 05.09.2016г, но е видно от двете графики, че цялостната експозиция на 04.09.2016 е по-голяма от тази на 05.09.2016, защото тестов субект 2 е бил на открита поляна по време на пикник, докато на плажа се е крил под сянката на слънцезащитен чадър.

04.09.2016 1 Test Subject 2



Фигура 36 – 04.09.2016г. Субект 2, първо измерване.

05.09.2016 1 Test Subject 2



Фигура 37 – 05.09.2016г. Субект 2, първо измерване.

При всички измервания на тестов субект 2 се наблюдава чести и резки промени в измерения UV индекс за много кратки времеви интервали – за секунди индексът варира от под 1.00 до над 10.00. Тенденцията е сходна с тази при тестов субект 1 и се обяснява с голямата мобилност на главата.

Тестов субект 3 е провел измервания на UV индекс във времеви интервал от 25.07.2016г. до 28.10.2017г. Измерванията са осъществени по време на неработни дни, извършвайки ежедневни дейности по време на отдых – разходка, ходене на плаж и пикник. Измерванията са осъществени в нормални метеорологични условия на

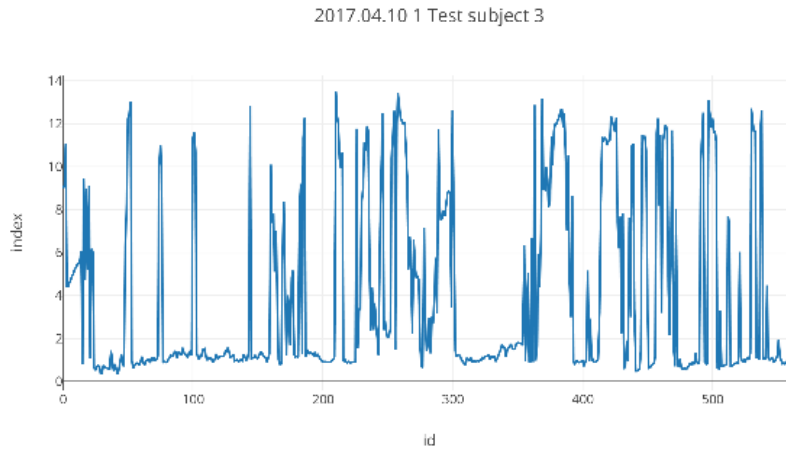
територията на град Варна, община Варна с географска ширина 43.20417° N и географска дължина 27.91083° E; град Шумен, община Шумен с географска ширина 43.2770004° N и географска дължина 26.9290009° E; град Созопол, община Бургас с географска ширина 42.41667° N и географска дължина 27.69611° E; град Анталия, Република Турция с географска ширина 36.88361° N и географска дължина 30.70556° E. Общо са записани 122 446 цикъла за 45 дни, отговарящи на 244 892 секунди. Сензорът е закрепен за слънчевите очила на субекта, с посока отговаряща адекватно на позицията и насочеността на очите.

Височината на тестов субект 3 е 178см, като разстоянието от UV дозиметръра до земната повърхност при изправен стоеж е 170см. По време на извършване на изброените действия разстоянието от дозиметъра до земната повърхност варира в широки граници, поради голямото разнообразие на дейности – вървене, плажуване и т.н.

При тестов субект 3 имаме промяна както в географската ширина и дължина, така и в заобикалящата среда и рефлексивната й способност. Комбинацията от няколко променливи фактори – заобикаляща среда, тип дейност, времеви интервал от деня, географски координати, заедно с голямата мобилност на главата и тялото водят до невъзможност за предсказване на UV експозицията.

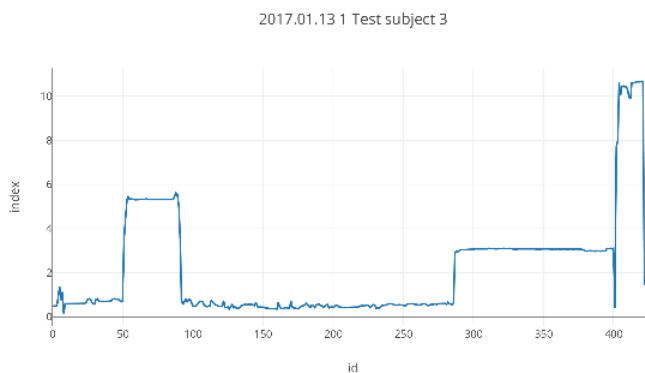
При всички измервания на тестов субект 3 се наблюдава сходна тенденция за чести и резки промени в измерения UV индекс за много кратки времеви интервали – за секунди индексът варира от под 1.00 до над 10.00, което се обяснява с голямата мобилност на тялото и главата на тестов субект 3. В кратък времеви интервал обектът на интересът за тестовия субект може да се промени, което да доведе до компенсаторно движение на главата с цел насочване на очите към новия обект на внимание – рефлекс с цел набавяне на максимално много информация от заобикалящата ни среда. Така позицията на очите спрямо Слънцето и заобикалящата среда се променя значително и UV експозицията получена в очната област може да се промени многократно, **Фигура 38**. Такива движения зависят както от фактори на средата – звукови и визуални стимули, така и от поведенческите навици на индивида.

Обемът и честотата на тези движения не са подвластни на закономерност и водят до непредсказуема промяна в UV експозицията за очната област.



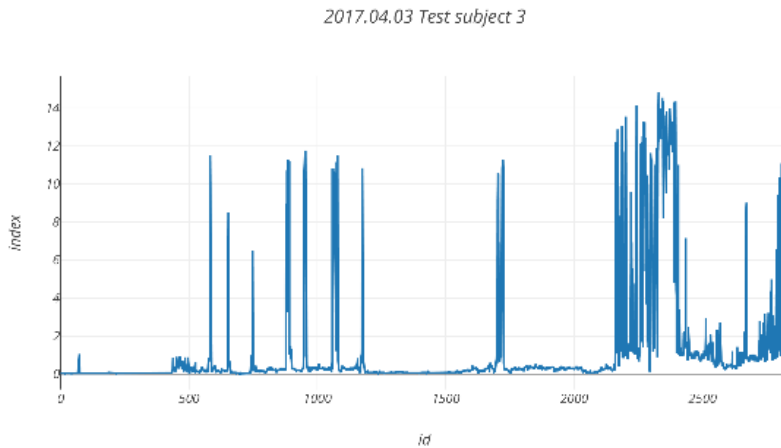
Фигура 38 – 10.04.2017г. Субект 3, първо измерване.

Тестов субект 3 е изследвал UV експозицията си, както в летен, така и в зимен период. **Фигура 39** показва максимална стойност от 10.68 UV индекс за дата 13.01.2017г., при наличие на безоблачно време и плътна снежна покривка. Същата фигура показва и UV индекс вариращ между 4 и 5 при поглед надолу към снежната покривка, т.е. отражението води до стойности по-високи от границата определена като безопасна от СЗО – UV индекс 3.

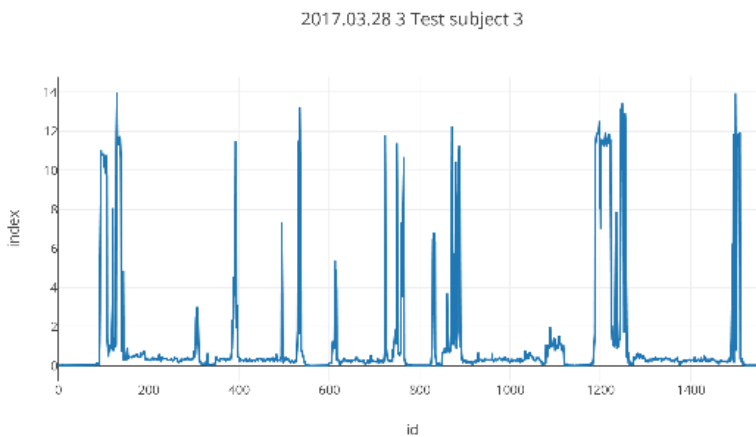


Фигура 39 – 13.01.2017г. Субект 3, първо измерване.

Тенденцията за високи и потенциално опасни стойности се запазва и през следващите месеци – **Фигура 40** от 28.03.2017г. показва максимална стойност на UV индекса от 13.94, **Фигура 41** от 03.04.2017г. показва стойност от 14.86. Това създава предпоставка за получаване на значителна UV доза в месеци от годината, които се считат за „безопасни“.

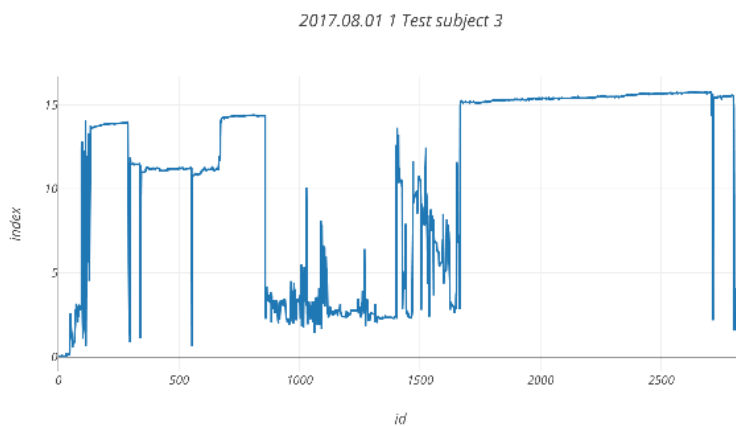


Фигура 40 – 28.03.2017г. Субект 3, трето измерване.

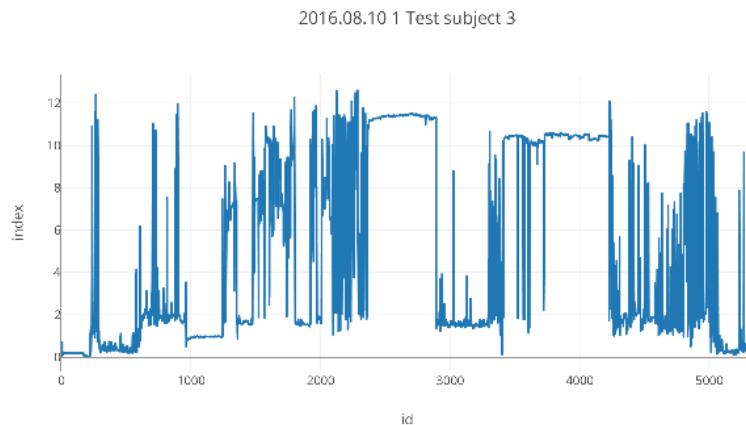


Фигура 41 – 03.04.2017г. Субект 3

Същевременно се наблюдават и годишни колебания в UV индекса, обяснени с различната соларна активност. За субект 3 най-високата стойност на UV индекс за 2016г е 12.63, отчетена на **Фигура 42** от 10.08.2016г, докато най-високата стойност за 2017г е 15.78, отчетена на **Фигура 43** от 01.08.2017г. И двете измервания са направени на една и съща географска ширина и дължина – гр Созопол. Метерологичните условия са били сходни. Максималните отчитания и при двете измервания са наблюдавани при директен поглед в посока на Слънцето, в сходен времеви интервал. Разликата се обяснява с разлика в соларната активност.



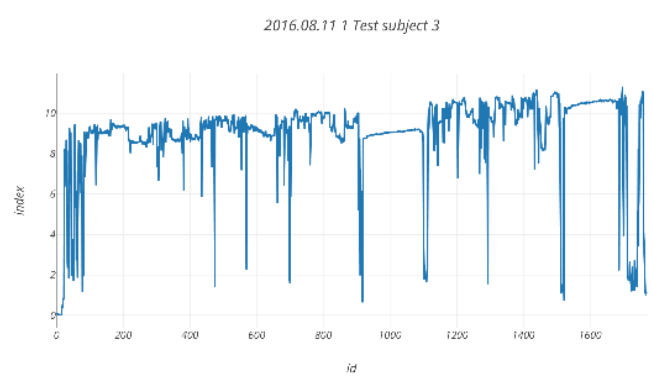
Фигура 42 – 10.08.2016г. Субект 3, първо измерване.



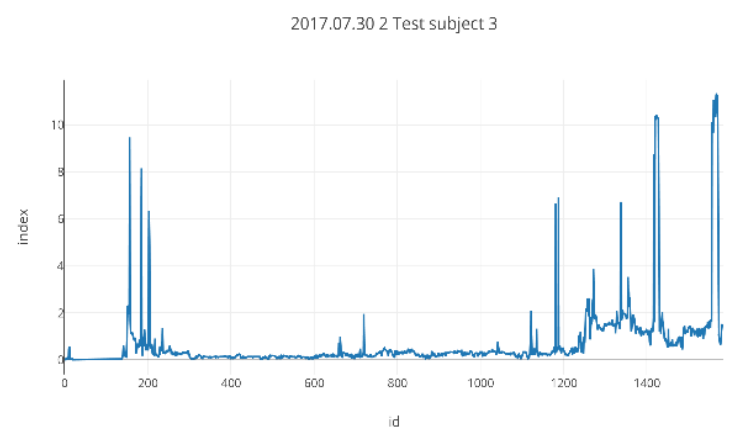
Фигура 43 – 01.08.2017г. Субект 3.

За същия субект стойности над 12 се наблюдават периодично още от 03.2017г. като тенденцията се запазва цялата година, до края на проучването. Това създава предпоставка за потенциално опасна UV експозиция за споменатия период на изследването.

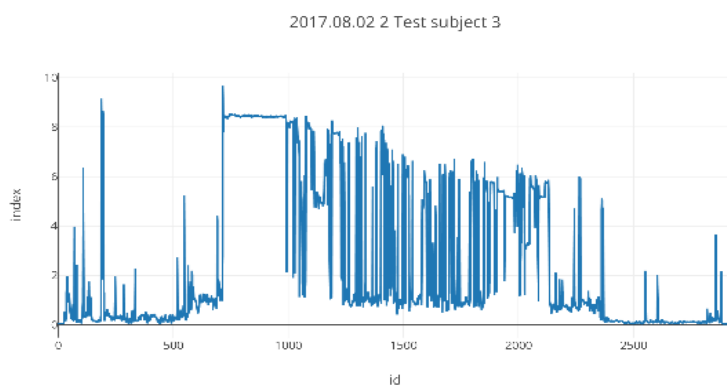
Отчетени са и високи стойности на UV индекс в часови интервали, считани за „безопасни“ – сутрин преди 10ч и следобед след 16ч. На 11.08.2016г, във времевия интервал от 08.37ч. до 09.36ч. се наблюдават многократно пикове над 10, като най-високата стойност е 11.32, **Фигура 44**. На 30.07.2017г във времевия интервал от 16.53ч. до 17.46ч. се наблюдават многократно пикове над 10, като най-високата стойност е 11.29, **Фигура 45**; а на 02.08.2017г във времевия интервал от 17.48ч. до 19.25ч. се наблюдават многократно пикове над 9, като най-високата стойност е 9.67, **Фигура 46**.



Фигура 44 – 11.08.2016г. Субект 3, първо измерване.



Фигура 45 – 30.07.2017г. Субект 3, второ измерване.



Фигура 46 – 02.08.2017г. Субект 3, второ измерване.

На **Фигура 47** е представен UV дозиметър на 01.08.2017г, град Созопол.



Фигура 47 – UV дозиметър 01.08.2017г, гр Созопол.



Фигура 48 – UV дозиметър на 13.01.2017г. гр. Варна.

На **Фигура 48** е представен UV дозиметър на 13.01.2017г, град Варна.

6. Дискусия:

UV е неизменна част от заобикалящата ни среда. Ефектът на взаимодействие между биологични структури и UV зависи от интензитета, честотата на лъчението и експозицията. В умерени дози UV има редица положителни биологични ефекти, но прекомерните дози могат да доведат до патология на различни органи, включително очите. Към положителните ефекти спадат синтез на VitD, образуване на тен, подобряване на настроението, фототерапия, облекчаване на болковия синдром, повишаване на бариерната функция на кожата, синтез на биоактивен азотен оксид.

Синтезът на VitD в кожата е зависим от UV експозицията. За поддържане нормални нивата на този витамин, организмът се нуждае от регулярно излагане на UV радиация в умерено количество.

Агар, Гран и техните колективи доказват, че UV радиация от слънцето или от изкуствени източници увеличава пигментацията на кожата. Според проучвания на Маямура и Волбер има три фази на образуване на тен: незабавно потъмняване на пигмента (IPD), постоянно потъмняване на пигмента (PPD) и забавено образуване на тен (DT). Меланинът осигурява защита на структурите в и под кожата срещу свободни, UV-индуцирани радикали. По този начин той действа като пряк щит от ултравиолетовите лъчи и видимата светлинна радиация.

Колективите на Витцен, Чуй и Скобвиат стигат до извода, че експозицията на кератиноцитите на UV радиация води до синтезиране на опиоиден β -ендорфин чрез стимулиране на POMC промотора. Хекман доказва, че този β -ендорфин може да достигне до мозъка в достатъчни концентрации, за да предизвика подобрение на настроението и релаксация.

Излагането на UVA и синята светлина води до производството на синглетен кислород и фотоинактивирането на бактериите в процеса, известен като фотодинамична терапия (PDT).

Фелдман изследва пациенти с хроничен болкови синдром, фибромиалгия и съобщава за по-голямо краткосрочно понижаване на болката след излагане на

ултравиолетовите лъчи в сравнение с експозицията, която не съдържа UV лъчение. Счита се, че ефектът не се дължи на синтеза на β -ендорфин.

Колективите на Агче, Лееман и Юнгерстед доказват, че кожата, изложена на UVB и UVA, е по-устойчива на първични дразнителни, което може да покаже подобряване на бариерните ѝ функции.

UV експозицията на кожата води до синтез на биоактивен азотен оксид. Биологичните ефекти на NO се медираат чрез реакции с таргетни молекули - като железни комплекси, цистеинови остатъци, цинкови молекули. Многобройните са ролите, които NO изпълнява, включително вазодилатация, имунна защита, невротрансмисия, регулиране на клетъчната смърт (апоптоза) и клетъчната подвижност.

Въпреки позитивните биологични ефекти на UV, прекомерното излагане води до развитие на патологични състояния. Те могат да бъдат разделени в две главни групи – неофтальмологични и офтальмологични. Неофтальмологичните засягат кожата. Прекомерното излагане на UVB радиация не само може да предизвика слънчево изгаряне, но и някои форми на рак на кожата. Всички видове UV радиация увреждат колагеновите влакна и ускоряват стареенето на кожата. По своята честота те са: базалноклетъчен рак на кожата (BCC), плоскоклетъчен рак (SCC) и меланом. Първите два, заедно с редица по-редки ракови заболявания на кожата, са известни като немеланомен рак на кожата (NMSC).

Търорме и съавтори стигат до извода, че както UVA, така и UVB унищожават витамин А в кожата. Това може да причини необратими увреждания. Изследвайки рисковите фактори за развитие на кожния меланом, Велер и колектива му заключават, че случайното слънчево изгаряне вероятно е по-голям рисков фактор, отколкото дългосрочната умерена експозиция. Пидвирни доказва, че UVC е най-опасният от ултравиолетовите лъчи и предизвиква неблагоприятни ефекти, които могат да бъдат мутагенни или канцерогенни, а Дейвис и съавтори описват, че злокачественият меланом е най-често причинен от увреждане на ДНК, като 92% от всички меланоми отсъства пряка UV-индуцирана мутация. UVB фотоните могат да причинят директно увреждане на ДНК. UVB лъчението възбужда ДНК молекули в кожните клетки,

причинявайки аберантни ковалентни връзки, които се образуват между съседни пиримидинови бази, получавайки се димер.

Проучвайки методи за превенция на меланома и плоскоклетъчния рак, МакГиър и Джу стигат до извода, че намаляването на UV експозицията и използването на слънцезащитни продукти са ефективни методи за предотвратяване на меланома и плоскоклетъчния рак.

Офталмологичната патология с доказана зависимост от UV експозицията са фотокератита, климатичната капковидна кератопатия, пингвекула, птериgium, UV-свързано стареене на кожата и периорбитални кожни заболявания.

Колективът на Бехар-Коен описват фотокератита като остро индуцирана патология, причинена от кратката UV експозиция при достатъчно високи дози. Предизвиква се от облъчване с 180-400 nm UV и е временно фотохимично увреждане на роговичните клетки. Проявява се с очна болка няколко часа след острата експозиция, като симптомите траят 24-48 часа.

Климатичната капковидна кератопатия е хронично индуцирана патология. Полупрозрачен материал се натрупва в роговичната строма, най-вече в зоната между клепачите. Честотата е по-голяма в регионите с високо ниво на UV и при лица, които прекарват значително време на открито. Грей и съавтори доказват, че се дължи на денатуриране на плазмените протеини от UV.

Птериgiumът и пингвекулата са хронично индуцирана патология. Множество колективи проучват тези заболявания – Коронео, Лу, Лутра, Широма и др. Работата на открито е признат фактор за развитието на птериgium. Рискът от развитие се намалява до една пета при тези, които винаги използват слънчеви очила на открито. По-честото място за развитие на птериgiumа е назалната конюнктива. В свои проучвания Коронео обяснява това, както и появата на типични "спици" на катаракта в назалния квадрант на лещата, с фокусирането на вътрешноотразени коси лъчи в периферната роговица.

Кортикалната катаракта е хронично индуцирана патология. Честотата на това заболяване обославя десетилетия повишен интерес на множество колективи от цял свят – Хоквин, Варма, Абрахам, МакКарти, Долин, Сасаки, Уест, Тайлър, Круксан, Мичъл и много други. Известно е, че UV предизвиква катаракта с праг на увреждане при 350 nm от 60 mJ/cm². Съответната стойност за пик от 310 nm е 0,75 mJ/cm². В

продължение на повече от един век се предполага връзката между експозицията на слънчева светлина и образуването на катаракта. Експериментално Хоквин индуцира UV катаракта при животни и *in vitro*, за да се докаже връзка между експозицията на UV и образуването на катаракта. Основните фотохимични процеси, които променят молекулярния състав на лещата, са описани от колективите на Варма и Абрахам. Множество колективи провеждат проучвания с хора. Те са три типа - географски корелационни проучвания, проучвания за преобладаващото напречно сечение и проучвания с контрол на случаите. Географските проучвания оценяват тежестта на UV увредата в зависимост от района на пребиваване, но не могат да изключат фактори, характеризиращи географската локализация, интензитета на видимата светлина и диетата. Мичъл, Сасаки и МакКарти стигат до извода, че тези фактори могат да променят значително резултата. В проучвания с напречно сечение участниците с катаракта се оценяват в един и същ момент и се разпитват за тяхното излагане на UVB в миналото. При проучване с контролирани случаи, пациентите с катаракта са проследени във времето с някаква форма на UV-редуцираща стратегия в сравнение със съответстващите контроли. Проучването на Тайлър и съавтори, проведено в Чийзпейк Бей изследва дозовата зависимостта между UVB и кортикалната катаракта. Доказан е 3.3 пъти по-висок риск за мъжете в седмо и осмо десетилетие. В проучването проведено от Круксан и колектив на територията на Бийвър Дам, се използва подобен въпросник. Наблюдава се корелация при мъжете, но не и при жените, които като цяло са имали по-ниска експозиция на UVB. Общо взето, оценката на риска получена в проучването на Чийзпейк Бей показва слаба до умерена корелация. Слабата корелация може да се дължи на объркващи фактори. При изследване на разпространението на нуклеарна катаракта, проучванията не са показали корелация. Проучване на Нийл доказателства, че излагането на ултравиолетови лъчи през по-млада възраст предразполага към нуклеарна катаракта в по-късен етап от живота. Проектът Салисбъри оценява експозицията на UVB на популация от 2500 възрастни в Мериленд, като използва кратък въпросник. Очната експозиция на UVB е сравнително умерена, но може да се демонстрира връзка между експозицията и намалената прозрачност на кортекса. Взаимовръзката коя област на лещата е засегната към тежестта на кортикалната катаракта е изследвана в проба от лещи от това изследване. Чрез

цифрово записване, Абрахам и съавтори демонстрират ефекта на експозицията на ултравиолетова светлина върху скоростта на развитие на катаракта в различни зони на лещата, с най-забележим ефект в долните квадранти при тези с по-висока експозиция през целия живот. Катарактата, дължаща се на UV, се оценява като глобално заболяване от UV Радиационното проучване. Авторите заключават, че катаракта може да бъде намалена с около 5% при подходяща UV защита - като се отчита че 25% от кортикалните катаракти са свързани с ултравиолетовите лъчи, или дори по-високи нива, ако се приеме, че UV също допринася за развитието на други форми на катаракта.

UV-свързано стареене на кожата и периорбиталните кожни заболявания са хронично индуцирана патология. Митохондриалната ДНК е хромофор за UVB и UVA, така че митохондриите на епидермалните кератиноцити и дермалните фибробласти са подложени на увреждане от UV. Образуват се точкови мутации и мащабни делеции, които са патофизиологични и причиняват фоточувствителност. Крутман доказва в своето проучване, че някои ДНК делеции се увеличават с до 10 пъти в изложената на слънчева светлина кожа в сравнение със защитената зона на един и същ индивид. Друг ген-независим механизъм на увреждане е свързан с арилхидрокарбоновия рецептор. Фотокарциногенезата включва развитието на актинична кератоza, плоскоклетъчен карцином, базоцелуларен карцином и злокачествен меланом. ДНК увреждането на кератиноцитите е добре доказано и е установен рисков фактор за злокачествени заболявания в периорбиталната област. ДНК е един от най-известните хромофори, които абсорбират UVB.

Любопитен е фактът, че Моун, Муре и съавтори доказват, че кожният малигнен меланом е силно свързан с експозицията на ултравиолетови лъчи (най-вече UVA), а Грийванк и неговия колектив не доказват такава корелация за увеалния меланом.

Спорна остава асоциацията между UV и макулната дегенерация свързана с възрастта. Доказано е, че най-важният фактор за развитието на свързаната с възрастта макулна дегенерация е синята светлина.

Офталмологичната патология с хипотетична зависимост от UV експозицията е преждевременната пресбиопия и синдрома на сухо око.

Малко проучени са ефектите от въздействието на UV върху пресбиопията. Топлинно индуцираното денатуриране на протеини в лещата е свързано с намалена способност за фокусиране и образуване на катаракта.

Възрастово обособеният синдром на сухото око, засяга голяма част от световната популация. В Съединените щати са докладвани повече от 4,8 милиона страдащи от този синдром. Множеството различни причини за сухо око и взаимовръзките на засегнатите тъкани създават затруднения в лечението на синдрома. Сухо око се свързва с намалена секреция, промяна на състава на слъзния филм и аномалии на очната повърхност, които водят до намаляване на стабилността на слъзния филм. Оксидативното увреждане също може да играе роля при развитието на синдрома сухо око.

Слъзната секреция се разделя на рефлексна и базална. Счита се, че рефлексната секреция има сходен състав с базалната, с единствена разлика, че има по-голямо количество водна фаза. Биохимичните характеристики на слъзния филм от базалната секреция не са ясни, тъй като този тип слъза е много труден за събиране в достатъчен обем за тестване. Фулард и Снайдер описват в свое проучване изключително внимателна методика за събиране, като използват специални микрокапиларни тръби и осигуряват скорост на потока не по-голяма от 1 μl / min. Ширмер ленти са използвани за събиране на "базални" слъзи в анестезирано око. Въпреки това слъзите, събрани от лентата на Ширмер, показват ясно замърсяване от компоненти на увредени конюнктивални и роговични клетки.

Предната очна повърхност е изложена директно на действието на реактивни кислородни радикали, генерирани от UV радиацията и замърсители на околната среда. Роговицата се облива непрекъснато от слъзния филм и антиоксидантите в слъзите действат като първата бариера срещу тези увреждащи агенти. Възрастовата промяна в секреция и състава на слъзите може да доведе до намаляване не само на количеството, и качеството на слъзите, но и на техните антиоксидантни, противовъзпалителни и UV абсорбиращи свойства. Загубата на локална защита може да позволи оксидативно увреждане на белтъците, конюнктивални компоненти и липидите както в слъзния филм, така и по предната очната повърхност. Намаленото съдържание на антиоксиданти по предната очна повърхност при възрастните индивиди може да бъде

фактор, допринасящ за развитието на синдрома на сухо око. Понастоящем няма публикувани данни за възрастово обусловен ефект върху съдържанието на антиоксиданти в слъзния филм.

Съществуват проучвания доказващи възрастово обусловена промяна в течливостта на слъзата и следователно скоростта на покриване и обливане на предната очна повърхност с антиоксиданти. Доказани са концентрациите на антиоксидантите аскорбат и урат. Откриват се в слъзния филм както при рефлекторна, така и при базисна секреция. Това предполага, че антиоксидантите имат роля в защитата на предната очната повърхност. Ако доставката на антиоксиданти е изчерпана, може да има последици по отношение на здравето на предната очна повърхност. Количеството на антиоксиданти може да бъде намалено поради цялостно по-ниското съдържание антиоксиданти в организма, по-ниска течливост на слъзния филм или комбинация от двете. В проучване на Чой и съавтори се сравнява скоростта на потока на слъзата и общото антиоксидантно съдържание при рефлекторна секреция на по-възрастни и по-млади субекти. Резултатите показват, че по-възрастните (над 50 години) участници не са имали значително по-ниско съдържание на антиоксиданти в сравнение с по-младите (под 30 години) субекти. Поради това няма доказателства, че слъзите при възрастните хора са с по-слаби антиоксидативни възможности. Съществува обаче ясна и значима разлика в скоростта на течливост на слъзата между двете групи, като по-младата група има три до четирикратно по-висока скорост. Подобни резултати се съобщават от няколко други научни колектива. По-бавната течливост на слъзния филм при по-възрастните индивиди намаля динамичното разпределение на антиоксиданти по повърхността на роговицата и може да доведе до по-лоша цялостна защита срещу фотооксидативни и други оксидативни процеси. Това би могло да предразположи възрастните хора към стрес на роговицата и развитие на синдрома на сухо око.

Няколко антиоксиданти са идентифицирани в човешките слъзи. Слъзният лактоферин – желязо свързващ антиоксидант, се съобщава, че е с по-ниско ниво при по-възрастни индивиди и при пациенти, страдащи от синдрома на сухо око. Няколко антиоксиданти с ниско молекулно тегло също са открити в човешки слъзи, включително аскорбат, цистеин, глутатион, и урат. Цистеин, глутатион и тирозин се откриват само в много ниски (по-малки от 2 $\mu\text{mol} / \text{l}$) концентрации в човешките слъзи.

Уратът е ендогенно вещество. Аскорбат (витамин С) е нутригенен антиоксидант. Доказано е, че добавянето на мултивитамини и антиоксиданти подобрява качеството на сълзния филм от гледна точка на стабилност. Въпреки това, проучвания сочат, че увеличаване на оралния прием на витамин С води до скромно увеличение на концентрацията на сълзен аскорбат. Любопитен факт е, че локалната терапия с витамин С потиска възпалителния отговор и подобрява заздравяването на рани на роговицата. Възможно е включването на антиоксиданти като витамин С в изкуствени сълзи да бъде полезна локална терапия за увеличаване на тяхната ефективност при лечение или профилактика на сухота в очите. Препоръчително е и включването на UV абсорбер в състава на изкуствените сълзи, но малко производители го правят.

UV светлината може да инициира процесите на фотооксидация и дегенерация на задната очна повърхност. Окоето е уникален орган, който позволява светлината да преминава директно през роговицата и лещата към ретината и затова е важно UV да се филтрира, с цел защита на структурите на ретината. Човешките сълзи имат UV абсорбиращи компоненти и по този начин действат като UV филтър. Един от тези компоненти е аскорбатът, който има максимална абсорбция в спектъра на UVC и частично UVB (100 до 280 nm) . Съставките на сълза, които са отговорни за абсорбцията на UVB (280 до 315 nm), не са напълно проучени. Предполага се, че триптофан и тирозинови остатъци свързани с протеини могат да бъдат отговорни за филтриране на UVB, защото те имат пик на поглъщане от 280 до 290 nm. Уратът абсорбира максимално при 292 nm и това също може да помогне да се филтрира UVB в сълзния филм. Оправдано е последващо проучване в тази насока, с цел създаване на изкуствени сълзи, които да стимулират регенеративните процеси на роговицата при стареене и сухо око.

Видно е, че хронично индуцираната патология е с много по-голяма значимост от остро индуцираните увреди. Различните индивиди получават различна UV експозиция, която варира в огомни граници в зависимост от множество фактори – географски, социални и индивидуални. С цел протекция се използват много различни по вид и механизъм средства. Към тях спадат средства пазещи сянка – чадъри, шапки с периферия, модни артикули, слънцезащитни кремове, UV филтриращи контактни лещи, UV филтриращи колири съдържащи 8-хидрокси-1-метилхинолинов

метилсулфат или 8-етоксиквинолин-5-сулфуронат монохидрат – актиноквинол, диоптрични очила с UV филтър, слънчеви очила и специализирани очила/маски, произведени за индустриална употреба, по утвърдени световни стандарти.

С цел уеднаквяване на параметрите на протективните средства са въведени стандарти за UV протекция. Модната индустрия използва фактора на ултравиолетова защита, основаващ се предимно на предварителни измервания за три класа дрехи (Европейски стандарт EN 13758). В козметичната индустрията е утвърден факторът за защита от слънце SPF (по методът COLIPA [Европейска козметична търговска асоциация], Препоръка на Европейската комисия [2006/647 / ЕС]) и се определя или от *in vitro* или *in vivo* измервания. Важно е да се отбележи, че етикетирането за SPF е насочено само към UVB защита. В световен мащаб е въведен глобалният слънчев UV индекс. Той е число, линейно свързано с интензивността на слънчевата светлина, достигаща земната повърхност и се определя към Еритемния спектър на действие на СИЕ. UV индексът е стандартизирана мярка за човешката реакция на кожата, на различни дължини на вълната слънчева светлина от UVB до UVA. UV индексът е стандартизиран от Световната здравна организация и включва опростено ниво на UV експозиция.

За прецизно установяване на корелационните връзки между експозицията на UV и развитието на многообразна офталмологична патология е нужно точно измерване на индивидуалната UV експозиция. Съществуващите UV дозиметри са с големи габарити, кабелно свързани с източниците на енергия. Това пречи за прикрепването им в областта на главата и ограничава мобилността на тестовите субекти. Тенденция в последните няколко години е и включването на UV сензори в сензорния набор на мобилните телефони. Този тип UV дозиметрия не е подходящ за измерване на UV експозицията в областта на очите. Не е удобно и практично прикрепването на мобилното устройство към главата, на нивото на очите, а експозицията, която ще измери устройството поставено до тестовия субект, няма да отговаря на реалната очна UV експозиция.

Създавайки нашия дозиметър се съобразихме да бъде носен на главата, в близост до зрителните анализатори. Това определя нуждата устройството да е малко

по размер, леко, така че да може да бъде закачено директно в околната област – чрез лепенка или към някакъв друг аксесоар – очила, диадема, фиба, шал, шапка и др. Дозиметърът трябва да измерва UV радиацията в стандартизирана измервателна единица – UV индекс. От огромно значение е подържането на нормално ниво на комфорт на тестовите субекти. По този начин те извършват нормално ежедневните си дейности и резултатите от дозиметъра са реални. За целта, дозиметърът трябва да е портативен. Иначе субектите биха били ограничени в мобилността на действията си и така резултатите от проучването биха се променили. Важно е получените данни да бъдат съхранени без загуба, независимо от продължителността на носене на дозиметъра. Разбира се, от значение е и устройството да има дълъг експлоатационен период. Това дава възможност за събиране на достатъчно количество данни, без да се налага прекъсване на ежедневните дейности на тестовите субекти.

UV дозиметърът създаден от нашия екип отговаря на изброените изисквания. Той е базиран на сензор/ад конвертор на Silicon Labs Si1132, комуникационен модул Panasonic PAN 1740, предаващ информацията по безжичен метод – Bluetooth LE, флаш памет на Aedsto Technologies AT25XE01, собствен енергиен източник – батерия CR1025 и необходимата периферия от SMD компоненти с цел нормална работа на устройството.

UV дозиметърът е защитен по силата на закона за патентите и регистрацията на полезни модели на Република България. В момента тече процедура по патентна регистрация на дозиметъра под името **„Персонален дозиметър за ултравиолетова радиация в областта на зрителен анализатор“** със заявка номер 112440 от 16.01.2017г., и процедура по регистрация на полезен модел под името **„Дозиметър за ултравиолетова радиация“** със заявка номер 3976 от 07.03.2018г. подадени към Патентно Ведомство на Република България.

Екипът ни е разработил и спазил алгоритъм за калибриране и проверка на данните на UV дозиметъра, както и алгоритъм за употреба на дозиметъра в реални условия. Изследването е проведено на 3 субекта и е с обща продължителност 62 дни във времеви интервал от 25.07.2016г. до 28.10.2017г. Очетени са 191 250 цикъла, което се равнява на 382 500 секунди.

Допълнителен анализ на резултатите и участието на повече тестови субекти би било от значение за по-нататъшно изясняване ролята на UV лъчението при заболявания на предната очна повърхност. Наши бъдещи цели са изследването да обхване по-голям период от време и да се таргетират определени часови интервали. Това би позволило натрупване на достатъчно голяма база данни, позволяваща доказването на корелации между експозицията и настъпването на определена патология, защото в основата на съвременното адекватно лечение са превенцията, ранната детекция и проследяване.

UV радиацията на окото води до патология с важна роля в общественото здраве. Важно е да се въведат предпазни мерки, защото нивото на защита на очите е твърде ниско, а съображенията за защита на кожата от UV не са същите като тези, които се изискват за очите. Множество от очната патологията, настъпила поради кумулация на UV експозиция би могла да бъде предотвратена при наличие на индивидуални UV профили, както и на установени граници за допустима кумулация.

Точно предната очна повърхност е мястото, където абсорбцията на UV е най-голяма и по-конкретно роговичния епител, Баумановия слой и конюнктивата. От първостепенна важност е прецизното оценяване на връзката между UV експозицията, очната патология, факторите на околната среда, генетичната предиспозиция, начинът на живот и индивидуалните навици за UV протекция. Задачата е сложна и с много фактори, но наличието на UV дозиметър за прецизно измерване на получената UV доза в преден очен сегмент е една крачка напред към решаването ѝ.

Екипът на разработката има възможността да усъвършенства и използва иновативен и уникален в световен мащаб ултравиолетов дозиметър.

Бъдещи цели на проучването са допълнителен анализ на получените резултати, събиране на допълнителни данни, обхващане на по-голям брой тестови субекти и по-голям времеви период, оценка на връзката между документираните UV профили, работна среда, социалната среда на изследваните и възникналата патология на преден очен сегмент.

В световен мащаб употребата на UV дозиметъра би довела до натрупване на голямо количество ценни данни за UV експозицията в областта на очите. Това би дало възможност за разделяне популацията на групи с различен риск от развитие на очна патология – деца, възрастни индивиди, хора в риск.

Децата са целева група с повишено внимание. За правилното развитие на организма е необходима UV експозиция на кожата, но лесно може да се получат прекалено високи нива на очна UV експозиция по време на игра на открито или на плажуване. Наличието на уред за следене и записване на очната UV експозиция би дало възможност на родителите да контролират активно този параметър на своите деца, осигурявайки им оптимални условия за растеж и развитие. Дозиметърът е малък, лек и лесно би могъл да бъде поставен в околоочната област с помощта на лепенка. Така без да се ограничава свободата на детето за игра, родителят ще получава адекватна информация за UV експозицията на детето си. При надвишаване на определена граница софтуера би сигнализирил и родителят активно би прибрал детето на сянка, предотвратявайки възможността за бъдещо развитие на очна патология.

Други рискови групи, които биха имали положителен ефект с цел намаляне на риска от очна патология са индивиди в зряла възраст, работещи на открито; хора ползващи често солариум; индивиди живеещи в ареал с наличие на рефлексивна повърхност – водоеми, снежна покривка, специфична скална маса; хора живеещи на висока надморска височина; хора живеещи в райони с географска ширина обуславяща целогодишни високи нива на фоново UV – екваториални, субекваториални области, тропици. При тези рискови групи софтуерът би могъл да сигнализира, както при моментни екстремни нива на UV, така и при кумулиране на прагова доза, спрямо информация от индивидуален UV профил.

Осъществената по този механизъм активна превенция би довела до социално значимо намаляване на заболяемостта от очна патология в световен мащаб.

7. Изводи:

След подробен и задълбочен анализ на получената информация стигнахме до следните изводи:

1. UV експозицията в областта на очите е параметър, строго персонализиран за всеки отделен индивид. Той е подвластен на множество променливи – фоново UV лъчение, зависещо от соларната активност или наличието на изкуствени UV източници; географска ширина и дължина; надморска височина; наличие или липса на рефлективни повърхности в ареала на индивида – водни басейни, снежна покривка и др.; социални фактори – специфични облекла или социални привички; индивидуални фактори – професионална заетост, биометрични параметри (ръст, анатомични особености), поведенчески навици – количество време прекарано на открито, часови интервали на открито, предпочитани дейности, употреба на предпазни средства. Наличието на множество променливи фактори води до невъзможност за точно прогнозиране или изчисление на UV експозицията. В зависимост от тези фактори, индивидите могат да бъдат разделени в различни рискови групи, но за прецизно определяне на индивидуалната очна UV експозиция е нужно директно измерване чрез специализиран UV дозиметър. Получената информация от измерената UV експозиция в областта на очите би създала възможност за изграждане на индивидуален UV профил, показващ както моментната, така и кумулативната UV експозиция. С помощта на такъв профил би могло да се контролира експозицията и да се осъществи превенция на очна патология. За целта трябва да бъдат създадени стандарти за очна UV експозиция, което би било възможно единствено при натрупване на достатъчно количество данни;
2. Получените индивидуални резултати са в границата на очакваните UV стойности, сравнени със световните източници;
3. Измерената сезонна вариация на UV следва установената такава. UV натоварването зимно време е по-малко, отколкото през пролета, лятото и есента;

4. Наблюдават се високи и потенциално опасни стойности на UV индекс по време на зимния сезон, когато се очаква опасността от UV увреждане да е по-малка.;
5. Значима разлика между резултатите за град Варна, град Шумен и град Созопол не се наблюдават, поради малката разлика в географското разположение;
6. Наблюдава се значима разлика в резултатите за град Анталия, Република Турция, спрямо останалите изследвани градове, поради значима разлика в географското разположение;
7. Данните от град Банско са малко и не могат да бъдат съпоставени с останалите данни;
8. В преобладаваща част от резултатите се наблюдава голяма флукуация на UV индекса в много кратки времеви интервали – в рамките на минути се наблюдават стойности над 10 UV индекс последвани от стойности под 1. Такава разлика се среща дори в рамките на секунди. Това се обяснява с голямата мобилност на човешкото тяло и особено главата. В един момент субектът е бил ориентирал главата си към Слънцето, а в следващия момент се е обърнал точно срещуположно под влиянието на външен или вътрешен стимул;
9. Наблюдават се значими годишни различия на отчетения UV индекс при един и същ тестови субект;
10. Наблюдавани са високи пикови стойности по време на „безопасни“ часови интервали от денонощието – преди 10 часа сутринта и след 16 часа следобед. Продължителното излагане на слънце в тези времеви граници и при подходящо ориентиране на очите, би довело до кумулиране на голяма доза UV.

В световен мащаб нараства продължителността на живота и патологичните изменения поради кумулативен ефект на UV радиацията върху предна очна повърхност играят съществена роля в общественото здраве. Съвременната медицина се базира на превенцията и адекватното лечение на заболяванията, резултат от UV увреда. Адекватна превенция би била възможна единствено при установени норми за

UV експозиция и индивидуални експозиционни профили. С помощта на дозиметъра, разработен от нашия екип, е възможно прецизното отчитане на индивидуалната UV експозиция.

8. Приноси:

8.1. Приноси с познавателен характер:

1. Направен е аналитичен и задълбочен литературен обзор върху етиологията, рисковите фактори, епидемиологията, патогенезата и класификацията на заболяванията, засягащи предната очна повърхност;
2. Направен е аналитичен и задълбочен литературен обзор върху ефектите на UV спрямо човешкото тяло и значението на UV експозицията за здравето.
3. Обстойно са изучени и описани източниците на UV и ефектите им към биологични и небιологични материи. Аналитично е прегледана достъпната литература, свързана с използването им в клиничната практика и значението има за здравето на индивида.

8.2. Приноси с научно-приложен характер:

1. За първи път в България и Света е разработен и конструиран експериментално уникален по рода си UV дозиметър, измерващ прецизно количеството UV достигащо до очите;
2. Изработен е специфичен софтуер за комуникация, контрол и получаване на данни от UV дозиметъра;
3. Изработен е нагледен алгоритъм за калибриране и проверка на данните на UV дозиметъра;
4. Изработен е нагледен алгоритъм за употреба на UV дозиметъра в реални условия;
5. За първи път в България и Света е проведено проспективно проучване, проследяващо индивидуалната UV експозиция на очите.

8.3. Приноси с потвърдителен характер:

1. Доказа се, че конструираният от нас UV дозиметър измерва и записва индивидуалната UV очна експозиция;

2. Установи се, че индивидуална UV експозиция зависи от множество фактори и е строго индивидуална – не би могла да бъде предвидена по сравнителен метод, а е нужно да бъде отчетена чрез дозиметър;
3. Доказа се, че създаденият от нас метод за измерване на индивидуалната UV експозиция е обективен метод и би могъл да послужи за създаване на индивидуални UV профили, чрез които би се осъществила превенция на социално значими заболявания на предната очна повърхност.

9. Резюме на дисертационния труд:

9.1. Увод:

Човекът е в непрекъснато сложно взаимоотношение с факторите на околната среда. Слънчевата светлина е жизнено важна за нормалното протичане на биологичните процеси в организмите на растенията, животните и човека. При хората, освен положителното въздействие, прекомерната експозиция на UV води и до патологични промени в много органи и системи. Обществото е запознато с вредното въздействие на UV лъчите върху кожата, но в литературата липсват достатъчно научни публикации, свързани с точната корелация между UV експозицията на зрителния анализатор и развитието на специфична офталмологична патология. Факт, предизвикан от липсата на точен метод за определяне на индивидуалната UV експозиция.

UV радиацията е неизменна част от слънчевата светлина и е налице по време на повечето часове от денонощието. Окоето е орган, ежедневно изложен на слънчева ултравиолетова радиация. Прекомерната експозиция на UV лъчи и в частност UVB могат да доведат до патологични промени в предния очен сегмент.

9.2. Цел:

Цел на настоящия дисертационен труд е да бъде създаден лесно приложим в извънлабораторни условия метод за индивидуална UV дозиметрия, оценяващ прецизно както моментното, така и кумулативното UV натоварване на зрителния анализатор. Да се приложи на практика създадения метод.

9.3. Материали и методи:

Настоящото проучване включва създаване и пилотно прилагане на UV дозиметър на зрителния анализатор, проведено на териториите на общини Варна, Шумен, Бургас, Банско от Република България и Анталия от Република Турция. В него участват 3 субекта, които са събирали данни, използвайки индивидуални UV дозиметри за периода от 25.07.2016г до 28.10.2017г. База за събиране на данните са териториите на Република България и Република Турция, а тяхната обработка е извършена в Катедра по Очни болести и Зрителни науки към Медицински Университет – Варна.

9.4. Резултати:

Проучването е проведено на 3 субекта и е с обща продължителност 62 дни във времеви интервал от 25.07.2016г. до 28.10.2017г. Очетени са 191 250 цикъла, което се равнява на 382 500 секунди. Статистическата достоверност на получените резултати се базира на статистическата достоверност на сензорния чип – Si1132, представена подробно в техническата документация от завода производител и описана в глава 9.4.1 Сензор/АД конвертор – Silicon labs Si1132.

След подробен и задълбочен анализ на получената информация стигнахме до изводите, че получените резултати са в границата на очакваните UV стойности, сравнени със световните източници; наблюдават се високи и потенциално опасни стойности на UV индекс по време на зимния сезон, когато се очаква опасността от UV увреждане да е по-малка; значима разлика между резултатите за град Варна, град Шумен и град Созопол не се наблюдават поради малката разлика в географското разположение, но се наблюдава значима разлика в резултатите за град Анталия, Република Турция, спрямо останалите изследвани градове, поради значима разлика в географското разположение; в преобладаваща част от резултатите се наблюдава голяма флуктуация на UV индекса в много кратки времеви интервали, обяснимо с голямата мобилност на човешкото тяло и в частност главата; наблюдават се значими годишни различия на отчетения UV индекс при един и същ тестови субект и са наблюдавани високи пикови стойности по време на „безопасни“ часови интервали от денонощието – преди 10 часа сутринта и след 16 часа следобед.

9.5. Заключение:

В световен мащаб нараства продължителността на живота и патологичните изменения поради кумулативен ефект на UV радиацията върху предна очна повърхност играят съществена роля в общественото здраве. Адекватна превенция би била възможна единствено при установени норми за UV експозиция и индивидуални експозиционни профили.

С помощта на дозиметъра, разработен от нашия екип, е възможно прецизното отчитане на индивидуалната UV експозиция – метод с потенциал за създаване на нов вид превенция и значимо намаляване на заболяемостта на преден очен сегмент в световен мащаб.

10. Abstract:

10.1. Introduction:

Humans are in a constant and complex relationship with the environmental factors. Sunlight is vital to the normal course of biological processes in plants, animals and human organisms. In humans, excessive exposure to UV leads to pathological changes in many organs and systems. Society is aware of the harmful UV effects on the skin, but literature does not contain enough scientific publications related to the exact correlation between UV exposure of the visual analyzer and the development of specific ophthalmic pathology. A fact caused by the lack of a precise method for measuring individual UV exposure.

UV radiation is part of sunlight and is present during most hours of the day. The eyes are exposed to ultraviolet radiation every day. Excessive exposure to UV rays, in particular UVB, can lead to pathological changes in the anterior eye segment.

10.2. Aim:

The aim of this thesis is to create an easily applicable method for individual UV dosimetry, which accurately assesses both the instantaneous and cumulative UV load of the visual analyzer. Also to apply it in practice.

10.3. Materials and methods:

The study includes the invention and experimental application of the UV dosimeter of the visual analyzer conducted in the territories of the municipalities of Varna,

Shumen, Burgas, Bansko from the Republic of Bulgaria and Antalya from the Republic of Turkey. It involves 3 subjects who collected data using individual UV dosimeters for the period from 25.07.2016 to 28.10.2017. Basis for data collection are the territories of the Republic of Bulgaria and the Republic of Turkey, and their processing was carried out at the Department of Eye Diseases and Visual Sciences at the Medical University - Varna.

10.4. Results:

The study was conducted by 3 subjects and has a total duration of 62 days in the time interval of 25.07.2016. until 28.10.2017. 191,250 cycles were recorded, which equals 382,500 seconds. The statistical reliability of the obtained results is based on the statistical reliability of the Si1132 sensor chip, detailed in the manufacturer's technical documentation and described in Chapter 9.4.1 Silicon labs Si1132 Sensor / AD converter.

After a detailed and in-depth analysis of the information, we came to the conclusion that the results are within the limit of the expected UV values compared to the world's sources; high and potentially hazardous UV index values are observed during the winter season when the UV burden is expected to be less; a significant difference between the results for the cities of Varna, Shumen and Sozopol is not observed due to the small difference in geographic location but there is a significant difference in the results for the city of Antalya, the Republic of Turkey, compared to the other studied cities due to a significant difference in geographic location; the predominant part of the results show a large fluctuation of the UV index in very short time intervals, due to the great mobility of the human body and in particular the head; significant annual differences of the reported UV index were observed in the same test subject, and high peak values were observed at "safe" hourly intervals of the day - before 10 am and after 16 pm.

10.5. Conclusion:

Worldwide, life expectancy increases and pathological changes due to the cumulative effect of UV radiation on the anterior ocular surface play a significant role in public health. Adequate prevention would only be possible with established exposure limits for UV exposure and individual exposure profiles.

It is possible to accurately measure individual UV exposure with the dosimeter developed by our team. Such a method has a potential for being a cornerstone for a new type

of prevention and a significant reduction in the worldwide incidence of the anterior eye segment diseases.

11. Научни публикации и съобщения свързани с дисертационния труд:

1. Marin Marinov, Christina Grupcheva, Slavyana Marinova, Dobrin Boyadjiev, Dimityr Grupchev, Evgeni Neshkinski - *UV Profiling in the Area of the Eyes*, Български офталмологичен преглед, в печат.
2. Бояджиев Д., Нешкински Е., Маринов М., Бояджиева М., Групчева Хр. – *Конюнктивална автофлуоресценция – Иновативна технология за ранна диагностика на уврежданията на предна очна повърхност от въздействието на околната среда*, Български офталмологичен преглед, Брой 4, 2017г., стр 5-12
3. Marin Marinov, Ralitsa Neykova, Dimitar Grupchev, Dobrin Boyadjiev, Christina Grupcheva *The last option for pain management – combined cryo-technique in blind eyes with absolute glaucoma Scripta Scientifica Medica*, vol.49, No 2, p.43-47