

UAB „ALTECHNA COATINGS“

PROJEKTO „NAUJOS KARTOS OPTINIAI PAVIRŠIAI IR DANGOS LAZERIAMS (STAR)“

VERSLO PLANAS

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *Verslo plano paskirtis:* | Priedas prie paraiškos gauti ES investicijas pagal 2014–2020 m. Europos Sąjungos fondų investicijų programos priemonę:  01.2.1-LVPA-K-828 „Intelektas. Bendri mokslo-verslo projektai“ | |
| *Verslo plano parengimo data:* | 2018 m. rugsėjo 25 d. | |
| *Verslo plano rengėjas:* | UAB „Altechna Coatings“  Direktorius Mindaugas Bružas | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  (parašas) |

# **PRODUKTAI, KURIŲ TOBULINIMUI PRAŠOMA FINANSAVIMO**

## **Numatomo sukurti iš esmės patobulinto produkto aprašymas**

### Produkto pristatymas

### Poreikis produktui: verslo galimybė

Lazerio generuotai spinduliuotei valdyti, nukreipti naudojamos plonų (nuo kelių nm iki kelių šimtų nm) dielektrinių sluoksnių sistemos, vadinamos optinėmis dangomis. Naudojant tokias dangas, formuojami pagrindiniai lazerio optiniai elementai: veidrodžiai, poliarizatoriai, spektro dalikliai. Optiniai komponentai su plonasluoksnėmis ir daugiasluoksnėmis dielektrinėmis dangomis yra kietakūnių lazerių ir lazerinių sistemų pagrindas. Įvairūs optiniai komponentai, tokie kaip dielektriniai veidrodžiai, plonų sluoksnių poliarizatoriai, lęšiai su skaidrinančiomis dangomis, ultratrumpiesiems impulsams optimizuoti optiniai komponentai, leidžia tinkamai valdyti lazerinės spinduliuotės pluoštą:

* Veidrodžiai keičia pluošto sklidimo kryptį;
* Veidrodžiai, skirti ultratrumpiesiems impulsams, leidžia manipuliuoti laikinėmis lazerinio impulso savybėmis, t.y. suspausti ir išplėsti laike;
* Poliarizatoriai keičia šviesos, kaip elektromagnetinės bangos, virpėjimo kryptį;
* Skaidrinančios dielektrinės dangos ant lęšių, kurie fokusuoja arba defokusuoja lazerinį pluoštą, mažina integruotus lazerinės sistemos nuostolius, nes Frenelio atspindys nuo optinio paviršiaus sumažėja nuo apytiksliai 4% iki 0,2% ir mažiau;
* Apsauginiai langeliai su skaidrinančiomis dangomis apsaugo lazerinės sistemos lazerio pluošto fokusavimo modulį.
* Spektro dalikliai atskiria skirtingų bangų ilgių šviesą ir nukreipia skirtingais keliais;
* Pluošto dalikliai šviesą dalija erdvėje tam tikru santykiu ir atskirtus pluoštus nukreipia skirtingais keliais, pvz. 50% ir 50%.

Minėti produktai (optiniai komponentai) plačiai naudojami šiuose taikymuose:

* Kietakūniai diodais kaupinami nanosekundiniai ir nuolatinės veikos lazeriai;
* Ultraspartieji lazeriai;
* Parametriniai optiniai osciliatoriai ir stiprintuvai;
* Dujiniai lazeriai;
* Lazeriniai žiediniai giroskopai;
* Lazerinės industrinės ir mokslinės sistemos, skirtos medžiagų mikro ir makro apdirbimui;
* Lazerinės nuotolinių matavimų sistemos (LIDAR);
* Itin tikslios lazerinių interferometrinių matavimų sistemos.

Pastaruoju metu vis didesni reikalavimai keliami optinių dangų mechaniniam atsparumui, optinių parametrų stabilumui, kuo didesniam atsparumui lazerio spinduliuotei, ir svarbiausia, danga turi tenkinti visus šiuos reikalavimus vienu metu. Daugeliu atvejų labai geri rezultatai pasiekiami daliai parametrų, dažnai kitų charakteristikų pablogėjimo sąskaita. Nepaisant to, kad optiniai komponentai su dielektrinėmis dangomis yra itin svarbus lazerių ir lazerinių sistemų komponentas, jie dažnai vadinama „silpniausia grandimi“ lazerinių sistemų konstrukcijoje.

Toliau pateikiamos pagrindinės problemos, su kuriomis susiduria lazerių ir lazerinių sistemų gamintojai:

* *Sklaidos ir sugerties nuostoliai dielektrinėse dangose.* Lazerinis pažeidimas dažniausiai atsiranda apšvietus vieną optinio komponento vietą keliais tūkstančiais impulsų. Pažeidimą lemia paviršiniai ir tūrinai komponentų defektai. Tačiau egzistuoja ir kitas pažeidimo mechanizmas, kurį įtakoja akumuliaciniai ir terminiai efektai, švitinant optinius komponentus lazeriu ilgą laiko tarpą. Norint išvengti dangos degradavimo, reikia išspręsti sugerties klausimą. Šiuo metu rinkoje komerciškai prieinamų lazerinių optinių komponentų tipinė sugertis siekia 100 ppm ties 1064 nm bangos ilgiu. Mažesnė optinių dangų sugertis padidintų optinių komponentų gyvavimo laikotarpį ir tuo pačiu sumažintų lazerinių sistemų su šiais komponentais aptarnavimo kaštus.
* *Popaviršiniai ir tūriniai dangos defektai, lemiantys žemą dielektrinių dangų atsparumą lazerinei spinduliuotei ir mažą dangų ilgaamžiškumą*. Optinis lazerinių komponentų atsparumas lazerio spinduliuotei yra nusakomas pažaidos lazerio spinduliuotei slenksčiu – PLSS. Lazeriu sukelta pažaida yra sudėtingas ir kompleksiškas reiškinys, priklausantis nuo daugelio tiriamo elemento, apšvietos ir aplinkos parametrų. Pažaidos slenkstis skirsis lyginant optikos paskirtį: pvz. atspindžio optika, pralaidumo optika, poliarizatoriai, dalikliai, langeliai ir t. t. Tačiau ir tos pačios grupės optikos elementų optinio pažeidimo mechanizmas skirsis priklausomai nuo naudojamų medžiagų (pvz. oksidai, metalai, puslaidininkiai), gamybos (pjovimas, poliravimas ir pan.) ir dengimo (jonapluoštis dulkinimas, magnetroninis dulkinimas, garų nusodinimas elektronų pluoštu ir pan.) technologijų. Net jei labai tiksliai apibrėšime medžiagą, pažaidos slenkstis gali skirtis dešimtys kartų priklausomai nuo apšvietos sąlygų: lazerio spinduliuotės bangos ilgio, impulso trukmės, laikinio impulso formos, ar pasikartojimo dažnio. O taip pat aplinkos, kurioje atliekamas matavimas (slėgis, temperatūra). Todėl optinis elementų atsparumas visada turi būti testuojamas kuo artimesnėms jų taikymo sąlygomis. Intensyvi nanosekundinio lazerio spinduliuotė, sąveikaudama su optiniais elementais, gali sukelti juose įvairius negrįžtamus procesus, dėl kurių elementai pažeidžiami, o jų optinės (atspindžio, pralaidumo, sugerties ir skaidos) savybės pakinta. Todėl optiškai pažeistas elementas kelia grėsmę visai lazerinei sistemai, o neretai ir visiškai sustabdo jos darbą. Tobulėjant lazeriams, didėja jų galia. Kaskart įvykus perversmui optikos gamybos srityje, kartu iškeliami ir nauji reikalavimai optiniam medžiagų atsparumui. Todėl šie tyrimai ilgus metus išlieka būtina lazerinių technologijų vystymosi grandis. Pastaraisiais metais vis daugiau dėmesio skiriama optinių komponentų atsparumui lazerinei spinduliuotei. Tuo pačiu metu keičiasi ir dielektrinių dangų gamybos tendencijos. Lazerių gamintojai žvalgosi į įmones, kurios tiekia aukštos kokybės optinius komponentus, pasižyminčius ilgaamžiškumu ir aukštesniu atsparumu lazerinei spinduliuotei. Optinių komponentų pažeidimo mechanizmas priklauso nuo daugelio faktorių, o didžiausią neigiamą įtaką turi optiniame paviršiuje esantys miktrotrūkiai, rėžiai, įskilimai, taškai bei dangų gamybos metu sugeneruoti taškiniai arba mazginiai defektai, metalinės priemaišos ir nesioksidavę dangos segmentai. Kiekviena medžiaga pasižymi savitu pažaidos slenksčiu. Vienas svarbiausių veiksnių ribojančių medžiagų optinį atsparumą didelės galios nanosekundinių UV lazerių srityje yra defektai, susidarantys skaidrios terpės paviršiuose ir tūryje optikos gamybos metu[[1]](#footnote-1). Dauguma defektų yra mažiau atsparūs lazerio spinduliuotei nei medžiaga iš kurios pagamintas optinis elementas. Norint garantuoti aukštą pažaidos lazerinei spinduliuotei slenkstį bei siekiant pagerinti gaminamos optikos kokybę ir optimizuoti gamybos procesus, būtina defektus ne tik identifikuoti, bet ir kiekybiškai įvertinti ir mažinti minėtų defektų skaičių bei kruopščiai kontroliuoti visą gamybos procesą, kad jo metu defektų neatsirastų. Paviršinių ir turinių defektų problematika ypatingai aktuali industrinių lazerinių sistemų su nuolatinės veikos lazeriais gamintojams. Dėl aukšto galios tankio ant optinių komponentų akumuliaciniai terminiai efektai, dėl kurių optiniai komponentai yra pažeidžiami ir turi būti keičiami, progresuoja labai sparčiai. Kai kuriuos komponentus, tokius kaip apsauginius langelius, tenka keisti kiekvieną dieną arba net kas kelias valandas. Tobulėjant lazeriams, didėja jų galia, todėl būtina skirti papildomą dėmesį optinių pagrindukų kokybės gerinimui bei optinių dangų optimizavimui. Komercinis poliravimas dažniausiai atliekamas naudojant tam tikros frakcijos abrazyvines medžiagas (CeO2, Ce2O3 Al2O3, Fe SiO2 ir kt.), kurios vertikalaus spaudimo bei pasikartojančio horizontalaus judesio dėka atlieka paviršiaus poliravimą. Esant „aštrių“ abrazyvų vertikaliam poveikiui, trapios medžiagos, tokios kaip optiniai stiklai, įtrūksta, o trūkiai yra lazerinio pažeidimo šaltiniai. Šie trūkiai užpildyti poliravimo liekanomis stipriai sugeria lazerio spinduliuotę (ypač UV srityje) ir stipriai įtakoja jų optinį atsparumą. Todėl poliravimo kokybė yra pagrindinė problema, lemianti didelio pralaidumo optinių komponentų (skaidrinanti optika, dalikliai, poliarizatoriai) atsparumą lazerio spinduliuotei.
* *Ilgas ir neefektyvus optinių elementų gamybos procesas*. Įprastai atliekant optinių elementų gamybą pirmiausiai yra pjaustomi stiklai, o tik tada garinamos dangos. Bet tokiu būtu atliekant optinių elementų gamybą ilgai užtrunkama su optinių stiklų paruošimu garinimo procesui: tokiu būtu vyksta sudėtingesnis ir ilgesnis optinių padėkliukų valymo procesas, yra ženkliai sudėtingiau paruošti garinimo kamerą norimo dydžio optiniams elementams bei vykdomas ilgesnis metrologinės patikros procesas prieš garinimą.
* *Didelės vidutinės galios nuolatinės veikos lazerių sukeliama pažaida.* Naudojant itin dideles spinduliuotės galias lazerinių sistemų elementai ir jų dangos ilgainiui dega, aižėja, praranda savo gerąsias optines savybes dėl šilumos pertekliaus arba tiesiog degraduoja. Tokių lazerių sukeliama pažaida iš esmės skiriasi nuo įprastų - impulsinių lazerių, ir nekoreliuoja su impulsinių lazerių elementų optinio atsparumo tyrimų rezultatais, t. y. nuolatinės veikos lazeriuose pasireiškia vidutinės, o ne impulsinės galios fizikiniai mechanizmai, ribojantys veikimą (foto-terminis plėtimasis, sugerties ir šiluminio streso sukeltas aižėjimas (angl. *radial cracking*), taip pat sugerties nuostoliai dangose, kurie lemia indukuotą dvejopalaužiškumą ir šviesos poliarizacijos sukimą).

Atsižvelgiant į minėtas lazerių rinkoje egzistuojančias problemas ir siekiant jas išspręsti, UAB „Altechna Coatings“ kartu su projekto partneriais – LZH, UAB „Altechna“ ir UAB „Lidaris“ – inicijuoja projektą, kurio tikslas – svarbiausiųjų lazerinių optinių elementų esminis patobulinimas didinant jų atsparumą lazerinei spinduliuotei ir gerinant spektrines charakteristikas. Su projektu numatoma sukurti technologijas, kurios leistų reikšmingai pagerinti aukštos kokybės lazerių optinių dangų atsparumą lazerio spinduliuotei ir leistų padidinti dangų ilgaamžiškumą. Tokiu būdu kuriamos technologijos įgalintų gaminti aukščiausios kokybės lazerinius optinius komponentus, kurių charakteristikos atitinka šiuo metu pasiektus aukščiausius standartus arba juos viršija. Numatomos sukurti inovatyvios technologijos yra pateikiamos žemiau:

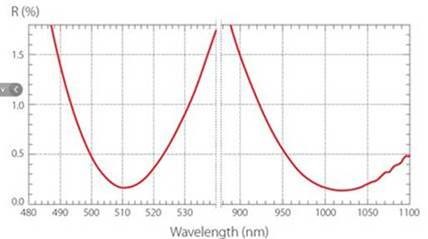
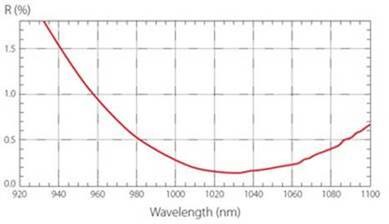
* *Fluoridų plonų sluoksnių formavimo technologija* – fluoridų plonų sluoksnių medžiagos pasižymi labai dideliu spinduliuotės plotu ir plačiu skaidrumo diapazonu bei didesniu mastu nei šiuo metu rinkoje naudojami oksido dielektrikai. Fluoridų ploni sluoksniai turi mažesnius refrakcijos indeksus – sujungiant juos su oksidų didelio indekso medžiaga, galima būtų sunaudoti mažiau sluoksnių, todėl susidarytų mažesnė tikimybė, jog defektai bus įtraukti į ploną sluoksnį. Taip pat mažiau sluoksnių reiškia ir mažesnį tankį, o tuo pačiu ir mažesnį įtempį ploname sluoksnyje. Abu įvardinti efektai turi teigiamą įtaką didesniam pažaidos slenksčio formavimuisi. Šiuo tikslu su inicijuojamu projektu numatoma sukurti fluoridų plonų sluoksnių formavimo technologiją, kur su fluoridais, išvystytais su didesniu pažaidos lazerio spinduliuotei slenksčiu, visos optinės dangos galėtų būti pagamintos naudojant mažiau plono sluoksnio tankio ir tuo pačiu taupant proceso laiką – visa tai prisidės prie mažesnių optinių dangų defektų.
* *Naujų optinių dangų pagrindų dizaino-modeliavimo technologija* – siekiant sukurti naujų optinių dangų pagrindų dizaino-modeliavimo technologiją, bus atliekamas visapusiškas plonų sluoksnių degradacijos tyrimas dvigubo bangos ilgio spinduliuote, ir gautas charakteristikas ir fizika, suprantama už degradacijos, bus grąžinamos į optinių elementų dengimo procesą, kad būtų gaunamas didesnis pažaidos lazerio spinduliuotei slenkstis. Tai bus nauja technologija, kuri galės būti naudojama siekiant pastumti perdavimo išjungimo bangos ilgį ir pažaidos slenkstį iki trumpesnio bangos ilgio. Tokiu atveju būtina turėti dengimo procesą, kuris gali labai tiksliai nusodinti labai plonus tarpinius sluoksnius, kurių storis ir tankis būtų mažesnis nei 1 nm.
* *Optinių pagrindų dengimo technologija* – siekiant sukurti pagrindų dengimo technologiją, bus taikomi du metodai, kurių tikslas – tobulinti procesą, kuris gali padidinti optimalų PLSS ir patobulinti ankstesnių projekto MTEP veiklų užduočių medžiagų bei dizaino pagerinimus. Su šia technologija dengimo kameroje bus įdiegtas papildomas jonų prietaisas (angl. *ion gun*), kuris *in-situ* pozicijoje pašalins galimus pažaidos lazerio pirmtakus (defektus), neleidžiant jiems nusistovėti plono sluoksnio matricoje. Su šia nauja technologija turės būti nustatyti proceso etapai, kurie gali sukelti plono sluoksnio pažaidos lazerio pirminius defektus ir numatoma įdiegti automatinės valdymo sistemos, kurioje procesas reguliuojamas grįžtamuoju ryšiu, kontrolę (angl. *close loop*), kad jie nebūtų plėtojami. Su inovatyvią technologija užtikrinant fluoridų dengimo procesų *close loop* valdymą galima bus išvengti pažaidos defektų augimo plonuose sluoksniuose.
* *Optinių pagrindukų paviršiaus apdirbimo technologija* – nepaisant to, kad popaviršinių defektų eliminavimui buvo skirtas daugelio pagrindinių mokslinių grupių dėmesys, pritaikymas industrijoje taip ir lieka nežinomas. Optinių pagrindukų gamintojai nesiūlo pagerinto ar kitaip modifikuoto paviršiaus, kuris būtų iki 8-10 kartų atsparesnis lazerio spinduliuotei (ypač UV). Be to, taip apdirbtas (paėsdintas) paviršius turėtų iškart būti padengtas optinėmis dangomis. Tuo tarpu, po poliravimo pagrindukų kelias iki galutinio vartotojo arba dangų gamintojų dažniausiai lieka nežinomas. Todėl galutinis optinių paviršių paruošimas yra nerašyta optinių dangų gamintojų atsakomybė. Siekiant didesnio optinių elementų (su dangomis) atsparumo lazerio spinduliuotei, projekto metu bus kuriama optinių pagrindukų (FS ir/ar Al2O3) paviršiaus apdirbimo technologija ar technologijų kombinacija, užtikrinanti didžiausią optinių elementų atsparumą lazerio spinduliuotei bei tuo pačiu bus siekiama nustatyti įvairių technologinių procesų (paviršiaus atšviežinimo, ėsdinimo, plovimo) įtaką medžiagų PLSS, įvertinti jų galimybes ir ribojimus. Sukurta technologija ar technologijų kombinacija turi pademonstruoti nuo 2 kartų iki 8 kartų ar daugiau plikų pagrindukų lazerio spinduliuote sukelto pažaidos slenksčio padidėjimą.
* *Optinių elementų (stikliukų) su dangomis pjaustymo technologija* – įprastai atliekant optinių elementų gamybą pirmiausiai yra pjaustomi stiklai, o tik tada garinamos dangos. Bet tokiu būtu atliekant optinių elem entų gamybą ilgai užtrunkama su optinių stiklų paruošimu garinimo procesui: tokiu būtu vyksta sudėtingesnis ir ilgesnis optinių padėkliukų valymo procesas, yra ženkliai sudėtingiau paruošti garinimo kamerą norimo dydžio optiniams elementams bei vykdomas ilgesnis metrologinės patikros procesas prieš garinimą. Siekiant spręsti aukščiau išvardintas problemas bei ženkliai pagerinti optinių elementų gamybos proceso efektyvumą, inicijuojamo projekto metu bus siekiama sukurti inovatyvią optinių elementų (stikliukų) su dangomis pjaustymo technologiją. Šiuo atveju atsiranda neapibrėžtumas – žinoma, kad po pjaustymo su dangomis suprastėtų optinių elementų kokybė, bet nėra žinoma kiek stipriai, todėl projekto metu vykdomomis MTEP veiklomis bus siekiama surasti optimaliausias sąlygas, kad gamybos įtaka po dangų garinimo būtų kiek įmanoma mažesnė.
* *Optinių elementų ir jų dangų atsparumo lazerinei spinduliuotei testavimo technologija nuolatinės veikos (CW) režime* – per pastaruosius 20 metų nuolatinės veikos lazerių (angl. *Continuous Wave*, *CW*) maksimali galia rinkoje nuolat augo beprecedenčiu tempu – t. y. per kiek daugiau kaip dešimtmetį ji padidėjo net apie 1000 kartų. Toks technologinis proveržis atvėrė iš esmės naujas galimybes gamybos technologijose ir jas pakeitė industrinius gamybos būdus negrįžtamai (atsirado storų ir plonų metalo lakštų pjovimo, gręžimo, suvirinimo, rūdžių valymo, paviršiaus kietinimo, kreivų paviršių pjovimo robotais ir daugelis kitų technologijų). Tuo pačiu metu, dauguma tokių lazerių gamintojų ir naudotojų susidūrė su naujais iššūkiais optinių elementų atsparumo šviesai ir patikimumo srityje: ypač ribojimais lazerinėse sistemose, kur naudojami laisvos erdvės elementai su interferencinėmis dangomis. Naudojant itin dideles spinduliuotės galias lazerinių sistemų elementai ir jų dangos ilgainiui dega, aižėja, praranda savo gerąsias optines savybes dėl šilumos pertekliaus arba tiesiog degraduoja. Siekiant spręsti aukščiau išvardintas problemas bei ženkliai pagerinti optinių elementų atsparumą lazerio spinduliuotei, inicijuojamo projekto metu bus siekiama sukurti inovatyvią optinių elementų ir jų dangų atsparumo testavimo technologiją CW veikos režime (nuolatinės veikos lazerių tyrimams).

Su projektu kuriamų inovatyvių technologijų pagalba UAB „Altechna Coatings“ pagaminti produktai ir pats gamybos procesas pasižymės visomis žemiau nurodytomis savybėmis arba kelių savybių rinkiniu (priklausomai nuo konkretaus tikslinio taikymo):

* Atsparumas lazerio spinduliuotei – beveik visi aukščiau minėti parametrai įtakoja atsparumą lazerinei spinduliuotei, todėl procesas yra kompleksinis ir, siekiant garantuoti aukštą atsparumo lygį, būtina pasiekti žemus sklaidos ir sugerties nuostolius, taip pat optiniuose paviršiuose neturi būti jokių paviršinių ir tūrinių defektų. Atsparumas lazerinei spinduliuotei yra aktualus kai optiniai komponentai naudojami impulsiniu režimu veikiančiose lazerinėse sistemose. Siekiant praplėsti sukurtų produktų pritaikomumą rinkoje, bus testuojamas jų atsparumas ir nuolatinės veikos režimu. Preliminariai siektina reikšmė – apie 30 proc. išaugęs pažaidos lazerio spinduliuotei slenkstis iki 20J/cm², kai tuo tarpu šiuo metu išvystytas aukščiausias bendro vystymosi lygis (angl. *state of the art*) siekia 15J/cm².
* Numatoma jog atsparumas (λ=355 nm) lazerio spinduliuotei (lazerio spinduliuote sukeltas pažaidos slenkstis) padidės nuo 2 kartų iki 8 kartų ar daugiau. Sukurta technologija ar technologijų kombinacija turi pademonstruoti nuo 2 kartų iki 8 kartų ar daugiau plikų pagrindukų lazerio spinduliuote sukelto pažaidos slenksčio padidėjimą.
* Paviršiaus šiurkštumas, po cheminio ir/ar kombinuoto ėsdinimo neturi padidėti daugiau negu 2 kartus nuo pradinio pagrinduko šiurkštumo.
* Atlikus cheminį ar kombinuotą optinių pagrindukų ėsdinimą, paviršiaus kokybė (defektų lygis) neturi suprastėti labiau nei 20/20 – 20/10 (pagal modifikuotą MIL-13830B standartą). Komerciškai poliruotų optinių pagrindukų paviršiaus kokybė dažniausiai yra 20/10, tačiau prieš kiekvieną eksperimentą pagrindukai bus suspecifikuoti papildomai.
* Optinių elementų gamybos procesas (lakavimo technologijos išdirbimas) – šiuo metu lakavimo procesas vyksta taip: pirmiausia yra perkamas lakas pagal kainą. Apsauginis lakas tepamas rankiniu būdu per 3 kartus, kur lako džiovimas užtrunka nuo 3 iki 5 dienų. Taip pat pasitaiko atvejų, kada kai kurie lakai putoja ir ant paviršių susidaro oro burbuliukai, kurie trukdo optiką tinkamai perkelti ant pjovimo staklių. Per susidariusį oro burbuliuką galimi stiklo padėklų įtrūkiai, taip pat pjovimo metu dėl burbuliukų bandiniai atsiklijuoja ir susigadina. Siekiant efektyvinti optinių elementų gamybos procesą – lakavimą, bus testuojamas lakas, siekiant išsirinkti greitai džiūstantį ir nesudarantį oro burbuliukų laką bei optimizuoti lakavimo procedūrą įvertinant lako padengimo ir džiūvimo laikus. Preliminariai siektinas lako džiūvimas – 2 dienos.
* Optinių elementų paviršiaus nušlifuotų šonų šiurkštumas – esama šiuo metu padėtis dėl optinių elementų nušlifuotų šonų šiurkštumo yra nežinoma, kadangi tiekėjai negali užtikrinti stabilumo – užtikrinti vienodą paviršiaus šiurkštumą. Projekto metu bus siekiama užtikrinti atkartojamą paviršiaus šiurkštumą ir preliminariai siekiama užtikrinti 100 um, 3,5 um ir 500 nm šiurkštumą.

Su projektu sukurtos inovatyvios technologijos įgalins ženkliai patobulinti visus pareiškėjo UAB „Altechna Coatings“ siūlomus produktus: pagaminti ženkliai geresnėmis charakteristikomis pasižyminčias optines dangas bei komponentus (reikšmingai patobulintas produktas), lyginant su šiuo metu rinkoje prieinamais produktais. Atsižvelgiant į tai išskiriamos 3 papildomos produktų grupės, kurias numatoma reikšmingai patobulini projekto metu:

* ***AR elementai (skaidrinančios dangos – Antireflective),*** tai skaidrinančiomis dangomis padengti langeliai, skirti siekiant sumažinti *Fresnelio* atspindžius nuo optinio komponento paviršiaus ir taip pagerinti bendrą optinės sistemos pralaidumą, kur komponentas yra naudojamas. Paprasto stiklo paviršiaus atspindėjimas normalaus dažnio atveju siekia apie 5%. Tuo tarpu skaidrinančios dangos gali sumažinti šį skaičių iki mažiau nei 0,1%. Skaidrinančiomis (AR) dangomis dengti langeliai naudojami tose sistemose, kuriose brangesni optiniai komponentai turi būti apsaugoti nuo aplinkos. AR elementai gali būti skirti keliems bangos ilgiams arba plačiam spektriniam diapazonui. Paprastai šios dangos naudojamos daugiasluoksnėse lazerio išvesties sistemose (pvz., dažnio padvigubinimas). Tokio tipo danga įgalina labai didelę transmisiją dviem skirtingais bangos ilgiais. Žemiau esančiuose paveikslėliuose (Paveikslas 1) pateikti tipiniai bangos ilgiai ir atspindžio kreivės AR dangai, tinkamai įprastuose lazerinės sistemos išėjimuose esant 1064 nm ir 532 nm bangos ilgiui. Daugiasluoksnė plačiajuosčio ryšio AR danga gali suteikti didesnę pralaidumo prieigą prie plataus spektro. Todėl šios dangos idealiai tinka plataus diapazono kelių bangų ilgio lazeriams ir baltos šviesos taikymams. *Numatomi pasiekti AR elementų funkcijos patobulinimai* – AR elementai pasižymės mažesniu atspindžiu. Kartu su projekte numatomomis vykdyti MTEP veiklomis bus tiesiogiai paveiktas pažaidos lazerio spinduliuote slenkstis. Pagrindukų paviršius ir danga bus reikšmingai patobulinti, o visi optiniai komponentai iš to gaus naudos. Tai ypač aktualu skaidriems neatspindintiems optiniams elementams.



Paveikslas 1. Tipiniai bangos ilgiai ir atspindžio kreivės skaidrinančiai (AR) dangai

* ***HR elementai (Didelio atspindžio veidrodžiai - High reflective)***, užtikrina optimalų veikimą tam tikrame bangos ilgyje ir tam tikru kritimo kampu (angl. *AOI*). Veidrodis susideda iš substrato ir daugiasluoksnių dangų korpusų, kurie padeda pasiekti labai didelį atspindžio koeficientą konkrečiame lazerio linijos bangos ilgyje bet kuriuo suprojektuotu kritimo kampu (AOI). HR dangos suformuotos elektonpluoščio garinimo būdu, taikant arba ne jono padengimo techniką, bei naudojamos išorės spindulių manipuliavimo programose, kuomet net ir nedideli nuostoliai gali būti netoleruojami. Tokio tipo dangų veidrodžiai gali būti keliems bangoms ilgiams. Šios daugiasluoksnės dangos – tai korpusai, skirti pasiekti didžiausią atspindžio koeficientą dviejuose konkrečiuose lazerio linijos bangos ilgiuose, esant įprastam arba 45 laipsnių dažniui. *Numatomi pasiekti HR elementų funkcijos patobulinimai* – su projektu numatoma pateikti dizaino naujovę, tokią kaip nano-laminatai, defektų šalinimas nusodinimo metu, stabilesni žemų defektų procesai ir mažiau degraduojantys dengimo gaminiai UV sąlygomis prisidės prie didesnės PLSS.
* ***HR+HT, Poliarizatoriai, PR, Filtrai (High reflectance+High transmittance, Polarizers, Partial reflectance, Filters):***
* *HR+HT spektro dalikliai* – šis produktas (spektrą dalijančios dangos) yra naudojamas atskirti (arba sujungti) spektrines sritis erdvėje, naudojant dielektrinių plonų sluoksnių dizainą. *Numatomi pasiekti HR+HT elementų funkcijos patobulinimai* – šie komponentai gaus tiesioginės naudos iš projekte numatomų MTEP veiklų. Bus surinkti sistematiniai duomenys, susiję su UV dangų medžiagomis, taip pat įvestos naujos medžiagos (fluoridai). Kartu su proceso valdymu, siekiant išvengti defektų augimo, tai leis nustatyti dichroninių ir multi-lambda plonų sluoksnių su aukštu pažaidos slenksčiu darbo pagrindą.
* *Poliarizatoriai* (optinių dangų pagrindu – poliarizuojančios dangos) – didelio kontrasto plonų sluoksnių poliarizatoriai, padengti dielektrine danga, atskiria didelės energijos lazerio spindulių S-Pol ir P-Pol poliarizacijos elementus. Dėl labai mažų nuostolių jie puikiai tinka vidaus ir papildomų ertmių naudojimui. Šių poliarizatorių tipinis poliarizacijos santykis gerokai viršija 1000:1 (Tp:Ts). *Brewster Thin Film* poliarizatoriai naudojami didelės energijos naudojimui – jie turi aukštą žalos slenksčio ribą, pasiekdami 10 J/cm2@1064 nm 8 ns. *Brewsterio* poliarizatoriai yra naudojami kaip alternatyva poliarizuojančioms prizmėms *Glan-Tylor* lazerio ar poliarizuojančių spindulių pluoštui. Paprastai, *BK7* arba *UVFS* dielektrinės padengtos *Brewsterio* tipo plonų sluoksnių poliarizatorius atskiria S-Pol ir P-Pol komponentus nuo didelės energijos lazerio spindulių ir yra skirti vidaus ir papildomam ertmės naudojimui. Tipiškas poliarizacijos koeficientas Tp/Ts yra 200:1 ir jis pasiekiamas 56° AOI (*Brewster* kampas). Siekiant optimaliai perduoti, *Brewster* tipo plono sluoksnio poliarizatorius turi būti įstatytas tinkamame laikiklyje kampiniam reguliavimui.
* *PR (Partial Reflectance) dalikliai -* tai elementas kuris pageidaujamą, tam tikro bangos ilgio spinduliuotę padalina (praleidžia arba atspindi) tam tikra proporcija, kaip pvz. PR=60%@532 AOI=0deg, reiškia, kad 532 nm bangos ilgio spinduliuotė bus atspindėta 60%, praleista 40%, esant 0 laipsnių kritimo kampui*.*

Žemiau esančioje lentelėje (Lentelė 18) pateikiama informacija apie projekto metu kuriamų produktų (produktų grupių) savybes ir technines charakteristikas.

*Lentelė1: Kuriamų produktų savybės ir techninės charakteristikos*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *Produkto (produktų grupės) pavadinimas* | *Produktų grupę sudarančių produktų pavyzdžiai* | *Savybės, parametrai, techninės charakteristikos* |
| Fluoridų plonųjų sluoksnių formavimo technologija (*angl. IBS fluorides)* | - | Fluoridų plonų sluoksnių medžiagos pasižymi labai dideliu spinduliuotės plotu ir plačiu skaidrumo diapazonu bei didesniu mastu nei šiuo metu rinkoje naudojami oksido dielektrikai. Fluoridų plonieji sluoksniai turi didelį šiluminį laidumą (transmisiją) ir pasižymi žema sugertimi UV spektro srityje. Niekas iš šiuo metu rinkoje esančių oksidų nepasižymi šia savybe, todėl jie yra naudojami tolimam UV spinduliuotės taikymui (kaip pavyzdžiui, mikro litografijos optikai ar keletui skaidrinančių (AR) elementų koncepcijų). Tačiau šiose medžiagose taip pat yra keletas reikšmingų trūkumų – vienas iš jų yra aukštas plonų sluoksnių įtempis ir kritinė dangos mikrostruktūra. Šios medžiagos plonuosiuose sluoksniuose sukuria aukštą įtempio lygį ir turi būti nusodintos labai aukšta temperatūra. Tai sukelia plonų sluoksnių įtrūkius, kuomet jie plečiasi į tankesnes struktūras. Tačiau šios tankesnės struktūros reikalingos artimai UV spinduliuotei ir matomam spektro diapazonui. IBS fluoridai gali būti nusodinami žemesnėje kaip 100°C temperatūroje ir pasižymėti žemesniu įtempiu.  Minimi medžiagų trūkumai iki šiol sukėlė apribojimus standartinių lazerių taikymams. Dabar, dengimo procesų plėtra, ir ypač jonapluoščio dulkinimo (angl. IBS), kaip nepilnai išvystyto dengimo proceso fluoridams, įtempio lygio, defektų tankio ir mikrostruktūrų garinimo ir dulkinimo procesų pokyčiai atveria šią medžiagų klasę, kad būtų galima taikyti artimai UV (355 nm, 266 nm) spinduliuotei. Naudojant šiluminį dangų garinimą, o ypač fluoridu pagrįstą jonapluoštį dulkinimą pastarųjų metų technologiniai pokyčiai nebuvo taikomi lazerinėms priemonėms.  Inicijuojamo projekto partneris LZH jau yra sėkmingai atlikęs pirminius bandymus siekiant pritaikyti šiuos nusodintus IBS plonus sluoksnius tankesnėms plonų sluoksnių struktūroms. Šiame projekte ši medžiaga iš IBS bus perkelta į artimą UV spinduliuotei, matomą ir artimą IR spinduliuotei. MgF2, LaF3 ir AlF3 pasižymintys plataus diapazono spragomis ir potencialiai mažų defektų tankiu, turi būti patikrinti egzistuojančiuose reaktyviuose plazmos procesuose, kurie gali pasižymėti didesniu pažaidos slenksčiu, nei šiuo metu yra. Sėkmingai įgyvendinus inicijuojamo projekto užduotį, šios veiklos etapas leis padidinti technologinės parengties lygį, kur bus sukuriama fluoridų plonųjų sluoksnių formavimo technologija.  Technologijos pademonstravimui numatoma sukurti šių optinių komponentų prototipus, kurių siekiamos charakteristikos pateikiamos šioje lentelėje prie atitinkamų produktų/ optinių komponentų grupių):   * HR@355 nm, AOI=0deg * Pol@355 nm, AOI=45deg |
| Naujų optinių dangų pagrindų dizaino-modeliavimo technologija | - | Šiuo metu yra žinoma, jog įtraukiant UV bangų ilgius, naudojant dvejopą bangos ilgį, nedidelės UV spinduliuotės dalys dar labiau sumažina optinio plono sluoksnio atsparumą lazeriui[[2]](#footnote-2). Kuomet palaipsniui yra įtraukiama UV spinduliuotė 266 nm, pastebimas pažaidos slenkstis smarkiai sumažėja. Atsižvelgiant į dabartinus optinių elementų gamybos procesus, elementų grynumui ir medžiagoms galima taikyti skirtingas daugiasluoksnių dangų sekas, kurios gali apdoroti didesnius lazerio srautus. Dabartiniai optinių dangų dulkinimo procesai gali atkurti dangą su labai plonais sluoksniais, 1 nm ir žemesniame diapazone. Remiantis šiuo požiūriu, dielektrinių plonų sluoksnių medžiagų reikšminga charakteristika gali būti išplėsta, kad padidėtų pažaidos lazerio spinduliuotei slenkstis. Šiuose matmenyse, į daugiasluoksnės dangos pagrindo elektrinį lauką yra įvedami kvantiniai efektai ir taip pakeičiamos makroskopinės optinės medžiagos savybės. Pirmoji publikacija apie šį procesą (technologiją) buvo paskelbta 2017 m., kur procesas buvo nukreiptas į femtosekundinius lazerinius impulsus. Siekiant, kad tai būtų ilgalaikiai impulsai, kurie šiuo metu yra plačiai taikomi pramonėje, tam reikia įdėti daug pastangų. Skaičiavimo ir imitavimo metodai, dangų dizainas ir projektavimas turi būti išvesti ir gauti siekiant nustatyti mažiausią elektrinį lauką sluoksniuose su didžiausia degradacija. Siekiant šio tikslo numatoma surinkti duomenis apie plonų sluoksnių paviršiaus degradavimą. Taip pat, dabartinių plonų sluoksnių augimo procesų gebėjimas kontroliuoti kelių dešimčių nanometrų sluoksnio storį yra labai svarbus, siekiant iš tikrųjų taikyti nano-laminatų koncepciją lazerinių komponentų gamybai. Siekiant padidinti pažaidos lazerio spinduliuotei slenkstį, turi būti suprojektuotas Pol@1064 nm remiantis nano-laminatų koncepcija. Dar vienas svarbus žingsnis vystant šią technologiją yra projektavimo, gauto naudojant naujai sukurtas fluoridines medžiagas, derinys. Numatoma, jog abi kombinacijos įgalins padidinti dabartinį pažaidos slenkstį. Sujungus optinių elementų dangų medžiagos kūrimo ir dengimo dizaino kūrimą, du iš trijų veiksnių prisidedančių prie didelės energijos ir didelės galios dangų, yra derinami.  Projekto metu vykdant MTEP veiklas bei siekiant sukurti inovatyvią optinių dangų pagrindų dizaino-modeliavimo, bus tiriama degradacijos fizika ir medžiagų nusodinimas bus pritaikytas stabiliam plonam sluoksniui su žymiai mažesne degradacija ir didesniu pažaidos slenksčiu. Trys oksidų medžiagos (Al2O3; SiO2; HfO2) taip pat bus tiriamos projekte. Šio lazerio bangos ilgio fluorido medžiagos iki šiol dar nebuvo tiriamos ir nė vienas iš minimų mokslinėje literatūroje ir šaltiniuose rezultatų neatspindi pasikeitusio nusodinimo proceso po tolesnio degradacijos proceso fizinio supratimo.  Technologijos pademonstravimui numatoma sukurti šių optinių komponentų prototipus, kurių siekiamos charakteristikos pateikiamos šioje lentelėje prie atitinkamų produktų/ optinių komponentų grupių):   * Dichroninis veidrodis 532 / 266 nm * Pol@1064 nm AOI=45deg * AR@355 nm AOI=0deg * HR@355 nm AOI=0deg |
| Optinių pagrindukų dengimo technologija | - | Defektai, esantys plonuose sluoksniuose mažo mikrometro ir nanometro skalėje, yra pagrindiniai pažaidos lazerinei spinduliuotei iniciatoriai nanosekundiniame režime. Ilgalaikiame veikime, šie defektai laikui bėgant taip pat gali vystytis ir galiausiai sukelti plono sluoksnio matricos suskaidymą. Galima matyti, kad šis režimas apima lazerio impulso trukmę nuo daugelio pikosekundžių iki šimtų nanosekundžių. Kuo trumpesnis impulsas, tuo mažiau laiko tenka šilumos mainams, todėl pažaidos slenkstis yra mažesnis trumpesniems impulsams ir vienodiems srautams. Jeigu būtų įmanoma užkirsti kelią šiems mikro ir nano defektrams plėstis plonų sluoksnių vystymo metu, labiausiai tikėtina, jog šie ploni sluoksniai augtų iki didesnių pažaidos lazerio spinduliuotei slenksčių. Iki šiol moksliniai tyrimai ir pramonė fokusavosi siekdama neleisti tiems defektams pasirodyti plonuose sluoksniuose. Tam reikia stipriai suprasti šių defektų kilmę. Ši nauja idėja dabar bus skirta pašalinti šias daleles iškart po jų formavimo. Norėdami tai padaryti, papildomas aukštos energijos jonų prietaisas bus nukreiptas į didėjantį susiformavusį IBS ploną sluoksnį. Skirtingai nuo standartinio joninio asistavimo dvigubo jonapluoščio dulkinimo proceso, šis metodas iš tiesų pašalina plono sluoksnio medžiagą, bet ypač formuojant defektus nuo substratų paviršiaus nusodinimo metu. Ši koncepcija turi subalansuoti daugelio joninių šaltinių buvimą vienoje vakuuminėje kameroje ir rasti modelius šio režimo/apdorojimo dozei ir energijai nustatyti. Šios pagrindukų dengimo technologijos, paremtos jonų šaltinio inicijuotų defektų šalinimu (joniniu ėsdinimu plonų sluoksnių plėtimosi metu), koncepcija yra nauja, paremta nauju technologiniu požiūriu ir iki šiol nepaskelbta literatūroje. Siekiant, kad ši technologija būtų perkelta į galutinį produktą, jonų šaltinio kampas, padėtis, atstumas ir galia turi būti išsamiai išnagrinėti ir pasižymėti stabilu veikimu. Tam pasiekti projekte numatoma sukurti dažnio, temperatūros, defektų ir struktūriškai orientuotą proceso valdymo - dengimo technologiją daugiasluoksnėms fluorido IBS dangoms, siekiant padidinti pažaidos lazerio spinduliuotei slenkstį. Numatoma, kad sukurta nauja technologija leis pasiekti AR@355 nm PLSS iki 20J/cm2 per 5 ns naudojant įdiegtą automatinės valdymo sistemos, kurioje procesas reguliuojamas grįžtamuoju ryšiu (*angl. close loop*) valdiklį.  Technologijos pademonstravimui numatoma sukurti šių optinių komponentų prototipus, kurių siekiamos charakteristikos pateikiamos šioje lentelėje prie atitinkamų produktų/ optinių komponentų grupių):   * AR@355 nm AOI=0deg * Pol@355 nm AOI=45deg |
| Optinių pagrindukų paviršiaus apdirbimo technologija | - | Komercinio poliravimo metu, naudojant vertikalaus spaudimo metodą ir dažniausiai, cerio, cirkonio ar kitų metalų oksidų abrazyvines medžiagas, išvengti popaviršinių defektų yra sudėtinga. Egzistuoja taip vadinami poliravimo „tėkmėje“ metodai, kurių žinomiausias – magnetinio poliravimo metodas. Poliravimas šiuo metodu vyksta kai abrazyvinės medžiagos, magnetinio lauko pagalba, verčiamos „tekėti“ poliruojamo bandinio paviršiumi, nenaudojant papildomos spaudimo jėgos. Tai leidžia stipriai sumažinti mikrotrūkių kiekį bei jų gylį poliruotuose optiniuose pagrindukuose, tačiau visgi suformuoja iš poliravimo liekanų sudarytą Bilbio sluoksnį, kuris riboja atsparumą lazerio spinduliuotei. Siekiant panaikinti šį apribojimą, plačiai taikomi įvairūs kombinuoti poliravimo, plovimo/valymo, cheminio bei joninio ėsdinimo, lazerinio apdirbimo metodai. Poliruojant fluoridinius optinius pagrindukus (CaF2, BaF2, MgF2 ir kt.), naudojamus tolimojo ultravioleto optiniams elementams gaminti, dažnai taikomas chemomechaninis poliravimas (*angl. chemomechanical polishing CMP*), kai poliravimo metu keičiamas poliravimo medžiagų rūgštingumas (*ph*). Nepaisant to, kad popaviršinių defektų eleminavimui buvo skirtas daugelio pagrindinių mokslinių grupių dėmesys, pritaikymas industrijoje taip ir lieka nežinomas. Optinių pagrindukų gamintojai nesiūlo pagerinto ar kitaip modifikuoto paviršiaus, kuris būtų iki 8-10 kartų atsparesnis lazerio spinduliuotei (ypač UV). Be to, taip apdirbtas (paėsdintas) paviršius turėtų iškart būti padengtas optinėmis dangomis. Tuo tarpu, po poliravimo pagrindukų kelias iki galutinio vartotojo arba dangų gamintojų dažniausiai lieka nežinomas. Todėl galutinis optinių paviršių paruošimas yra nerašyta optinių dangų gamintojų atsakomybė. Siekiant didesnio optinių elementų (su dangomis) atsparumo lazerio spinduliuotei projekto metu bus kuriama optinių pagrindukų (FS ir/ar Al2O3) paviršiaus apdirbimo technologija ar technologijų kombinacija, užtikrinanti didžiausią optinių elementų atsparumą lazerio spinduliuotei bei tuo pačiu bus siekiama nustatyti įvairių technologinių procesų (paviršiaus atšviežinimo, ėsdinimo, plovimo) įtaką medžiagų PLSS, įvertinti jų galimybes ir ribojimus. Sukurta technologija ar technologijų kombinacija turi pademonstruoti nuo 2 kartų iki 8 kartų ar daugiau plikų pagrindukų lazerio spinduliuote sukelto pažaidos slenksčio padidėjimą.  Technologijos pademonstravimui numatoma sukurti šių optinių komponentų prototipus, kurių siekiamos charakteristikos pateikiamos šioje lentelėje prie atitinkamų produktų/ optinių komponentų grupių):   * Nedengtas plikas FS pagrindukas (pagerintas, ėsdintas, spec. papoliruotas-atšviežintas) * AR@355 AOI=0deg (Optinis komponentas) 3 technologijoms (min. 3 vnt.) * AR@266 AOI=0deg (Optinis komponentas) 2 technologijoms (min. 2 vnt.) * AR@355+532+1064 AOI=0deg (Optinis komponentas) 2 technologijoms (min. 2-4 vnt.) * HR@1064+HT@355 AOI=0deg (Optinis komponentas) 2 technologijoms (min. 2-4 vnt.) * HR@1064+532+355 AOI=0deg (Optinis komponentas) dizaino pagerinimai * Pol. @355 AOI=45deg (Optinis komponentas) 1-2technologijom, 2 medž. (min. 2-4 vnt.) * Pol. @1064 AOI=45deg (Optinis komponentas) 1-2technologijom, 2medž. (min 2-4 vnt.) |
| Optinių elementų (stikliukų) su dangomis pjaustymo technologija | - | Neatlikus tyrimų, sunku apibrėžti konkrečių išmatuojamų produkto savybių, todėl pateikiamas kuo platesnis numatomo tyrimų rezultatų panaudojimo aprašymas. Įprastai atliekant optinių elementų gamybą pirmiausiai yra pjaustomi stiklai, o tik tada garinamos dangos. Bet tokiu būtu atliekant optinių elementų gamybą ilgai užtrunkama su optinių stiklų paruošimu garinimo procesui: tokiu būtu vyksta sudėtingesnis ir ilgesnis optinių padėkliukų valymo procesas, yra ženkliai sudėtingiau paruošti garinimo kamerą norimo dydžio optiniams elementams bei vykdomas ilgesnis metrologinės patikros procesas prieš garinimą. Siekiant spręsti aukščiau išvardintas problemas bei ženkliai pagerinti optinių elementų gamybos proceso efektyvumą, inicijuojamo projekto metu bus siekiama sukurti inovatyvią optinių elementų (stikliukų) su dangomis pjaustymo technologiją. Šiuo atveju atsiranda neapibrėžtumas – žinoma, kad po pjaustymo su dangomis suprastėtų optinių elementų kokybė, bet nėra žinoma kiek stipriai, todėl projekto metu vykdomomis MTEP veiklomis bus siekiama surasti optimaliausias sąlygas, kad gamybos įtaka po dangų garinimo būtų kiek įmanoma mažesnė.  Technologijos pademonstravimui numatoma sukurti šių optinių komponentų prototipus, kurių siekiamos charakteristikos pateikiamos šioje lentelėje prie atitinkamų produktų/ optinių komponentų grupių):   * AR@355 nm AOI=0deg |
| Optinių elementų ir jų dangų atsparumo lazerinei spinduliuotei testavimo technologija nuolatinės veikos (CW) režime | - | Neatlikus tyrimų, sunku apibrėžti konkrečių išmatuojamų produkto savybių, todėl pateikiamas kuo platesnis numatomo tyrimų rezultatų panaudojimo aprašymas. Optinio atsparumo ribą nusako taip vadinamas pažaidos lazerio spinduliuotei slenkstis – PLSS, kuris nusako maksimalią leistiną šviesos galios tankio ribą optinio elemento paviršiuje, kurią viršijus elementas negrįžtamai sugadinamas dėl šviesos poveikio. Projekto metu numatomiems nuolatinės veikos tyrimams UAB „Lidaris“ ketina pritaikyti pagreitinto sendinimo metodą – tai itin plačiai paplitusi technika, kai pritaikoma ir lazerių optinių detalių ilgaamžiškumui apibūdinti. Lazerinių technologijų srityje ji dar žinoma, kaip „S-į-1 testas“, kurį aprašo tarptautinis ISO standartas[[3]](#footnote-3). Tokių testų esmė paprasta – bandinys „sendinamas“ pasikartojančiais lazerio impulsais, nuolat sekant ekspozicijos laiką ir dozę, o taip pat stebima ir bandinio būsena (jau „pažeista“ ar dar ne). Tyrimo rezultatas – statistiniai duomenys (lazerio impulsų skaičius iki pastebėtos pažaidos), kurie padeda įvertini kiek ilgai testuojamas elementas išgyventų realiomis apšvitos sąlygomis. Ši riba gali būti matuojama tik destrukciniu būdu, t. y. eksponuojant bandinį tam tikrą laiką su kontroliuojamo galios tankio spinduliuote ir stebint ar įvyksta pažaida ar ne. Eksperimentas kartojamas skirtingose vietose varijuojant spinduliuotės galios tankį. Nuolatinės veikos atveju anksčiau aprašytą metodiką numatoma pakeisti tokiu būdu, kad vietoj impulsų skaičiaus būtų naudojamas nuolatinės spinduliuotės apšvitos laikas. Taigi surinkus statistinę informaciją toliau jau pasinaudojant žinoma ISO standarte metodika būtų gaunamos taip vadinamosios charakteringosios pažaidos kreivės kurios nusako pažaidos slenksčio mažėjimą didinant spinduliuotės ekspozicijos dozę.  Technologijos pademonstravimui numatoma sukurti šių optinių komponentų prototipus, kurių siekiamos charakteristikos pateikiamos šioje lentelėje prie atitinkamų produktų/ optinių komponentų grupių):   * HR@1064 AOI=0deg * HR@1064+HT@808 AOI=0deg |
| AR elementai | AR@355 nm AOI=0deg | R<0.2%;  S/D (pagal MIL-13830B standartą): 20/10  PLSS: >10 J/cm2;  RMS<0.8nm |
| AR@355 nm AOI=0deg | R<0.2%;  S/D (pagal MIL-13830B standartą): 20/10  PLSS: >10 J/cm2;  RMS<0.8nm |
| AR@355 AOI=0deg (Optinis komponentas) 3 technologijoms (min. 3 vnt.) | R<0.2%;  S/D (pagal MIL-13830B standartą): 20/10  PLSS: >10 J/cm2;  RMS<0.8nm |
| AR@266 AOI=0deg (Optinis komponentas) 2 technologijoms (min. 2 vnt.) | R<0.2%;  S/D (pagal MIL-13830B standartą): 20/10  PLSS: >3 J/cm2;  RMS<0.8nm |
| AR@355+532+1064 AOI=0deg (Optinis komponentas) 2 technologijoms (min. 2-4 vnt.) | R<0.2%;  S/D (pagal MIL-13830B standartą): 20/10  PLSS: >3 J/cm2;  RMS<0.8nm |
| AR@355 nm AOI=0deg | R<0.2%;  S/D (pagal MIL-13830B standartą): 20/10  PLSS: >3 J/cm2;  RMS<0.8nm;  45deg nuožulos,  Nesuprastėjusi dangos kokybė po pjovimo |
| HR elementai | HR@355 nm, AOI=0deg | R>98%;  S/D (pagal MIL-13830B standartą): 20/10-20/20  PLSS: >3 J/cm2;  RMS<2nm |
| HR@355 nm AOI=0deg | R>99.5%;  S/D (pagal MIL-13830B standartą): 20/10  PLSS: >3-4 J/cm2;  RMS<1.5nm |
| HR@1064+HT@355 AOI=0deg (Optinis komponentas) 2 technologijoms (min. 2-4 vnt.) | R>99.5%; T>95%  S/D (pagal MIL-13830B standartą): 20/10  PLSS: >3-5 J/cm2;  RMS<1.5-2nm |
| HR@1064+532+355 AOI=0deg (Optinis komponentas) dizaino pagerinimai | R>99.5%; T>95%  S/D (pagal MIL-13830B standartą): 20/10  PLSS: >3-5 J/cm2;@532 nm ir 355nm  RMS<1.5-2nm |
| HR@1064 AOI=0deg  HR@1064+HT@808 AOI=0deg | R>99.5%;  S/D (pagal MIL-13830B standartą): 20/10  Atsparumas CW lazerio spinduliuotei: >5kW/mm2;  RMS<1.5-2nm |
| HR+HT, Poliarizatoriai, PR, Filtrai | Pol@355 nm, AOI=45deg | Rs>98%; Tp>95%;  S/D (pagal MIL-13830B standartą): 20/10-20/20  PLSS: >2-3 J/cm2;  RMS<2nm |
| Dichroninis veidrodis 532 / 266 nm | R>99%; T>95%;  S/D (pagal MIL-13830B standartą): 20/10-20/20  PLSS: >2-3 J/cm2;  RMS<2nm; |
| Pol@1064 nm AOI=45deg | Rs>99%; Tp>98%;  S/D (pagal MIL-13830B standartą): 20/10-20/20  PLSS: >15-20 J/cm2;  RMS<1.5nm  Tp/Ts:>450-500 |
| Pol@355 nm AOI=45deg | Rs>98%; Tp>95%;  S/D (pagal MIL-13830B standartą): 20/10-20/20  PLSS: >2-3 J/cm2;  RMS<2nm  Tp/Ts:>150-200 |
| Nedengtas plikas FS pagrindukas (pagerintas, ėsdintas, spec. papoliruotas-atšviežintas) | λ= 355 nm  PLSS: >5-8 J/cm2 |
| Pol. @355 AOI=45deg (Optinis komponentas) 1-2technologijom, 2 medž. (min. 2-4 vnt.) | Rs>98%; Tp>95%;  S/D (pagal MIL-13830B standartą): 20/10-20/20  PLSS: >2-3 J/cm2;  RMS<2nm  Tp/Ts:>150-200 |
| Pol. @1064 AOI=45deg (Optinis komponentas) 1-2technologijom, 2medž. (min 2-4 vnt.) | Rs>99,5%; Tp>98%;  S/D (pagal MIL-13830B standartą): 20/10-20/20  PLSS: >15-20 J/cm2;  RMS<1.5nm;  Tp/Ts:> 450-500 |

### Palyginimas su konkurentų produktais

Atlikus lazerinių optinių komponentų su optinės dielektrinėmis dangomis rinkos analizę pavyko identifikuoti 5 įmonių visame pasaulyje, kurios siūlo optinius komponentus su dielektrinėmis dangomis, pasižyminčius aukštomis ir itin aukštomis charakteristikomis:

* Laser Components (Vokietija);
* Thorlabs Inc. (USA);
* Casix (Kinija);
* Qioptiq (Vokietija);
* Meopta (Čekija).

Žemiau esančioje lentelėje (Lentelė 19) yra pateikiami projekto metu kuriamų produktų pranašumai, lyginant su konkurentais.

*Lentelė 2: Tobulinamų produktų palyginimas su konkurentais*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *Įmonė, šalis* | *Produktų aprašymas* | *Projekto metu kuriamo produkto pranašumai* | *Produktų teikiama nauda galutiniam vartotojui* |
| Laser Components (Vokietija); Thorlabs Inc. (USA); Casix (Kinija); Qioptiq (Vokietija); Meopta (Čekija) | Pati optinė danga nėra laikoma kaip konkuruojanti alternatyva, tačiau rinkoje egzistuoja daug optinių elementų dangų gamintojų. Viešai prieinama informacija apie rinkoje esančias optinių elementų kainas yra retai pasiekiamos, nes aukštos klasės lazerinėms sistemoms taikomos dangos dažniausiai yra pagamintos pagal individualius užsakymus. Šio projekto vystymosi charakteristika yra pažaidos lazerinei spinduliuotei slenkstis. | * *In-situ* proceso kontrolė ir automatinės valdymo sistema, kurioje procesas reguliuojamas grįžtamuoju ryšiu (angl. *close loop*); * Naujos medžiagos klasės, dar netaikytos lazerinėje optikoje; * Optinių elementų gamybos procesų papildymai, kurie dar nėra anksčiau aprašyti; * Naujai apskai * čiuotos plonų plėvelių sekos (dažnai vadinamos „dangos dizainu/ projektavimu“) įskaitant labai plonus sluoksnius, naudojamus kvantiniams efektams. | Taikant šias naujas medžiagų ir procesų sekas siekiama žymiai didesnio pažaidos slenksčio, kas leis įgalinti didesnę lazerio jėgą ir dangų ilgaamžiškumą. |

Taip pat žemiau esanėioje lentelėje pateikiamos įvairių tipų optinių dangų pažaidos lazerio spinduliuotei slenksčio (PLSS) vertės, kurios yra išmatuotos konkurentų ar kitų mokslininkų grupių, ir kurios yra prieinamos viešai. Pažymėtina, jog pateikiamos dangų formulės nebūtinai sutampa su inicijuojamame projekte kuriamais prototipais. Be to, matavimų rezultatai gali stipriai skirtis, priklausomai nuo matavimo sąlygų, lazerio parametrų ir pan., nors matavimams naudojamas tas pats protokolas. Taip pat, ne visada yra pateikiama informacija, kuriomis medžiagomis buvo pagamintos optinės dangos. Taip pat, šios PLSS vertės priklauso ir nuo dengimo technologijos ir daugelio kitų įtakos turinčių faktorių, kurie nėra visada pateikiami, todėl tokiu atveju lyginimas nėra pilnai korektiškas. Toliau pateikiamos projekte nagrinėjamo diapazono tipinės PLSS vertės, kurios leistų susidaryti bendrą vaizdą apie šiuo metu egzistuojantį rinkos lygį (Lentelė 20).

*Lentelė 20. Įvairių tipo optinių dangų PLSS vertės palyginimas su konkurentais*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *Įmonė, šalis* | *Produktų aprašymas, tipas* | *PLSS parametras* |
| Layertec, Vokietija | UV diapazono optika:  λ= 248 nm metalų oksidinės medžiagos  Šaltinis: <https://www.layertec.de/files/catalog/2017/LAYERTEC_Optics_And_Coatings_Full_Version.pdf> | PLSS: 5 J/cm2 (S-į-1 procedūra) |
| Layertec, Vokietija | HR@1064 AOI=0deg  λ= 1064 nm metalų oksidai | PLSS: >50 J/cm2 (1-į-1 procedūra) |
| Laseroptik, Vokietija  JenOptik, Vokietija | HR@1064 AOI=0deg  λ= 1064 nm metalų oksidai  λ= 1064 nm metalų oksidų mišiniai | PLSS: 15-35 J/cm2  PLSS: ~100-150 J/cm2 |
| LLNL, JAV | Pol 1064 nm AOI 45deg  λ= 1064nm  *Projekte bus tiriami įvairūs metalų oksidai bei jų formavimo technologijos, kurie leis pagerinti šių elementų atsparumą lazerio spinduliuotei. Taip pat, pritaikius pagrindukų ėsdinimą, tikimąsi pagerinti PLSS P poliarizacijos spinduliuotei*. | PLSS: 10-40 J/cm2 S-pol.  PLSS: 5-35 J/cm2 P-pol. |
| Laseroptik, Vokietija  JenOptik, Vokietija | HR@355 AOI=0deg  λ= 355 nm metalų oksidai  λ= 355 nm metalų oksidų mišiniai  Šaltinis: M. Mende, L. O. Jensen, H. Ehlers, W. Riggers, H. Blaschke, and D. Ristau, "Laser-induced damage of pure and mixture material high reflectors for 355nm and 1064nm wavelength," Proc. SPIE **8168**, 816821-816821-816811 (2011).  *Projekte bus tiriamos fluoridinės medžiagos, kuriomis suformuotos dangos turėtų viršyti oksidų pagrindu soformuotų dangų slenksčius*. | PLSS: ~3-7 J/cm2  PLSS: ~3-9 J/cm2 |
| Lazer Zentrum Hanover, Vokietija | AR@266+532 AOI=0deg  Matavimas ties 266 ir 532 nm bangos ilgiais vienu metu.  Šaltinis: M. Mrohs, L. Jensen, S. Günster, T. Alig, and D. Ristau, "Dual wavelength laser-induced damage threshold measurements of alumina/silica and hafnia/silica ultraviolet antireflective coatings," Appl. Opt. **55**, 104-109 (2016).  *Projekte bus ieškoma dangų dizainų ir madžiagų kombinacijų aiškinantis pažaidos mechanizmus, esant dviem ar trim bangos ilgių saveikai su danga.* | PLSS@266nm: ~2.9-4.8 J/cm2  PLSS@266nm: ~8.3-36.2 J/cm2 |
| LLNL,  JAV | AR@351 AOI=0deg skaidrinantys elementai  Šaltinis: C. J. Stolz, M. Caputo, A. J. Griffin, and M. D. Thomas, "BDS thin film UV antireflection laser damage competition," Proc. SPIE **7842**, 78420-78426 (2010).  *Projekto metu bus naudojams įvairios metalų oksidų bei fluoridinės medžiagos. Taip pat bus ėsdinami pagrindukai, tai eleiminuojant popaviršinius defektus atsiradusius poliravimo metu.* | PLSS@351nm: ~1-50 J/cm2 |
| Lazerinių tyrimų centras, Kinija | Poliruoti FS pagrindukai  λ= 351 nm  Šaltinis: L. Hongjie, H. Jin, W. Fengrui, Z. Xinda, Y. Xin, Z. Xiaoyan, S. Laixi, J. Xiaodong, S. Zhan, and Z. Wanguo, "Subsurface defects of fused silica optics and laser induced damage at 351 nm," Opt. Express **21**, 12204-12217 (2013).  *Projekte bus kuriama popaviršinių defektų eleimanvimo technologijos (ėsdinimas) ir siekiama pagerinti plikų FS pagrindukų atsparumą lazerio spinduliuotei 3-8 kartus (lyginant su neėsdintais).* | PLSS@351nm: >25 J/cm2 |
| Layertec, Vokietija | HR@1064 AOI=45deg  λ= 1064 nm, nuolatinės veikos lazeris (cw)  Šaltinis: <https://www.layertec.de/files/catalog/2017/LAYERTEC_Optics_And_Coatings_Full_Version.pdf>  *Projekte bus kuriama optinių elementų matavimų nuolatinės veikos lazeriu galimybė Lietuvoje esant λ= 1064 nm.* | PLSS: 100MW/cm2 |

### Pagrindiniai vartotojai

Numatomos kurti optinių komponentų su dielektrinėmis dangomis technologijos leis gaminti geresnėmis techninėmis charakteristikomis (visų pirma susijusiomis su sklaidos ir sugerties nuostolių bei paviršinių ir tūrinių dangos defektų sumažinimu) pasižyminčius produktus. Visa tai leis užtikrinti kompleksinį tikslinių vartotojų (klientų) segmentų poreikių patenkinimą. Žemiau pateikiamas vartotojų, į kuriuos orientuoti kuriami produktai, sąrašas:

* *Kietakūnių diodais kaupinamų nanosekundinių ir nuolatinės veikos lazerių gamintojai*. Potencialūs klientai: UAB „Ekspla“, Eolite Systemes, Quanta System, Laser Quantum GmbH, Bright Solutions srl, A. R. C. Laser GmbH, Coherent GmbH, Powerlase Photonics Ltd., Litron Lasers Ltd., Innolas Laser;
* *Ultrasparčiųjų lazerių gamintojai*. Potencialūs klientai: Class 5 Photonics GmbH, Active Fiber Systems GmbH, AMPHOS GmbH, High Q Laser GmbH, Fibercryst, Amplitude Systemes, Onefive GmbH, Dausinger & Giessen GmbH, Rofin, Amplitude Technologies, UAB MGF „Šviesos Konversija“, M Squared Lasers Ltd., Lumentum Switzerland AG;
* *Parametrinių optinių osciliatorių ir stiprintuvų gamintojai*. Potencialūs klientai: UAB MGF „Šviesos Konversija“, APE Angewandte Physik & Elektronik GmbH, Class 5 Photonics GmbH, Radiantis, Continuum Laser, Coherent;
* *Dujinių lazerių gamintojai*. Potencialūs klientai: Thorlabs, Newport, LASOS Lasertechnik GmbH;
* *Lazerinių žiedinių giroskopų gamintojai*. Potencialūs klientai: Aselsan, Roketsan, Turkish Aerospace Industries, Honeywell, Northrop Grumman, Sagem;
* *Lazerinių industrinių ir mokslinių sistemų, skirtų medžiagų mikro ir makro apdirbimui, gamintojai*. Potencialūs klientai: Alphalas, Altechna R&D, Salvagnini, OpiPhotonics, Photonic Tools, BLM Group, SEI Laser, Prima Power, 4Jet, Baublys, Rofin, Arges, Datalogic, Erlas;
* *Itin tikslių lazerinių interferometrinių matavimų sistemų gamintojai*. Potencialūs klientai: Holmarc, Optocraft, 4D Technologies, SIOS Meßtechnik GmbH.

### Produkto naujumo lygis

Žemiau esančioje lentelėje (Lentelė 21) yra pateikiamas projekto įgyvendinimo metu sukurtų produktų reikšmingumo lygio pagrindimas, vertinant pagal Oslo vadove[[4]](#footnote-4) pateikiamus naujumo lygmenis.

*Lentelė 3: Projekto įgyvendinimo metu patobulintų produktų naujumo lygis*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *Produktas* | *Naujumo lygis* | *Pagrindimas, kad produktas, kurio tobulinimui prašoma finansavimo yra naujas* |
| Fluoridų plonų sluoksnių formavimo technologija | Naujas pasaulio lygmenyje | Fluoridų plonų sluoksnių medžiagos pasižymi labai dideliu spinduliuotės plotu ir plačiu skaidrumo diapazonu bei didesniu mastu nei šiuo metu rinkoje naudojami oksido dielektrikai. Fluoridų plonieji sluoksniai turi didelį šiluminį laidumą (transmisiją) ir pasižymi žema sugertimi UV spektro srityje. Niekas iš šiuo metu rinkoje esančių oksidų nepasižymi šia savybe, todėl jie yra naudojami tolimam UV spinduliuotės taikymui (kaip pavyzdžiui, mikro litografijos optikai ar keletui skaidrinančių (AR) elementų koncepcijų). Tačiau šiose medžiagose taip pat yra keletas reikšmingų trūkumų – vienas iš jų yra aukštas plonų sluoksnių įtempis ir kritinė dangos mikrostruktūra. Šios medžiagos plonuosiuose sluoksniuose sukuria aukštą įtempio lygį ir turi būti nusodintos labai aukšta temperatūra. Tai sukelia plonų sluoksnių įtrūkius, kuomet jie plečiasi į tankesnes struktūras. Tačiau šios tankesnės struktūros reikalingos artimai UV spinduliuotei ir matomam spektro diapazonui. IBS fluoridai gali būti nusodinami žemesnėje kaip 100°C temperatūroje ir pasižymėti žemesniu įtempiu.  Minimi medžiagų trūkumai iki šiol sukėlė apribojimus standartinių lazerių taikymams. Dabar, dengimo procesų plėtra, ir ypač jonapluoščio dulkinimo (angl. IBS), kaip nepilnai išvystyto dengimo proceso fluoridams, įtempio lygio, defektų tankio ir mikrostruktūrų garinimo ir dulkinimo procesų pokyčiai atveria šią medžiagų klasę, kad būtų galima taikyti artimai UV (355 nm, 266 nm) spinduliuotei. Naudojant šiluminį dangų garinimą, o ypač fluoridu pagrįstą jonapluoštį dulkinimą pastarųjų metų technologiniai pokyčiai nebuvo taikomi lazerinėms priemonėms.  Projekto metu numatoma sukurti naują pasaulio lygmenyje ir inovatyvią fluoridų plonų sluoksnių formavimo technologija – kuri leis pagaminti produktus, pasižyminčius didesniu pažaidos lazerinei spinduliuotei slenksčiu ir kitomis geresnėmis charakteristikomis, lyginant su egzistuojančiais alternatyviais produktais, tokiu būdu pasiūlant lazerių gamybos rinkai itin aukštomis charakteristikomis pasižyminčias fluoridines optines dangas, gamyboje sunaudojant mažiau plono sluoksnio tankio ir tuo pačiu taupant proceso laiką – prisidedant prie mažesnių optinių dangų defektų. Daugiau informacijos apie proceso (technologijos) inovatyvumą pateikiama 3.1.1, 4.3 ir 4.4 skyriuje.  Įdiegus technologiją, numatomi esminiai lazerių rinkos pokyčiai, leisiantys itin aukštų charakteristikų optiniams komponentams pasiekti rinkos segmentus, kuriuose šiuo metu vyrauja žemos kokybės produktai. Iki šiol fluoridų medžiagos buvo skirtos tik mikrolitografijos rinkai bei negalėjo patenkinti esančių aukštų reikalavimų. Naujos proceso strategijos leidžia perduoti šią technologiją į lazerių ir optikos rinką. |
| Naujų optinių dangų pagrindų dizaino-modeliavimo technologija | Naujas pasaulio lygmenyje | Projekto MTEP veiklų metu sukurta naujų optinių dangų pagrindų dizaino-modeliavimo technologija surinks iš kiekvienos bandomosios medžiagos degradacijos duomenis pirmose projekto veiklos užduotyse. Bus tiriama degradacijos fizika ir medžiagų nusodinimas bus pritaikytas stabiliam plonam sluoksniui su žymiai mažesne degradacija ir didesniu pažaidos slenksčiu. Šio lazerio bangos ilgio fluoridų medžiagos nebuvo tiriamos ir nė vienas iš minimų šaltinyje rezultatų neatspindi pasikeitusio nusodinimo proceso po tolesnio degradacijos proceso fizinio supratimo. |
| Optinių pagrindų dengimo technologija | Naujas rinkos lygmenyje | Vokietijos mokslinių tyrimų projekte (2014-2018 m.) buvo parengtas *close loop* proceso valdymas, skirtas stabilizuoti *IBS* ir *PIAD* dengimo procesus. Tai padarė mokslinių tyrimų institutų, optinių elementų dengimo įrenginius gaminančių bendrovių ir vartotojų konsorciumas. Remiantis šiais rezultatais, proceso kontrolė bus nukreipta į optinių elementų dengimo parametrus, susijusius su pažaidos lazerio spinduliuotei slenksčio elgsena. Parametrai bus pritaikyti ir įgyvendinti, daugiausiai dėmesio skiriant fluoridų dengimo procesams. Iki šiol fluoridų medžiagų kategorijoje nebuvo tokio požiūrio.  Iki šiol optinių elementų gamybos strategijos buvo nukreiptos į siekimą išvengti žalos pirmtakų, kurie būtų įdiegti augančiuose plonuosiuose sluoksniuose. Jono prietaiso (*angl. ion gun*) įtraukimas į procesą siekiant iš karto atsiradus žalos pirmtakus panaikinti. Visa tai yra nauja pasaulio lygmenyje. Jeigu rezultatai bus sėkmingi, mažo proceso greičio kaina, gali būti pasiektas žymiai padidėjęs PLSS.  Projekto MTEP veiklų metu sukurta pagrindų dengimo technologija įgalins padidinti optimalų PLSS ir patobulinti ankstesnių projekto MTEP veiklų užduočių medžiagų bei dizaino pagerinimus. Su šia technologija dengimo kameroje bus įdiegtas papildomas jonų prietaisas (angl. *ion gun*), kuris *in-situ* pozicijoje pašalins galimus pažaidos lazerio pirmtakus (defektus), neleidžiant jiems nusistovėti plono sluoksnio matricoje. Su šia nauja technologija turės būti nustatyti proceso etapai, kurie gali sukelti plono sluoksnio pažaidos lazerio pirminius defektus ir numatoma įdiegti automatinės valdymo sistemos, kurioje procesas reguliuojamas grįžtamuoju ryšiu, kontrolę (angl. *close loop*), kad jie nebūtų plėtojami. Su inovatyvią technologija užtikrinant fluoridų dengimo procesų *close loop* valdymą galima bus išvengti pažaidos defektų augimo plonuose sluoksniuose. |
| Optinių pagrindukų paviršiaus apdirbimo technologija | Naujas pasaulio lygmenyje | Nepaisant to, kad popaviršinių defektų eleminavimui buvo skirtas daugelio pagrindinių mokslinių grupių dėmesys, pritaikymas industrijoje taip ir lieka nežinomas. Optinių pagrindukų gamintojai nesiūlo pagerinto ar kitaip modifikuoto paviršiaus, kuris būtų iki 8-10 kartų atsparesnis lazerio spinduliuotei (ypač UV). Be to, taip apdirbtas (paėsdintas) paviršius turėtų iškart būti padengtas optinėmis dangomis. Tuo tarpu, po poliravimo pagrindukų kelias iki galutinio vartotojo arba dangų gamintojų dažniausiai lieka nežinomas. Todėl galutinis optinių paviršių paruošimas yra nerašyta optinių dangų gamintojų atsakomybė. Siekiant didesnio optinių elementų (su dangomis) atsparumo lazerio spinduliuotei projekto metu bus kuriama optinių pagrindukų (FS ir/ar Al2O3) paviršiaus apdirbimo technologija ar technologijų kombinacija, užtikrinanti didžiausią optinių elementų atsparumą lazerio spinduliuotei bei tuo pačiu bus siekiama nustatyti įvairių technologinių procesų (paviršiaus atšviežinimo, ėsdinimo, plovimo) įtaką medžiagų PLSS, įvertinti jų galimybes ir ribojimus. Inovatyvi optinių pagrindukų paviršiaus apdirbimo technologija, kurią pareiškėjas planuoja vystyti, šiuo metu yra niekur netyrinėta ir niekur pareiškėjo žiniomis neaprašyta. Kiek žinoma, tokios paviršių atšviežinimo nenaudoja ir konkurentai, kurie patys nepoliruoja optinių pagrindukų, o perka iš tiekėjų. Ši technologija labiausiai turėtų būti aktuali tada, kai laikas po optinių pagrindukų poliravimo yra daugiau nei 5 dienos. Kuriama technologija bus nauja pasauliniu mastu. |
| Optinių elementų (stikliukų) su dangomis pjaustymo technologija | Naujas pasaulio lygmenyje | Įprastai atliekant optinių elementų gamybą pirmiausiai pjaustomi stiklai, o tada garinamos dangos. Bet taip atliekant gamybą ilgai užtrunkama su optinių stiklų paruošimu garinimo procesui: tokiu atveju vykdomas sudėtingesnis ir ilgesnis optinių padėkliukų valymo procesas, sudėtingiau paruošti garinimo kamerą norimo dydžio optiniams elementams, ilgesnis procesas metrologinės patikros prieš garinimą.  Projekto MTEP veiklų metu sukurta optinių elementų (stikliukų) su dangomis pjaustymo technologija leis išspręsti visus aukščiau išvardintus dalykus, siekiant užtikrinti tokių supjaustytų optinių elementų kokybę (paviršiaus defektų kiekis, rėžių kiekis, kraštelių bei nuožulų kokybė).  Nepaisant to, kad optinių elementų (stikliukų) su dangomis pjaustymą naudoja ir kiti, tačiau ši technologija nėra įdiegtą į kasdienę optinių elementų gamybą. Taip pat plėtojant šią technologiją atsiranda neapibrėžtumai – šiuo metu žinoma, kad po pjaustymo su dangomis suprastėja elementų kokybė, tačiau nėra žinoma kiek stipriai, todėl projekto metu vykdomomis MTEP veiklomis ir sukurta technologija bus siekiama surasti optimaliausias sąlygas, kad gamybos įtaka po dangų garinimo būtų kiek įmanoma mažesnė. Taip pat pjaustymas po dangų garinimo yra vienas iš metodų pasiekti, kad optinė danga būtų per visą darbinę apertūrą optinio elemento. Todėl šios technologijos sukūrimas yra laikoma nauja pasaulio lygmenyje, nes projekto metu ši technologija bus išvystyta ir įdiegta kasdienėje gamyboje.  Projekto MTEP veiklų metu sukurta optinių komponentų gamybos technologija leis užtikrinti aukščiausias įmanomas produktų charakteristikas, pradedant nuo nesuprastėjusios dangos kokybės po pjaustymo bei efektyvesnės dangų gamybos. |
| Optinių elementų atsparumo lazerinei spinduliuotei testavimo technologija nuolatinės veikos (CW) režime | Naujas pasaulio lygmenyje | Per pastaruosius 20 metų nuolatinės veikos lazerių maksimali galia rinkoje nuolat augo beprecedenčiu tempu – t. y. per kiek daugiau kaip dešimtmetį ji padidėjo net apie 1000 kartų. Toks technologinis proveržis atvėrė iš esmės naujas galimybes gamybos technologijose ir jas pakeitė industrinius gamybos būdus negrįžtamai (atsirado storų ir plonų metalo lakštų pjovimo, gręžimo, suvirinimo, rūdžių valymo, paviršiaus kietinimo, kreivų paviršių pjovimo robotais ir daugelis kitų technologijų). Tuo pačiu metu, dauguma tokių lazerių gamintojų ir naudotojų susidūrė su naujais iššūkiais optinių elementų atsparumo šviesai ir patikimumo srityje: ypač ribojimais lazerinėse sistemose, kur naudojami laisvos erdvės elementai su interferencinėmis dangomis. Naudojant itin dideles spinduliuotės galias lazerinių sistemų elementai ir jų dangos ilgainiui dega, aižėja, praranda savo gerąsias optines savybes dėl šilumos pertekliaus arba tiesiog degraduoja. Siekiant spręsti aukščiau išvardintas problemas bei ženkliai pagerinti optinių elementų atsparumą lazerio spinduliuotei, inicijuojamo projekto metu bus siekiama sukurti inovatyvią optinių elementų ir jų dangų atsparumo testavimo technologiją CW veikos režime (nuolatinės veikos lazerių tyrimams). Kaip, paaiškėjo iš preliminarių tyrimų – tokių lazerių sukeliama pažaida iš esmės skiriasi nuo įprastų - impulsinių lazerių, ir nekoreliuoja su impulsinių lazerių elementų optinio atsparumo tyrimų rezultatai, t. y. nuolatinės veikos lazeriuose pasireiškia vidutinės, o ne impulsinės galios fizikiniai mechanizmai - ribojantys veikimą (foto-terminis plėtimasis, sugerties ir šiluminio streso sukeltas aižėjimas „radial cracking“), taip pat sugerties nuostoliai dangose, kurie lemia indukuotą dvejopalaužiškumą ir šviesos poliarizacijos sukimą). Nors impulsinių lazerių atveju egzistuoja gerai aprašyti ir standartizuoti optinio atsparumo testavimo metodai interferencinėms dangoms ir kitiems optiniams elementams, dėl egzistuojančių principinių skirtumų fizikiniuose pažaidos mechanizmuose optinio atsparumo testavimas nuolatinės veikos srityje yra itin mažai ištyrinėta sritis. Tačiau, kadangi tokios sistemos sparčiai plinta pasaulyje poreikis sukurti ir standartizuoti optinių elementų testavimo technologiją nuolatinės veikos lazerių tyrimams sparčiai didėja. Šiuo metu pasaulyje dar tik kuriasi pirmosios laboratorijos, kurios planuoja tyrimus didelės vidutinės galios nuolatinės veikos lazerių atsparumo srityje, tuo tarpu poreikis tokiems tyrimams jau šiandien yra milžiniškas. Įmonės turimomis žiniomis panašiais optinio atsparumo tyrimais su nuolatinės veikos lazeriais gali, kol kas gali pasigirti nebent didžiųjų valstybių uždaros karinės laboratorijos, tačiau jų rezultatai nėra skelbiami viešai.  Todėl projekto MTEP veiklų metu sukurta optinių elementų atsparumo lazerinei spinduliuotei testavimo technologija nuolatinės veikos (CW) režime technologija yra laikoma nauja pasaulio lygmenyje. |
| AR elementai | Naujas pasaulio lygmenyje | Numatomi pasiekti reikšmingi AR elementų funkcijos patobulinimai – AR elementai pasižymės mažesniu atspindžiu. Kartu su projekte numatomomis vykdyti MTEP veiklomis bus tiesiogiai paveiktas pažaidos lazerio spinduliuote slenkstis. Pagrindukų paviršius ir danga bus reikšmingai patobulinti, o visi optiniai komponentai iš to gaus naudos. Tai ypač aktualu skaidriems neatspindintiems optiniams elementams.  AR elementų atsparumas lazerio spinduliuotei labiausiai priklauso nuo naudojamų medžiagų formuoti skaidrinančioms dangoms bei nuo optinio pagrinduko poliravimo technologijos. Kadangi poliravimas palieka popaviršinių defektų, kurie stipriai mažina elementų atsparumą lazerio spinduliuotei, todėl bus sukurta ir pradėta taikyti šių defektų eliminavimo technologija, kuri nėra naudojama gamyboje pasauliniu mastu. Tai leis padidinti AR elementų atsparumą 2-5 kartus, ypač UV srityje. |
| HR elementai | Naujas pasaulio lygmenyje | Numatomi pasiekti HR elementų funkcijos patobulinimai – su projektu numatoma pateikti dizaino naujovę, tokią kaip nano-laminatai, defektų šalinimas nusodinimo metu, stabilesni žemų defektų procesai ir mažiau degraduojantys dengimo gaminiai UV sąlygomis prisidės prie didesnės PLSS.  HR elementų atsparumas lazerio spinduliuotei labiausiai priklauso nuo naudojamų medžiagų iš kurių suformuotos dangos, dengimo technologijos bei dangos dizaino (modelio). Šioje dalyje bus panaudotos didelio atsparumo lazerio spinduliuotei medžiagos (didelio draustinės juostos pločio), užtikrinant geriausią įmanomą stechiometriją, taip pat sukuriant unikalius dangų modelius, pvz. elektrinio lauko tam tikruose sluoksniuose perskirstymas, nanolaminatų panaudojimas ir pan. |
| HR+HT, Poliarizatoriai, PR, Filtrai | Naujas pasaulio lygmenyje | Numatomi pasiekti HR+HT elementų funkcijos patobulinimai – šie komponentai gaus tiesioginės naudos iš projekte numatomų MTEP veiklų. Bus surinkti sistematiniai duomenys, susiję su UV dangų medžiagomis, taip pat įvestos naujos medžiagos (fluoridai). Kartu su proceso valdymu, siekiant išvengti defektų augimo, tai leis nustatyti dichroninių ir multi-lambda plonų sluoksnių su aukštu pažaidos slenksčiu darbo pagrindą.  Tikimasi, kad šie elementai pademonstruos vieną didžiausių atsparumų lazerio spinduliuotei iš esamų pasaulinėje rinkoje. Bus panaudota nauja pagrindukų ėsdinimo technologija ant kurių bus formuojamos naujų medžiagų dangos pritaikant naujus, iki šiol nenaudotus dangų dizainus. |

### Projekto atitikimas sumaniosios specializacijos krypčių ir jų prioritetų įgyvendinimui

STAR projektas – tiek numatomi vykdyti mokslinių tyrimų ir eksperimentinės plėtros (MTEP) veiklos, tiek ir projekto metu sukurti produktai, tiesiogiai prisideda prie sumaniosios specializacijos krypties „Nauji gamybos procesai, medžiagos ir technologijos“ prioriteto „Fotoninės ir lazerinės technologijos“ veiksmų plano įgyvendinimo (Lentelė 22).

*Lentelė 4: Atitikimas sumaniajai specializacijai*

|  |  |
| --- | --- |
| *Sumaniosios specializacijos kryptis (-ys), prioritetas (-ai) ir teminis specifiškumas[[5]](#footnote-5)* | *Pagrindimas, kad projektas prisideda prie sumanios specializacijos programoje nustatyto prioriteto veiksmų plano įgyvendinimo* |
| **Sumaniosios specializacijos kryptis:**  Nauji gamybos procesai, medžiagos ir technologijos  **Sumaniosios specializacijos prioritetas:**  Fotoninės ir lazerinės technologijos  **Teminis specifiškumas (-ai):**  19.2. tirti ir kurti optinius ir optomechaninius komponentus;  21.4. tirti naujo tipo ir specializuotas optines dangas;  21.5. tirti optinių komponentų ilgaamžiškumą ir atsparumą optinei spinduliuotei;  21.18. kurti ilgaamžiškas ir didelio atsparumo optinei spinduliuotei optinių komponentų gamybos technologijas;  21.19. taikyti perspektyvias šiuolaikines apdirbimo technologijas optiniams komponentams ir skaiduloms apdirbti. | Projekto metu numatoma sukurti inovatyvias optinių komponentų gamybos technologijas ir jų pagrindu vystyti bei į rinką pateikti itin aukštomis charakteristikomis pasižyminčius optinius komponentus su dielektrinėmis dangomis skirtus konkretiems tiksliniams taikymams.  Projekto MTEP veiklų vykdymo metu bus atliekami įvairūs optinių komponentų tyrimai, siekiant užtikrinti kuriamų produktų ilgaamžiškumą ir atsparumą optinei spinduliuotei bei tuo pačiu siekiant padidinti pažaidos lazerio spinduliuotei slenkstį. Kuriant produktus, bus panaudotos šiuo metu vienos iš perspektyviausių technologijų optiniams komponentams apdirbti – jonapluoščio dulkinimo technologija, magnetroninio dulkinimo technologija ir elektronpluoščio garinimo technologija, jas modifikuojant ir atliekant tyrimus užsibrėžtiems projekto tikslams ir rezultatams (žr. 3.1.1 skyrių). |

### Projekto tyrimo sritis ir kryptis

Vadovaujantis Lietuvos Respublikos Vyriausybės 2010 m. gruodžio 29 d. nutarimu Nr. 1840 „Dėl mokslo sričių, krypčių ir šakų klasifikacijos“ ir Lietuvos Respublikos švietimo ir mokslo ministerijos 2012 m. spalio 16 d. įsakymu Nr. V-1457 „Dėl mokslo krypčių patvirtinimo“, *ž*emiau esančioje lentelėje nurodoma projekto tyrimo sritis ir kryptis (Lentelė 23).

*Lentelė 5: Projekto tyrimo kryptis*

| *Projekto tyrimo krytis (-ys)* |
| --- |
| 1. Medžiagų inžinerija (08T) |

### Projekto raktiniai žodžiai

Projekto raktiniai žodžiai: lazerinės technologijos, optiniai komponentai, daugiasluoksnės dielektrinės dangos, jonapluoštis dulkinimas, elektronpluoštis garinimas, pažaidos lazerio spinduliuotei slenkstis, magnetroninis dulkinimas, ėsdinimas.

## Planuojamų gaminti produktų intelektinės nuosavybės klausimai

Planuojamų gaminti produktų šiuo metu nenumatoma patentuoti, tačiau tokia galimybė svarstytina ateityje. Intelektinės nuosavybės teisių apsaugai užtikrinti pasirinkta kita nuosavybės apsaugos forma – komercinė paslaptis. Visa reikalinga dokumentacija, siekiant išsaugoti kuriamus produktus kaip komercinę paslaptį yra rengiama įmonės viduje – bus reikalaujama, jog darbuotojai pasirašytų konfidencialumo ir nekonkuravimo sutartis su įmone. Visos reikalingos procedūros intelektinės nuosavybės išsaugojimo procesui yra aiškiai apibrėžtos įmonės vidinių taisyklių ribose. Jokių papildomų teisinių reikalavimų šiuo metu nėra. Siekiant ateityje išvengti galimų interesų konfliktų, yra nuolat stebimi naujai publikuojami šios srities patentai ir atliekama jų teiginių analizė.

Intelektinės nuosavybės pasiskirstymo klausimas tarp partnerių aiškiai apibrėžtas jungtinės veiklos sutartyje.

# PRODUKTO, KURIAM PRAŠOMA FINANSAVIMO, TOBULINIMO PLANAS

## Projekto įgyvendinimo vieta, tikslus adresas

Projekto veiklos bus vykdomos UAB „Altechna Coatings“ nuomos teisėmis valdomose patalpose adresu Savanoriu pr. 231, Vilnius. Taip pat kiekvieno projekto partnerio veiklos bus vykdomos atitinkamose patalpose:

* LZH projekto veiklos bus vykdomos patalpose adresu Hollerithallee 8, Hanoveris, Vokietija;
* UAB „Altechna“ projekto veiklos bus vykdomos nuomos teisėmis valdomose patalpose adresu Mokslininkų g. 6A, Vilnius;
* UAB „Lidaris“ projekto veiklos bus vykdomos nuomos teisėmis valdomose patalpose adresu Saulėtekio al. 10, Vilnius.

## Projekto vykdymo komanda

### Esami pareiškėjo ir partnerio darbuotojai, kurie bus atsakingi už MTEP veiklų vykdymą

Sėkmingam projekto veiklų įgyvendinimui ir projekto tikslo pasiekimui iš esamų ir naujai įdarbintų darbuotojų bus sudaroma projekto vykdymo grupė, kurios sudėtis bus įforminta vidiniu įmonės įsakymu. Planuojamą projekto vykdymo grupę sudarančių pareiškėjo ir partnerio įmonės darbuotojų, reikalingų norint užtikrinti sklandų numatytų projekte MTEP veiklų vykdymą, sąrašas pateikiamas žemiau esančioje lentelėje. Darbuotojų gyvenimo aprašymai, parodantys turimą patirtį, pateikti Verslo plano priede.

Projekto partnerio UAB „Lidaris“ darbuotojų, atsakingų už MTEP veiklų vykdymą, sąrašas pagal numatytas pareigas yra pateiktas lentelėje žemiau (Lentelė 27).

*Lentelė 6: Partnerio (UAB „Lidaris“) darbuotojai atsakingi už MTEP veiklų vykdymą*

| *Pareigos* | *Atsakomybės sritis, vykdant MTEP veiklas* | *Minimalūs darbuotojų kvalifikacijai keliami reikalavimai* |
| --- | --- | --- |
| MTEP veiklų projekto vadovas  Dr. Gintarė Batavičiūtė | * Projekto MTEP veiklų įgyvendinimo planavimas ir priežiūra; * Mokslinių tyrimų/eksperimentų planavimas; * Pirkimų organizavimas; * Ataskaitų pateikimas partneriams. | * Fizinių mokslų srities daktaro laipsnis. * Ne mažesnė kaip 3 metų darbo mokslo/ tyrimų laboratorijose patirtis. * Patirtis įgyvendinant mokslo tiriamųjų darbų projektus. * Ne mažesnė kaip 5 metų patirtis dirbant optinio atsparumo srityje. |
| Vyr. metrologas  Egidijus Pupka | * Dalyvauja atliekant bendrus mokslinius tyrimus su partneriais:   + atšviežinimo;   + cheminio ir joninio ėsdinimo   + CW dangų atsparumo tyrimai * Eksperimentų vykdymas. * Duomenų surinkimas ir pateikimas analizei. | * Ne mažesnė nei 5 metų patirtis atliekant optinio atsparumo tyrimus. * Optinių sistemų išmanymas. * Elektronikos pagrindai. |
| Analitikas  Dr. Justinas Galinis | * Dalyvauja atliekant bendrus mokslinius tyrimus su partneriais:   + atšviežinimo;   + cheminio ir joninio ėsdinimo   + CW dangų atsparumo tyrimai * Matavimo duomenų analizė. * Testavimo metodikos rengimas. | * Fizinių mokslų srities daktaro laipsnis. * Programavimo pagrindai su *Python.* * Fizikinių duomenų apdorojimo ir interpretavimo patirtis. |
| Inžinierius-tyrėjas  Mindaugas Ščiuka | * Eksperimentinės nuolatinės veikos CW testavimo sistemos maketo kūrimas. * Projektavimo darbai. * Detalių gamybos organizavimas. * Maketo surinkimas. * Bandymų vykdymas. * Įrangos mazgų programavimas. * Bandomųjų mokslinių tyrimų atlikimas | * Sistemų projektavimo patirtis. * Elektronikos srities išmanymas. * Patirtis įgyvendinant mokslo tiriamųjų darbų projektus. * Programavimo kalbų FPGA ir *Labview* išmanymas. |
| Inžinierius-tyrėjas  Tomyslav Sledevič | * Eksperimentinės nuolatinės veikos CW testavimo sistemos maketo kūrimas. * Projektavimo darbai. * Detalių gamybos organizavimas. * Maketo surinkimas. * Bandymų vykdymas. * Įrangos mazgų programavimas. * Bandomųjų mokslinių tyrimų atlikimas | * Sistemų projektavimo patirtis. * Elektronikos srities išmanymas. * Patirtis įgyvendinant mokslo tiriamųjų darbų projektus. * Programavimo kalbų FPGA ir *Labview* išmanymas. |

### Užduotys, kurias atliks kiekvienas iš pareiškėjo ir partnerių MTEP veiklų darbuotojai

Užduotys, kurias atliks kiekvienas iš pareiškėjo ir partnerių MTEP veiklų darbuotojai, įgyvendinant kiekvieną iš verslo plano 4.5.1 lentelėje numatytų veiklų, nurodant užduočių vykdymui numatomą valandų skaičių ir planuojamą šių užduočių rezultatą pateikiama lentelėje žemiau (Lentelė 29).

*Lentelė 7: Užduotys, kurias atliks kiekvienas iš partnerio (UAB „Lidaris“) MTEP veiklų darbuotojai*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *Eil. Nr.* | *Darbuotojo vardas pavardė (jei žinoma)* | *Pareigos* | *Planuojama vykdyti užduotis (-ys)* | *Darbo valandų skaičius konkrečiai užduočiai* | *Planuojamų užduočių rezultatas (sąsaja su paraiškoje nurodytais fiziniais veiklos įgyvendinimo rodikliais)* |
| 1. | Gintarė Batavičiūtė | MTEP projekto dalies vadovas | ***Užduotis Nr. 1.6., 2.1.-2.2..*** Projekto dalies koordinavimas, dalykinių ataskaitų rengimas, komunikacija su projekto partneriais. | **1307 val.**  Veikla Nr. 1: 1048 val.  Veikla Nr. 2: 259 val. | Veikla Nr. 1. Mokslinių tyrimų ataskaita;  Veikla Nr. 2. Sukurtas produkto prototipas, parengtas bandymų protokolas |
| 2. | Egidijus Pupka | Vyr. metrologas | ***Užduotis Nr. 1.4, 1.6., 2.1.- 2.2.***  Pagrindinių optinių elementų grupės optinio atsparumo tyrimai CW režime (matavimo užduotys), bendri moksliniai tyrimai su partneriu: UV ir CV tyrimai (optinių elementų atsparumas CW lazerine spinduliuote, elementų defektų UV atsparumo statistinių savybių tyrimas (itin retų defektų tyrimas panaudojant rastrinio skenavimo metodiką, didelio tankio defektų tyrimas, panaudojant mikro-fokusavimą, kontroliniai S-on-1 palyginimai) – duomenų rinkimas, eksperimentų vykdymas | **4894 val.**  Veikla Nr. 1: 3817 val.  Veikla Nr. 2: 1077 val. | Veikla Nr. 1. Mokslinių tyrimų ataskaita;  Veikla Nr. 2. Sukurtas produkto prototipas, parengtas bandymų protokolas |
| 3. | Justinas Galinis | Analitikas | ***Užduotis Nr. 1.4, 1.6., 2.1.-2.2.***  Pagrindinių optinių elementų grupės optinio atsparumo tyrimai CW režime (analizės metodai ir galutinės metodikos paruošimas), bendri moksliniai tyrimai su partneriu: UV ir CV tyrimai, optinių elementų atsparumas CW lazerine spinduliuote (optinių elementų atsparumas CW lazerine spinduliuote, elementų defektų UV atsparumo statistinių savybių tyrimas (itin retų defektų tyrimas panaudojant rastrinio skenavimo metodiką, didelio tankio defektų tyrimas, panaudojant mikro-fokusavimą, kontroliniai S-on-1 palyginimai) – duomenų rinkimas, eksperimentų vykdymas | **5710 val.**  Veikla Nr. 1: 4454 val.  Veikla Nr. 2: 1256 val. | Veikla Nr. 1. Mokslinių tyrimų ataskaita;  Veikla Nr. 2. Sukurtas produkto prototipas, parengtas bandymų protokolas |
| 4. | Mindaugas Ščiuka | Inžinierius-tyrėjas | ***Užduotis 1.6., 2.1.-2.2.***  CW testavimo technologijos kūrimo užduotys (projektavimas, detalių gamybos organizavimas, surinkimas ir bandymai, įrangos mazgų programavimas, bandomieji moksliniai tyrimai) | **2796 val.**  Veikla Nr. 1: 2321 val.  Veikla Nr. 2: 655 val. | Veikla Nr. 1. Mokslinių tyrimų ataskaita;  Veikla Nr. 2. Sukurtas produkto prototipas, parengtas bandymų protokolas |
| 5. | Tomyslav Sledevič | Inžinierius-tyrėjas | ***Užduotis 1.6., 2.1.-2.2.***  CW testavimo technologijos kūrimo užduotys (projektavimas, detalių gamybos organizavimas, surinkimas ir bandymai, įrangos mazgų programavimas, bandomieji moksliniai tyrimai) | **1846 val.**  Veikla Nr. 1: 1440 val.  Veikla Nr. 2: 406 val. | Veikla Nr. 1. Mokslinių tyrimų ataskaita;  Veikla Nr. 2. Sukurtas produkto prototipas, parengtas bandymų protokolas |

### Projekto administravimo komanda

Įgyvendinamo projekto valdymui bus sudaryta projekto administravimo komanda. Šią valdymo grupę sudarys pareiškėjo įmonės ir partnerio darbuotojai, o jos sudėtis taip pat bus įforminta įmonės vidiniu įsakymu. Pagrindinės administracinės grupės funkcijos yra pristatomos žemiau esančioje lentelėje.

*Lentelė 8: Projekto pareiškėjo administracinės grupės funkcijos*

|  |  |
| --- | --- |
| *Pareigos* | *Trumpas funkcijų aprašymas* |
| Projekto vadovas  Miglė Urbonaitė | * Projekto veiklų įgyvendinimo priežiūra ir kontrolė * Projekto pažangos, siekiant nustatytų tikslų, stebėsena * Projekto vykdymo eigoje iškylančių administracinių problemų sprendimas * Ataskaitų rengimas ir teikimas įgyvendinančiajai institucijai pagal finansinės paramos sutartyje nustatytą tvarką ir terminus * Bendravimas su įgyvendinančiąja institucija ir įmonės interesų atstovavimas |
| Projekto administratorius  Numatomas administravimo paslaugų pirkimas | * Projekto veiklų įgyvendinimo koordinavimas * Pirkimų dokumentacijos rengimas ir pirkimų organizavimas * Mokėjimo prašymų rengimas * Projekto sutarties keitimo dokumentų rengimas * Projekto viešinimas |
| Projekto pareiškėjo finansininkė  Vitalija Mereškevičienė | * Buhalterinės projekto apskaitos vykdymas * Projekto vykdymo eigoje iškylančių finansinių problemų sprendimas * Mokėjimo prašymų ir ataskaitų rengimui reikalingos finansinės informacijos teikimas * Mokėjimų vykdymas |
| Projekto partnerio (LZH) finansininkas  Heike Grunert | * Buhalterinės projekto apskaitos vykdymas * Projekto vykdymo eigoje iškylančių finansinių problemų sprendimas * Mokėjimo prašymų ir ataskaitų rengimui reikalingos finansinės informacijos teikimas * Mokėjimų vykdymas |
| Projekto partnerio (UAB „Altechna“) finansininkė  Agnė Kuzmienė | * Buhalterinės projekto apskaitos vykdymas * Projekto vykdymo eigoje iškylančių finansinių problemų sprendimas * Mokėjimo prašymų ir ataskaitų rengimui reikalingos finansinės informacijos teikimas * Mokėjimų vykdymas |
| Projekto partnerio (UAB „Lidaris“) finansininkė  Gintarė Batavičiūtė | * Buhalterinės projekto apskaitos vykdymas * Projekto vykdymo eigoje iškylančių finansinių problemų sprendimas * Mokėjimo prašymų ir ataskaitų rengimui reikalingos finansinės informacijos teikimas * Mokėjimų vykdymas |

## **Produkto tobulinimui reikalingų MTEP veiklų pagrindimas**

Projekto metu siekiami sukurti produktai yra paremti naujomis technologijomis. Juos vystant šiuo metu yra pasiektas 3 technologinės parengties lygis (TPL3), todėl yra likusių mokslinių ir technologinių neapibrėžtumų, kuriuos būtina išspręsti, siekiant sukurti technologiškai ir ekonomiškai gyvybingus produktus.

Žemiau esančioje lentelėje yra pristatomi pagrindiniai neapibrėžtumai, kylantys siekiant sukurti produktus ir suplanuotos MTEP veiklos, leisiančios juos išspręsti.

*Lentelė 9: Veiklos, leidžiančios išspręsti neapibrėžtumus*

| *Problemos, kylančios siekiant sukurti produktą* | *Veikla (-os), leisiančios išspręsti problemas* |
| --- | --- |
| *Fluoridinės dangos ilgai UV spinduliuotei ir matomiems bangų ilgiams*  Nauji proceso priedai, tokie kaip skirtingi dujų tipai, temperatūra ir jonų šaltinio nustatymas, turi būti subalansuoti ir turi būti suprantama kryžminio perdavimo (angl. *cross talk*) tarp skirtingų dalių fizika. Konkretūs valdymo prietaisai turi būti identifikuoti ir kvalifikuoti. Sunku pasiekti ir įgyti aukštą supratimo lygį, kur fluoridinės dangos veikia stabiliai ir su reikiamais optiniais rezultatais.  Siekiant šio tikslo, reikia išspręsti nemažai mokslinių neapibrėžtumų ir sukurti naujas žinias, atliekant šiuos tyrimus:   * Bus atlikta keletas eksperimentų serijų, siekiant suprasti kiekvieno proceso papildymo įtaką ir tai, kaip jie turi būti subalansuoti. Tam reikės glaudžiai analizuoti LZH metrologijos galimybes. Pagrindinis veiksnys - kiekvieno proceso etapo valdymo blokų įdiegimas, kad juos būtų galima kontroliuoti ir patikimai nustatyti.   Konkrečiai įrenginio, skirto fluoridų dujų apdorojimui, saugumas yra pagrindinė šio projekto įgyvendinimo riba. | Veikla Nr. 1  Užduotis Nr. 1.1. |
| *Dvigubo bangos ilgio lazerio pažaidos supratimas*  Siekiant suprasti dvigubo bangos ilgio pažaidą lazeriui, atliekami matavimo darbai pasižymi ganėtinai plačiu spektru, kad būtų galima surinkti duomenis, susijusius su dvigubos bangos ilgio apšvitinimo medžiaga. Ypatingas vystymosi poreikis yra identifikuojamas procese, kadangi lazeriniai šaltiniai šiuo metu yra pakankamai patikimi. Projekto metu numatoma identifikuoti bei sukurti bandymų protokolą, kuris suteiktu prieigą prie dvigubo bangos ilgio lazerio pažaidos, turint tik vieną duomenų rinkinį, kurį reikia įvertinti. Dažniausiai lazerio spindulių energijos lygis turi būti keičiamas, siekiant nustatyti pažaidos ribą (pažaidos slenkstį). Šiuo naujo bandymo protokolu numatoma išnagrinėti keletą medžiagų, kad būtų gautas pagrindas tolesniems dengimo konstrukcijos skaičiavimams. Su šiais skaičiavimais gali būti sukurta danga su dideliu pažaidos lazerio spinduliuotei slenksčiu.  Neapibrėžtumas yra bandymo protokolo sąrankos stabilumas. Šiuo metu nėra pakankamai žinių, kurių pagalba būtų galima ištirti, ar tai gali būti suprojektuota ir pagaminta taip, kad būtų išvengta lazerio spindulių stabilumo ir svyravimų, dėl kurių gali atsirasti didelis paklaidos biudžetas (angl. *error budget)*. Be to, skirtingos medžiagos skirtingai reaguoja į lazerio pluošto sąveiką. Todėl, norint gauti patikimus rezultatus vėlesniam naudojimui, reikia suprasti keletos medžiagų ir lazerio sąveikos procesus.  Siekiant šio tikslo, reikia išspręsti nemažai mokslinių neapibrėžtumų ir sukurti naujas žinias, atliekant šiuos tyrimus - dvi problemos, susijusios su stabilumu ir materialiu universalumu bus sprendžiamos kruopščiu planavimu. Pirma, nuo pat pradžių planavimas bus vykdomas labai stabiliai. Lazerio pluošto nukreipimas bus optimizuotas ir įrenginyje bus įrengta daugybė jutiklių, skirtų įvairiems skirtingų dielektrinių plonų sluoksnių medžiagų skirtingiems skaidymo mechanizmams. | Veikla Nr. 1  Užduotis Nr. 1.2. |
| *Interaktyvus pirmtakų pašalinimas dangos nusodinime*  Šio jonų šaltinio kampas, padėtis, atstumas ir galia turi būti išsamiai išnagrinėti. Kad tai būtų perkelta į galutinį produktą, tai turės veikti stabiliai. Ypač plazmos sąveika šiose vakuuminėse kamerose gali turėti sudėtingą sąveikaujančią fiziką. Taip pat naudojant šį pašalinimo būdą, bendras greitis, kuriuo procesas generuoja reikalingą plono sluoksnio storį bei tankumą, sulėtės. Čia pasireiškia rizika, jog šios užduoties rezultatas yra gana lėtas procesas. Siekiant rasti pusiausvyrą, sukurti optiniai elementai turi būti matuojami ir išsamiai apibūdinti. Bandymų rezultatų atsakymai yra labai svarbūs, kad šis procesas būtų ekonomiškai pagrįstas ir priimtiname lygmenyje. Be to, kadangi pagrindinis etapas yra susijęs su skaidrinančia (AR 355nm) danga, optiniai pagrindukai turi būti aukščiausios kokybės, kad nebūtų užkirstas kelias gerų rezultatų pasiekimui iš pagamintos dangos. Procesų parametrų matrica bus nustatyta gana mažais žingsniais, kad nebūtų prarastas nei vienas procesas su gerai rezultatais ir sąlyginai trumpu proceso laiku. Visi jonų prietaiso (angl. *ion gun)* duomenys bus registruojami ir lyginami, kad būtų galima tiksliai nustatyti, kurie parametrai nepasižymi stabiliu veikimu. | Veikla Nr. 1  Užduotis Nr. 1.3. |
| *Fluoridų dangų medžiagų jonapluoštis dulkinimas*  Fluoridų plonųjų sluoksnių jonapluoštis dulkinimas jau daugelį metų susilaukia didelio susidomėjimo rinkoje, tačiau jų vystymas bei plėtra yra labai brangus. Iki šiol, šios technologijos tikslas buvo pasiekti lygį, bangos ilgiui esant gerokai žemiau 250 nm (~193 nm). Tuo laikotarpiu paskutiniai pasiekti rezultatai buvo paskelbti 2013 m., tačiau vėliau jie buvo nutraukti. Nuo to laiko nebuvo galima tikėtis pritaikyti šią technologiją lazerių rinkoje esančioms taikomosioms programoms, kurių bangų ilgis viršija 250 nm. Be to, buvo reikalaujama taikyti vieną metodą, kad būtų naudojama rečiau veikiančių dujų rūšis, kuri būtų kur kas mažiau pavojinga, nei reiktų originalių procesų koncepcijoms. Taigi galimybė čia yra sukurti procesą, kuris yra daug mažiau pavojingas spektriniam diapazonui, kuris anksčiau nebuvo žiūrimas. Čia pasireiškia rizika, jog negalima įsigyti reikalingo purškimo tikslinio dydžio ir grynumo optinių dangų medžiagų. | Veikla Nr. 1  Užduotis Nr. 1.1. |
| *Automatinė valdymo sistemos, kurioje procesas reguliuojamas grįžtamuoju ryšiu* (angl. c*lose loop) fluoridų plonų plėvelių proceso valdymas*  Ši skirtinga fluoridų dielektrinių medžiagų klasė gali parodyti skirtingų dydžių svyravimus, kas gali pasireikšti kaip iššūkis jų valdymui. Norint valdyti srautus ir temperatūras, gali būti reikalinga skirtinga įranga. Siekiant kiekybiškai įvertinti šiuos skirtumus, paieška užtruks daug laiko, nes svarbūs gali būti visiškai skirtingi parametrai. Numatoma, kad paprastas dabartinės sistemos adaptavimas nėra pakankamas, todėl reikia visapusiškai suderinti daugybę parametrų.  Siekiant išvengti uždelsimo ir rizikos, kad būtų pasiektas užduoties tikslas, būtina turėti tinkamus valdymo mazgus su subalansuotu valdymo diapazonu. | Veikla Nr. 1  Užduotis 1.3. |
| Šlifavimo ir galutinio poliravimo metu optinių pagrindukų paviršiuose susiformuoja įvairūs rėžiai, mikrotrūkiai, įskilimai, kurie neretai būna pripildyti poliravimo medžiagų liekanų ir paslėpti („užtrinti“) po šių liekanų sluoksniu, vadinamu Bilbio (Beilby) sluoksniu. Tokie defektai (pažeidimai), sukurti poliravimo metu, vadinami popaviršiniais pažeidimais (angl. *subsurface damage SSD*), kurie tiesiogiai lemia didesnę sugertį ir mažesnį optinių elementų atsparumą lazerio spinduliuotei. Nepaisant to, kad popaviršinių defektų eliminavimui buvo skirtas daugelio pagrindinių mokslinių grupių dėmesys, pritaikymas industrijoje taip ir lieka nežinomas. Optinių pagrindukų gamintojai nesiūlo pagerinto ar kitaip modifikuoto paviršiaus, kuris būtų iki 8-10 k atsparesnis lazerio spinduliuotei (ypač UV). Be to, taip apdirbtas (paėsdintas) paviršius turėtų iškart būti padengtas optinėmis dangomis. Tuo tarpu, po poliravimo pagrindukų kelias iki galutinio vartotojo arba dangų gamintojų dažniausiai lieka nežinomas. Todėl galutinis optinių paviršių paruošimas yra nerašyta optinių dangų gamintojų atsakomybė. Tobulėjant lazeriams, didėja jų galia, todėl būtina skirti papildomą dėmesį optinių pagrindukų kokybės gerinimui bei optinių dangų optimizavimui. Dėl to labai aktualu atlikti kompleksinius tyrimus, siekiant ištirti ir sukurti optinių pagrindukų (FS ir/ar Al2O3) paviršiaus apdirbimo technologiją ar technologijų kombinaciją, užtikrinančią didžiausią atsparumą lazerio spinduliuotei. Siekiant šio tikslo reikia išspręsti nemažai mokslinių neapibrėžtumų ir sukurti naujas žinias, atliekant šiuos tyrimus:   * Komerciškai poliruotų optinių paviršių šiurkštumas bus įvertintas AJM. Tokių paviršių šiurkštumas (RMS) dažniausiai būna tarp 0,35 nm – 0,70 nm, priklausomai nuo pagrindukų gamintojo ir poliravimo partijos. Paviršiuje bus galim matyti atvirus poliravimo rėžius ir juose užstrigusias abrazyvines daleles (pvz. CeOx). Užstrigusios dalelės liudys, kad matomuose rėžiuose taip pat gali būti poliravimo liekanų (poliravimo pastos susimaišiusios su poliravimo dalelėmis bei poliruojamojo bandinio dalelėmis), bei verčia manyti, kad po Bilbio sluoksniu yra daugiau nematomų rėžių visiškai užpildytų poliravimo medžiagomis. Bilbio sluoksnio egzistavimas ant tyrimuose naudojamų komercinių pagrindukų numatoma išmatuoti AJM fazinio vaizdavimo režime. Šiame režime, virpančiojo zondo fazė, kuri jautri nevienalyčiam paviršiui, t.y. šiuo atveju užterštam poliravimo liekanomis, įgalins pamatyti (užfiksuoti) paslėptus „užtrintus“ rėžius. * Komerciškai poliruotų optinių pagrindukų paviršiaus plokštiškumas standartiškai yra λ/10 lygio (λ=633 nm). Atlikus cheminį ar kombinuotą ėsdinimą toleruojama vertė numatoma λ/6 – λ/8 lygio. Šis parametras yra svarbus kai kuriems taikymams, tačiau šiame projekte jis bus matuojamas, tačiau konkrečių verčių pasiekti nenumatoma. Jei dėl atliktų pagrindukų ėsdinimų pradinis plokštiškumas pablogės iki λ/6 ar daugiau, tačiau atsparumas lazerio spinduliuotei pagerės kelis kartus, bus laikoma, kad ėsdinimo procedūra yra tinkama; * Šiame projekte pagrindinis ėsdinimo įtakos įvertinimo kriterijus bus pažaidos lazerio spinduliuote slenkstis (PLSS) išmatuotas 355 nm bangos ilgio spinduliuote, impulsiniame režime, pagal 1-į-1 (ISO 21254-1) arba S-į-1 (ISO 21254-2) protokolus, atitinkamai. Kadangi optiniuose paviršiuose likusios poliravimo liekanos (emulsijos, abrazyvo dalelių ir medžiagos likučiai) stipriai sugeria lazerio spinduliuotę, ypač UV λ=355 nm, todėl pažaidos lazerio spinduliuote slenkstis jautriai priklausys nuo šių sugerties centrų eliminavimo lygio, t. y. ėsdinimo. Šie matavimai leis įvertinti ir specifikuoti ėsdinimo technologiją. | Veikla Nr. 1  Užduotis Nr. 1.4.  Veikla Nr. 2  Užduotis Nr. 2.1. |
| Įprastai atliekant optinių elementų gamybą pirmiausiai pjaustomi stiklai, o tada garinamos dangos. Bet taip atliekant gamybą ilgai užtrunkama su optinių stiklų paruošimu garinimo procesui: sudėtingesnis ir ilgesnis optinių padėkliukų valymo procesas, sudėtingiau paruošti garinimo kamerą norimo dydžio optiniams elementams, ilgesnis procesas metrologinės patikros prieš garinimą. Plėtojant technologiją pjaustymą su dangomis visi šie aukščiau išvardinti dalykai išsispręstų, bet atsiranda neapibrėžtumai, kuriuos reikia išsiaiškinti eksperimentiniu būdu: žinoma, kad po pjaustymo su dangomis prastėtų elementų kokybė, bet nėra žinoma kiek stipriai, todėl projekto metu vykdomais moksliniais tyrimais ir eksperimentine plėtra bus siekiama surasti optimaliausias sąlygas, kad gamybos įtaka po dangų garinimo būtų kiek įmanoma mažesnė (spektrometriniai matavimai, sklaida, pažeidimo slenksčiai). Taip pat pjaustymas po dangų garinimo yra vienas iš metodų pasiekti, kad optinė danga būtų per visą darbinę apertūrą optinio elemento. | Veikla Nr. 1  Užduotis Nr. 1.5.  Veikla Nr. 2  Užduotis Nr. 2.1. |
| Naudojant itin dideles spinduliuotės galias lazerinių sistemų elementai ir jų dangos ilgainiui dega, aižėja, praranda savo gerąsias optines savybes dėl šilumos pertekliaus arba tiesiog degraduoja. Kaip, paaiškėjo iš preliminarių tyrimų – tokių lazerių sukeliama pažaida iš esmės skiriasi nuo įprastų - impulsinių lazerių, ir nekoreliuoja su impulsinių lazerių elementų optinio atsparumo tyrimų rezultatais, t. y. nuolatinės veikos lazeriuose pasireiškia vidutinės, o ne impulsinės galios fizikiniai mechanizmai – ribojantys veikimą (foto-terminis plėtimasis, sugerties ir šiluminio streso sukeltas aižėjimas „radial cracking“, taip pat sugerties nuostoliai dangose, kurie lemia indukuotą dvejopalaužiškumą ir šviesos poliarizacijos sukimą). Nors impulsinių lazerių atveju egzistuoja gerai aprašyti ir standartizuoti optinio atsparumo testavimo metodai interferencinėms dangoms ir kitiems optiniams elementams, dėl egzistuojančių principinių skirtumų fizikiniuose pažaidos mechanizmuose optinio atsparumo testavimas nuolatinės veikos srityje yra itin mažai ištyrinėta sritis. Mokslinėje literatūroje kol kas žinomi tik pavieniai bandymai apibūdinti optinius elementus ir jų dangas nuolatinės veikos srityje. Iš palyginus negausių literatūros šaltinių jau žinoma, kad optinis atsparumas CW srityje itin stipriai priklausomas nuo fokusavimo sąlygų ir bandinio sugerties bei šiluminės tapos bei laidumo savybių, tad lieka neaišku, koks sufokusuoto pluošto diametras yra tinkamas optinių medžiagų testavimui. Viena vertus – kuo didesnis sufokusuoto pluošto diametras yra pageidautinas testuojant optinius elementus, tačiau tuo pat metu didinat šį parametrą mažėja pluošto smailinis intensyvumas. Tad pritaikius per mažai galios turintį šaltinį gali nepakakti lazerio galios pasiekti optinio atsparumo ribą dominčiame optiniame elemente. Iki šiol mažai ištyrinėti aspektai – šiluminė testuojamo bandinio talpa ir pasirinktas lazerio apšvitos laikas – dozė, t. y. tiriant itin mažus badinius tikėtina, kad jie gali sparčiai įkaisti ir suaižėti ar išsilydyti ne dėl teorinės atsparumo ribos, bet dėl mažos talpos, tuo tarpu dideli bandiniai pagaminti tokiomis pačiomis sąlygomis galimai būtų gerokai talpesni šilumine prasme, tad iškyla ir ekspozicijos dozės ir šiluminio kontakto klausimai tyrimų metodikos standartizavimo kontekste. Gali būti taip, kad maži bandiniai bus išlydomi greičiau, jei testavimo metu nebus tinkamai aušinami ar testuojami eksponuojant per didelėmis dozėmis. Tad egzistuoja didelis poreikis objektyvios testavimo metodikos ir technologijos sukūrimui ir standartizavimui.  Projekto metu numatomiems nuolatinės veikos tyrimams ketinama pritaikyti pagreitinto sendinimo metodą. Lazerinių technologijų srityje ji dar žinoma, kaip „S-į-1 testas“, kurį aprašo tarptautinis ISO standartas[[6]](#footnote-6). Tokių testų esmė paprasta – bandinys „sendinamas“ pasikartojančiais lazerio impulsais, nuolat sekant ekspozicijos laiką ir dozę, o taip pat stebima ir bandinio būsena (jau „pažeista“ ar dar ne). Tyrimo rezultatas – statistiniai duomenys (lazerio impulsų skaičius iki pastebėtos pažaidos), kurie padeda įvertini kiek ilgai testuojamas elementas išgyventų realiomis apšvitos sąlygomis. Ši riba gali būti matuojama tik destrukciniu būdu, t. y. eksponuojant bandinį tam tikrą laiką su kontroliuojamo galios tankio spinduliuote ir stebint ar įvyksta pažaida ar ne. Eksperimentas kartojamas skirtingose vietose varijuojant spinduliuotės galios tankį. Nuolatinės veikos atveju anksčiau aprašytą metodiką numatoma pakeisti tokiu būdu, kad vietoj impulsų skaičiaus būtų naudojamas nuolatinės spinduliuotės apšvitos laikas. Taigi, surinkus statistinę informaciją, toliau, pasinaudojant ISO standarto metodika, būtų gaunamos taip vadinamosios charakteringosios pažaidos kreivės kurios nusako pažaidos slenksčio mažėjimą didinant spinduliuotės ekspozicijos dozę. | Veikla Nr. 1  Užduotis Nr. 1.6.  Veikla Nr. 2  Užduotis Nr. 2.1 |
| Optinio atsparumo ribą nusako taip vadinamas pažaidos lazerio spinduliuotei slenkstis – PLSS, kuris nusako maksimalią leistiną šviesos galios tankio ribą optinio elemento paviršiuje, kurią viršijus elementas negrįžtamai sugadinamas dėl šviesos poveikio. Taikant impulsinius lazerinius šaltinius, pažaida lazerio spinduliuote gausiai tiriama įvairiose medžiagose ir įvairiomis sąlygomis. Remiantis mokslinės statistikos duomenis iki šiemet išleista daugiau nei 3500 įvairaus tipo publikacijų šia tema[[7]](#footnote-7). Atliekamos parametrinės ir palyginamosios studijos. Optikos gamintojai taip pat nuolat charakterizuoja PLSS optikos elementams, taikomies didelės galios lazerinėse sistemose. Tad šioje srityje egzistuoja sukaupta daug mokslinės ir praktinės infomacijos. Tačiau apie optinį pažeidimą nuolatinės veikos srityje žinoma palyginti labai nedaug. Atlikti fundamentiniai tyrimai leidžia suprasti esminį pažaidos mechanizmą, tačiau nieko nepasako apie konkretaus PLSS vertę ar gamybinių parametrų įtaką jai. Tarptautiniu mastu beveik nėra nuolatinės veikos sistemų, dedikuotų optinės pažaidos testavimui. Todėl šiuolaikinės lazerinės technologijos rinkoje egzistuoja didžiulis šių žinių poreikis. Nežinant esamo optinio atsparumo, gaminamo optikos neįmanoma optimizuoti ar tobulinti, todėl ribojamas visas galingų lazerinių sistemų vystymasis. Atsižvelgiant į tai, būtina atlikti PLSS tyrimus nuolatinės veikos srityje, kurie leistų identifikuoti esamą pagrindinių optinių elementų atsparumo situaciją, atrinkti geriausius kandidatus optimizavimui, bei atlikti sistemines gamybos parametrų optimizavimo veiklas. | Veikla Nr. 1  Užduotis Nr. 1.6.  Veikla Nr. 2  Užduotis Nr. 2.1. |

## **Nacionalinių ir tarptautinių tyrimų produkto kūrimo srityje apžvalga**

Žemiau esančioje lentelėje pateikiama nacionalinių ir tarptautinių tyrimų produkto kūrimo srityje apžvalga.

*Lentelė 10: Literatūros šaltinių apžvalga*

| Eil. Nr. | Šaltinis | Aprašymas |
| --- | --- | --- |
| 1. | Detlev Ristau, „Laser-Induced Damage in Optical Materials“ 1st Edition, CRC Press, 2016, 551 Pages, ISBN 9781138199569 - CAT# K31488 | Šiame straipsntje daugiausiai dėmesio skiriama į lazerinės pažaidos sluoksnio optinėse medžiagose temas. Straipsnyje nurodomi pagrindiniai pažaidos lazerio spinduliuote aspektai, taip pat nagrinėjami visi svarbūs pramonės ir mokslinių tyrimų aspektai. |
| 2. | L. N. Taylor, J. J. Talghader, E. G. Johnson, A. K. Brown, and A. K. Pung, "Laser Damage of Nanolaminate HfO2 and TiO2 Optical Coatings," in Optical Interference Coatings, M. Tilsch and D. Ristau, eds., OSA Technical Digest (online) (Optical Society of America, 2013), paper FA.8. | Straipsnyje nurodomi pavieniai bandymai apibūdinti optinius elementus ir jų dangas nuolatinės veikos srityje. Straipsnyje pateikiamas pažaidos lazerine spinduliuote slenksčio savybių palyginimas vienodo pluošto ir nano-laminato plonų sluoksnių hafnio ir titano pagrindo dangoms. Atlikti eksperimentai parodė, jog ploni sluoksniai su aukštesniu kristališkumu parodė geresnius rezultatus CW sistemų veikimui. |
| 3. | Wei Shi, Qiang Fang, Xiushan Zhu, R. A. Norwood, and N. Peyghambarian, "Fiber lasers and their applications" Appl. Opt. 53, 6554-6568 (2014) | Straipsnyje nurodoma bei aprašoma maksimalios žinomos šviesolaidinių lazerių vidutinės galios augimo dinamika. Šiame straipsnyje trumpai apžvelgiami stiklo pluošto lazerių kūrimo etapai ir pastarojo laikotarpio pažanga didelio galingumo besitęsiančios bangos, Q-perjungiamo, režimo užrakto (angl. *mode-locked*) ir vieno dažnio šviesolaidinių lazerių 1, 1,5, 2 ir 3 μm srityse. Straipsnyje išsamiai aptariamas lazerių taikymas tokiose srityse kaip pramonė, medicina, moksliniai tyrimai, gynyba ir saugumas. Dėl natūralių pranašumų ir patrauklių savybių pluošto lazeriai buvo plačiai naudojami įvairiose srityse. Šiame darbe apžvelgta naujausių CW, impulsų ir vienos dažnio šviesolaidžių lazerių ir jų praktinio pritaikymo galimybės. Akivaizdu, kad skaidulinių lazerių efektyvumas ir toliau numatoma, jog gerės, o jų taikymas išsiplės ir daugelyje kitų sričių. |
| 4. | P. E. Miller, T. I. Suratwala, L. L. Wong, M. D. Feit, J. A. Menapace, P. J. Davis, and R. A. Steele, "The distribution of subsurface damage in fused silica," Proc. SPIE 5991, 599125 (2005). | Popaviršinių defektų valdymas optinių elementų formavimo metu ir jų pašalinimas poliravimo metu bei jo procese yra būtinas gaminant nedidelės žalos tankio (angl. *low damage density*) optines sudedamąsias dalis, tokias kaip tas, kurios reikalingos naudoti didelės galios lazeriuose. Popaviršinių defektų šalinimas poliravimo proceso metu reikalauja poliruoti į gylį, kuris yra didesnis už formavimo procese esančių likutinių plyšių gylį. Norint sėkmingai valdyti ir galiausiai pašalinti neigiamus popaviršinius defektus, svarbu suprasti, kaip pasiskirsto ir išryškėja lūžio popaviršinio regiono pobūdis. Šiame straipsnyje pateikiamas autorių sukurtas ir pritaikytas modelis, skirtas interpretuoti įtrūkimo paviriaus defekto gylio ir trūkimo ilgio pasiskirstymą pagal svarbiausius kintamuosius, įskaitant abrazyvinį dydį ir apkrovą. |
| 5. | S. Li, Z. Wang, and Y. Wu, "Relationship between subsurface damage and surface roughness of optical materials in grinding and lapping processes," J. Mater. Process. Technol. 205, 34-41 (2008). | Abrazyvinio apdirbimo metu sukeltas popaviršinio defekto (SSD) poveikis optinių komponentų technologiniam pritaikymui daro didelę įtaką. Tačiau iki šiol nėra greito ir veiksmingo SSD gylio tikrinimo metodo. Tiksliam ir nestruktūriniam SSD gylio, gauto sukamaisiais ultragarso apdirbimo (RUM) ir įprastiniais šlifavimo (CG) procesais, vertinimo metu buvo pasiūlytas teorinis modelis, pagrįstas trapios medžiagos įtempimo lūžio mechanika, analizuojant koreliaciją tarp vidutinio ir šoninių įtrūkimo sistemų, kurias sukėlė aštrus indenteras. Nustatyta, kad SSD gylis buvo netiesinis monotoniškas, didėjant kvadratiniam paviršiaus šiurkštumui (SR), ty SSD = χSR2 + l. Naudojant šį modelį, SSD gylis galėtų būti greitai ir tiksliai numatytas per apdirbto paviršiaus SR (p-v vertė), abrazyvo geometrines savybes ir medžiagos mechanines savybes. Norint patikrinti šio metodo pagrįstumą, BK7 stiklo bandiniams buvo atlikti RUM ir CG bandymai su Sauer Ultrasonic 20. Vėliau šių bandinių SSD buvo paveikta poliravimo-ėsdinimo technika. SSD gylio matavimo rezultatai atitiko šio modelio prognozuojamas vertes, atspindintį šio modelio panaudojimo galimybę greitai ir tiksliai prognozuoti SSD gylį. |
| 6. | Y. Lee, "Evaluating subsurface damage in optical glasses," J. Eur. Opt. Soc. **6**(2011). | Kietos trapios medžiagos (pvz., stiklai ir keramika) vis labiau tampa patrauklios bendriems interesams dėl puikių fizinių, mechaninių ir cheminių savybių, tokių kaip super kietumas ir stiprumas esant ekstremalioms temperatūroms ir cheminiam stabilumui. Šių medžiagų tikslumas gaminamas visų pirma šlifuojant ir poliruojant, dažniausiai naudojant šveitimo medžiagas. Naudojant šią gamybos technologiją, medžiagos pašalinamos iš esmės dėl trapių medžiagų lūžių, dėl kurios gaminių sudėtinių dalių, t.y. požeminio pažeidimo (SSD), palieka įtrūkio plyšius ar sluoksnį. Popaviršiniai defektai veikia komponentų stiprumą, veikimą ir tarnavimo laiką. Pastaruosius keletą dešimtmečių buvo sukurta daugybė charakterizuojančių metodų. Šie metodai, pagrįsti skirtingais mechanizmais, suteikia mokslininkams neįkainojamą informaciją apie įvairių medžiagų žalą popaviršiniems defektams. Šiame straipsnyje apžvelgiami tipiniai SSD vertinimo metodai, kurie reguliariai naudojami optinėse dirbtuvėse ar laboratorijose. |
| 7. | A. D. Vlasov, J. S. Rez, and M. L. Fil'chenkov, "Beilby layers on crystal surfaces," Cryst. Res. Technol. 23, 1093-1100 (1988). | Šiame straipsnyje pateikiama glausta Bilbio (angl. Beilby) amorfinų paviršiaus sluoksnių apžvalga, atrasta XX a. pradžioje. Mechaniškai apdorojant, šie sluoksniai formuoja kristalus, kurie būdingi padidėjusiu kietumu ir specifinėmis optinėmis, elektrinėmis ir magnetinėmis savybėmis. Manoma, kad temperatūros įtempiai, atsirandantys dėl periodinio abrazyvo kontakto su kristaliniu paviršiumi, yra Bilbio sluoksnio susidarymo priežastis. Šiame straipsnyje pateikiamas matematinis temperatūros bangų sklidimo aprašymas. Parodyta, kad temperatūros bangų amplitudė yra e kartų mažesnė, kai atstumas nuo kristalo paviršiaus yra beveik grūdelio dydžio. |
| 13. | St.Günster, H.Blaschke, and D.Ristau, „Laser resistivity of selected multilayer designs for DUV/VUV applications", Proc. SPIE 6403, Laser-Induced Damage in Optical Materials: 2006, 640318 (15 January 2007); doi: 10.1117/12.696241  H.Blaschke, D.Ristau, W.Riggers, and S.Schippel, "Influence of pre-treatment conditions on the resistivity of fluoride multilayers", Proc. SPIE 7132, Laser-Induced Damage in Optical Materials: 2008, 71320I (30 December 2008); doi: 10.1117/12.804463 | Pateikiami du straipsniai apie IBS fluoridų dangų būklę ir jų pažaidos lazerio spinduliuote slenkstį 193 nm.  Literatūra iki šiol nesuteikia daugiau duomenų apie ilgesnius bangos ilgius.  Pirmajame straipsnyje standartinės DUV veidrodinės sistemos su įprastiniu ketuvirčio bangos dizainu buvo padengtos iš oksidinių medžiagų jonapluoščio dulkinimo būdu (IBS) ir fluoridinėmis medžiagomis taikant įprastinį terminį garavimą 193 nm bangos ilgiui. Be to, buvo pagaminta apsaugota fluoridų veidrodinė sistema, sudaryta iš įprasto fluoridų kamino su tankiu SiO2 apsauginiu sluoksniu. Lyginamuoju tyrimu šios veidrodinės sistemos buvo charakterizuotos atsižvelgiant į jų optines savybes ir absorbciją VUV spektro diapazone. Vėliau veidrodžių pažaidos lazerio spinduliuote slenksčio (PLSS) vertės buvo nustatytos S-on-1 metodu. Buvo pastebėta, kad visos veidrodinės sistemos pasižymi panašiomis optinėmis charakteristikomis ir nuostolių lygiais esant 193 nm. Tačiau nustatyta, kad PLSS vertė yra ta, kad IBS oksidų sistemai žalos mechanizmas yra žemo lygio sukeltas defektas, o PLSS išgarinto fluoridų veidrodžio vertė yra indukuota absorbcija, kai 1-į-1 reikšmės yra iki 6 J / cm2. Apsaugotas fluoridų veidrodis turi reikšmę tarpiniame diapazone. |
| 14. | O. Stenzel, S. Wilbrandt, J. Wolf, M. Schürmann, N. Kaiser, D. Ristau, H. Ehlers, F. Carstens, S. Schippel, L. Mechold, R. Rauhut, M. Kennedy,M. Bischoff, T. Nowitzki, A. Zöller, H. Hagedorn, H. Reus, T. Hegemann, K. Starke, J. Harhausen, R. Foest, J. Schumacher – Investigation of the refractive index repeatability for tantalum pentoxide coatings, prepared by physical vapor film deposition techniques – Appl. Opt. 56, C193-C200, 2017  F. Carstens, H. Ehlers, D. Ristau – Concepts for an In-situ Control Scheme Improving Stability and Uniformity in Ion-Beam Sputtering Processes – The International Conference on Frontiers of Optical Coatings (FOC) – Guangzhou, China, 2017 | Pateikiami du straipsniai iš publikacijų apie taip, kaip *close loop* valdymas buvo įgyvendintas oksiduotų medžiagų dengimo procese. Literatūroje apie fluoridų pagrindu pagamintas dangų medžiagas nebuvo aprašyta. Pateiktame straisnyje buvo kiekybiškai ištirti atsitiktiniai tantalio pentoksido sluoksnių lūžio rodiklio ir absorbcijos krašto padėties pakartojamumo koeficientai, pagaminti naudojant plazminio jonų asistavimo elektronpluoštį garinimą, jonapluoštį dulkinimą ir magnetroninį dulkinimą. Buvo gauti standartiniai nuokrypiai nuo lūžio rodiklio tarp 4 \* 10 <sup> -4 </ sup> ir 4 \* 10 <sup> -3 </ sup>. |
| 15. | Marius Mrohs, Lars Jensen, Stefan Günster, Thimotheus Alig, and Detlev Ristau, "Dual wavelength laser-induced damage threshold measurements of alumina/silica and hafnia/silica ultraviolet antireflective coatings," Appl. Opt. 55, 104-109 (2016)  L. Yan, C. Wei, D. Li, K. Yi, and Z. Fan, “Dual-wavelength investigation of laser-induced damage in multilayer mirrors at 532 and 1064 nm,” Opt. Commun. 285, 2889–2896 (2012). | Tik kelios akademinių institucijų pradinės publikacijos buvo paskelbtos dėl pažaidos lazeriui proceso su dviem lazerio bangos ilgiais tuo pačiu metu. Iki šiol šiuo metu yra tikrinamas šios procedūros problemos bandymas. |
| 16. | T. Willemsen; M. Brinkmann; M. Jupé; M. Gyamfi; S. Schlichting; D. Ristau ,“Approaches toward optimized laser-induced damage thresholds of dispersive compensating mirrors applying nanolaminates“  Proceedings Volume 10447, Laser-Induced Damage in Optical Materials 2017; 1044712 (2018) | Šiame dokumente pateikiama informacija apie amorfinių nano-laminatų gamybą optinio plyčio nustatymui. Nano-laminatai buvo pristatyti su išplėstine diapazono spraga (angl. *extended band gap*) ir sumažėjusia absorbcija – pastaraisiais publikacijos leidiniais tai buvo įrodyta kaip viena iš perspektyvių sąvokų ir sferų. |
| 17. | S. Günster, M. Dieckmann, H. Ehlers, and D. Ristau, "Stress Compensation in Fluoride Coatings for the VUV Spectral Range," in Optical Interference Coatings, OSA Technical Digest (CD) (Optical Society of America, 2007), paper TuB5.  D. Ristau et al, “MgF2 and LaF3 Coatings Deposited by Ion-Beam Sputtering and Boat and Electron-Beam Evaporation”,  Appl. Opt. Vol. 41, 3196-3204 (2002).  A. Ode, "Ion Beam Sputtering Deposition of Fluoride Thin Films for 193 nm Applications," in Optical Interference Coatings, M. Tilsch and D. Ristau, eds., OSA Technical Digest (online) (Optical Society of America, 2013), paper FC.8. | Fluoridinės dengos medžiagos slopina didelį visinį įtempio lygį, o tai yra viena iš priežasčių, kodėl jie šiuo metu neegzistuoja rinkoje. Šios problemos sprendimas yra vienas iš IBS proceso panaudojimo būdų. Iki šiol nė viena mokslinių tyrimų institucija nedirbo su naujausia minima technologija – tai planuojama inicicjuojamam projektui. |

Platesnis liertūros šaltinių nacionalinių ir tarptautinių tyrimų produkto kūrimo srityje sąrašas yra pateikiamas kaip Verslo plano 8 skyriuje „Literatūros šaltiniai“.

## **MTEP veiklų planas**

Projekto metu numatoma vykdyti MTEP veiklas ir plėsti esamą įmonės MTEP ir inovacijų infrastruktūrą (*Lentelė 11*).

*Lentelė 11: Projekte numatomos vykdyti veiklos*

| *Projekto veiklų pobūdis* | *TAIP* | *NE* |
| --- | --- | --- |
| 1. Ar projekte numatyta vykdyti tik Aprašo 10.1 p. ir 10.2 p. nurodytas veiklas? | X |  |
| 2. Ar projekte numatyta vykdyti tik Aprašo 10.2 p. nurodytą veiklą? |  | X |
| 3. Ar projekte numatyta vykdyti Aprašo 10.1 p., 10.2 p. ir 10.3 arba 10.2 p. ir 10.3 p. nurodytas veiklas? |  | X |

*\* jeigu „TAIP“ atsakėte į 1 ir (arba) 2 klausimą, pildykite 4.5.1 lentelę, jeigu „TAIP“ atsakėte 3 klausimą, pildykite 4.5.1, 4.5.2 ir 4.6 lenteles*

### MTEP veiklų planas įgyvendinant projektą

Projekto įgyvendinimo strategija buvo suplanuota siekiant užtikrinti efektyvų projekto įgyvendinimą ir pasiruošti kuo spartesniam sukurtų produktų pristatymui į rinką. Projekto įgyvendinimas buvo padalintas į du – mokslinių tyrimų ir eksperimentinės plėtros – etapus bei atskiras veiklas, atitinkančias iškeltus projekto tikslus.

Projekte numatytų veiklų ir užduočių įgyvendinimo laikotarpis yra pateikiamas žemiau esančiame paveiksle.



*2 pav. Projekto Ganto diagrama*

Projekto veiklų turinys ir jų nuoseklumas pateikiamas žemiau esančiose lentelėse.

*Lentelė 12: Detalus projekto veiklos Nr. 1 aprašymas*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *Projekto veiklos numeris ir pavadinimas* | Nr. 1 | Moksliniai tyrimai, skirti optinių komponentų gamybos technologijų sukūrimui ir validavimui laboratorinėmis sąlygomis | |
| *Veiklos trukmė* | 28 mėn. | | |
| *TPL veiklos pradžioje* | 3 | *TPL veiklos pabaigoje* | 5 |
| *Projekto veiklos detalizavimas ir aprašymas, kas bus daroma* | *Veiklos tikslas:* atlikti mokslinius tyrimus, siekiant įgyti žinių bei surasti sprendimus, leisiančius sukurti optinių komponentų gamybos technologijas, įgalinančias pasiekti itin mažus nuostolius optinėse dangose ir paviršiuose. | | |
| **Užduotis 1.4.: Pagrindukų šlifavimo ir poliravimo proceso vystymas bei optinių elementų defektų tyrimai UV režime (28 mėn., atsakingas projekto pareiškėjas UAB „Altechna Coatings“ bendradarbiaujant su projekto partneriu UAB „Lidaris“)**  *1 etapas: PLSS priklausomybės tyrimas nuo ėsdinimo*  Šiame etape bus vykdomas optinių pagrindukų (FS ir Al2O3) pažaidos lazerio spinduliuote (λ=355 nm) slenksčio priklausomybės tyrimas nuo ėsdinimo, įvairios koncentracijos Hf/HNO3 bei kalio šarmo tirpaluose.  *2 etapas: Optinių pagrindukų pažaidos lazerio spinduliuote slenksčio priklausomybės tyrimas nuo kombinuoto ėsdinimo*  Šiame etape bus vykdomas optinių pagrindukų (FS ir Al2O3) pažaidos lazerio spinduliuote (λ=355 nm) slenksčio priklausomybės tyrimas nuo kombinuoto ėsdinimo, t. y. 1 etape sukurtas optimalus cheminis ėsdinimas kombinuotas su plazminiu ėsdinimu.  *3 etapas: Komerciškai poliruotų optinių pagrindukų paviršiaus kokybės parametrų (defektų) tyrimas ir metodikos sukūrimas*  Šiame etape bus vykdomas komerciškai poliruotų optinių pagrindukų (FS) paviršiaus kokybės parametrų (defektų) priklausomybės nuo švelnaus perpoliravimo (atšviežinimo) (angl. *refreshment*) tyrimas ir metodikos sukūrimas  *4 etapas: Komerciškai poliruotų optinių pagrindukų vpaviršiaus kokybės parametrų (defektų) priklausomybės tyrimas*  Šiame etape bus vykdomas komerciškai poliruotų optinių pagrindukų (FS) paviršiaus kokybės parametrų (defektų) priklausomybės tyrimas nuo plovimo ultragarsinėse vonelėse, keičiant chemines medžiagas, tirpalų temperatūrą, plovimo trukmę bei alternatyvių receptų sukūrimas*.*  *5 etapas: Optinių komponentų (su dielektrinėmis dangomis), skirtų UV-VIS-NIR diapazonui pažaidos lazerio spinduliuote slenksčio priklausomybės nuo pagrindukų ėsdinimo, plovimo ir atšviežinimo tyrimas*  Šiame etape numatomi dangų dengimai ant įvairiai paveiktų apdirbtų pagrindukų, bei PLSS tyrimai. Šiame etape kartu su UAB „Lidaris“ numatoma atlikti:   * Optinių pagrindukų cheminio paviršiaus ėsdinimo tyrimus (ėsdinimo parametrų įtaka UV optiniam atsparumui) – numatoma ištirti cheminio ėsdinimo laiko įtaką bei ėsdiklio koncentracijos įtaką paviršiaus šiurkštumui, defektų parametrams ir UV optiniam atsparumui; * Optinių pagrindukų kombinuoto cheminio-joninio ėsdinimo tyrimus (parametrų įtaka UV optiniam atsparumui) – ištirti joninio ėsdinimo laiko įtaka chemiškai neėsdintų ir įvairiai chemiškai ėsdintų bandinių paviršiaus šiurkštumui, defektų parametrams ir UV optiniam atsparumui; * Komercinių optinių pagrindukų „atšviežinimo“ (angl. *refreshment*) tyrimas – ištirta operacijos trukmės, naudojamo kontaktinio, abrazyvinės frakcijos įtaka paviršiaus šiurkštumui, defektų parametrams ir UV optiniam atsparumui, kilus būtinybei – ištirti kitų technologinių parametrų įtaka paviršiaus šiurkštumui, defektų parametrams ir UV optiniam atsparumui; * Komerciškai poliruotų optinių pagrindukų (FS) plovimo tyrimus – ištirti plovimo recepto įtaką bandinių paviršiaus šiurkštumui, defektų parametrams ir UV optiniam atsparumui; * Optimizuotų pagrindukų įtakos įvertinimą po dengimo proceso – numatoma ištirti dengimo įtaką bandinių paviršiaus šiurkštumui, defektų parametrams ir UV optiniam atsparumui.   Reikalingi ištekliai:   * Žmogiškieji ištekliai: MTEP veiklų projekto vadovas (1 darbuotojas), technikos padalinio vadovas (1 darbuotojas), operatorius-inžinierius (1 darbuotojas), optikė (3 darbuotojai), fizikas tyrėjas (4 darbuotojai). * Medžiagos: taikiniai, granulės, pagrindukai, kt. medžiagos, chemikalai skalbyklei, priemonės MTEP veiklomss bei MTEP su IBS veikloms. * Įranga: 1350-EBE+LION systema, švarios patalpos, smėliavimo kabinetas vakuuminiams mazgams su sauso oro kompresoriumi, ultragarsinė vonelė vakuuminiams mazgams, džiovinimo sistema vakuuminiams mazgams, optinių pavirių peropliravimo/atnaujinimo sistema. * Paslaugos: pagrindukų atšviežinimo paslaugos.   Laukiamas rezultatas:   * Padidėjęs AR 355 nm LIDT iki 20J / cm² esant 5 ns 10K kadrui naudojant įdiegtą uždaro ciklo proceso kontrolinę grandinę; * Paviršiaus šiurkštumas, po cheminio ir/ar kombinuoto ėsdinimo neturi padidėti daugiau negu 2 kartus nuo pradinio pagrinduko šiurkštumo; * Atlikus cheminį ar kombinuotą optinių pagrindukų ėsdinimą, siekiamas lazerio spinduliuote sukeltas pažaidos slenksčio padidėjimas ne mažiau nei 3-5k (λ=355 nm); * Atlikus cheminį ar kombinuotą optinių pagrindukų ėsdinimą paviršiaus kokybė (defektų lygis) neturi suprastėti labiau nei 20/20 – 20/10 (pagal modifikuotą MIL-13830B standartą); * Optinių dangų, suformuotų ant įvairiais metodais ėsdintų pagrindukų, siekiamas lazerio spinduliuote sukeltas pažaidos slenksčio padidėjimas ne mažiau nei 1,5-3k (λ=355 nm); * Sukurti optinių komponentų bandiniai; * Sukurta optinių pagrindukų paviršiaus apdirbimo technologija, veikianti laboratorinėmis sąlygomis; * Parengta mokslinių tyrimų ataskaitos dalis, fiksuojanti tyrimų rezultatus.   **Užduotis 1.6.: Optinių elementų atsparumo lazerinei spinduliuotei testavimo technologijos vystymas nuolatinės veikos (CW) režime (28 mėn., atsakingas projekto partneris UAB „Lidaris“ glaudžiai bendradarbiaujant su pareiškėju UAB „Altechna Coatings“)**  *1 etapas: Nuolatinės veikos testavimo sistemos projektavimas*  Šiame etape bus suprojektuota testavimo sistemos optinė, elektroninė ir mechaninė schema bei paruošti gamybiniai nestandartinių detalių gamybiniai brėžiniai.  *2 etapas: Medžiagų komplektavimas*  Šiame etape bus nupirktos būtinos standartinės medžiagos testavimo sistemos maketui ir pagamintos nestandartinių mazgų detalės. Taip pat bus užsakytas, pagamintas, pristatytas ir instaliuotas nuolatinės veikos lazeris.  *3 etapas: Sistemos maketo surinkimas ir atskirų mazgų bandymai*  Šiame etape bus surinkta mechnainė dalis, optinė schema bei sujungta ir išbandyta elektroninė-kompiuterinė dalis, surinktas testavimo sistemos maketas.  *4 etapas: Paruošiamieji darbai sistemos bandymams*  Šiame etape bus sukalibruota lazerio vidutinė galia, charakterizuotas pluoštas židinio plokštumoje, išbandyta pažaidos detekcijos schema ir sukurta ir aprašyta testavimo procedūros instrukcija (metodika), atlikti pluošto diametro ir ekspozicijos dozės tyrimai.  *5 etapas: Testavimo technologijos ir produktų bandomieji tyrimai*  Šiame etape bus atliekami tyrimai su aukšto atspindžio koeficiento veidrodžiais, nedengtais optiniais langeliais, skaidrinančiomis dangomis, taip pat pluošto diametro ir ekspocicijos dozės tyrimai.  Reikalingi ištekliai:   * Žmogiškieji ištekliai: MTEP veiklų projekto vadovė (1 darbuotojas), vyr. metrologas (1 darbuotojas), analitikas (1 darbuotojas), inžinierius-tyrėjas (2 darbuotojai) * Įranga: Optinis mikroskopas pažaidos inspekcijai, didelės galios energijos matuoklis su gaudyklėmis, 6 kW vidutinės galios nuolatinės veikos (CW) lazeris su priedais, vienos išilginės modos lazeris * Paslaugos: Nestandartinių mechaninių, optinių, elektroninių detalių gamybos paslaugos nuolatinės veikos testavimo maketui (eksperimentinė CW testavimo sistema), Energijos/Galios prietaisų kalibravimo ir remonto paslaugos   Laukiamas rezultatas:   * Sukurtas testavimo sistemos maketas; * Atliktas maketo bandymas; * Parengta mokslinių tyrimų ataskaitos dalis, fiksuojanti tyrimų rezultatus. | | |
| *Fizinio rodiklio numeris ir pavadinimas* | Nr. 1 | Mokslinių tyrimų ataskaita (6 vnt.) | |

*Lentelė 13: Detalus projekto veiklos Nr. 2 aprašymas*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *Projekto veiklos numeris ir pavadinimas* | Nr. 2 | Eksperimentinė plėtra, skirta optinių elementų gamybos technologijų pademonstravimui realaus veikimo sąlygomis | |
| *Veiklos trukmė* | 8 mėn. | | |
| *TPL veiklos pradžioje* | 6 | *TPL veiklos pabaigoje* | 8 |
| *Projekto veiklos detalizavimas ir aprašymas, kas bus daroma* | Veiklos tikslas: atlikti eksperimentinę plėtrą, siekiant įgyti ir pritaikyti žinias, leisiančias užtikrinti optinių elementų gamybos proceso technologinį ir ekonominį gyvybingumą, sukurti optinių elementų prototipus, atitinkančius siekiamas charakteristikas, ir pagaminti bandomąsias produktų partijas. | | |
| **Užduotis 2.1. Technologijų perkėlimas į iki-gamybinę aplinką ir optinių elementų prototipų sukūrimas (5 mėn., atsakingas projekto pareiškėjas UAB „Altechna Coatings“, dalyvauja partneriai UAB „Altechna“ ir UAB „Lidaris“)**  Užduoties įgyvendinimas apims:   * Sukurtų technologijų perkėlimą iš laboratorinės aplinkos į iki-gamybinę aplinką: * Fluoridų plonų sluoksnių formavimo technologijos (atsakingas pareiškėjas UAB „Altechna Coatings“); * Optinių dangų pagrindų projektavimo-modeliavimo technologijos (atsakingas pareiškėjas UAB „Altechna Coatings“); * Pagrindų dengimo technologijos(atsakingas pareiškėjas UAB „Altechna Coatings“); * Optinių pagrindukų paviršiaus apdirbimo technologijos (atsakingas pareiškėjas UAB „Altechna Coatings“); * Optinių elementų (stikliukų) su dangomis pjaustymo technologijos (atsakingas partneris UAB „Altechna“); * Optinių elementų ir jų dangų atsparumo lazerinei spinduliuotei testavimo nuolatinės veikos (CW) režime technologijos (atsakingas partneris UAB „Lidaris“). * Optinių elementų prototipų sukūrimą, siekiant pademonstruoti technologijų veikimą ir nustatyti statistinius parametrus: išeigą, kokybės ir charakteristikų variacijas, procesų efektyvumą. Bus pagaminta po kelis komponentų prototipų pavyzdžius iš kiekvienos produktų grupės: AR elementai, HR elementai ir HR+HT, Poliarizatoriai, PR, Filtrai. * Optinių elementų testavimas, įskaitant PCPI, CRD, AFM, TIS matavimus.   Reikalingi ištekliai:   * Žmogiškieji ištekliai: MTEP veiklų projekto vadovas (3 darbuotojas), optikė (3 darbuotojas), fizikas-tyrėjas (4 darbuotojai), technikos padalinio vadovas (1 darbuotojas), operatorius-inžinieiurs (1 darbuotojas), technologas (1 darbuotojas), technologo asistentas (1 darbuotojas), vyr. metrologas (2 darbuotojai), analitikas (1 darbuotojas), inžinierius-tyrėjas (2 darbuotojai) * Medžiagos: taikiniai, granulės, pagrindukai, filtrai, optikos plovivo laikikliai, blokavimo vaškas, atpjovimo diskai, aušinimo koncentratas, optinių, mechnaninių, elektronikos elementų rinkinys ir kt. * Įranga: Spektrofotometras, interferometras, goniometras arba interferometras, optinių paviršių perpoliravimo/atnaujinimo sistema, 1350-EBE+LION systema, vid. galios nuoaltinės veikos (CW ) lazeris su priedais ir kt.   Laukiamas rezultatas:   * Optinių komponnetų gamybos technologijos, veikiančios iki-gamybinėje aplinkoje; * Sukurti optinių komponentų prototipai; * Parengtas bandymų protokolas.   **Užduotis 2.2. Bandomosios partijos gamyba (3 mėn., atsakingas projekto pareiškėjas UAB „Altechna Coatings“, dalyvauja partneriai UAB „Altechna“ ir UAB „Lidaris“)**  Užduoties įgyvendinimas apims:   * Technologinio gamybos proceso aprašo parengimą; * Bandomųjų pasirinktų optinių kompentų partijų pagaminimą; * Galutinius matavimus, defektų paviršiuje statistinę analizę, išeigos vertinimą.   Reikalingi ištekliai:   * Žmogiškieji ištekliai: MTEP veiklų projekto vadovas (3 darbuotojas), optikė (3 darbuotojas), fizikas-tyrėjas (4 darbuotojai), technikos padalinio vadovas (1 darbuotojas), operatorius-inžinieiurs (1 darbuotojas), technologas (1 darbuotojas), technologo asistentas (1 darbuotojas), vyr. metrologas (2 darbuotojai), analitikas (1 darbuotojas), inžinierius-tyrėjas (2 darbuotojai) * Medžiagos: taikiniai, granulės, pagrindukai, filtrai, optikos plovivo laikikliai, blokavimo vaškas, atpjovimo diskai, aušinimo koncentratas, optinių, mechnaninių, elektronikos elementų rinkinys ir kt. * Įranga: Spektrofotometras, interferometras, goniometras arba interferometras, optinių paviršių perpoliravimo/atnaujinimo sistema, 1350-EBE+LION systema, vid. galios nuoaltinės veikos (CW ) lazeris su priedais ir kt.   Laukiamas rezultatas:   * Sukurtos technologiškai ir ekonomiškai gyvybingos optinių komponentų gamybos technologijos; * Pagamintos siekiamų charakteristikų ir funkcionalumo optinių komponentų galutinės versijos; * Parengtas bandymų protokolas. | | |
| *Fizinio rodiklio numeris ir pavadinimas* | Nr. 2 | Produkto prototipas (9 vnt.) | |

*Lentelė 14: Detalus projekto veiklos Nr. 3 aprašymas*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *Projekto veiklos numeris ir pavadinimas* | Nr. 3 | MTEP infrastruktūros plėtra | |
| *Veiklos trukmė* | 30 mėn. | | |
| *TPL veiklos pradžioje* | - | *TPL veiklos pabaigoje* | - |
| *Projekto veiklos detalizavimas ir aprašymas, kas bus daroma* | Veiklos tikslas: išplėsti turimą paeiškėjo ir partnerių MTEP bazę, įsigyjant MTEP veiklų vykdymui reikalingą įrangą | | |
| **Užduotis 1: MTEP veiklų vykdymui reikalingos įrangos įsigijimas ir integravimas (trukmė 30 mėn.)**  Užduoties įgyvendinimo metu bus įsigyta ir integruota ši MTEP įranga, skirta MTEP veiklų vykdymui:  Pareiškėjo UAB „Altechna Coatings“ įranga:   * Smėliavimo kabinetas vakuuminiams mazgams su sauso oro kompresoriumi * Ultragarsinė vonelė vakuuminių mazgų plovimui * Džiovykla vakuuminiams mazgams * Optinių paviršių perpoliravimo/atnaujinimo sistema * ISO7 class cleanrooms * 1350-EBE+LION system   Partnerio UAB „Altechna“ įranga:   * Lako dengimo sistema ir patalpos įrengimas * Vandens dejonizatorius IWA 100 EDI * Vandens minkštinimo filtras Softener A 125 R(F) * Oro kompresorius 2xOF1202-90B * Vakuuminė krosnelė EV-50, Raypa * MITUTOYO paviršiaus šiurkštumo matuoklis SJ-310 * Matavimo mikroskopas Mitutoyo TM-505 * Dama Chamfering machine LG-300 * Vakuuminis siurbliukas džiovinimo spintai EV-50 * Vandens temperatūros valdymo įtaisas su filtravimu   Partnerio UAB „Lidaris“ įranga:   * Optinis mikroskopas pažaidos inspekcijai * Didelės galios energijos matuoklis su gaudyklėmis * 6 kW vid. galios nuolatinės veikos (CW) lazeris su priedais * Kompiuteris su operacine sistema (MTEP CAD projektavimui ir programavimui)   Laukiamas rezultatas:   * Įsigyta ir integruota MTEP įranga. | | |
| *Fizinio rodiklio numeris ir pavadinimas* | Nr. 3 | MTEP įrangos komplektas (3 vnt.) | |

## **Partnerystės pagrįstumas ir teikiama nauda**

Projektą numatomą įgyvendinti kartu su partneriais – Hanoverio lazerių centru, UAB „Altechna“ ir UAB „Lidaris“. Žemiau esančiose lentelėse pateikiama informacija apie partnerius ir pagrindžiama partnerystės teikiama nauda.

*Lentelė 15: Partnerystės pagrįstumas ir teikiama nauda*

|  |  |
| --- | --- |
| *Projekto partneris:* | Hanoverio lazerinių tyrimų centras (LZH) |
| *Partnerio pasirinkimo pagrindimas:* | Hanoverio lazerinių tyrimų centras yra Nr.1 pasaulyje centras, kuris atlieka optinių dangų, optinių komponentų mokslinius tyrimus jau daugiau nei 30 m. LZH turi pilnas galimybes ir resursus formuoti plonuosius sluoksnius visomis fizinio garų nusodinimo technologijomis. Šiame centre dirbantys ekspertai ir jų darbai pripažįstami ir gausiai cituojami mokslinėje spaudoje. Taip pat, centras labai atviras industriniams partneriams, su kuriais vykdo bendrus mokslinius tyrimus, kuria, tobulina optinių dangų, matavimo technologijas. Šio partnerio patirtis pasižymės ženklia nauda šiame projekte. |
| *Projekto partnerio vykdomos veiklos (atsakomybės sritys):* | Žr. Verslo plano 4.2.3 ir 4.5 dalis. |
| *Partnerio skiriami resursai:* | Žr. Verslo plano 4.5 dalį. |

*Lentelė 16: Partnerystės pagrįstumas ir teikiama nauda*

|  |  |
| --- | --- |
| *Projekto partneris:* | UAB „Altechna“ |
| *Partnerio pasirinkimo pagrindimas:* | Šio projekto tikslas yra pagerinti optinių elementų atsparumą lazerio spinduliuotei, pagerinant kiekvienos vertės grandies dedamąsias. Partneris UAB „Altechna“ yra atsakingas už pagrindukų gamybą/tiekimą, todėl partneris prisdės savo patirtimi ir žiniomis šioje srityje, kuriant optinių pagrindų paruošimo, pjaustymo, šlifavimo technologinius sprendimus. |
| *Projekto partnerio vykdomos veiklos (atsakomybės sritys):* | Žr. Verslo plano 4.2.3 ir 4.5 dalis. |
| *Partnerio skiriami resursai:* | Žr. Verslo plano 4.5 dalį. |

*Lentelė 17: Partnerystės pagrįstumas ir teikiama nauda*

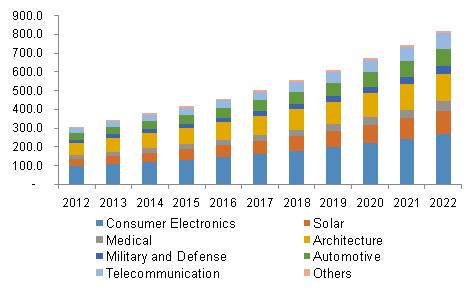
|  |  |
| --- | --- |
| *Projekto partneris:* | UAB „Lidaris“ |
| *Partnerio pasirinkimo pagrindimas:* | Šis partneris taip pat yra optinių elementų kūrimo vertės grandinėje ir turi didelę patirtį, atliekant optinių elementų charakterizavimą bei dengimo technologijų optimizavimą, t. y. atliekant eksperimentų dizaino sudarymą. Šios partnerio kompetencijos suteiks prijektui didelę pridėtinę vertę. |
| *Projekto partnerio vykdomos veiklos (atsakomybės sritys):* | Žr. Verslo plano 4.2.3 ir 4.5 dalis. |
| *Partnerio skiriami resursai:* | Žr. Verslo plano 4.5 dalį. |

# PRODUKTO PATEIKIMO RINKAI APRAŠYMAS

## Produkto rinkos aprašymas

### Produktų paklausos ir pasiūlos prognozė

Optinės dangos komponentai pasižymi labai aukšta paklausa įvairiose pramonės šakoje, tokiose kaip saulės energijos, elektronikos, karo ir gynybos, telekomunikacijų, medicinos, lazerių pramonės šakose. Remiantis galutinio vartojimo duomenimis, apskaičiuota, kad elektronikos optinių dangų segmentas užima didžiąją dalį pasaulinėje optinių dangų rinkoje, skaičiuojant pagal metinę apyvartą. Taip pat prognozuojama, kad vis didėjantis statybos veiklos populiarumas kartu su padidėjusiu optimizuoto stiklo naudojimu infrastruktūros plėtrai padidins optinių dangų komponentų paklausą per prognozuojamą laikotarpį (žr. žemiau pateiktą paveikslą).



*Paveikslas 3: JAV optinių dangų rinkos apimtys, pagal skirtingą pritaikymą pramonėje, 2015-2022 m., kilogramų tonai*

Pasaulinė optinių dangų rinkos apyvarta, dėl augančios paklausos, 2017 m. siekė 7,96 mlrd. JAV dolerių (žr. žemiau pateiktą paveikslą) ir tai yra beveik 23 proc. daugiau nei 2016 m. Numatoma, jog pajamos optinių dangų rinkoje per artimiausius penkerius metus turėtų išaugti ir iki 2023 m., pagal prognozes, turėtų pasiekti apie 11,7 mlrd. JAV dolerių, o sudėtinė metinė augimo forma 2015-2020 m. turėtų siekti 7,1 proc.[[8]](#footnote-8)

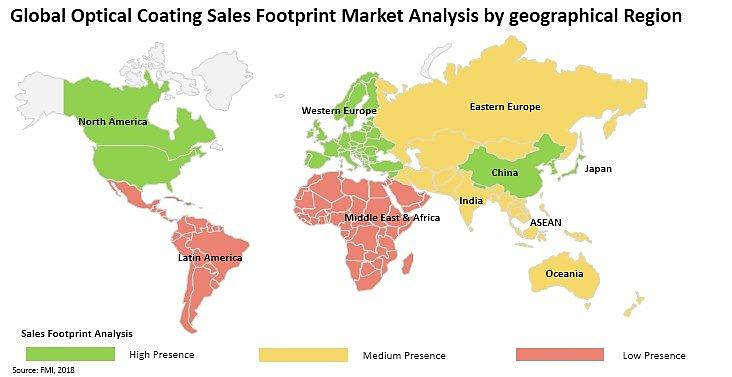
*Paveikslas 4:* *Pasaulinė optinių dangų rinka, prognozės 2016-2023 m.*

Nuolatos didėjantis optinių dangų komponentų ir jų taikymo patentų kiekis, kuriuos teikia pasauliniai šio sektoriaus dalyviai, augantys gamybos pramonės sektoriai, technologinė pažanga, įmonių nuolatinė gamyba ir plėtra yra pagrindiniai pasaulinės optinių dangų rinkos augimo veiksniai. Naujovių diegimas ir naujų dengimo technologijų kūrimas yra labai svarbus optinių dangų pramonės pajamų augimui. Rinkos, pasižyminčios didžiausia pelno marža ir sparčiu optinių dangų paklausos augimu, rinkos dalyviams suteikia naują pranašumą ir sritis. Masinė optinių dangų dengimo technologijų gamyba mažina kainas ir maržą. Optinių dangų gamyba pagal specialius klientų užsakymus padeda suskaidyti pramonę.

Optinės dangos yra naudojamos beveik visuose optiniuose prietaisuose, nuo optinių dangų technologijų vystymosi neatsiejamas lazerinių technologijų progresas. Sparčiai vystantis lazerinei ir optinei technikai, neišvengiamai auga reikalavimai ir optinėms dangoms. Eksportuojančioms įmonėms ypač svarbu naudotis pažangiausiomis mokslinėmis technologijomis ir gebėti pasiūlyti užsienio rinkose paklausią, potencialių pirkėjų reikalavimus atitinkančią produkciją. Optinių elementų dengimas interferencinėmis optinėmis dangomis – specifinė, dinamiška veiklos sritis, kuriai reikalingos specifinės žinios, ypač aukšta specialistų kvalifikacija, patirtis, o taip pat atitinkamos technologijos ir įranga. Dėl aukštų reikalavimų įėjimas į tokią rinką nėra lengvas, optinių dangų gamybą galima laikyti labai specifine verslo niša.

Auganti ekonomiškai efektyvių (*cost-effective*) plonųjų optinių dangų sluoksnių, kaip pvz. skaidrinančių dangų ir filtrų, paklausa biomedicinos, lazerinių technologijų ir gynybos pramonėje yra pagrindiniai faktoriai, kurie skatina optinių dangų technologijų rinkos augimo procesą. Būtent tokio tipo optinių elementų dangas UAB „Altechna Coatings“ numato gaminti su projektu sukurtomis inovatyviomis technologijomis.

Nagrinėjamu laikotarpiu prognozuojama, kad Šiaurės Amerika pasižymės sparčiu optinių dangų rinkos augimu, vien dėl to, kad padidės investicijos į gynybos pramonę, tobulinant naudojamos įrangos technologijas, intensyviai vykdant veiklą optinių dangų gamintojams ir didėjant filtro dangų bei skaidrinančių (*anti-reflective*) dangų poreikiams. Tikimasi, kad Europoje prognozuojamo laikotarpio metu padidės optinių dangų paklausa, o tai gali būti siejama su didėjančiomis investicijomis į novatoriškų technologijų mokslinius tyrimus ir plėtrą įvairiose galutinio vartojimo pramonės šakose, tokiose kaip gynyba, medicina, lazerinės technologijos ir kosmoso pramonė, kartu su griežtais reikalavimais energiją taupantiems pastatams kurti. Apskaičiuota, kad Azijos Ramiojo vandenyno regionas užims didelę optinių dangų rinkos dalį, priskiriamą pramonės plėtrai ir augančioms užsienio investicijoms, kartu su didėjančia aukštų ir pažangių technologijų paklausa tokiose apskrityse kaip Indija, Kinija ir Japonija. Tikimasi, kad prognozuojamo laikotarpio metu optinių dangų paklausa žymiai išaugs, o to pasakoje bus atliekamos naujos investicijos į telekomunikacijos pramonę (žr. žemiau pateikta paveikslą).



*Paveikslas 5:* *Pasaulinės optinių dangų pardavimų rinkos analizė pagal geografinius regionus*

### Tiksliniai vartotojai

Tiksliniai UAB „Altechna Coatings“ projekte kuriamų produktų vartotojai yra lazerinių sistemų gamintojai, kurie skirtomi į šias grupes:

* Kietakūnių diodais kaupinamų nanosekundinių ir nuolatinės veikos lazerių gamintojai;
* Ultrasparčiųjų lazerių gamintojai;
* Parametrinių optinių osciliatorių ir stiprintuvų gamintojai;
* Dujinių lazerių gamintojai;
* Lazerinių žiedinių giroskopų gamintojai;
* Lazerinių industrinių ir mokslinių sistemų, skirtų medžiagų mikro ir makro apdirbimui, gamintojai;
* Lazerinės nuotolinių matavimų sistemos (LIDAR) gamintojai;
* Itin tikslių lazerinių interferometrinių matavimų sistemų gamintojai.

Taip pat produktai yra aktualūs ir lazerininius tyrimus vykdančioms laboratorijoms universitetuose bei mokslo institutuose.

Tiksliniai vartotojai siekia įsigyti optinius komponentus, kurie pasižymėtų tam tikromis charakteristikomis. Pagrindiniai kuriamų produktų konkurenciniai pranašumai, leisiantys kompleksiškai patenkinti tikslinių vartotojų poreikius, yra šie:

* Ženkliai mažesnė optinių komponentų kaina nei šiuo metu egzistuoja rinkoje;
* Geresnė optinių komponentų paviršių kokybė;
* Aukštesnės spektrinės charakteristikos;
* Aukštas dielektrinių dangų atsparumas lazerinei spinduliuotei;
* Mažesni optinių komponentų sklaidos ir sugerties nuostoliai;
* Aukštas dangų atsparumas aplinkos poveikiui.

Detalesnė informacija apie pagrindines problemas, su kuriomis susiduria tiksliniai vartotojai ir kurios bus sprendžiamos projekto metu yra pateikta 3.1.1 skyriuje „Produkto pristatymas“.

### Produktų pakeičiamumo lygis

UAB „Altechna Coatings“ kuriamos technologijos ir produktų pakeičiamumo lygis yra žemas dėl savo pranašumų, lyginant su kitais, šiuo metu rinkoje esančiais produktais. Lazerinės optinės dangos pasižymės geresnėmis techninėmis charakteristikomis, visų pirma susijusiomis su:

* sklaidos ir sugerties nuostolių bei paviršinių ir tūrinių dangos defektų sumažinimu;
* didesniu atsparumu lazerio spinduliuotei;
* dangų ilgaamžiškumu;
* didesniu pažaidos lazerio spinduliuotei slenksčiu nei šiuo metu rinkoje esančių produktų charakteristikos.

Šie pranašumai leis sumažinti produktų pakeičiamumo lygį ir įgyti konkurencinį pranašumą. Detalesnė informacija apie kuriamų produktų pranašumus, lyginant su rinkoje esančiais produktais, pateikta 3.1.1 skyriuje „Produkto pristatymas“.

## Pagrindiniai konkurentai

Optinių komponentų ir dangų technologijų subsektorius, kaip dalis lazerinių sistemų sektoriaus, yra labai sudėtingas, kadangi įvairios optinės dangos gamintojai naudoja įvairias medžiagas, dengimo rūšis ir dengimo metodus, skirtus įvairiems tikslams. Optinių dangų gamintojai paprastai yra MTEP pramonės paslaugų teikėjai, kurie specializuojasi ypač sudėtinių medžiagų ir dengimo metodų srityse. Konkurenciniai pranašumai pasiekiami naudojant aukščiausios klasės įrangą, tikslaus proceso kontrolės metodus ir optinės dangos technologijos praktinė patirtis (*know-how*) konkrečiai medžiagai.

Šiuo metu rinkoje siūlomi lazeriniai optiniai komponentai pasižymi aukšta kaina ir žemesnėmis charakteristikomis nei projekto metu kuriami produktai. UAB „Altechna Coatings“ konkuruoja tikslinėse rinkose, kuriose šiuo metu veikia žemiau nurodytos įmonės. Įmonė siekia užimti didesnę rinkos dalį, patenkindama tokius klientų poreikius, kurių negali patenkinti rinkoje veikiančios įmonės. Lentelėje žemiau įvardinami pagrindiniai konkurentai bei jų stipriosios ir silpnosios pusės, atsižvelgiant į tikslinius rinkos segmentus.

*Lentelė 18: Svarbiausi konkurentai*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *Konkurento pavadinimas* | *Rinkos dalis* | *Konkurento stiprybės ir silpnybės* |
| Newport Corporation (JAV) | Newport Corporation metinėje finansinėje ataskaitoje nėra išskiriami optikos lazeriniams taikymams pardavimai, todėl įvardinti užimamą rinkos dalį nėra galimybės. | *Stiprybės.*Viena didžiausių korporacijų fotonikos sektoriuje, kuri tiekia produkciją nuo smulkiausių komponentų iki labai sudėtingų lazerinių sistemų. Puikiai žinomas prekės ženklas rinkoje bei agresyvi marketingo strategija visuose kontinentuose. Platus standartinių komponentų pasirinkimas.  *Silpnybės.*Nėra koncentracijos į UAB „Optomenas“ tinkslinį rinkos segmentą. Didelę produktų krepšelio dalį perką iš trečiųjų šalių ir tinkamai nekontroliuoja kokybės, dėl to parduodamų produktų kokybės ir kainos santykis yra palyginti žemas. Negamina ir neparduoda optinių komponentų, pagamintų pagal specialius klientų poreikius. |
| CRD Optics, Inc (JAV) | CRD Optics nepateikia finansinių duomenų, todėl įvardinti užimamą rinkos dalį nėra galimybės. | *Stiprybės.*Veikla koncentruota į vieno konkretaus produkto gamybą. Turi infrastruktūrą, kuri leidžia pagaminti aukščiausios kokybės veidrodžius.  *Silpnybės.*Labai aukšos kainos, kurios neleidžia įmonei plėstis į kitus rinkos segmentus. Menkai žinoma įmonė Europoje ir Azijoje. Negali keisti veiklos profilio ir pradėti gaminti kitus konkuruojančius produktus. |
| OptoSigma Corporation (JAV) | OptoSigma Corporation finansiniai duomenys nėra laisvai prienami. | *Stiprybės.*Milžiniška organizacija, turinti platų klientų ratą. Vykdo agresyvią marketingo strategiją ir agresyvią verslo plėtrą į naujas rinkas (JAV, Europa). Kokybiški produktai ir platus standartinių produktų sąrašas, apimantis viską nuo paprasčiausių aksesuarų iki sudėtingų optinių sistemų.  *Silpnybės.*Negamnina optinių komponentų pagal specialius klientų poreikius mažais kiekiais. Aukštesnės negu rinkos vidurkis kainos. Didžiąją dalimi veikla orientuota į kitus rinkos segmentus negu UAB „Optomenas“. |
| Layertec GmbH (Vokietija) | Layertec GmbH apyvarta 2017 finansiniais metais buvo 28 milijonai eurų. Tiksliai įvardinti užimamą pasirinkto rinkos segmento dalį nėra galimybės. | *Stiprybės.* Gamybinė įmonė, turinti visas garinimo technologijas. Išvystyta infrastruktūra. Aukšta produktų kokybė ir specialistų kvalifikacija. Rinkoje atpažįstamas prekės ženklas. Tiekia produkciją Vokietijos valstybinėms įmonėms ir stambiausiems tikslinės rinkos klientams.  *Silpnybės.* Ilgas produktų pristatymo terminas (>12 savaičių) ir aukšta kaina. Pasyvi rinkodara bei lėtas klientų aptarnavimas. Teikia tik garinimo paslaugas, o ne galutinį produktą. Netiesiogiai atsisako tiekti produkciją mažoms, labai mažoms įmonėms bei universitetams. |
| Laseroptik GmbH (Vokietija) | Laseroptik GmbH apyvarta 2017 finansiniais metais buvo 3,8 milijonų eurų. Tiksliai įvardinti užimamą pasirinkto rinkos segmento dalį nėra galimybės. | *Stiprybės.* Gamybinė įmonė, turinti visas garinimo technologijas. Išvystyta infrastruktūra. Aukšta produktų kokybė ir specialistų kvalifikacija. Rinkoje atpažįstamas prekės ženklas.  *Silpnybės.* Ilgas produktų pristatymo terminas (>12 savaičių) ir aukšta kaina. Pasyvi rinkodara bei lėtas klientų aptarnavimas. Teikia tik garinimo paslaugas, o ne galutinį produktą. |

1. N. Bloembergen, Role of cracks, pores, and absorbing inclusions on laser induced damage threshold at surfaces of transparent dielectrics, Appl. Optics 12(4), 661–664 (1973). [↑](#footnote-ref-1)
2. Mrohs et al. (Appl. Opt. 55, 104-109 (2016)). [↑](#footnote-ref-2)
3. ISO 21254-1:2011(en) Lasers and laser-related equipment — Test methods for laser-induced damage threshold — Parts 1-4 [↑](#footnote-ref-3)
4. Oslo manual, Guidelines for Collecting and Interpreting Innovations Data, 3rd Edition, OECD, Eurostat, 2005 [↑](#footnote-ref-4)
5. Dėl Prioritetinių mokslinių tyrimų ir eksperimentinės (socialinės, kultūrinės) plėtros ir inovacijų raidos (sumanios specializacijos) krypčių ir jų prioritetų įgyvendinimo programos patvirtinimo. LRV 2014 m. balandžio 30 d. nutarimas Nr. 411 / Dėl Prioritetinės mokslinių tyrimų ir eksperimentinės (socialinės, kultūrinės) plėtros ir inovacijų raidos (sumanios specializacijos) krypties „Nauji gamybos procesai, medžiagos ir technologijos“ prioritetų veiksmų planų patvirtinimo. LR Švietimo ir mokslo ministro ir LR Ūkio ministro 2015 m. vasario 20 d. įsakymas Nr. V-133/4-88 [↑](#footnote-ref-5)
6. ISO 21254-1:2011(en) Lasers and laser-related equipment — Test methods for laser-induced damage threshold — Parts 1-4 [↑](#footnote-ref-6)
7. Remiantis paieškos („laser damage threshols“) duomenimis svetainėje: https://www.sciencedirect.com, 2018-09-21 [↑](#footnote-ref-7)
8. Čia ir toliau: Market Research Future tyrimo duomenys ir prognozės,www.marketresearchfuture.com [↑](#footnote-ref-8)