

Zastosowanie technik laserowych w projektowaniu i wytwarzaniu odzieży

Application of laser techniques in the design and manufacture of clothing

Małgorzata Matusiak^{1*}, Iuliia Sovoleva¹

¹Institut Architektury Tekstyliów, Wydział Technologii Materiałowych i Wzornictwa Tekstyliów,
Politechnika Łódzka

Streszczenie

Laser (ang. *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) jest to urządzenie emitujące promieniowanie elektromagnetyczne z zakresu światła widzialnego, ultrafioletu lub podczerwieni, wykorzystujące zjawisko emisji wymuszonej. Obecnie trudno jest wskazać obszar działania człowieka, w którym nie stosuje się techniki laserowej. Technika laserowa stosowana jest we włókiennictwie i odzieżownictwie do różnych celów, m.in. do pomiarów, obróbki powierzchniowej oraz cięcia materiałów i wyrobów włókienniczych. W ramach niniejszej pracy dokonano przeglądu literatury w zakresie techniki laserowej oraz jej zastosowania we włókiennictwie i odzieżownictwie.

Abstract

Laser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) is a device that emits electromagnetic radiation in the visible, ultraviolet or infrared range, using the phenomenon of stimulated emission. Currently, it is difficult to indicate the area of human activity in which no laser technique is used. Laser technique is used in textiles and clothing for various purposes, including for measurements, surface treatment and cutting of textiles and materials. As part of this work, a review of the literature in the field of laser technology and its application in textiles and clothing was carried out.

Słowa kluczowe: laser, włókiennictwo, odzieżownictwo.

Keywords: laser, textiles, apparel.

1. Wprowadzenie

Laser (ang. *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) jest to urządzenie emitujące promieniowanie elektromagnetyczne z zakresu światła widzialnego, ultrafioletu lub podczerwieni, wykorzystujące zjawisko emisji wymuszonej. Autorem teoretycznych podstaw mechanizmów wzmocnienia

*autor korespondencyjny: dr hab. inż. - małgorzata.matusiak@p.lodz.pl

światła jest Albert Einstein, który już w 1917 roku sformułował teorię „wymuszonego promieniowania”, opisującą możliwość stworzenia elektromagnetycznego promiennika, nazwanego później laserem. Jednakże pierwszy laser został zbudowany dopiero w 1960 roku przez Amerykanina Teodora Maimana. Od tego czasu obserwuje się bardzo szybki rozwój techniki laserowej oraz jej coraz szersze wykorzystanie we wszystkich dziedzinach życia. Obecnie trudno jest wskazać obszar działania człowieka, w którym nie stosuje się techniki laserowej.

Technika laserowa stosowana jest we włókiennictwie i odzieżownictwie do różnych celów, m.in. do pomiarów, obróbki powierzchniowej oraz cięcia materiałów i wyrobów włókienniczych. W ramach niniejszej pracy dokonano przeglądu literatury w zakresie techniki laserowej oraz jej zastosowania we włókiennictwie i odzieżownictwie.

2. Historia lasera

Laser jest źródłem spójnego, monochromatycznego promieniowania elektromagnetycznego [1, 2]. Jest to urządzenie emitujące promieniowanie elektromagnetyczne z zakresu światła widzialnego, ultrafioletu lub podczerwieni, wykorzystujące zjawisko emisji wymuszonej. Nazwa stanowi skrót od angielskiego określenia urządzenia - *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*. Określenie to tłumaczy się, jako „wzmocnienie światła poprzez wymuszoną emisję promieniowania” [2].

Autorem teoretycznych podstaw mechanizmów wzmocnienia światła jest Albert Einstein, który już w 1917 roku sformułował teorię „wymuszonego promieniowania”, opisującą możliwość stworzenia elektromagnetycznego promiennika, nazwanego później laserem. Einstein stwierdził, że jest możliwe pobudzenie najmniejszych cząsteczek materii - atomów, do emisji światła. Jednakże nie był w stanie tego wówczas udowodnić. Dopiero w 1954 roku trzech amerykańskich naukowców: Charles Townes, James Gordon i Herbert Zeiger,

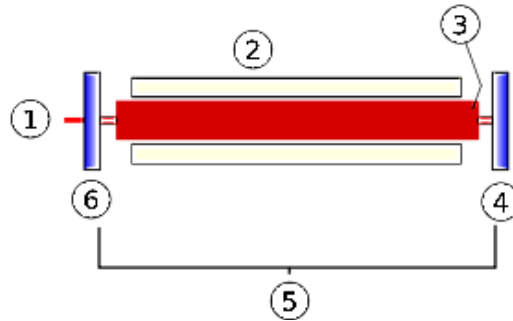
odkryło sposób pobudzania atomów do emisji, jeszcze nie światła, ale mikrofal. Skonstruowali oni pierwszy maser (ang. *Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) - wzmacnianie mikrofal przez wymuszoną emisję promieniowania), czyli urządzenie zdolne emitować silną, dającą się sterować, wiązkę mikrofal. Urzeczywistnieniem teorii Einsteina stał się dopiero laser rubinowy, który został zbudowany w 1960 roku przez Amerykanina Teodora Maimana [3]. Był on uczniem twórcy masera - Charlesa Hard Townesa, amerykańskiego naukowca – fizyka, który opracował podstawy naukowe umożliwiające skonstruowanie lasera rubinowego (Rys. 1).

Theodore Maiman pobudził do emisji pierwszej wiązki światła laserowego pręt z rubinu, umieszczony wewnątrz lampy błyskowej. Przyjmuje się, że era laserów rozpoczęła się właśnie wraz z emisją jaskrawego impulsu głęboko czerwonej barwy. W następnym roku (1961) powstał pierwszy laser gazowy – helowo – neonowy.

Kolejne ważne wydarzenia w historii laserów następowały już bardzo szybko. W 1962 roku Snitzer uruchomił laser na bazie szkła neodymowego, natomiast w roku 1964 Gaisik i Karkos skonstruowali laser na bazie granatu itrowo–glinowego domieszkowanego neodymem. W tym samym roku (1964) irański fizyk Ali Javan, zbudował pierwszy laser helowo–neonowy. Również w 1964 roku przyznano Nagrodę Nobla z fizyki trzem naukowcom: N. G. Basowowi i A. M. Prochorowowi ze Związku Radzieckiego oraz C. H. Townesowi z USA, za prace będące podstawą działania laserów i maserów. W 1964 roku zbudowany został także pierwszy laser półprzewodnikowy z „pompowaniem” diodowym.

W latach 1967 – 69 Bagdasarow i Kamiński skonstruowali laser z wykorzystaniem kryształu perowskitu itrowo–glinowego domieszkowanego neodymem, natomiast Homer, Linz i Gabbe zastosowali fluorek litowo–itrowy. W 1979 roku skonstruowano laser z przestrajaniem częstotliwości na kryształach Aleksandrytu, a w roku 1982 Moulton zaprezentował laser, w którym ośrodkiem czynnym był szafir domieszkowany jonami tytanu.

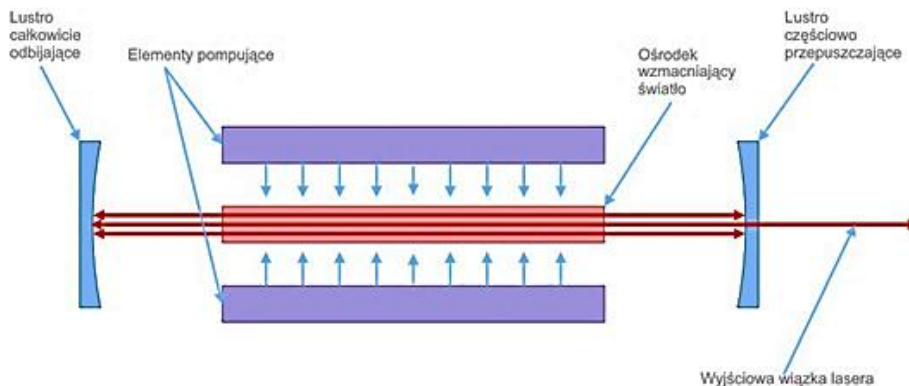
Należy również wspomnieć o pierwszym polskim laserze, który został skonstruowany w 1963 roku w Wojskowej Akademii Technicznej. Był to laser gazowy helowo - neonowy o działaniu ciągłym.



Rys. 1. Schemat lasera rubinowego: (1) promień światła (2) flet (3) pręt rubinowy (4) zwierciadło (5) rezonator optyczny (6) zwierciadło półprzepuszczalne [4].

3. Zasada działania i klasyfikacja laserów

Na laser składają się dwa zwierciadła, pomiędzy którymi znajduje się tzw. ośrodek aktywny (Rys. 2). Jest nim gaz albo minerał, który można wykorzystać do wzmocnienia światła w specyficznych warunkach. W laserze znajduje się jeszcze układ pompujący, który „pompuje” elektrony do ośrodka.



Rys. 2. Schemat budowy i działania lasera [5].

W oparciu o powyższy schemat można opisać zasadę działania większości laserów. Do ośrodka o właściwościach wzmacniających światło dostarczana jest energia świetlna lub elektryczna, co w efekcie powoduje emisję wymuszoną. Proces dostarczania energii do lasera nazywany jest pompowaniem lasera. Ośrodek wzmacniający, najczęściej gaz, umieszczony jest wewnątrz rezonatora składającego się z dwóch zwierciadeł, z których jedno jest całkowicie odbijające, drugie natomiast jest częściowo przepuszczalne. W wyniku emisji wymuszonej wewnątrz rezonatora zapewniającego sprzężenie zwrotne układ staje się generatorem światła. Poprzez zwierciadło półprzepuszczalne (emisyjne) na zewnątrz układu wydostaje się część światła, stanowiąca użyteczną wiązkę laserową. Wiązka ta może zostać poddana dalszej obróbce na drodze optycznej, w celu przygotowania jej do określonych zadań. Promieniowanie lasera jest spójne, zazwyczaj spolaryzowane i ma postać wiązki o bardzo małej rozbieżności. Istnieją również lasery specjalistyczne, których zasada działania jest bardziej skomplikowana.

W skład każdego lasera wchodzi [6]:

- układ pompujący,
- ośrodek czynny,
- rezonator optyczny.

Układ pompujący dostarcza energię do ośrodka czynnego, w którym w odpowiednich warunkach zachodzi akcja laserowa, czyli kwantowe wzmacnianie (powielanie) fotonów, natomiast układ optyczny umożliwia wybranie odpowiednich fotonów. Różne materiały wykorzystane w ośrodku czynnym (aktywnym) powodują powstawanie fali o różnych długościach. To z kolei decyduje o tym, czy widzimy promieniowanie emitowane przez laser, czy nie. Rodzaj ośrodka czynnego decyduje także o tym, jaki kolor ma wiązka promieniowania widzialnego, jeżeli takie jest emitowane przez laser.

Lasery można klasyfikować według różnych kryteriów, m.in. w zależności

od rodzaju pracy, rodzaju widma promieniowania, czy rodzaju ośrodka czynnego.

W zależności od rodzaju pracy lasery dzieli się na:

- ciągłe, czyli emitujące promieniowanie o stałym natężeniu,
- impulsowe, które emitują impulsy światła.

Z kolei pod względem widma promieniowania rozróżnia się:

- lasery w podczerwieni,
- lasery w części widzialnej,
- lasery w nadfiolecie.

W zależności od ośrodka czynnego lasery dzieli się na następujące rodzaje:

- lasery gazowe,
- lasery na ciele stałym,
- lasery na cieczy,
- lasery półprzewodnikowe,
- laser na wolnych elektronach.

Lasery klasyfikuje się również w zależności od mocy emitowanej wiązki promieniowania. Rozróżnia się lasery [7]:

- o małej mocy – od 1 do 6 mW,
- o średniej mocy – do 500 mW,
- o dużej mocy – od 500 mW do 10 kW.

Promień lasera zasadniczo nie ma temperatury. Jest to wiązka fotonów, która padając na powierzchnię powoduje jej rozgrzewanie, gdyż powierzchnia przejmuje energię promieniowania laserowego. Jeżeli laser ma wystarczającą moc, a wiązka pada na przedmiot odpowiednio długo, materiał rozgrzeje się i zacznie się topić albo płonąć. Ponieważ promień ma niezwykle małą średnicę, jest bardzo precyzyjny, dlatego nadaje się do wykorzystania w przemyśle, czy medycynie.

4. Zastosowanie lasera

Ze względu na gwałtownie rosnący krąg zastosowań laserów, nastąpił bardzo szybki rozwój techniki laserowej na świecie. Jeszcze do niedawna dla większości ludzi, laser kojarzył się z techniką militarną i filmami *science-fiction*. Obecnie lasery wdarły się prawie we wszystkie dziedziny naszego życia.

4.1. Zastosowanie laserów w obszarach niezwiązanych z włókiennictwem

Zastosowanie lasera zależy m.in. od jego rodzaju, zwłaszcza rodzaju i mocy emitowanego promieniowania. Lasery wykorzystywane są już niemal powszechnie w medycynie i kosmetologii. W medycynie stosuje się lasery m.in. w okulistyce, chirurgii, neurochirurgii, laryngologii, stomatologii, czy też dermatologii. Laseroterapia wykorzystywana jest zarówno w profilaktyce, jak również terapii wielu chorób cywilizacyjnych, autoimmunologicznych oraz onkologicznych.

W kosmetologii lasery znalazły szerokie zastosowanie stosunkowo niedawno, bo z początkiem lat 90-tych. Wynika to z faktu, że pierwszych laserów nie można było stosować w celach kosmetycznych, gdyż powodowały termiczne obrażenia skóry [8]. Lasery stosowane w zabiegach estetycznych powinny mieć małą moc. Stosowane są w tzw. biostymulacji, czyli zmianie aktywności komórek i tkanek wywołanej naświetlaniem promieniowaniem laserowym. Światło lasera biostymulacyjnego powoduje obkurczanie włókien kolagenowych oraz wpływa na zwiększenie syntezy kolagenu [8].

W mechanice lasery stosowane są m.in. do modyfikacji powierzchni. W tym celu wykorzystuje się różne mechanizmy ich działania. Rozróżnia się modyfikację powierzchni obiektów poprzez grawerowanie, ablację, odbarwianie i spienianie [9]. Fidytek wymienił wiele obszarów, w których wykorzystuje się lasery [7]. Jednakże całkowicie pominął włókiennictwo. A we włókiennictwie lasery są stosowane bardzo szeroko, w wielu różnych aspektach.

4. 2. Zastosowanie laserów we włókiennictwie

We włókiennictwie techniki laserowe stosuje się do różnych celów. Jako podstawowe zastosowania włókiennicze należy wymienić:

- cięcie materiałów,
- obróbka powierzchni,
- pomiary.

W zakresie pierwszego zastosowania, tj. cięcia materiałów włókienniczych, należy przede wszystkim wymienić zastosowanie laserów w odzieżownictwie na krojowni, do rozkroju materiałów (Rys. 3). Technika laserowa rozkroju materiału odzieżowego jest oparta na wymuszonym emitowaniu przez generator gazowy promieni podczerwonych. Zastosowanie lasera umożliwia rozkrój kilku warstw materiałów z włókien naturalnych lub jednej warstwy z włókien syntetycznych [10].



Rys. 3. Laserowy rozkrój materiałów w krojowni [11].

Do cięcia materiałów włókienniczych stosuje się plotery laserowe o różnych parametrach technicznych. Na rys. 4 przedstawiono przykładową wycinarkę laserową firmy Trotec, która może być wykorzystana do materiałów włókienniczych. Jednakże za pomocą ww. wycinarki można ciąć także inne materiały, jak np.: plastik, skórę, czy drewno.



Rys. 4. Wycinarka laserowa Trotec do cięcia m.in. materiałów tekstylnych [12].

Lasery do cięcia tkanin coraz częściej doceniane są w szeroko rozumianym przemyśle mody. Wynika to z możliwości uzyskiwania precyzyjnych i bardzo złożonych kształtów (Rys. 5).



Rys. 5. Przykład laserowego cięcia w wyrobie odzieżowym [13].

Bardzo powszechne staje się laserowe cięcie filcu. Otwiera ono pole do wręcz nieograniczonej kreatywności w tworzeniu nowatorskich wzorów tekstyliów konfekcjonowanych, takich jak np.: torebki, dodatków odzieżowe, paski i wszelakie ozdoby o idealnie zakończonych krawędziach (Rys. 6).



Rys. 6. Dekoracja z laserowo ciętego filcu [14].

W zakresie laserowego cięcia materiałów włókienniczych należy również nadmienić, precyzyjne perforowanie materiałów, które pozwala na uzyskanie efektu koronki (Rys. 7 - 9).

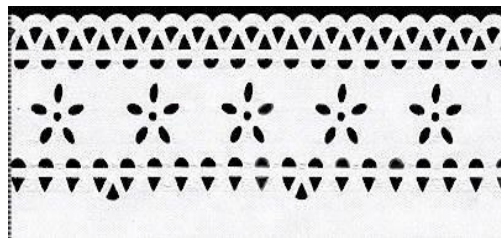
Perforowanie laserowe może być stosowane do wszystkich rodzajów materiałów włókienniczych, jednakże najlepsze efekty uzyskuje się dla materiałów zawierających włókna syntetyczne. Wiązka laserowa łączy krawędzie cięcia na materiałach z włóknami syntetycznymi, np. poliestrowymi, a przez to zabezpiecza krawędzie przed strzępieniem [7].



Rys. 7. Przykład laserowo perforowanej tkaniny [15].



Rys. 8. Sukienka z laserowo perforowanej tkaniny [16].



Rys. 9. Przykład pasmanterii wykonanej techniką laserową [17].

Przy cięciu materiałów włókienniczych z wykorzystaniem lasera należy również wspomnieć o nożyczkach laserowych (Rys. 10). Za pomocą tych nożyczek tnie się w sposób tradycyjny. Wykorzystanie lasera w nożyczkach polega na tym, że po naciśnięciu guzika na cięty materiał pada wiązka światła laserowego. Wytacza ona prostą linię cięcia.



Rys. 10. Nożyczki laserowe [18].

Obróbka powierzchni materiałów włókienniczych za pomocą technik laserowych obejmuje m.in. grawerowanie lub miejscowe odbarwianie.

Grawerowanie laserem polega na wypaleniu różnych, bardzo precyzyjnych wzorów na powierzchni materiału, jednakże bez wycinania otworów. W ten sposób powstaje charakterystyczny efekt wizualny i jednocześnie dotykowy (Rys. 11).

W ten sposób produkt końcowy zyskuje wyjątkowe wykończenie. Grawerowanie laserowe tkanin ma bardzo szerokie zastosowanie w branży odzieżowej, ale również meblowej (obicia), wystroju wnętrz, czy motoryzacyjnej (wykończenia foteli samochodowych).



Rys. 11. Przykład laserowo grawerowanych materiałów włókienniczych [19].

Za pomocą lasera można uzyskiwać różne wzory na tkaninach poprzez miejscowe, zgodnie z zaprojektowanym wzorem, odbarwianie tkaniny barwionej (Rys. 12).



Rys. 12. Przykład laserowego odbarwienia tkaniny [20].

Stosuje się również specjalistyczną obróbkę laserową do uzyskania specjalnych właściwości i funkcji materiałów włókienniczych. Hung i Kan [21] badali wpływ laserowej modyfikacji powierzchni tkanin bawełnianych i bawełniano-poliestrowych na właściwości tkanin. Stwierdzili m.in., że tkaniny bawełniane po obróbce laserowej charakteryzowały się lepszą układalnością i odprężnością po zmięciu niż tkaniny, które nie były poddane modyfikacji laserowej. Z kolei tkaniny bawełniano-poliestrowe poddane działaniu lasera odznaczały się większą sztywnością niż przed zastosowaniem obróbki laserowej.

Jeśli chodzi o wykorzystanie techniki laserowej do pomiarów, należy przede wszystkim wspomnieć zastosowanie laserowych skanerów 3D do pomiarów antropometrycznych. M.in. firma Contec Sp. z o.o., jako wyłączny przedstawiciel na Polskę firmy Human Solutions GmbH, oferuje skanery laserowe 3D.

Firma Human Solutions wytwarza urządzenie do pomiaru całej sylwetki ludzkiej Vitus XXL (Rys. 13) o dokładności wymaganej do badań antropometrycznych oraz Vitus LC do zastosowań w przemyśle odzieżowym i sprzedaży odzieży na miarę, jak również skanery wyspecjalizowane do pomiaru głowy Vitus a'HEAD i stóp Vitus PEDUS.

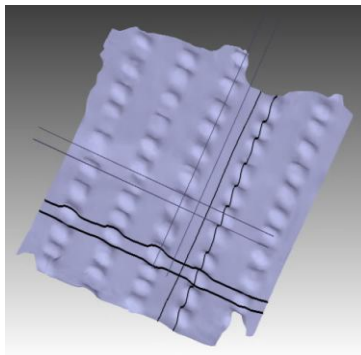


Rys. 13. Laserowy skaner 3D Vitus XXL firmy Human Solutions do pomiarów antropometrycznych [22].

Technikę laserową stosuje się również w innych pomiarach włókienniczych. Matusiak i Frączak [22, 23] wykorzystali technikę laserowego skanowania 3D do pomiaru topografii powierzchni tkanin gofrowanych. W tym celu wykonywali skany tkanin za pomocą ramienia pomiarowego CimCore Romer Ininity 2 (Rys. 14), na którym zamocowano głowicę skanującą Contur Probe. Za pomocą skanera uzyskiwali skany powierzchni badanych tkanin (Rys. 15). Dane uzyskane w wyniku laserowego skanowania 3D zostały następnie przetworzone w programie SolidEdge ST7, w celu wyznaczenia parametrów powierzchni, takich jak procentowy udział powierzchni zgofrowanej w całkowitej powierzchni tkanin, czy maksymalnej wysokości profilu [23, 24].



Rys. 14. Ramię pomiarowe CimCore Romer Ininity 2 z głowicą skanującą Contur Probe [23, 24].



Rys. 15. Skan powierzchni tkaniny gofrowanej wykonany z zastosowaniem skanowania laserowego 3D [23].

Należy zwrócić uwagę na jeszcze jedno ciekawe użycie lasera we włókiennictwie, a mianowicie wykorzystanie lasera do uzyskania efektów specjalnych w postaci światła laserowego emitowanego przez wyrób odzieżowy. Przykładem takiego zastosowania może być „laserowy kostium” (Rys. 16). Projektantem tego wyrobu jest Wei – Chieh Shih z Taiwanu.



Rys. 16. „Laserowy kostium” zaprojektowany przez Wei-Chieh Shih [25].

5. Podsumowanie

W ramach niniejszej pracy dokonano przeglądu literatury w zakresie zastosowania techniki laserowej we włókiennictwie. Na tej podstawie sformułowano następujące wnioski:

- technika laserowa jest coraz powszechniej stosowana we wszystkich dziedzinach życia,

- we włókiennictwie technika laserowa jest wykorzystywana m.in. do różnego rodzaju pomiarów, obróbki powierzchni materiałów włókienniczych oraz cięcia materiałów i wyrobów włókienniczych,
- zastosowanie techniki laserowej w odzieżownictwie daje szereg możliwości, zwłaszcza w zakresie uatrakcyjnienia wzornictwa wyrobów odzieżowych poprzez ozdobne cięcie, perforowanie, czy grawerowanie.

Literatura

- [1] Ziętek B.: *Lasery*, Wydawnictwo Naukowe UMK, Toruń 2008.
- [2] Karczmarek F.: *Podstawy działania laserów*, PWN, Warszawa 1983.
- [3] <https://skinmed.com.pl> [dostęp dn. 15. 01. 2018].
- [4] <https://pl.wikipedia.org> [dostęp dn. 15.01.2018].
- [5] <https://www.porownaj-laser.pl> [dostęp dn. 15.01.2018].
- [6] <https://www.palico.eu/> [dostęp dn. 15.01.2018].
- [7] <http://cami-antiaging.eu/> [dostęp dn. 15.01.2018].
- [8] Łabędzka H., Jędrasik E., Wasilewska – Michałak A.: *Zastosowanie laserów w kosmetologii*, *Postępy Kosmetologii*, **3** (2), 2011: 37 – 41.
- [9] <http://www.palico.eu/dzialanie-lasera-na-powierzchnie> [dostęp dn. 15.01.2018].
- [10] Pawłowa M., Figura E., Solska A.: *Modułowy program kształcenia zawodowego*, w: *Kształcenie zawodowe specjalistów obuwnictwa i odzieżownictwa*, ITEE, Radom 2008.
- [11] <https://www.youtube.com/watch?v=d7KW0tFFQ3> [dostęp dn. 18.01.2018].
- [12] <https://www.troteclaser.com/pl/maszyny-laserowe> [dostęp dn. 18.01.2018].
- [13] <http://www.cocomoda.pl> [dostęp dn. 15.01.2018].
- [14] <http://www.fugere.pl/galeria/filc> [dostęp dn. 02.02.2018].
- [15] <http://zdobienieodziezy.pl/kategorie/5-laserplotery.html> [dostęp dn. 02.02.2018].
- [16] <http://www.osgraf.pl> [dostęp dn. 15.01.2018].
- [17] <http://www.dms-lodz.com.pl/> [dostęp dn. 15.01.2018].
- [18] <http://trendu.pl/gadzety/laserowe-nozyczki> [dostęp dn. 15.01.2018].
- [19] <http://zdobienieodziezy.pl/kategorie/5-laserplotery.html> [dostęp dn. 04.02.2018].
- [20] Soloveva J.: *Zastosowanie technik laserowych w projektowaniu i wytwarzaniu odzieży* – praca dyplomowa pod kierunkiem Małgorzaty Matusiak, Politechnika Łódzka, Łódź 2018.
- [21] Hung O., Kan C.: *Effect of CO₂ laser treatment on the fabric hand of cotton and cotton/polyester blended fabric*, *Polymers*, **9**, 2017, str. 609.
- [22] <http://www.contec.pl> [dostęp dn. 15.01.2018].

- [23] Matusiak M., Frączzak Ł.: *Influence of kind of weft yarn on properties of the seersucker woven fabrics*, Autex Research Journal, **16** (4), 2016, str. 214-221.
- [24] Matusiak M., Frączzak Ł.: *Investigation of waviness of 3D woven fabrics*, w: Innovations in Clothing Design, Materials, Technology and Measurement Methods, Politechnika Łódzka, Łódź 2015.
- [25] <https://www.designboom.com> [dostęp dn. 15.01.2018].