

OCTROOIAANVRAAG

Vorrangsdatum : 24/09/2014

Internationale classificatie : G02C 5/22, B29D 12/02, B29C 67/00

Aanvraagnummer : BE2015/5591

Indieningsdatum : 24/09/2015

Aanvrager :

MATERIALISE NV
3001, LEUVEN
België

Uitvinder :

Plaghki Roman
3001 Leuven
België

RASSCHAERT Jolien
3000 LEUVEN
België

Schiettecatte Philippe
3001 Leuven
België

VERLEYSEN Willem Jan
TERVUREN
België

VANDECRUYS Dries
HEUSDEN
België

ROELS Tom
OUD-HEVERLEE
België

3D-geprinte bril met geïntegreerde scharnier en werkwijzen voor de productie daarvan

Een 3D-geprint brilfront met een geïntegreerde scharnier wordt beschreven. Op gunstige wijze is het geïntegreerde scharniersamenstel een gekruiste veerscharnier. Tevens wordt voorzien in werkwijzen voor de productie van een 3D-geprint brilfront.

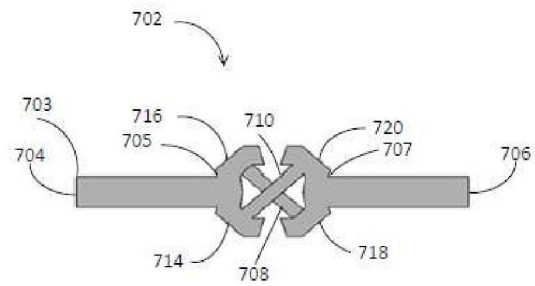


FIG. 7A

3D-geprinte bril met geïntegreerde scharnier en werkwijzen voor de productie daarvan

Achtergrond van de uitvinding

5

Toepassingsgebied van de uitvinding

De onderhavige uitvinding heeft specifiek betrekking op brillen, meer in het bijzonder op 3D-geprinte brillen.

10

Beschrijving van de betrokken technologie

Brillen en zonnebrillen bevatten in het algemeen een voorfront, aan het voorfront bevestigde eindstukken, brilveren die zich van de eindstukken uitstrekken tot over de oren van de drager, en een paar scharnieren ter bevestiging van de brilveren aan de eindstukken. In het algemeen bevat het voorfront een paar glasdragers waarin de lenzen zijn opgenomen, verbonden door een brug en/of beugel. De glasdragers zijn typischerwijs aan de scharnier verbonden door middel van een eindstuk. Recenter bevat het voorfront een bovenste component die één enkele unitaire lens houdt. Typischerwijs verbindt het paar scharnieren het voorfront en de brilveren aan elkaar. Elke scharnier bevat typischerwijs een middendeel, twee op een afstand van elkaar gehouden en in het algemeen parallelle scharnierbladen, en een pen. Het middendeel is voorzien van een doorgaand gat voor de pen en de scharnierbladen zijn voorzien van een paar axiaal uitgelijnde doorgaande gaten voor de pen. De scharnierbladen zijn rond het middendeel geplaatst, de doorgaande gaten axiaal uitgelijnd en de verbindingspen wordt in de gealigneerde doorgaande gaten gebracht om het middendeel en de scharnierbladen onderling met elkaar te verbinden. Een brilscharnier van het "paumelle"-type is soortgelijk, behalve dat ze verschillende middendelen bevat met scharnierbladen. In het algemeen zijn de scharnieren van een ander materiaal gemaakt dan het front.

De laatste jaren werden tal van verbeteringen aangebracht in het ontwerp en de productie van brillen die leidden tot lichte, comfortabele en aantrekkelijke producten. Deze productverbeteringen hebben evenwel een aantal problemen met klassieke brilontwerpen blootgelegd. Vooreerst zijn veel brillen zeer delicaat, tellen ze veel kleine componenten, en vergen reparaties en montage gesofistikeerd gereedschap of op maat gemaakt onderdelen. Ten tweede breken de

35

delicate componenten onvermijdelijk na lang gebruik en zijn de reparaties tijdrovend, duur of ongemakkelijk voor de gebruiker. Ten derde is het voor bepaalde fronten vaak moeilijk, duur of onmogelijk om de glazen op maat te maken voor een bepaalde gebruiker. Bovendien kunnen reparaties aan beschadigde
5 brilglazen vaak niet door de eindgebruiker worden uitgevoerd, wat het bezoek aan een optiker, oftalmoloog of optometrist vereist.

Een belangrijk probleem met veel brilontwerpen is de noodzaak aan een veelheid van bevestigingsmiddelen zoals schroeven, pennen of kleine bouten. Deze bevestigingsmiddelen kunnen zijn geordend op scharnierpunten tussen de
10 brilveer en het scharnierblok, op verschillende plaatsen op de glasdragers. In een aantal gevallen worden verschillende types van bevestigingsmiddelen gebruikt op dezelfde bril. Bovendien beschikt de verkoper vaak niet over een voorraad van deze bevestigingsmiddelen en moeten speciale bestellingen worden geplaatst om
15 reparaties uit te voeren.

Bevestigingsmiddelen kunnen worden gebruikt op zowel de glasdragers als de scharnieren. Als ze worden gebruikt op glasdragers, helpen de bevestigingsmiddelen om een lens op haar plaats te houden, de glasdragers te
20 bevestigen aan ander deel van de bril, of uit verschillende delen bestaande samen te houden. In elk geval zijn bevestigingsmiddelen, zowel schroeven, pinnen als bouten, na langere tijd dragen onderhevig aan defecten. Als dat gebeurt, gaan de bevestigingsmiddelen vaak verloren en zal het product nutteloos zijn tot na een reparatie.

Bevestigingsmiddelen worden ook gebruikt voor brilscharnieren, waarvoor een veelheid van ontwerpen bestaat. Sommige brilontwerpen vergen bevestigingsmiddelen zoals schroeven of kleine bouten. Andere ontwerpen werken met draadloze bevestigingsmiddelen zoals pinnen. Sommige ontwerpen maken
30 tevens gebruik van een kleefstof, sluitringen, of perspassingen. Met al deze ontwerpen kan de schroef, bout of pin uit de scharnier of een ander deel van het front raken waardoor de bril niet meer kan worden gedragen en waardoor nieuwe onderdelen moeten worden gekocht, speciaal gereedschap moet worden gebruikt, en/of een optiker moet worden bezocht om reparaties uit te voeren.

Een ander probleem met brilscharnieren is dat ze vaak worden blootgesteld aan hoge spanningen als gevolg van accidenteel of gewild verkeerd gebruik. Brillen worden vaak gedragen bij vrijetijds- of sportactiviteiten. Wanneer een bril wordt gekocht, moet niet enkel aandacht worden besteed aan de functionaliteit, maar ook aan het uiterlijk, de duurzaamheid en de veiligheid. Klassieke brilscharnieren breken vaak, of vervormen, onder een zekere spanning. Een gebroken bril kan niet worden gedragen, en een vervormde bril past soms niet meer. Bij de meeste moderne ontwerpen kan de reparatie gepaard gaan met heel wat opleiding, de aankoop van wisselstukken of het gebruik van onzichtbare materialen zoals tape of lijm.

Scharnieren kunnen in het front van een bril worden opgenomen in een montageproces zoals hiervoor beschreven, waarbij een deel van de scharnier is gemaakt van een ander materiaal dan het front zelf, of als een andere mogelijkheid kan de scharnier integraal deel uitmaken van het front en bijgevolg met dezelfde productietechnologie gemaakt als het front. Met de komst van de 3D-printtechnologie kunnen nu brilontwerpen worden gemaakt die op maat kunnen worden gemaakt en gepersonaliseerd. De productiekosten kunnen worden gedrukt door mindere materialen te gebruiken, maar die leiden tot mindere prestaties als gevolg van spanningen en slijtage. Er blijft dus een behoefte bestaan aan brillen en productiewerkwijzen ervoor die de ontwerp mogelijkheden optimaliseren en tegelijk de tekortkomingen en prestatieproblemen van 3D-geprinte materialen reduceren.

Samenvatting

De onderhavige uitvinding is gericht op verbeterde systemen en werkwijzen voor het ontwerp en de productie van 3D-geprinte brilfronten met geïntegreerde scharnieren, die de genoemde nadelen overwinnen.

Het gebruik van 3D-printtechnologie bij de productie van brilfronten wordt populairder. Het vermogen van deze technologie om op goedkope wijze fronten op maat te maken, is een belangrijk voordeel van 3D-printing. Deze aanvraag beschrijft brilscharnieren die zijn gemaakt met, en integraal zijn verbonden aan, het front. Eveneens beschreven, worden 3D-geproduceerde brilfronten met een voorfront, een integraal aan het voorfront bevestigd eindstuk, een integraal met het eindstuk verbonden brilveer en ten minste één gekruist veerscharniersamenstel tussen het eindstuk en de brilveer, waarbij de gekruiste

veerscharnier een eerste arm en een tweede arm vertoont. Op gunstige wijze kunnen de eerste en de tweede arm zijn geordend in x-vorm.

5 Op gunstige wijze beschrijven een aantal uitvoeringsvormen volgens deze uitvinding scharnieren die volledig zijn geïntegreerd zonder de noodzaak aan schroeven, pinnen of bouten, voor brilfronten die zijn gemaakt met de 3D-printtechnologieën. De scharnieren vertonen verschillende kenmerken en printinstructies die elk de gewenste prestaties weerspiegelen.

10 Op gunstige wijze bieden een aantal uitvoeringsvormen volgens deze uitvinding de mogelijkheid om de bril herhaaldelijk te openen en sluiten zonder het front te beschadigen.

15 Een ander voordeel van een aantal uitvoeringsvormen volgens deze uitvinding is de duurzame flexibiliteit: de combinatie van bouworiëntatie, relatieve positie ten opzichte van de brilveren en de aanwezigheid van veerscharnieren vermijdt de opbouw van excessieve spanningen in zekere zones. De afwezigheid van lokale spanningen leidt tot een verlengde levensduur van de bril.

20 Een ander voordeel in een aantal uitvoeringsvormen volgens deze uitvinding is het comfort (het goede aanpassen en de stabiliteit) bij het dragen van de bril. In een "open" positie vormen de gekruiste scharnieren een welbepaalde hoek, bijvoorbeeld 45°, en bieden ze naar binnen gerichte krachten, zodat het brilfront stevig tegen het hoofd van de drager wordt gedrukt. Ook de magnitude
25 van deze kracht kan vooraf worden bepaald, aangezien de (ongewenste) zijwaartse flexibiliteit kan worden geregeld door de werkelijke dikte van de elementen van de kruisscharnier. Voorts kan het aantal gekruiste scharnieren worden bepaald en kan de wijze waarop ze worden verbonden worden geselecteerd vóór de productie.

30 Een ander voordeel in een aantal uitvoeringsvormen volgens deze uitvinding is het gemak om het front samen te vouwen en in een behuizing op te bergen. Een welbepaalde hoek tussen de brilveren en het voorfront garandeert dat geen buitensporige kracht vereist is om de brilveren naar binnen te vouwen. Aangezien de gevouwen positie niet de evenwichtspositie is, kan enige kracht
35 vereist zijn om de brilveren gevouwen te houden. Een additionele vergrendeling kan helpen om deze positie aan te houden.

Een ander voordeel van een aantal uitvoeringsvormen volgens deze uitvinding is de economisch efficiënte productie van de bril. Nog een ander voordeel van een aantal uitvoeringsvormen volgens deze uitvinding is het feit dat de
5 brilscharnieren kunnen worden gemaakt van hetzelfde materiaal als het front en door middel van dezelfde productietechnologie, en dat ze integraal aan het front zijn verbonden. Het produceren van 3D-geprinte brilscharnieren van hetzelfde materiaal als het front is een uitdaging omwille van de beperkte beschikbaarheid van elastische materialen.

10 In één uitvoeringsvorm wordt een brilfront beschreven. Dit brilfront kan worden gemaakt door middel van een 3D-printproces, waarbij het genoemde front bevat: een voorfront, een integraal aan het genoemde voorfront bevestigde eindstuk, ten minste één aan het genoemde eindstuk bevestigde brilveer, en ten
15 minste één gekruiste veerscharnier, geordend tussen het genoemde eindstuk en de genoemde brilveer, waarbij de gekruiste veerscharnier een eerste scharnierarm en een tweede scharnierarm bevat en de eerste en de tweede arm een x-vorm aannemen.

20 In een andere uitvoeringsvorm kan het front worden gemaakt van een materiaal geselecteerd uit de groep die bestaat uit polyurethaan, polyamide, polyamide met additieven zoals glas- of metaalpartikels, resorbeerbare materialen zoals polymeer-keramiek composieten, aluminium, kobaltchroom, roestvrij staal, maragingstaal, nikkellegering, titanium, alumide en carbonmide.

25 In een andere uitvoeringsvorm bevat het brilfront voorts een bevestigingselement.

30 In een andere uitvoeringsvorm is het bevestigingselement geselecteerd uit de groep die bestaat uit een anker, een incisie, en een haak.

In een andere uitvoeringsvorm wordt ten minste één brilveer gedwongen in een hoek van minder dan 90° ten opzichte van het voorfront.

In nog een andere uitvoeringsvorm wordt ten minste één brilveer gedwongen in een rustpositie met een hoek van tussen 30° en ong. 45° ten opzichte van het voorfront.

5 In een andere uitvoeringsvorm bevat het brilfront voorts een bereikbegrenzer, waarbij de genoemde bereikbegrenzer de opening van de genoemde brilveer belet met een hoek groter dan een welbepaalde hoek ten opzichte van het voorfront.

10 In nog een andere uitvoeringsvorm wordt een ander brilfront beschreven. Dit brilfront wordt gemaakt door middel van een 3D-printproces, waarbij het genoemde front bevat: een voorfront, een integraal aan het genoemde voorfront bevestigde eindstuk, een aan het genoemde eindstuk bevestigde brilveer, en ten minste één gekruiste veerscharnier, geordend tussen het genoemde
15 eindstuk en de genoemde brilveer, waarbij de gekruiste veerscharnier een eerste arm en een tweede arm bevat en de eerste en de tweede arm parallel zijn aan elkaar.

 In een andere uitvoeringsvorm wordt voorzien in een werkwijze voor
20 de productie van een bril. waarbij de werkwijze omvat: het definiëren van ontwerpeigenschappen van de genoemde bril, het selecteren van het type van geïntegreerde gekruiste veerscharnier om te gebruiken in de genoemde bril, het definiëren van de bouworientatie van de genoemde bril, het compileren van 3D-printinstructies voor de genoemde bril, het produceren en afwerken van de
25 genoemde bril door middel van 3D-printtechnologie.

 In een andere uitvoeringsvorm wordt de gekruiste veerscharnier geproduceerd in een bouworientatie waarin een vlak gevormd door een x-as en een y-as van een 3D-printmachie parallel is aan een door twee brilveren gevormd
30 tweedimensionaal vlak.

 In een andere uitvoeringsvorm wordt het brilfront gemaakt van ten minste één van de volgende materialen: polyurethaan, polyamide, polyamide met additieven zoals glas- of metaalpartikels, resorbeerbare materialen zoals
35 polymeer-keramiek composieten, aluminium, kobaltchroom, roestvrij staal, maragingstaal, nikkellegering, titanium, alumide en carbonmide.

In een andere uitvoeringsvorm is het bevestigingselement geselecteerd uit de groep die bestaat uit een anker, een incisie, en een haak.

5 In een andere uitvoeringsvorm omvat de werkwijze voorts: het definiëren van ten minste één eigenschap van het gekruiste veerscharniersysteem, het bepalen of meer dan één gekruiste veerscharnier moet worden gebruikt, het bepalen of een passieve connector moet worden gebruikt.

10 Beknorte beschrijving van de tekeningen

Deze en andere eigenschappen, aspecten en voordelen van de in deze publicatie beschreven uitvinding worden beschreven in wat volgt onder verwijzing naar de tekeningen van voorkeursuitvoeringsvormen die illustratief zijn bedoeld en die niet zijn bedoeld om de uitvinding te beperken. Bovendien werden in 15 de verschillende figuren dezelfde verwijzingsgetallen gebruikt om dezelfde componenten van een geïllustreerde uitvoeringsvorm aan te duiden. Hierna volgt een beknopte beschrijving van elk van de tekeningen.

Figuur 1 is een blokdiagram dat voorziet in een illustratie op hoog niveau van een systeem dat kan worden gebruikt voor het ontwerpen en 20 produceren van driedimensionale (3D-) objecten.

Figuur 2 is een functioneel blokdiagram van één voorbeeld van een computer uit figuur 1.

Figuur 3A is een voorbeeld op hoog niveau van een proces voor de productie van een driedimensionaal object. 25

figuur 3B is een blokdiagram op hoog niveau van verschillende aspecten van een systeem van additive manufacturing dat kan worden gebruikt voor het toepassen van verschillende in deze tekst beschreven uitvoeringsvormen.

30 Figuur 3C is een blokdiagram dat een gedetailleerder zicht biedt op de 3D-gegevensvoorbereidings- en STL-editingmodule van figuur 3B.

Figuur 4 is een schematische illustratie van een driedimensionale printmachine die kan worden gebruikt voor het uitvoeren van de in deze tekst beschreven technieken volgens één of meerdere uitvoeringsvormen.

35 Figuur 5 is een grafische illustratie van een elementaire zonnebril.

Figuur 6 is een grafische weergave van het scharniersysteem van een elementaire zonnebril.

- Fig. 7A-7C bieden een grafische voorstelling van een brilscharniersysteem dat kan worden gebruikt in overeenstemming met één of meerdere uitvoeringsvormen.
- 5 Fig. 7D-7E bieden een grafische voorstelling van een brilscharniersysteem met buigende armen in de vorm van een gekruiste bladveer dat kan worden gebruikt in overeenstemming met één of meerdere uitvoeringsvormen.
- 10 Fig. 8A-8C bieden een grafische voorstelling van een ander brilscharniersysteem dat kan worden gebruikt in overeenstemming met één of meerdere uitvoeringsvormen.
- Fig. 9A-9C bieden een grafische voorstelling van nog een ander brilscharniersysteem dat kan worden gebruikt in overeenstemming met één of meerdere uitvoeringsvormen.
- 15 Fig. 10A-10C bieden een grafische voorstelling van een brilscharniersysteem met een bereikbegrenzer dat kan worden gebruikt in overeenstemming met één of meerdere uitvoeringsvormen.
- Fig. 11A-11B bieden een grafische voorstelling van een bouwpositie van een bril dat kan worden gebruikt in overeenstemming met één of meerdere uitvoeringsvormen.
- 20 Figuur 12 is een stroomschema dat een voorbeeld illustreert van een werkwijze voor brilontwerp en -productie in overeenstemming met één of meerdere uitvoeringsvormen.
- Figuur 13 is een stroomschema van een subproces dat een gedetailleerder beeld illustreert van de selectie van een scharnier in
- 25 overeenstemming met één of meerdere uitvoeringsvormen.

Gedetailleerde beschrijving van bepaalde uitvoeringsvormen van de uitvinding

30 De volgende gedetailleerde beschrijving en de bijgevoegde figuren zijn gericht op bepaalde specifieke uitvoeringsvormen. De in om het even welke specifieke context beschreven uitvoeringsvormen zijn niet bedoeld om deze publicatie te beperken tot de gespecificeerde uitvoeringsvorm of tot om het even welke specifiek gebruik. De mensen uit het vak zullen begrijpen dat de beschreven uitvoeringsvormen, aspecten en/of kenmerken niet beperkt zijn tot om het even

35 welke specifieke uitvoeringsvormen. De in deze tekst beschreven inrichtingen, systemen en werkwijzen kunnen worden ontworpen en geoptimaliseerd om te worden gebruikt in een veelheid van domeinen.

De verwijzing in het geheel van deze specificatie naar "één uitvoeringsvorm", "een uitvoeringsvorm", "sommige aspecten", "een aspect" of "één aspect" betekent dat een specifiek kenmerk, een specifieke structuur of een specifieke eigenschap die is beschreven in verband met de uitvoeringsvorm of het aspect is vervat in ten minste één van de uitvoeringsvormen van de onderhavige uitvinding. De uitdrukkingen "in één uitvoeringsvorm", "in een uitvoeringsvorm", "sommige aspecten", "een aspect" of "één aspect" wanneer die voorkomen op verschillende plaatsen in het geheel van deze specificatie verwijzen dus niet per se alle naar dezelfde uitvoeringsvorm of hetzelfde aspect, hoewel dat toch ook het geval kan zijn. Bovendien kunnen de specifieke kenmerken, structuren of eigenschappen worden gecombineerd op om het even welke geschikte wijze, zoals dat duidelijk zal zijn voor de mensen uit het vak, en wel in één of meerdere combinaties of aspecten. Bovendien, terwijl sommige in deze tekst beschreven uitvoeringsvormen of aspecten enkele maar niet alle in andere uitvoeringsvormen of aspecten vervatte kenmerken bevatten, zijn combinaties van kenmerken van verschillende uitvoeringsvormen of aspecten bedoeld als vallende binnen het toepassingsgebied van de uitvinding, en vormen zij, zoals dat zal worden ingezien door de mensen uit het vak, verschillende uitvoeringsvormen of aspecten. Bij wijze van voorbeeld kunnen in de bijgevoegde conclusies om het even welke van de eigenschappen van de in de conclusies beschreven uitvoeringsvormen of aspecten worden gebruikt in om het even welke combinatie.

De uitvinding is ten dele gebaseerd op de ontdekking van een scharnier die bijzonder geschikt is voor implementering met 3D-geprinte brilfronten. Zoals met meer details wordt beschreven in wat volgt, overwinnen de scharnier en brilfronten die de scharnier bevatten veel van de nadelen van brilontwerpen van de vorige stand van de techniek. De scharnier en brilfronten die het beschreven scharniersamenstel bevatten, bieden de mogelijkheid om de brilveren van het brilfront herhaaldelijk te openen en sluiten zonder het brilfront te beschadigen of de scharnier te belasten/onder spanning te zetten. Bovendien bieden de 3D-geprinte brilfronten die het beschreven scharniersamenstel bevatten comfort (verbeterd, goed aanpassen en stabiliteit) als de brilfronten worden gedragen en weer verwijderd. De brilfronten kunnen gemakkelijk worden gevouwen. Nog een voordeel van de 3D-geprinte brilfronten met gekruiste veerscharnieren bestaat uit de mogelijkheid om goedkoop fronten te produceren

met gebruik van 3D-printtechnologie, terwijl de mogelijkheid bestaat tot aanpassingen en creativiteit voor wat betreft het ontwerp.

In één aspect worden brilfronten met een gekruist scharnier-samenstel gemaakt door middel van klassieke 3D-printtechnologie. De mensen uit het vak zullen begrijpen dat de in deze tekst beschreven technieken en werkwijzen kunnen worden uitgevoerd met gebruik van verschillende systemen van additive manufacturing en/of driedimensionaal (3D-) printen. Op soortgelijke wijze kunnen de producten die worden gevormd door de in deze tekst beschreven technieken en werkwijzen worden gevormd door middel van verschillende systemen en materialen van additive manufacturing en/of driedimensionaal printen. In het algemeen starten technieken van additive manufacturing of driedimensionaal printen van een digitale voorstelling van het te vormen driedimensionale object. Gewoonlijk wordt de digitale voorstelling verdeeld in een reeks doorsnedelagen die op elkaar worden gelegd om het object als geheel te vormen. De lagen vertegenwoordigen het driedimensionale object en kunnen worden gegenereerd met gebruik van modelleerprogrammatuur voor additive manufacturing, uitgevoerd door een computerinrichting. De software kan bijvoorbeeld computer aided design and manufacturing (CAD/CAM)-software bevatten. Informatie over de doorsnedelagen van de driedimensionale object kunnen worden opgeslagen in de vorm van doorsnedegegevens. Een machine of systeem van additive manufacturing of driedimensionaal printen maakt gebruik van de doorsnedegegevens met oog op het laag na laag vormen van het object. Op dezelfde wijze maakt additive manufacturing of driedimensionaal printen mogelijk dat driedimensionale objecten worden geproduceerd, direct uitgaande van door middel van de computer gegenereerde gegevens, bijvoorbeeld computer aided design (CAD)-bestanden. Additive manufacturing of driedimensionaal printen biedt de mogelijkheid om zowel eenvoudige als complexe objecten te produceren zonder verdere bewerking en zonder de noodzaak om verschillende onderdelen nog te assembleren.

Voorbeelden van additive manufacturing en/of driedimensionaal printen zijn onder andere stereolithografie, selective laser sintering, fused deposition modeling (EDM), druppelsproeitechnologieën, op folie gebaseerde technieken e.d. Stereolithografie ("SLA"), bij wijze van voorbeeld, maakt gebruik van een recipiënt met vloeibaar fotopolymeer "hars" om een object één laag per keer te vormen. Elke laag bevat een doorsnede van het object dat moet worden

gevormd. Eerst wordt een laag hars afgezet over de hele vormzone. Een eerste laag hars kan bijvoorbeeld worden afgezet op een basisplaat van een systeem van additive manufacturing. Vervolgens tast een elektromagnetische straal een specifiek patroon af op het oppervlak van het vloeibare hars. De elektromagnetische straal kan worden afgeleverd in de vorm van één of meerdere laserstralen die door de computer worden gestuurd. De blootstelling van het hars aan de elektromagnetische straal verhardt het patroon dat wordt gevolgd door de elektromagnetische straal en maakt dat het hars zich gaat hechten aan de laag eronder. Nadat een laag hars is gepolymeriseerd, daalt het platform af met de dikte van één enkele laag en wordt een volgende laag hars afgezet. Op elke laag hars wordt een patroon gevolgd, en het nieuw gevolgde laagpatroon gaat zich hechten aan de vorige laag. Door dit proces te herhalen kan een volledig driedimensionaal object worden gevormd. Het verharde driedimensionale object kan worden verwijderd van het SLA-systeem en verder worden bewerkt in de naverwerking.

Selective laser sintering ("SLS") is een andere techniek van additive manufacturing die gebruikmaakt van een laser met hoog vermogen of een andere geconcentreerde energiebron om kleine fuseerbare partikels van het verhardbare materiaal te fuseren. In een aantal uitvoeringsvormen kan selective laser sintering ook "selectief lasersmelten" worden genoemd. In een aantal uitvoeringsvormen kan de laser met hoog vermogen een koolstofdioxidelaser zijn voor gebruik in de verwerking van bijvoorbeeld polymeren. In een aantal uitvoeringsvormen kan de laser met hoog vermogen een vezellaser zijn voor gebruik in de verwerking van bijvoorbeeld metalen materialen. De mensen uit het vak zullen begrijpen dat in een aantal uitvoeringsvormen ook andere types laser met hoog vermogen kunnen worden gebruikt, op basis van de specifieke toepassing. De partikels kunnen worden gefuseerd door de partikels samen te sinteren of te lassen met gebruik van de laser met hoog vermogen. De kleine fuseerbare partikels van het verhardbare materiaal kunnen worden gemaakt van kunststofpoeders, polymeerpoeders, metaal (direct metal laser sintering)-poeders, of keramiekpoeders (bij wijze van voorbeeld glaspoeders e.d.). De fusie van deze partikels levert een object op dat een gewenste driedimensionale vorm vertoont. Een eerste laag poedermateriaal kan bijvoorbeeld worden afgezet op een basisplaat. Een laser kan worden gebruikt om de eerste laag poedermateriaal selectief te fuseren door middel van het scannen van het poedermateriaal met het oog op het creëren en vormen van een eerste doorsnedelaag van het

driedimensionale object. Nadat elke laag is gescand en elke doorsnedelaag van het driedimensionale object is gevormd, kan het poederbed met één laag dikte worden verlaagd, kan een nieuwe laag poedermateriaal bovenop de vorige laag worden afgezet, en kan het proces worden herhaald tot de productie voltooid is en het object is gegenereerd. De doorsnedelagen van het driedimensionale object kunnen worden gegenereerd met gebruik van een digitale driedimensionale beschrijving van het gewenste object. De driedimensionale beschrijving kan worden geleverd door een CAD-bestand of door middel van gescande gegevens die in een computerinrichting worden ingevoerd. Het verharde driedimensionale object kan worden verwijderd van het SLS-systeem en verder worden bewerkt in de naverwerking.

Tot geschikte systemen van additive manufacturing of driedimensionaal printen voor gebruik in deze toepassing horen, zonder daartoe te zijn beperkt, verschillende implementeringen van SLA- en SLS-technologie. Geschikte materialen zijn onder andere, zonder daartoe te zijn beperkt, hoogwaardige polymeren zoals polypropyleen, thermoplastisch polyurethaan, polyurethaan, polyethyleen, acrylonitril-butadien-styreen (ABS), polycarbonaat (PC), PC-ABS, polyamide, polyamide met additieven zoals glas- of metaalpartikels, met inbegrip van blokcopolymeren, resorbeerbare materialen zoals polymeerkeramiek composieten, en polyacrylamide, polystyreen, acrylonitril-butadien-styreen (ABS), polyoxymethylene (POM), polyvinyl chloride, polyesters. Voorbeelden van in de handel verkrijgbare materialen zijn onder andere: de materialen van de DSM Somos[®]-reeks 7100, 8100, 9100, 9420, 10100, 11100, 12110, 14120 en 15100 van DSM Somos; Accura plastics en/of harsen, DuraForm, CastForm, Laserform en VisiJet van 3-Systems; aluminium-, kobalt-chroom- en roestvrij stalen materialen; maragingstaal; nikkellegering; titanium; de PA-materialenlijn, PrimeCast-en PrimePart-materialen en Alumide en CarbonMide van EOS GmbH; de PA-productlijn materialen van Arkema, waaronder Orgasol[®] Invent Smooth, Rilsan[®] Invent Natural, Rilsan[®] Invent Black; Tusk Somos[®] SolidGrey3000, TuskXC2700T, Tusk2700W, Poly1500, Xtreme, NanoTool, Protogen White, WaterClear; polyethyleen, (met)acrylaten en epoxy's.

Terwijl veel 3D-printmachines voorwerpen in één materiaal printen, maken sommige 3D-printtechnologieën printen mogelijk in meer dan een materiaal (multimateriaal). Deze technologieën zijn typischerwijs die, die berusten op het

principe van de selectieve afzetting van materiaal, in tegenstelling tot die, die berusten op de selectieve polymerisatie of smelten in een bed/vat). Tot de vele voorbeelden van deze technologie behoren: FDM, Polyjet, Arburg Freefrom-technologie, binderjettingtechnologieën zoals Voxeljet en Z-corp, waar een bindmiddel wordt gespreid op een poederbed, Stratasys-productlijn: Dimension 1200es, Dimension Elite, Fortus 250mc, Objet24, Objet30 Pro, Objet Eden260V, Objet Eden350/350V, Objet Eden500V, Objet260 Connex, Objet350 Connex, Objet500 Connex, Objet500 Connex3; 3DSytems-productlijn: ProJet® 3510 SD, ProJet® 3510 HD, ProJet® 3510 HDPlus, ProJet® 3500 HDMax, ProJet® 5000, ProJet® 5500X, ProJet® 6000 SD, ProJet® 7000 SD, ProJet® 6000 HD, ProJet® 7000 HD, iPro™ 8000, iPro™ 8000 MP, ProJet® 6000 HD, ProJet® 7000 HD, ProX™ 950, ProX™ 500, sPro™ 140, sPro™ 230, sPro™ 60 HD, ProX™ 100, ProX™ 100 Dental, ProX™ 200, ProX™ 200 Dental, ProX™ 300, VX 1000 3D Printer for Casting Patterns, VX 500 3D Printer for Casting Patterns. Technologieën die multimateriaal kunnen printen maken versterkt gebruik van de uitvoeringsvormen volgens deze uitvinding door het feit dat ze een scharnier vertonen in een flexibel materiaal en het front in een stijver materiaal.

Verschillende aspecten zullen nu worden beschreven onder verwijzing naar specifieke vormen of uitvoeringsvormen die zijn geselecteerd om illustratieve doeleinden. Het zal duidelijk zijn dat de geest en de omvang van de in deze tekst beschreven objecten niet beperkt is tot de geselecteerde uitvoeringsvormen. Bovendien moet worden opgemerkt dat de bijgevoegde tekeningen niet zijn getekend volgens enige specifieke verhouding of op enige schaal, en dat aan de geïllustreerde uitvoeringsvormen tal van aanpassingen kunnen worden doorgevoerd. In wat volgt worden korte introducties beschreven met betrekking tot enkele van de kenmerken die gemeenschappelijk kunnen zijn aan de in deze tekst beschreven uitvoeringsvormen.

Figuren 1-4 bieden een voorbeeld van algemene systemen en werkwijzen die kunnen worden gebruikt voor de additive manufacturing van driedimensionale objecten met inbegrip van brilfronten. Initieel onder verwijzing naar figuur 1 wordt voorzien in een voorbeeld van een systeem 100 voor het ontwerpen en produceren van driedimensionale objecten en/of producten. Het systeem 100 kan worden geconfigureerd om de in deze tekst beschreven technieken te ondersteunen. Het systeem 100 kan bijvoorbeeld worden geconfigureerd met het

oog op het ontwerpen en produceren van een driedimensionaal object zoals een bril of zoals om het even welke van de in wat volgt met meer details beschreven objecten. In een aantal uitvoeringsvormen kan het systeem 100 één of meerdere computers 102a-102d bevatten. De computers 102a-102d kunnen verschillende vormen aannemen, zoals bijvoorbeeld om het even welk werkstation, om het even welke server of enige andere computerinrichting die informatie kan verwerken. De computers 102a-102d kunnen worden verbonden door middel van een computernetwerk 105. Het computernetwerk 105 kan het internet zijn of een LAN (local area network), een WAN (wide area network), of om het even welk ander type netwerk. De computers kunnen over het computernetwerk 105 met elkaar communiceren door middel van om het even welke geschikte communicatietechnologie of om het even welk geschikt communicatieprotocol. De computers 102a-102d kunnen gegevens uitwisselen door informatie te verzenden en te ontvangen, bijvoorbeeld software, digitale voorstellingen van driedimensionale objecten, commando's en/of instructies om een inrichting van additive manufacturing te bedienen, enz.

Het systeem 100 kan voorts één of meerdere inrichtingen van additive manufacturing 106a en 106b bevatten. Deze inrichtingen van additive manufacturing kunnen de vorm aannemen van 3D-printers of om het even welke andere productie-inrichtingen zoals in het vak bekend. In het in figuur 1 geïllustreerde voorbeeld is de inrichting van additive manufacturing 106a verbonden aan de computer 102a. De inrichting van additive manufacturing 106a is eveneens verbonden aan de computers 102a-102c door middel van het netwerk 105 dat de computers 102a-102d met elkaar verbindt. Ook de inrichting van additive manufacturing 106b is door middel van het netwerk 105 verbonden aan de computers 102a-102d. De mensen uit het vak zullen begrijpen dat een inrichting van additive manufacturing zoals de inrichtingen 106a en 106b direct kunnen worden verbonden aan een computer 102, aan een computer 102 kunnen worden verbonden door middel van een netwerk 105, en/of aan een computer 102 kunnen worden verbonden via een andere computer 102 en door middel van het netwerk 105.

Hoewel een specifieke computer- en netwerkconfiguratie is beschreven in figuur 1, zullen de mensen uit het vak eveneens begrijpen dat de in deze tekst beschreven technieken van additive manufacturing kunnen worden

geïmplementeerd met gebruik van een configuratie met één enkele computer die de inrichting van additive manufacturing 106 controleert en/of ondersteunt, zonder dat daarvoor een computernetwerk vereist is.

5 Onder verwijzing naar figuur 2 wordt voorzien in een meer gedetailleerde illustratie van de computer 102a uit figuur 1. De computer 102a bevat een processor 210. De processor 210 bevindt zich in datacommunicatie met verschillende computercomponenten. Tot deze componenten kunnen een geheugen 220 horen evenals een invoerinrichting 230 en een uitvoerinrichting 240. In een
10 aantal uitvoeringsvormen kan de processor eveneens communiceren met een network interface card 260. Hoewel beschreven als een afzonderlijke component, moet duidelijk zijn dat de functionele blokken die zijn beschreven met betrekking tot computer 102a geen verschillende structurele elementen moeten zijn. Bij wijze van voorbeeld kunnen de processor 210 en de network interface card 260 worden
15 opgenomen in één enkele chip of één enkel bord.

 De processor 210 kan een universele processor zijn of een processor voor digitale signalen (digital signal processor, DSP), een toepassingsspecifieke geïntegreerde schakeling (application specific integrated circuit, ASIC), een veld-
20 programmeerbaar gate-array (field programmable gate array, FPGA) of een andere programmeerbare logische eenheid, een afzonderlijke poort of transistor, afzonderlijke hardwarecomponenten, of om het even welke combinatie daarvan, om de in deze tekst beschreven functies uit te voeren. Een processor kan eveneens worden geïmplementeerd als een combinatie van computerapparatuur, bijvoorbeeld
25 een combinatie van een DSP en een microprocessor, een veelheid van microprocessoren, één of meerdere microprocessoren in combinatie met een DSP-kern, of om het even welke andere dussdanige configuratie.

 De processor 210 kan worden gekoppeld, via één of meerdere
30 bussen, om informatie te lezen uit, of te schrijven naar, het geheugen 220. De processor kan bijkomend, of als een andere mogelijkheid, geheugen bevatten, bijvoorbeeld processorregisters. Het geheugen 220 kan processor cache bevatten, met inbegrip van een multi-level hiërarchische cache waarin verschillende niveaus verschillende mogelijkheden en verschillende toegangssnelheden vertonen. Dit
35 geheugen 220 kan voorts een willekeurig toegankelijk lees/schrijfgeheugen (random access memory, RAM), bevatten evenals andere inrichtingen met een

vluchtig geheugen of inrichtingen met een niet-vluchtig geheugen. De gegevensopslag kan bestaan uit harde schijven, optische schijven zoals compact discs (cd's) of digital video discs (dvd's), flashgeheugen, diskettes, magnetische band, en Zip-drives.

5

De processor 210 kan eveneens worden gekoppeld aan een invoer-inrichting 230 en een outputinrichting 240 om resp. invoer te krijgen van, en output te leveren aan, een gebruiker van de computer 102a. Geschikte invoerinrichtingen zijn onder andere, zonder daartoe te zijn beperkt, een toetsenbord, een rollerball, knoppen, toetsen, schakelaars, aanwijsapparatuur, een muis, een joystick, een afstandsbedieningstoestel, een infrarooddetector, een stemherkenningssysteem, een barcodelezer, een scanner, een videocamera (mogelijk gekoppeld met beeldverwerkende software om bijvoorbeeld hand- of gezichtsbewegingen te detecteren), een bewegingsdetector, een microfoon (mogelijk gekoppeld met geluidsverwerkende software om bijvoorbeeld stemcommando's te detecteren), of om het even welke andere inrichting die geschikt is om gegevens door te geven van een gebruiker aan een computer. De invoerinrichting kan ook de vorm aannemen van een met het display geassocieerd touchscreen, waarbij in dit geval een gebruiker reageert op informatie die op het display wordt weergegeven door het scherm aan te raken. De gebruiker kan informatie in de vorm van tekst invoeren door middel van een invoerinrichting zoals een toetsenbord of de touchscreen. Geschikte outputinrichtingen zijn onder andere, zonder daartoe te zijn beperkt, visuele outputinrichtingen, met inbegrip van schermen en printers, audio-outputinrichtingen, met inbegrip van luidsprekers, koptelefoons, oortelefoons en alarmen, inrichtingen van additive manufacturing en haptische outputinrichtingen.

De processor 210 kan voorts worden gekoppeld aan een network interface card 260. De network interface card 260 bereidt gegevens die zijn gegenereerd door de processor 210 voor op verzending via een netwerk in overeenstemming met één of meerdere datatransmissieprotocollen. De network interface card 260 kan eveneens worden geconfigureerd met het oog op het decoderen van door het netwerk ontvangen gegevens. In een aantal uitvoeringsvormen kan de network interface card 260 een zender, een ontvanger of zowel een zender als een ontvanger bevatten. Op basis van de specifieke uitvoeringsvorm kunnen de zender en de ontvanger bestaan uit één enkele geïntegreerde component of kunnen ze twee afzonderlijke componenten zijn. De network

interface card 260 kan zijn uitgevoerd in de vorm van een universele processor of een processor voor digitale signalen (digital signal processor, DSP), een toepassings specifieke geïntegreerde schakeling (application specific integrated circuit, ASIC), een veld-programmeerbaar gate-array (field programmable gate array, FPGA) of een andere programmeerbare logische eenheid, een afzonderlijke poort of transistor, afzonderlijke hardwarecomponenten, of om het even welke combinatie daarvan om de in deze tekst beschreven functies uit te voeren.

Met gebruik van de onder verwijzing naar figuren 1 en 2 hiervoor beschreven inrichtingen kan een proces van additive manufacturing worden toegepast om een driedimensionaal object of een driedimensionale inrichting te produceren. Figuur 3A is een illustratie van één zulk proces. In het bijzonder geeft figuur 3A een algemeen proces 300 weer voor de productie van een driedimensionaal object, zoals die met meer details zullen worden beschreven onder verwijzing naar de figuren 3B-13 hierna.

Het proces vangt aan bij stap 305, waar een digitale voorstelling van het te produceren driedimensionale object wordt ontworpen met gebruik van een computer, bij wijze van voorbeeld de computer 102a. In een aantal uitvoeringsvormen kan een tweedimensionale voorstelling van het object worden gebruikt om het driedimensionale model van de inrichting te creëren. Als een andere mogelijkheid kunnen driedimensionale gegevens in de computer 1102a worden ingevoerd om te helpen bij het ontwerpen van de digitale voorstelling van het driedimensionale object. Het proces gaat door tot stap 310, waar informatie wordt verzonden van de computer 102a naar een inrichting van additive manufacturing, bijvoorbeeld de inrichting voor additive manufacturing 106. Vervolgens, bij stap 315, begint de inrichting voor additive manufacturing 106 met de productie van het driedimensionale object door een proces van additive manufacturing uit te voeren met gebruik van daarvoor geschikte materialen. Geschikte materialen zijn onder andere, zonder daartoe te zijn beperkt, polypropyleen, thermoplastisch polyurethaan, polyurethaan, acrylonitril-butadien-styreen (ABS), polycarbonaat (PC), PC-ABS, polyamide, polyamide met additieven zoals glas- of metaalpartikels, methyl methacrylaat-acrylonitril-butadien-styreen copolymeer, resorbeerbare materialen zoals polymeer-keramiek composieten, en andere soortgelijke geschikte materialen. In een aantal uitvoeringsvormen kunnen in de handel verkrijgbare materialen worden gebruikt. Deze materialen kunnen bijvoorbeeld zijn: de

materialen van de DSM Somos[®]-reeks 7100, 8100, 9100, 9420, 10100, 11100, 12110, 14120 en 15100 van DSM Somos; de materialen ABSplus-P430, ABSi, ABS-ESD7, ABS-M30, ABSM30i, PC-ABS, PC-ISO, PC, ULTEM 9085, PPSF en PPSU van Stratasys; de lijnen materialen Accura Plastic, DuraForm, CastForm, Laserform en VisiJet van 3D Systems; aluminium-, kobalt-chroom- en roestvrij stalen materialen; maragingstaal; nikkellegering; titanium; de PA-materialenlijn, PrimeCast-en PrimePart-materialen en Alumide en CarbonMide van EOS GmbH. Met gebruik van de geschikte materialen beëindigt de inrichting van additive manufacturing dan het proces bij stap 320 waar het driedimensionale object wordt gegenereerd.

Onder verwijzing naar figuur 3B wordt een blokdiagram geïllustreerd met verschillende functionele componenten van een systeem 325 van additive manufacturing, geschikt voor het voorzien in 3D-geprinte brilfronten met geïntegreerde scharnieren in het productieproces. Het systeem 325 van additive manufacturing kan verschillende modules bevatten die 3D-printfunctionaliteit bieden. In het in figuur 3B geïllustreerde voorbeeld bevat het 3D-productiesysteem 325 een 3D-ontwerpmodule 330. De 3D-ontwerpmodule 330 neemt in het algemeen de vorm aan van een verzameling computersoft- en hardware die helpt bij de creatie, aanpassing, analyse of optimalisering van een driedimensionaal geprint ontwerp. De 3D-ontwerpmodule 330 kan computer aided design (CAD)-software bevatten met 3D-ontwerp- en modelleermogelijkheden.

Het 3D-productiesysteem 325 kan tevens een 3D-gegevensvoorbereidings- en STL-editingmodule 335 bevatten. De 3D-gegevensvoorbereidings- en STL-editingmodule 504 overbrugt typischerwijs het ontwerp- en productieproces. De 3D-gegevensvoorbereidings- en STL-editingmodule 504 kan diverse vormen aannemen. In een aantal uitvoeringsvormen kan ze bestaan uit gespecialiseerde software, geconfigureerd met het oog op het draaien op een speciale of algemene computerinrichting. In een aantal uitvoeringsvormen kan de 3D-gegevensvoorbereidings- en STL-editingmodule een softwarepakket zijn, bijvoorbeeld Magics van Materialise uit Leuven (België).

Het systeem 325 van additive manufacturing kan voorts een 3D-productie- en vormingsmodule 340 bevatten. De 3D-productie- en vormingsmodule 340 neemt in het algemeen de vorm aan van een verzameling computersoft- en hardware die het vormingsproces van een driedimensionaal geprint object

controleert. In een aantal uitvoeringsvormen kan de 3D-productie- en vormingsmodule 340 een vormingsprocessor zijn die is geconfigureerd met het oog op het controleren van een inrichting van additive printing. In andere uitvoeringsvormen kan de 3D-productie- en vormingsmodule een softwareoplossing inhouden zoals AutoFab van Materialise nv (Leuven, België). De 3D-productie- en vormingsmodule kan zijn geconfigureerd met het oog op het transfereren van algemene vormgegevens naar een machine van additive manufacturing (AM), bijvoorbeeld vormingsklare schijfgegevens of als een andere mogelijkheid STL- (STereoLithografie-)gegevens, afhankelijk van de interface van de machinecontrolesoftware. De machinecontrolesoftware, die deel kan uitmaken van de vormingsmodule 340 dan wel afzonderlijk voorzien, kan de vormgegevens vertalen voor het straalcontroleprogramma voor het vormingsproces. De inrichting van additive manufacturing kan vervolgens het ontworpen product laag na laag produceren in het geselecteerde materiaal.

Onder verwijzing naar figuur 3C wordt de 3D-gegevensvoorbereidings- en STL-editingmodule 335 van figuur 3B weergegeven met meer details. De 3D-gegevensvoorbereidings- en STL-editingmodule 335 kan verschillende submodules bevatten die zijn geconfigureerd met het oog op het uitvoeren van diverse functies binnen de 3D-gegevensvoorbereidings- en STL-editingmodule 335. De 3D-gegevensvoorbereidings- en STL-editingmodule 335 kan bijvoorbeeld een 3D-ontwerpinvoermodule 345 bevatten. De 3D-ontwerpinvoermodule 345 kan verschillende processen en functies bevatten, geconfigureerd met het oog op het invoeren van gegevens uit een CAD-systeem naar een driedimensionaal printbaar formaat zoals STL. Hoewel de specifieke voorbeelden in deze tekst algemeen zijn gericht op STL-geformatteerde 3D-modellen, zullen de mensen uit het vak begrijpen dat ook andere 3D-printbestandformaten kunnen worden gebruikt ter uitvoering van één of meerdere in deze tekst beschreven uitvoeringsvormen. Deze formaten kunnen zijn, zonder daartoe te zijn beperkt, 3dmlw (3D Markup Language for Web), ACP (VA Software), VA (Virtual Architecture CAD file), Ashlar-Vellum Argon (3D Modeling), CCM (CopyCAD Model), CATProcess (CATIA V5 Manufacturing document), DWG (AutoCAD and Open Design Alliance applications, Autodesk Inventor Drawing file), EASM (SolidWorks eDrawings assembly file), GLM (KernelCAD model), IPN (Autodesk Inventor Presentation file), PRT — (NX, nu bekend als Unigraphics, Pro/ENGINEER Part, CADKEY Part), SCAD (OpenSCAD 3D-deelmodel), SCD0C (SpaceClaim 3D Part/Assembly), SLDASM

(SolidWorks Assembly drawing), SLDPRT (SolidWorks 3D-deelmodel), TCW (TurboCAD voor Windows 2D- en 3D-tekeningen), VS (Ashlar-Vellum Vellum Solids).

5 De 3D-gegevensvoorbereidings- en STL-editingmodule 335 kan
tevens een STL-editing- en verbeteringsmodule 350 bevatten. De STL-editing- en
verbeteringsmodule 350 kan zijn geconfigureerd met het oog op het verbeteren van
een driedimensionaal model vóór bijkomende kosten worden veroorzaakt door een
foutieve productie. De STL-editing- en verbeteringsmodule 350 kan bij wijze van
10 voorbeeld zijn geconfigureerd met het oog op het mogelijk maken dat een
gebruiker defecten herstelt zoals gespiegelde driehoeken, slechte randen, holds,
e.d. De editing- en verbeteringsmodule kan eveneens zijn geconfigureerd met het
oog op het mogelijk maken dat een gebruiker het ontwerpbestand verbetert door
eigenschappen toe te voegen zoals holle delen, logo's, e.d. Voorts kan een
15 gebruiker door middel van deze module tevens textuur toevoegen. Bovendien kan
de editing- en verbeteringsmodule functionaliteit bieden op het vlak van het
genereren van steun.

20 De 3D-gegevensvoorbereidings- en STL-editingmodule 335 kan
voorts een platformgeneratiemodule 605 bevatten. De platformgeneratiemodule
355 kan functionaliteit bieden waarmee een gebruiker het platform voor het
productieproces kan voorbereiden door de delen op optimale wijze te oriënteren
door middel van nesting- en andere platformoptimalisatietechnieken.

25 Met gebruik van een proces 300 dat wordt beschreven onder
verwijzing naar de in figuur 3A-3C beschreven systemen en modules kan een drie-
dimensionaal object worden geproduceerd door middel van een driedimensionale
printmachine die één of meerdere technieken van additive manufacturing
implementeert. Figuur 4 is een schematische illustratie van één voorbeeld van een
30 driedimensionale printmachine 400 die kan worden gebruikt voor het uitvoeren van
de in deze tekst beschreven processen en/of technieken. In een aantal
uitvoeringsvormen beantwoordt de driedimensionale printmachine 400 aan één van
de inrichtingen van additive manufacturing 106a of 106b zoals die worden
geïllustreerd in figuur 1. De driedimensionale printmachine 400 kan worden
35 geconfigureerd met het oog op het uitvoeren van selective laser sintering om een
driedimensionaal object te genereren. De driedimensionale printmachine 400 kan

een recipiënt 405 bevatten met verhardbaar materiaal, bij wijze van voorbeeld een poedermateriaal 407. Het poedermateriaal 407 bevat een veelheid van partikels poeder die ten minste ten dele samen worden gefuseerd wanneer ze worden getroffen door een energiebron 410, bijvoorbeeld één of meerdere door een computer gecontroleerde laserstralen. De partikels kunnen worden gemaakt van kunststofpoeders, polymeerpoeders, metaalpoeders (direct metal laser sintering), keramiekpoeders, glaspoeders, e.d. De energiebron 410 kan een programmeerbare energiebron zijn die kan worden geconfigureerd met het oog op het toepassen van verschillende hoeveelheden energie tegen verschillende snelheden en bij een verschillende spoed op het poedermateriaal 407. De energiebron 410 kan bij wijze van voorbeeld een laser met hoog vermogen zijn, of een koolstofdioxidelaser. Een controller 420 kan de energiebron 410 controleren. In een aantal uitvoeringsvormen stemt de controller 420 overeen met één van de computers 102a-102d geïllustreerd in figuur 1 en/of de processor 210, geïllustreerd in figuur 2. De mensen uit het vak zullen begrijpen dat in een aantal uitvoeringsvormen de driedimensionale printmachine 400 ook kan worden geconfigureerd met het oog op het uitvoeren van stereolithografie of om het even welke andere techniek van additive manufacturing voor het genereren van een driedimensionaal object en dat de recipiënt 405 een ander type van het verhardbare materiaal kan bevatten, bijvoorbeeld een vloeibaar hars.

In een aantal uitvoeringsvormen wordt een digitale voorstelling van het te vormen driedimensionale object in de driedimensionale printmachine 400 ingevoerd. De digitale voorstelling van het te vormen driedimensionale object kan automatisch worden gegenereerd door de controller 420 en/of andere hardware of software. De digitale voorstellingen van het te vormen driedimensionale object worden onderverdeeld in een reeks doorsnedelagen die op elkaar kunnen worden gelegd om op die wijze het object te vormen. Gegevens die de doorsnedelagen voorstellen, kunnen worden opgeslagen in één of meerdere computerbestanden. De controller 405 kan deze gegevens gebruiken om het object laag na laag te vormen. De gegevens van de doorsnedelagen van het driedimensionale object kunnen worden gegenereerd met gebruik van een computersysteem en computer aided design and manufacturing (CAD/CAM)-software.

De gegevensbestanden voor het driedimensionale object kunnen worden geprogrammeerd of in de driedimensionale printmachine 400 worden

ingevoerd. Een eerste laag van het poedermateriaal 407 kan worden afgezet op een basisplaat 430. Op basis van de ingevoerde gegevensbestanden kan de driedimensionale printmachine 400 de door de computer gecontroleerde energiebron 410 leiden over het oppervlak van de eerste laag van het poedermateriaal 407 om een eerste doorsnedelaag te genereren van het driedimensionale object. Bij wijze van voorbeeld kan een laser met hoog vermogen worden gebruikt met het oog op het selectief fuseren van de partikels van de laag door middel van het sinteren of lassen van de partikels om de eerste doorsnede vorm te creëren van het driedimensionale object. De basisplaat 430 en het object kunnen vervolgens worden verlaagd tot een diepte die beantwoordt aan de gewenste dikte van de volgende doorsnedelaag van het object. Een roller of een ander transportmechanisme kan ertoe leiden dat een volgende laag poedermateriaal 407 wordt afgezet uit een reservoir (niet op de tekening) in de recipiënt 405 over de vorige doorsnedelaag. De controller 420 kan vervolgens de energiebron 410 richten op de volgende laag poedermateriaal 407 met het oog op het genereren van de volgende doorsnedelaag van het driedimensionale object. Het proces kan worden herhaald tot de vorming voltooid is en het object is gegenereerd.

Een bril gevormd door middel van de algemene technieken van additive manufacturing zoals hiervoor beschreven, maakt in het algemeen gebruik van een paar scharnieren om het voorfront te verbinden met de brilveren. Typischerwijs verbindt het paar scharnieren het voorfront en de brilveren aan elkaar. Elke scharnier bevat typischerwijs een middendeel, twee op een afstand van elkaar gehouden en in het algemeen parallelle scharnierbladen, en een pen. Het middendeel is voorzien van een doorgaand gat voor de pen en de scharnierbladen zijn voorzien van een paar axiaal uitgelijnde doorgaande gaten voor de pen. De scharnierbladen zijn rond het middendeel geplaatst, de doorgaande gaten axiaal uitgelijnd en de verbindingspen wordt in de gealigneerde doorgaande gaten gebracht om het middendeel en de scharnierbladen onderling met elkaar te verbinden. In het algemeen zijn de scharnieren van een ander materiaal gemaakt dan het front.

Onder verwijzing naar figuur 5 wordt een bril 501 weergegeven om de klassieke met brilfronten geassocieerde elementen voor te stellen. Merk op dat het brilfront van figuur 5 niet gemaakt is met 3D-printtechnologie en bijgevolg een aantal verschillende delen bevat, vaak gemaakt van verschillende materialen, te

assembleren om een afgewerkt brilfront te bekomen. Een voorfront 502 is verbonden met twee brilveren 504 door middel van een scharniersamenstel 518. Het scharniersamenstel 518 bevat een schroef 520 die dienst doet als een pin. Het scharniersamenstel 518 is direct verbonden aan het eindstuk 522, dat direct aan de glasdrager is verbonden. De linkse glasdrager 508A bevat de linkse lens 510A. De linkse glasdrager 508A is verbonden aan de rechtse glasdrager 508B door middel van een optionele sweatbar 516 en een brug 514. De sweatbar 516 helpt om te beletten dat zweet in de ogen van een gebruiker komt. Samen zorgen sweatbar 516 en brug 514 ervoor dat de linkse en rechtse glasdragers 508A, 508B tijdens gebruik in een vaste positie blijven. Eveneens aan de glasdrager 508A en de glasdrager 508B bevestigd is een neuspad dat aan de glasdragers is bevestigd door een neuspadarm 512. Veel contact en wrijving van de glasdragers op het gezicht en de neus van de gebruiker kan ongemak veroorzaken. Het neuspad 524 biedt een groter oppervlak waardoor de druk op het gezicht van de gebruiker wordt gereduceerd: $\text{druk} = \text{kracht} / \text{oppervlakte}$. De druk is dus omgekeerd evenredig aan de oppervlakte. Dat wil zeggen hoe groter de oppervlakte van het contactpunt is, hoe lager de druk is op het gezicht van de gebruiker. Bovendien kan het neuspad 524 zijn gemaakt van een ander materiaal dan de glasdragers. De bril is voorts ontworpen met het oog op comfort en nuttigheid doordat de brilveren zijn voorzien van oortips 506 die kunnen zijn gemaakt van een ander materiaal dan dat van de brilveer. Ter verbetering van het comfort kan dat materiaal zachter zijn. Klassieke brilfronten bevatten een veelheid van onderdelen die zijn gemaakt van tal van materialen, wat de ontwerpmogelijkheden beperkt en de productiekosten verhoogt.

Onder verwijzing naar figuur 5 wordt de scharnier 518 van figuur 5 weergegeven met meer details. De scharnier 518 verbindt de brilveer 504 met het eindstuk 522. De scharnier bevat de middendelen 605A en 605B die vervlochten zijn tussen de scharnierbladen 603A-C, parallel aan elkaar, axiaal uitgelijnd en voorzien van doorgaande gaten (niet op de tekening). De verbindingsschroef 520 wordt in de gealigneerde doorgaande gaten gebracht om het middendeel 605 en de scharnierbladen 603 onderling scharnierend met elkaar te verbinden. Scharnier 518 is van het "paumelle"-type omdat ze verschillende middendelen bevat, verweven met scharnierbladen. Dankzij de scharnier 518 kan de brilveer worden geopend en gesloten ten opzichte van het voorfront 502.

Zoals hiervoor beschreven zijn deze scharnieren vatbaar voor afbreken door aanhoudende slijtage als gevolg van het openen en sluiten van de brilveren. Bijvoorbeeld zijn bevestigingsmiddelen, zowel schroeven, pinnen als bouten, na langere tijd dragen onderhevig aan defecten. Als dat gebeurt, gaan de bevestigingsmiddelen vaak verloren en zal het product nutteloos zijn tot na een reparatie. Bovendien is de productie van brilfronten met zulke scharnieren duur als gevolg van het grote aantal bij de constructie gebruikte materialen.

De brilfronten volgens deze uitvinding overwinnen tal van met fronten van de vorige stand van de techniek verbonden nadelen. Door 3D-printing-technologie te gebruiken, worden de productiekosten in sterke mate gereduceerd en de ontwerpmogelijkheden verbeterd. Er zijn evenwel een aantal nadelen verbonden aan de voor 3D-printing gebruikte materialen. Het bij 3D-printing gebruikte plastic kan bijvoorbeeld vrij bros zijn. Een klassieke scharnier zoals wordt geïllustreerd in de figuren 5 en 6 zou breken na herhaaldelijk te zijn verwijderd en herplaatst op het hoofd van een gebruiker. Een voordeel van de 3D-geprinte brilfronten met een gekruist scharniersamenstel, zoals met meer details wordt beschreven in wat volgt, is dan ook het vermogen om het brilfront te vouwen zonder dat het breekt. Het gekruist scharniersamenstel levert prestaties die tot nog toe met het productiemateriaal zoals polyacrylamide onhaalbaar waren.

Tegen de achtergrond van de genoemde nadelen hebben de uitvinders de noodzaak erkend aan 3D-geprinte brilfronten met geïntegreerde gekruiste veerscharnieren. Zoals met meer details wordt beschreven in wat volgt, bevorderen de geïntegreerde gekruiste veerscharniersamenstellen het vouwen van een 3D-geprint brilfront zonder het front meer dan 90° te rekken, waardoor slijtage en rekken van het plastic in sterke mate worden gereduceerd. Bovendien drukken de gekruiste veerscharniersamenstellen de oriëntatie van de brilveer tot een hoek minder dan 90° zodat het 3D-geprinte brilfront goed op de gebruiker past en niet in te sterke mate uitrekt, vervormt of onder een te grote spanning komt te staan zodat de scharnier zou breken.

Met het oog daarop worden in deze tekst nieuwe en inventieve systemen en werkwijzen voorgesteld. Met gebruik van de systemen en werkwijzen kan een gebruiker eveneens het type geïntegreerde scharnier kiezen om op te nemen in een bril in overeenstemming met één of meerdere uitvoeringsvormen.

Deze eigenschap is bijzonder nuttig bij 3D-printing aangezien de gebruiker een bepaalde bril op maat kan maken door de ideale scharnier op te nemen die voor die bepaalde bril optimaal is qua duurzaamheid, prestaties en grootte.

5 Nu onder verwijzing naar figuren 7A-7C wordt een enkele gekruiste
veerscharnier 702 geïllustreerd. Figuur 7A illustreert een bovenaanzicht van de
gekruiste veerscharnier 702. De scharnier 702 verbindt het eindstuk 704 van een
3D-geprint brilfront integraal met een brilveer 706 en maakt flexibiliteit om de
10 brilveer 706 mogelijk. Het eindstuk 704 heeft een proximale einde 703 en een
distaal einde 705. Het eindstuk 704 is integraal verbonden met het voorfront van
het brilfront (niet op de tekening) op het proximale einde 703. Het distale einde
van het eindstuk vertoont een achterflens 716 en een voorflens 714. De brilveer
706 illustreert op soortgelijke wijze een proximale einde 707 en een distaal einde
15 (niet op de tekening). Op het proximale einde 707 van de brilveer 706 bevindt zich
een tweede voorflens 718 en een tweede achterflens 720. Geordend tussen en
integraal verbonden met het eindstuk 704 en de brilveer 706 is de
kruisveerscharnier met een eerste scharnierarm 710 integraal verbonden aan de
voorflens 714 van het eindstuk 704 en diagonaal verbonden met de achterflens 720
20 van de brilveer 706. Het scharniersamenstel bevat voorts een tweede scharnierarm
708 integraal verbonden aan de voorflens 716 van het eindstuk 704 en diagonaal
verbonden met de voorflens 718 van de brilveer 706.

De figuren 7B en 7C illustreren een scharniersamenstel met een
derde scharnierarm. Figuur 7B is een zijaanzicht van een scharniersamenstel en
25 illustreert een derde scharnierarm 712. Figuur 7C illustreert de derde scharnierarm
712, diagonaal verbonden van de eerste voorflens 714 naar de tweede achterflens
720. De diagonale ordening van de scharnierarmen 708, 710, 712 leidt tot een
geometrie in X-vorm. De mensen uit het vak begrijpen dat de gekruiste
veerscharnier volgens een niet X-vorm kan worden verbonden, bijvoorbeeld
30 parallel, naast het feit dat meer of minder dan drie armen kunnen worden gebruikt.
De scharnier kan bijvoorbeeld 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16,
17, 18, 19, of 20 armen hebben. De armen 708, 710, 712 kunnen aan elkaar zijn
verbonden of kunnen onafhankelijk zijn en los van elkaar bewegen.

35 Nu onder verwijzing naar figuren 7D-7E wordt een systeem met
buigende armen in de vorm van een gekruiste bladveer 722 geïllustreerd. Het

systeem met buigende armen in de vorm van een gekruiste bladveer bevat twee of meer buigende armen die met rechte hoeken ten opzichte van elkaar zijn gemonteerd. Uit een aantal hoeken kunnen de armen een X-vorm lijken te vertonen. De twee of meer armen hoeven elkaar echter niet op enig punt te snijden of in verbinding te staan. Een systeem met buigende armen in de vorm van een gekruiste bladveer kan een buigpunt bevatten en een wrijvingloze draaibeweging, asstijfheid en weerstand tegen parasietbewegingen mogelijk maken. Buigpunten of scharnieren worden vaak gebruikt om bewegingen of krachten te vermenigvuldigen of te delen. Het feit dat het werkelijk gaat om vermenigvuldigen en delen, en niet gewoon optellen of aftrekken, is beduidend omdat grote accurate veranderingen van bewegingen of krachten op economische wijze kunnen worden voltrokken. Dit vermenigvuldigen en delen geschiedt door een fundamentele hefboomwerking met buigende lagers als zwenk- of steunpunten. Grote zeer accurate verhoudingen kunnen worden gerealiseerd door het samenkoppelen van meerdere secties met een reeks wrijvingloze hysteresisloze buigpunten. Het systeem 702 met buigende armen in de vorm van een gekruiste bladveer kan voorzien in een zachte draaibeweging en in een stevige weerstand tegen elke poging om het zelfs een klein beetje van zijn draaias weg te wringen.

Een buigblad is een dunne, vlakke, parallelle plaat die zeer flexibel is in vergelijking met de rest van de structuur. Buigbladen worden gebruikt in gemonteerde buigsystemen. Bij het gebruik van buigbladen moet worden opgelet dat geen grote verliezen worden opgelopen door de slechte koppeling tussen de buigbladen en het lichaam van het buigbladsamenstel. Deze slechte koppeling vloeit voort uit geometrische vervormingen en bramen door mechanische productie of 3D-printing. In het verleden was de kwaliteit van deze gewoonlijk dunne, stijve structuren beperkt door het buigen en door bramen die waren veroorzaakt door mechanische productie, 3D-printing of uit metaal stansen van de buigbladen. In moderne machinale productiewijzen kunnen deze dunne onderdelen worden gemaakt door middel van Electrical Discharge Machining (EDM), waarbij nagenoeg geen fysisch contact optreedt tussen de machine en het buigblad. Moderne 3D-printtechnologieën maken ook de productie mogelijk zonder enig fysisch contact tussen de machine en het buigblad. Deze werkwijze levert buigbladen op met een haast perfecte geometrie, zonder enige bramen of geometrische vervormingen die een perfecte koppeling zouden beletten.

In gebruik zijn systemen met buigende armen in de vorm van een gekruiste bladveer soms onderhevig aan parasietbewegingen. Een parasietbeweging is een ongewilde, ongewenste beweging, vaak van de as weg, van een buigbladsamenstel. Vaak is het een draaiende beweging van de as weg die een beweging doorgeeft aan de output van een buigbladsamenstel die niet bestond in de originele toestand. Deze parasietbewegingen kunnen de vorm aannemen van een eerste orde- dan wel een harmonische beweging. De invoering van een dubbele asbuiging tussen de excitatie en het buigbladsamenstel zal dit probleem verzachten of elimineren. Door de toevoeging van een dubbele-as of toroïdaal buigblad aan de input en/of output kan de werkingskracht worden aangebracht op de centrale as van het buigbladsamenstel, zodat nagenoeg een perfecte energieoverdracht zonder parasietbewegingen wordt gegarandeerd.

Een dubbel buigblad kan veel compacter zijn dan een standaard viervoudig buigblad. De beide parallelle bladen beperken de draaibeweging met rechte hoeken op het blad, kenmerkend voor de buigende armen met één blad. Het dubbele buigblad kan veel meer onderhevig zijn aan parasietbewegingen en bewegingen van de as weg dan een viervoudig buigblad maar kan veel beter zijn dan mechanische pinnen of scharnieren en is compact, eenvoudig en goedkoop. Als een waar buigblad kent het geen wrijving, statische frictie of speling. Deze inrichting moet niet worden gesmeerd, kent geen hysteresis en heeft een onbeperkte levensduur indien ze goed is gemonteerd en niet wordt overbelast.

Als een andere mogelijkheid kan het buigbladsysteem 722 de vorm aannemen van een buigbladsamenstel met vier armen. Het buigbladsamenstel met vier armen is één van de meest gebruikte voor eenvoudige lineaire buigingen. Het bestaat uit een vast en mobiel platform, gekoppeld door middel van vier of twee dubbele verknoopte buigbladen. Het transiënte platform van het buigbladsamenstel met vier armen zal licht inzakken als het wordt bediend. Voor de meest accurate werking moeten de bediening en de output worden gemaakt op de middellijn van de platforms, op een positie halfweg de beide platforms. Om de parasietbewegingen en bewegingen van de as weg te minimaliseren, kunnen de bediening en de output van het buigbladsamenstel met vier armen worden uitgevoerd door een ontkoppelend mechanisme zoals een wobbelpin of een buigblad met meerdere assen.

Het buigbladsysteem 722 kan ook een samengesteld lineair buigblad zijn. In een samengesteld lineair buigblad kan de verhoging van het bewegende platform van een standaard buigbladsamenstel met vier armen licht dalen wanneer het platform wordt bediend. Om deze daling te corrigeren, wordt een tweede platform met even lange buigbladen onder het eerste platform aangebracht. Wanneer dit tweede platform wordt bediend, kan het naar boven komen in dezelfde mate als het eerste platform zakt, zodat het nettoresultaat een perfect lineaire beweging is. Voor een echt lineaire beweging van het tweede platform kan het nodig zijn om te worden bediend op de middenafstand tussen de beide platforms, door een ontkoppelend mechanisme zoals een wobbelpin, een verknoopt buigblad met twee assen of een toroïdaal buigblad.

Onder verwijzing nu naar figuur 7D wordt een zijaanzicht van het systeem met buigende armen in de vorm van een gekruiste bladveer 722 geïllustreerd. Het eindstuk 732 is verbonden aan de brilveer 734 door middel van het systeem met buigende armen in de vorm van een gekruiste bladveer 722. Het systeem met buigende armen in de vorm van een gekruiste bladveer 732 maakt een zachte en wrijvingloze werking 724 mogelijk van de brilveren ten opzichte van het eindstuk 732. De scharnier 722 verbindt het eindstuk 732 van een 3D-geprint brilfront aan een brilveer 734 en maakt flexibiliteit mogelijk rond de brilveer 734. Het eindstuk 732 heeft een proximale einde 736 en een distaal einde 738. Het eindstuk 732 is integraal verbonden met het voorfront van het brilfront (niet op de tekening) op het proximale einde 736. Het distale einde 738 van het eindstuk 732 heeft een voorste uitsparing 740 en een achterste uitsparing 742. De brilveer 734 bevat op soortgelijke wijze een proximale einde 744 en een distaal einde (niet op de tekening). Aan het proximale einde 744 van de brilveer 734 bevindt zich een tweede voorste uitsparing 746 en een tweede achterste uitsparing 748. Geordend tussen en integraal verbonden met het eindstuk 704 en de brilveer 734 is de kruisveerscharnier 722 met een eerste scharnierarm 752 integraal verbonden met de achterste uitsparing 742 van het eindstuk 732 en verbonden met de achterste uitsparing 748 van de brilveer 734. Het scharniersamenstel 72 bevat voorts een tweede scharnierarm 756 integraal verbonden aan de voorste uitsparing 740 van het eindstuk 732 en verbonden met de voorste uitsparing 746 van de brilveer 734. De scharnierarmen 752, 756 kunnen worden verbonden met de uitsparingen op de verbindingpunten 750A-D. De verbindingpunten 750A-D kunnen dikker zijn dan de scharnierarmen 752, 756, om een stabiele verbinding te garanderen en

parasietbewegingen te vermijden als ongewilde, ongewenste bewegingen, vaak van de as weg, van het buigbladsamenstel. Het beeld van de scharnierarmen 752, 756, vertoont een geometrie in X-vorm. De mensen uit het vak begrijpen dat de gekruiste veerscharnier volgens een niet X-vorm kan worden verbonden, bijvoorbeeld parallel, naast het feit dat meer dan twee armen kunnen worden gebruikt. De scharnier kan bijvoorbeeld 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, of 20 armen hebben. De armen 752, 756 kunnen aan elkaar zijn verbonden of kunnen onafhankelijk zijn en los van elkaar bewegen.

Onder verwijzing nu naar figuur 7E wordt een bovenaanzicht van het systeem met buigende armen in de vorm van een gekruiste bladveer 722 geïllustreerd. In dit beeld is het contactpunt 750B verborgen onder de achterste uitsparing 742 van het eindstuk, en contactpunt 750A is verborgen onder de voorste uitsparing 746 van de brilveer.

Nu onder verwijzing naar figuren 8A-8C wordt een scharniersamenstel met een veelheid van gekruiste veerscharnieren in serie 801 geïllustreerd. De mensen uit het vak begrijpen evenwel dat de gekruiste veerscharnieren ook op een zodanige wijze kunnen worden georiënteerd dat de gekruiste veerscharnieren niet in serie liggen maar bijvoorbeeld parallel. In figuur 8A is een eindstuk 803 verbonden aan de brilveer 805 door middel van een eerste gekruiste scharnierveer 837, een passieve connector 807 en een tweede gekruiste scharnierveer 839. Het scharniersamenstel 518 is geordend tussen het eindstuk 803 en de brilveer 805. Het eindstuk 803 heeft een voorste eindstukflens 821 en een achterste eindstukflens 823. De brilveer 805 heeft een voorste brilveerflens 833 en een achterste brilveerflens 835. De passieve connector 807 heeft een eerste voorste connectorflens 825, een eerste achterste connectorflens 827, een tweede voorste connectorflens 829, en een tweede achterste connectorflens 831. Een eerste scharnierarm 809 is diagonaal verbonden van de achterste flens 823 naar de eerste voorste connectorflens 825. Een tweede scharnierarm 811 is diagonaal verbonden van de achterste eindstukflens 812 naar de eerste achterste connectorflens 827. Aan de andere kant van de passieve connector 807 is een derde scharnierarm 815 diagonaal verbonden van de tweede achterste connectorflens 831 naar de voorste brilveerflens 833. Een vierde scharnierarm 817 is diagonaal verbonden van de tweede voorste connectorflens 829 naar de achterste brilveerflens 835. In figuur 8B worden een vijfde scharnierarm 813 en

een zesde scharnierarm 819 geïllustreerd. In figuur 8C wordt de vijfde scharnierarm 811 geïllustreerd, diagonaal verbonden van de achterste eindstukflens 823 naar de eerste voorste connectorflens 825. Een zesde scharnierarm 819 is bovendien diagonaal verbonden van de tweede achterste connectorflens 831 naar de voorste brilveerflens 833. In deze uitvoeringsvorm draagt de passieve connector 825 bij tot de flexibiliteit van de scharnier.

Nu onder verwijzing naar figuur 9 wordt een ander systeem van gekruiste veerscharnieren 902 in serie geïllustreerd. In dit systeem grenzen de gekruiste veerscharnieren aan elkaar, zonder afzonderlijke connector. Het eindstuk 904 is verbonden aan de brilveer 906 door middel van het systeem met twee gekruiste veerscharnieren in serie 902. Het eindstuk 904 heeft een voorste eindstukflens 926 en een achterste eindstukflens 928. De brilveer 906 heeft eveneens een voorste brilveerflens 930 en een achterste brilveerflens 932. Een eerste veerarm 910 is diagonaal verbonden van de achterste eindstukflens 928 naar het voorste van een bovenste middenstaaf 920B. Het achterste van de bovenste middenstaaf 920A is verbonden aan de voorste brilveerflens 930 door middel van een tweede veerarm 914. Een derde veerarm 908 is diagonaal verbonden van de voorste eindstukflens 926 naar het achterste van een middelste middenstaaf 922A. Het voorste van de middelste middenstaaf 922B is verbonden aan de achterste brilveerflens 932 door middel van een vierde veerarm 916. Figuur 9B illustreert een doorsnede van het onderste gedeelte van dit veersysteem 902, met name de vijfde veerarm 912, het voorste van de onderste middenstaaf 924, en de zesde veerarm 918. Figuur 9C illustreert nog een ander zicht op het onderste gedeelte van dit veersysteem, met name de zesde veerarm 912, diagonaal verbonden van de achterste eindstukflens 928 naar het voorste van een onderste middenstaaf 924. Een achterste van de onderste middenstaaf (niet op de tekening) is verbonden aan de voorste brilveerflens 930 door middel van de zesde veerarm 918.

In een ander aspect kunnen de 3D-geprinte brilfronten met een geïntegreerd gekruiste veerscharniersamenstel optioneel een vergrendelingsinrichting vertonen. De vergrendelingsinrichting bevat een bevestigingselement dat de brilveren van de bril in gesloten positie vergrendelt. Tot voorbeelden van bevestigingselementen behoren een incisie op het distale einde van ten minste één brilveer, waarbij de incisie een opening definieert waarmee de tegenoverliggende

brilveer kan worden ingebracht in de incisie/opening om de brilveren in een gesloten positie te bevestigen. In een andere uitvoeringsvorm bestaat het bevestigingselement uit een anker op het distale einde van een brilveer, waarbij het distale einde van de tegenoverliggende brilveer in interactie kan treden met het anker om de brilveren in een gesloten of vergrendelde positie te bevestigen. In nog een ander voorbeeld kan het bevestigingselement een haak inhouden op het distale einde van een brilveer, waarbij de tegenoverliggende brilveer kan worden bevestigd.

Onder verwijzing naar figuren 10A-10C wordt een scharniersysteem 1001 met een mobiliteitsbereikbegrenzer 1007 geïllustreerd. Deze bereikbegrenzer 1007 kan dienen om overstrekking en de daaruit voortvloeiende beschadiging te voorkomen. Figuur 10A illustreert een eindstuk 1003 verbonden aan een brilveer 1005 met onmiddellijk aangrenzend gekruiste veerscharnieren 1013, in tegenstelling tot het scharniersamenstel van de figuren 8A-8C. Het verschil tussen de figuren 10A-10C en de figuren 8A-8C is dat er tussen de scharnieren geen afzonderlijke connector is. De mobiliteitsbereikbegrenzer 1007 functioneert met gebruik van de voorflens van het eindstuk 1009 en de voorste flens van het eindstuk 1011. Wanneer de brilveer wordt geopend, ten opzichte van het eindstuk, voorbij een welbepaalde afstand, ontmoeten de voorflens van het eindstuk 1009 en de voorste flens van het eindstuk 1011 elkaar waardoor elke verdere beweging in die richting wordt belet. Op dit punt kan de gebruiker de weerstand van de armen voelen, wat aangeeft dat de brilveren niet mogen worden geforceerd. Typischerwijs belet de mobiliteitsbereikbegrenzer 1007 de uitstrekking van de brilveren met een hoek groter dan ong. 90, 95, 100, 105, 110, 115, 120, 125, of meer graden ten opzichte van het geïntegreerde voorfront. In een aantal aspecten belet de mobiliteitsbereikbegrenzer 1007 de uitstrekking van de brilveren met een hoek van 110° ten opzichte van het geïntegreerde voorfront. Figuur 10B is een zijaanzicht van het scharniersysteem 1001. Figuur 10C is een vrij zicht van het scharniersysteem 1001 dat illustreert hoe de flenzen vlak zijn gemaakt om een optimaal inpassen te garanderen.

Ook wordt voorzien in een werkwijze voor de productie van een brilfront met een gekruist veerscharniersamenstel. Onder verwijzing naar figuur 11A wordt de bouworiëntatie van de bril 1102 geïllustreerd. Ook een x-as 1106, een y-as 1108 en een z-as 1110 worden geïllustreerd. De scharnier 1116 kan

worden geproduceerd in een bouworientatie waarin het vlak gevormd door de x-as en de y-as, het XY-vlak 1104, van een 3D-printmachie parallel is aan een door twee brilveren 1112 en 1114 gevormd tweedimensionaal vlak. Ook deze bouwpositie kan een optimale constructie van het brilfront mogelijk maken. Omwille van de op bril

5 tijdens de productie uitgeoefende zwaartekracht is het belangrijk dat de bril wordt gebouwd in een positie waarin deze niet kan worden vervormd. De platformgeneratiemodule kan functionaliteit bieden waarmee een gebruiker het platform voor het productieproces kan voorbereiden door de bril op optimale wijze te oriënteren door middel van nesting- en andere platformoptimalisatietechnieken.

10 In figuur 11B wordt een bouworientatie van de brilveren 1112, 1114 geïllustreerd. De hoek 1120 gevormd door de kruising van brilveer 1112 en brilveer 1114 is ong. 90°. Met andere woorden is de hoek gevormd door de parallelle lijnen 1116 en 1118 ten opzichte van de armen 1112 en 1114 resp. 45°. De mensen uit

15 het vak begrijpen dat deze hoek kan variëren van 5°, 10°, 15°, 20°, 25°, 30°, 35°, 40°, 50°, 55°, 60°, 65°, 70°, 75°, 80°, 85°, tot 90°. De bouwhoek bepaalt de initiële oriëntatie, of rustpositie, van de brilveren. Wanneer de brilveren een hoek vormen van 45° oefenen ze een kracht naar buiten uit als ze gesloten zijn, en een kracht naar binnen toe wanneer ze gedragen worden. Deze kracht naar binnen

20 toe kan worden uitgeoefend op de zijkant van het hoofd van een gebruiker, als gevolg van het feit dat de brilveren verder dan 45° moeten worden geopend om de bril op te zetten. Deze extra kracht kan helpen om de bril vast te houden op het hoofd van de gebruiker. Het vasthouden van de bril kan helpen voorkomen dat hij schudt, valt, en/of breekt. Deze eigenschap is bijzonder nuttig bij sport, recreatie of

25 snel bewegende activiteiten.

In een aantal uitvoeringsvormen kunnen systemen en modules zoals hiervoor beschreven worden geconfigureerd met het oog op het uitvoeren van een werkwijze voor het ontwerpen en produceren van 3D-geprinte brilfronten met

30 geïntegreerde scharnieren. Onder verwijzing nu naar figuur 12 wordt een illustratie op hoog niveau van een dergelijk proces weergegeven. In een aantal uitvoeringsvormen kan de werkwijze worden uitgevoerd met een supportmodule of computer aided design and manufacturing (CAD/CAM)-software. Als een andere mogelijkheid en afhankelijk van de specifieke implementatieomgeving, kan het

35 proces worden uitgevoerd door enige andere module in een systeem van additive manufacturing. Bijvoorbeeld kan het proces worden uitgevoerd op een

applicatieserver waarop toegang wordt genomen door een clienttoepassing (zoals een toepassing die draait via een webbrowser) om gegevensinvoer te verkrijgen en het ontwerp van de 3D-geprinte bril te voltooiën op basis van gegevens die worden ontvangen via een computernetwerk.

5

Het proces start bij blok 1201, waar de ontwerpkenmerken van de bril worden gedefinieerd. Dit kan worden verwezenlijkt op verschillende wijzen. In een aantal uitvoeringsvormen kan een welbepaald brilontwerp worden gegenereerd. Dit ontwerp kan standaard worden ingesteld door een 3D-ontwerpmodule, de 3D-gegevensvoorbereidings- en STL-editingmodule, de 3D-productie- en vormingsmodule, of kan door de gebruiker worden aangepast. De standaard kan worden gebaseerd op de fysische eigenschappen van de gebruikte materialen en het toegepaste proces van additive manufacturing. Als een andere mogelijkheid kan het ontwerp manueel door de gebruiker worden bepaald en ingevoerd via een grafische gebruikersinterface.

15

Dan kan het proces verdergaan naar blok 1203 waar het type in de bril te gebruiken type geïntegreerde scharnier wordt geselecteerd. In een aantal uitvoeringsvormen kan de brilscharnier automatisch worden geselecteerd. De gebruiker kan evenwel de mogelijkheid worden geboden om het geselecteerde ontwerp aan te passen door middel van een grafische gebruikersinterface. In andere uitvoeringsvorm kan de rechtse scharnier van de bril van een ander type zijn dan de linkse scharnier. In nog een andere uitvoeringsvorm kan de bril meer dan twee scharnieren bevatten. De bril kan 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 of 20 scharnieren bevatten. De mensen uit het vak begrijpen dat niet alle scharnieren van hetzelfde type moeten zijn. De scharnieren kunnen worden geselecteerd uit de groep die bestaat uit (1) ten minste één gekruiste veerscharnier met één of meerdere armen; (2) ten minste twee gekruiste veerscharnieren in parallel; (3) ten minste twee gekruiste veerscharnieren in serie verbonden door, of gescheiden, een verbindingselement of passieve connector; en (4) ten minste twee gekruiste veerscharnieren onmiddellijk aangrenzend in serie.

20

25

30

Het proces gaat dan over naar blok 1205, waar de bouworiëntatie van de bril wordt gedefinieerd. In een aantal uitvoeringsvormen kan een standaard bouworiëntatie worden geleverd door een 3D-ontwerpmodule, een 3D-gegevensvoorbereidings- en STL-editingmodule, of een 3D-productie- en

35

vormingsmodule. In andere uitvoeringsvormen kan de bouworiëntatie door de gebruiker worden geïdentificeerd en geselecteerd door middel van een grafische gebruikersinterface. Het proces gaat dan over naar blok 1207, waar de 3D-printinstructies van de bril worden gecompileerd. In een aantal uitvoeringsvormen kunnen de 3D-printinstructies van de bril worden gecompileerd door de 3D-productie- en vormingsmodule.

Zodra de instructies zijn gecompileerd, kan het proces overgaan naar blok 1209 waar, met gebruik van 3D-printing, de bril kan worden geproduceerd en afgewerkt. Verschillende uitvoeringsvormen kunnen bij het afwerkingsproces voorzien in een efficiëntere en goedkope verwijdering. De afwerking gaat gepaard met een brede waaier aan processen die worden uitgevoerd door de meeste sectoren die metalen en niet-metalen delen produceren. Typischerwijs voeren producenten de afwerking uit nadat een deel werd gevormd. De afwerking kan bestaan uit om het even welke bewerking of industrieel proces dat het oppervlak van een werkstuk verandert om een bepaalde eigenschap te verkrijgen. Algemene afwerkingen gaan gepaard met verf, lak, keramiekcoatings en andere oppervlaktebehandelingen. Afwerkingsprocessen kunnen worden gebruikt ter verbetering van het voorkomen, adhesie, bevochtigbaarheid, soldeerbaarheid, corrosiebestendigheid, etsweerstand, chemische resistentie, slijtvastheid, hardheid, aanpassing van elektrische geleidbaarheid, verwijdering van bramen en andere oppervlaktegebreken, en ter controle van de wrijvingsweerstand. In deze fase kunnen de eventuele afwerkingsbewerkingen worden uitgevoerd om een uiteindelijke geproduceerde inrichting te produceren.

Figuur 13 is een meer gedetailleerd stroomschema van de selectie van het type in de bril 1203 van figuur 12 te gebruiken geïntegreerde scharnier. In dit proces worden de parameters en eigenschappen van de scharnier gedefinieerd. Het proces start bij blok 1302, waar de kenmerken van het gekruiste veerscharniersysteem worden gedefinieerd. In een aantal uitvoeringsvormen worden de parameters vooraf bepaald door een 3D-ontwerpmodule. In andere uitvoeringsvormen worden de parameters door de gebruiker gedefinieerd door middel van een door de 3D-ontwerpmodule geboden grafische gebruikersinterface. De parameters kunnen eigenschappen bevatten zoals esthetische kenmerken, flexibiliteit, duurzaamheid, veiligheid, treksterkte, compressie/compressiesterkte, schuifsterkte, rekkracht, rekbaarheid, kruip, doorlaatbaarheid, magnetisme,

diamagnetisme, paramagnetisme, reflectiviteit, thermische geleidbaarheid, ontvlambaarheid, akoestische absorptie, hardheid, wrijvingscoëfficiënt, coëfficiënt van terugkeer naar de oorspronkelijke toestand, en oppervlaktehardheid. Vervolgens gaat het proces door tot beslissingsblok 1304, waar wordt bepaald of het scharniersysteem meer dan één gekruiste veerscharnier zal hebben. Indien het scharniersysteem slechts één gekruiste veerscharnier zal hebben, gaat het proces naar blok 1306, waar het gebruik van één enkele gekruiste veerscharnier wordt bevestigd (bijvoorbeeld de scharnier in de figuren 7A-7C).

Terugkerend naar blok 1304, indien het scharniersysteem meer dan één gekruiste veerscharnier heeft, gaat het proces verder naar beslissingsblok 1308. Daar kan worden beslist of het scharniersysteem al dan niet een passieve connector zal bevatten. Indien geen passieve connector wordt geselecteerd, gaat het proces naar blok 1310, waar aangrenzende gekruiste veerscharnieren zonder afzonderlijke connector worden bevestigd. Terugkerend naar blok 1308, indien een passieve connector wordt geselecteerd, gaat het proces naar blok 1312, waar gekruiste veerscharnieren in serie, gescheiden door een passieve connector worden bevestigd.

Uitvoeringsvormen van de onderhavige uitvinding voorzien in verschillende oplossingen voor het ontwerpen en produceren van 3D-geprinte brillen. Deze verschillende configuraties bieden voordelen zoals het voorzien in scharnieren, volledig geïntegreerd zonder de noodzaak aan schroeven, pinnen of bouten, voor brilfronten. Bovendien biedt de onderhavige uitvinding de mogelijkheid om de bril herhaaldelijk te openen en sluiten zonder het front te beschadigen. De onderhavige uitvinding biedt een duurzame flexibiliteit: de combinatie van bouworientatie, relatieve positie ten opzichte van de brilveren en de aanwezigheid van veerscharnieren vermijdt de opbouw van excessieve spanningen in zekere zones. De afwezigheid van lokale spanningen leidt tot een langere levensduur van de bril. Een ander voordeel van de onderhavige uitvinding is het comfort (het goede aanpassen en de stabiliteit) bij het dragen van de bril. In een "open" positie vormen de gekruiste scharnieren een welbepaalde hoek, bijvoorbeeld 45°, en bieden ze naar binnen gerichte krachten, zodat het brilfront stevig tegen het hoofd van de drager wordt gedrukt.

Een ander voordeel van deze uitvinding is het gemak om het front samen te vouwen en in een behuizing op te bergen. Een welbepaalde hoek garandeert dat geen buitensporige kracht vereist is om de brilveren naar binnen te vouwen. Aangezien de gevouwen positie niet de evenwichtspositie is, kan enige kracht vereist zijn om de armen gevouwen te houden. Een additionele vergrendeling kan helpen om deze positie aan te houden. Een ander voordeel van deze uitvinding is de economisch efficiënte productie van de bril. Nog een ander voordeel van deze uitvinding is het feit dat de brilscharnieren kunnen worden gemaakt van hetzelfde materiaal als het front en door middel van dezelfde productietechnologie, en dat ze integraal aan het front zijn verbonden. Het produceren van 3D-geprinte brilscharnieren van hetzelfde materiaal als het front is een uitdaging omwille van de beperkte beschikbaarheid van elastische materialen.

De in deze tekst beschreven uitvinding kan worden geïmplementeerd in de vorm van een werkwijze, een inrichting, een geproduceerd artikel, met gebruik van standaardtechnieken van programmeren of engineering om software, firmware, hardware of om het even welke combinatie daarvan te produceren. De uitdrukking "geproduceerd artikel" zoals in deze tekst gebruikt, verwijst naar code of logica die wordt geïmplementeerd in hardware of permanente door een computer leesbare media zoals optische schijven, en vluchtige of niet-vluchtige geheugeninrichtingen of tijdelijke door een computer leesbare media zoals signalen, draaggolven enz. Tot zulke hardware kunnen horen, zonder daartoe te zijn beperkt, FPGA's, ASIC's, complexe programmeerbare logische inrichtingen (complex programmable logic devices, CPLD's), programmeerbare logisch arrays (programmable logic arrays, PLA's), microprocessoren, of andere soortgelijke verwerkende inrichtingen.

Het moet duidelijk zijn dat om het even welk kenmerk met betrekking tot om het even welke uitvoeringsvorm alleen kan worden gebruikt dan wel in combinatie met andere beschreven kenmerken, en eveneens kan worden gebruikt in combinatie met één of meerdere kenmerken van om het even welke andere van de uitvoeringsvormen, of om het even welke combinatie van om het even welke andere van de uitvoeringsvormen. Bovendien kunnen equivalenten en aanpassingen die hiervoor niet werden beschreven eveneens worden doorgevoerd, zonder daarbij af te wijken van het toepassingsgebied van de uitvinding, die wordt gedefinieerd in de bijgevoegde conclusies.

in de tekeningen:

Fig. 1

Computer	Computer
----------	----------

Fig. 2

PROCESSOR	PROCESSOR
INPUT DEVICE	INVOERINRICHTING
NETWORK INTERFACE CARD	NETWORK INTERFACE CARD
MEMORY	GEHEUGEN
OUTPUT DEVICE	UITVOERINRICHTING

Fig. 3b

ADDITIVE MANUFACTURING SYSTEM	SYSTEEM VAN ADDITIVE MANUFACTURING
3D DESIGN MODULE	3D-ONTWERPMODULE
3D DATA PREPARATION AND STL EDITING MODULE	3D-GEGEVENSVOORBEREIDINGS- EN STL-EDITINGMODULE
3D MANUFACTURING AND BUILD MODULE	3D-PRODUCTIE- EN VORMINGS-MODULE

Fig. 3c

3D DATA PREPARATION AND STL EDITING MODULE	3D-GEGEVENSVOORBEREIDINGS- EN STL-EDITINGMODULE
3D DESIGN IMPORTATION MODULE	3D-Ontwerpinvoermodule
STL EDITING AND ENHANCEMENT MODULE	STL-EDITING- EN VERBETERINGSMODULE
PLATFORM GENERATION MODULE	PLATFORMGENERATIEMODULE

Fig. 4

CONTROLLER	CONTROLLER
ENERGY SOURCE	ENERGIEBRON

Fig. 12

DEFINE DESIGN FEATURES OF EYEWEAR	DEFINIËREN VAN ONTWERPEIGENSCHAPPEN VAN DE BRIL
SELECT TYPE OF INTEGRATED HINGE TO BE USED IN EYEWEAR	SELECTEREN VAN HET TYPE VAN GEÏNTEGREERDE SCHARNIER OM TE GEBRUIKEN IN DE BRIL
DEFINE EYEWEAR BUILDING ORIENTATION	DEFINIËREN VAN DE BOUWORIËNTATIE VAN DE BRIL
COMPILE EYEWEAR 3D PRINTING INSTRUCTIONS	COMPILEREN VAN 3D-PRINTINSTRUCTIES VOOR DE BRIL
MANUFACTURE AND FINISH EYEWEAR USING 3D PRINTING	PRODUCEREN EN AFWERKEN VAN DE BRIL DOOR MIDDEL VAN 3D-PRINTTECHNOLOGIE

Fig. 13

figuur 13

DEFINE CROSSED SPRING HINGE SYSTEM FEATURES	DEFINIËREN VAN DE KENMERKEN VAN HET GEKRUISTE VEERSCHARNIERSYSTEEM
MORE THAN ONE CROSSED SPRING HINGE?	MEER DAN ÉÉN GEKRUISTE VEERSCHARNIER?
Yes	JA
NO	NEE
CONFIRM SINGLE CROSSED SPRING HINGE	BEVESTIGEN VAN ÉÉN ENKELE GEKRUISTE VEERSCHARNIER
PASSIVE CONNECTOR?	PASSIEVE CONNECTOR?
CONFIRM ADJACENT CROSSED SPRING HINGES IN SERIES WITH NO DISCRETE CONNECTOR	BEVESTIGEN VAN AANGRENZENDE GEKRUISTE VEERSCHARNIEREN ZONDER AFZONDERLIJKE CONNECTOR
CONFIRM CROSSED SPRING HINGES IN SERIES SEPARATED BY PASSIVE CONNECTOR	BEVESTIGEN VAN GEKRUISTE VEERSCHARNIEREN GESCHIEDEN DOOR PASSIEVE CONNECTOR

CONCLUSIES

1. Een brilfront, gemaakt door middel van een 3D-printproces, waarbij het genoemde front bevat:
 - 5 - een voorfront;
 - een integraal aan het genoemde voorfront bevestigde eindstuk;
 - ten minste één aan het genoemde eindstuk bevestigde brilveer; en
 - ten minste één gekruiste veerscharnier, geordend tussen het
10 genoemde eindstuk en de genoemde brilveer, waarbij de gekruiste
veerscharnier een eerste scharnierarm en een tweede scharnierarm
bevat en de eerste en de tweede arm een systeem met buigende
armen in de vorm van een gekruiste bladveer vormen.
2. De bril volgens conclusie 1, waarbij het front wordt gemaakt van een
15 materiaal geselecteerd uit de groep die bestaat uit polyurethaan, polyamide,
polyamide met additieven zoals glas- of metaalpartikels, blokcopolymeren,
resorbeerbare materialen zoals polymeer-keramiek composieten,
aluminium, kobaltchroom, roestvrij staal, maragingstaal, nikkellegering,
20 titanium, alumide, carbonmide, polyethyleen, polyethyleenblokamiden,
polyesters, polyvinylchloride, polymelkzuren, epoxy's, (meth)acrylaten,
polypropyleen, thermoplastisch polyurethaan, acrylonitril butadienstyreen
(ABS), polycarbonaat (PC), polycarbonaat acrylonitril butadienstyreen,
methyl methacrylaat-acrylonitril-butadienstyreen copolymeer,
25 polyacrylamide, polystyreen, polyoxymethyleen (POM).
3. De bril volgens conclusie 1, waarbij het brilfront voorts een bevestigings-
element bevat.
4. De bril volgens conclusie 3, waarbij het bevestigingselement is geselecteerd
30 uit de groep die bestaat uit een anker, een incisie, en een haak.
5. De bril volgens conclusie 1, waarbij ten minste één brilveer gedwongen
wordt in een hoek van minder dan 90° ten opzichte van het voorfront.

6. De bril volgens conclusie 1, waarbij ten minste één brilveer gedwongen wordt in een rustpositie met een hoek van tussen 30° en ong. 45° ten opzichte van het voorfront.
- 5 7. De bril volgens conclusie 1, waarbij het brilfront voorts een bereikbegrenzer bevat, waarbij de genoemde bereikbegrenzer de opening van de genoemde brilveer belet met een hoek groter dan een welbepaalde hoek ten opzichte van het voorfront.
- 10 8. Een brilfront, gemaakt door middel van een 3D-printproces, waarbij het genoemde front bevat:
- een voorfront;
 - een integraal aan het genoemde voorfront bevestigde eindstuk;
 - een aan het genoemde eindstuk bevestigde brilveer; en
- 15 - ten minste één gekruiste veerscharnier, geordend tussen het genoemde eindstuk en de genoemde brilveer, waarbij de gekruiste veerscharnier een eerste arm en een tweede arm bevat en de eerste en de tweede arm parallel zijn aan elkaar.
- 20 9. Een werkwijze voor de productie van een bril, waarbij de genoemde werkwijze omvat:
- het definiëren van ontwerpeigenschappen van de genoemde bril;
 - het selecteren van het type van geïntegreerde gekruiste veerscharnier om te gebruiken in de genoemde bril;
- 25 - het definiëren van de bouworientatie van de genoemde bril;
- het compileren van 3D-printinstructies voor de genoemde bril;
 - het produceren en afwerken van de genoemde bril door middel van 3D-printtechnologie.
- 30 10. De werkwijze volgens conclusie 9, waarbij de gekruiste veerscharnier wordt geproduceerd in een bouworientatie waarin een vlak gevormd door een x-as en een y-as van een 3D-printmachie parallel is aan een door twee brilveren gevormd tweedimensionaal vlak.
- 35 11. De werkwijze volgens conclusie 9, waarbij het brilfront wordt gemaakt van ten minste één van de volgende materialen: polyurethaan, polyamide,

polyamide met additieven zoals glas- of metaalpartikels, resorbeerbare materialen zoals polymeer-keramiek composieten, aluminium, kobaltchroom, roestvrij staal, maragingstaal, nikkellegering, titanium, alumide en carbonmide.

5

12. De werkwijze volgens conclusie 9, waarbij het bevestigingselement is geselecteerd uit de groep die bestaat uit een anker, een incisie, en een haak.

10

13. De werkwijze volgens conclusie 9, waarbij de genoemde werkwijze voorts omvat:

- het definiëren van ten minste één eigenschap van het gekruiste veerscharniersysteem;
- het bepalen of meer dan één gekruiste veerscharnier moet worden gebruikt;
- het bepalen of een passieve connector moet worden gebruikt.

15

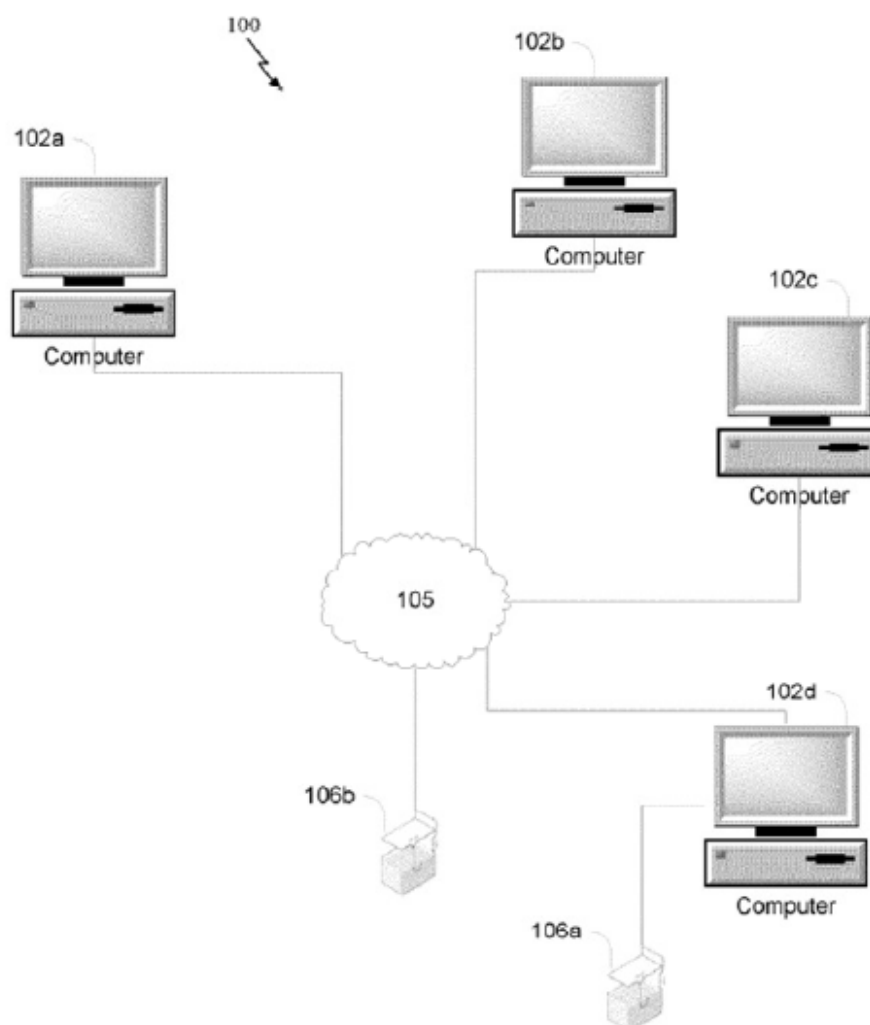


Figure 1

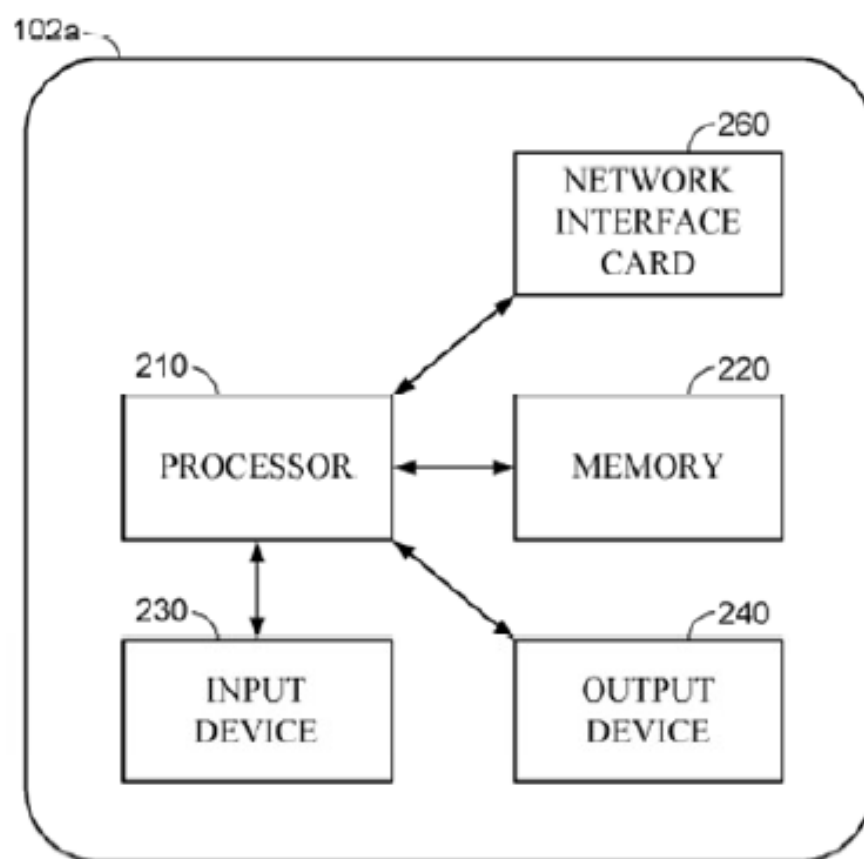
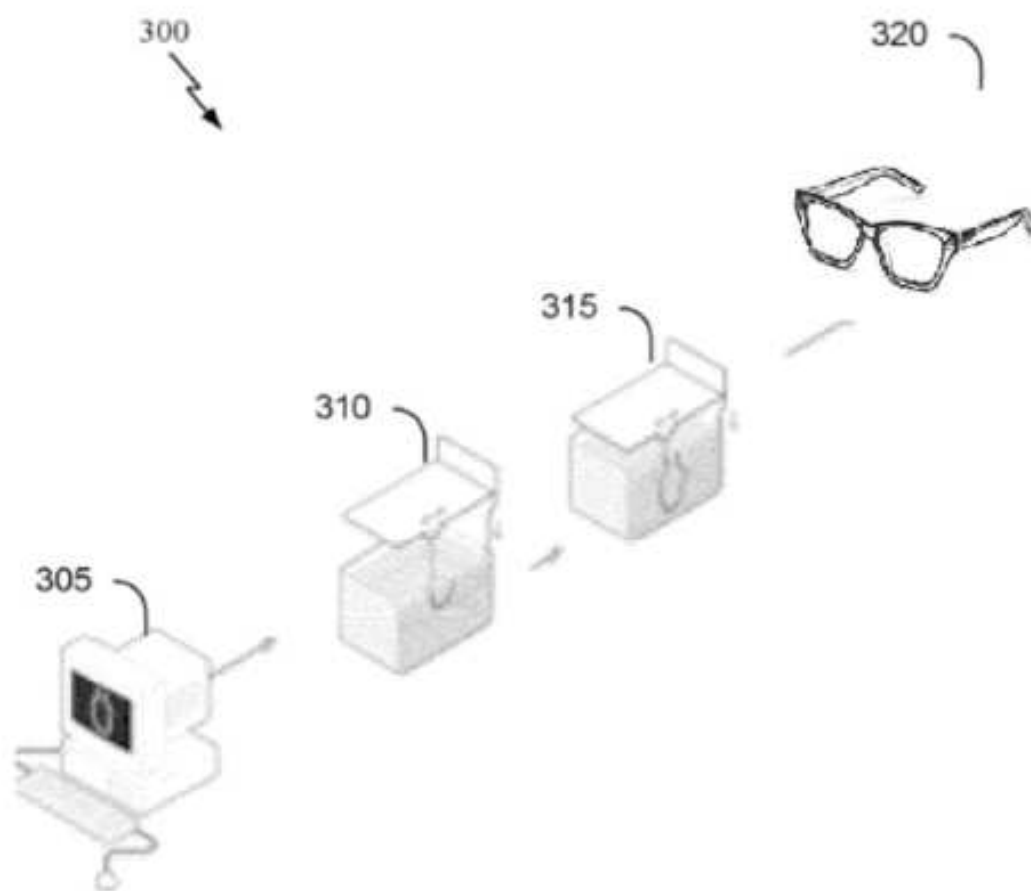
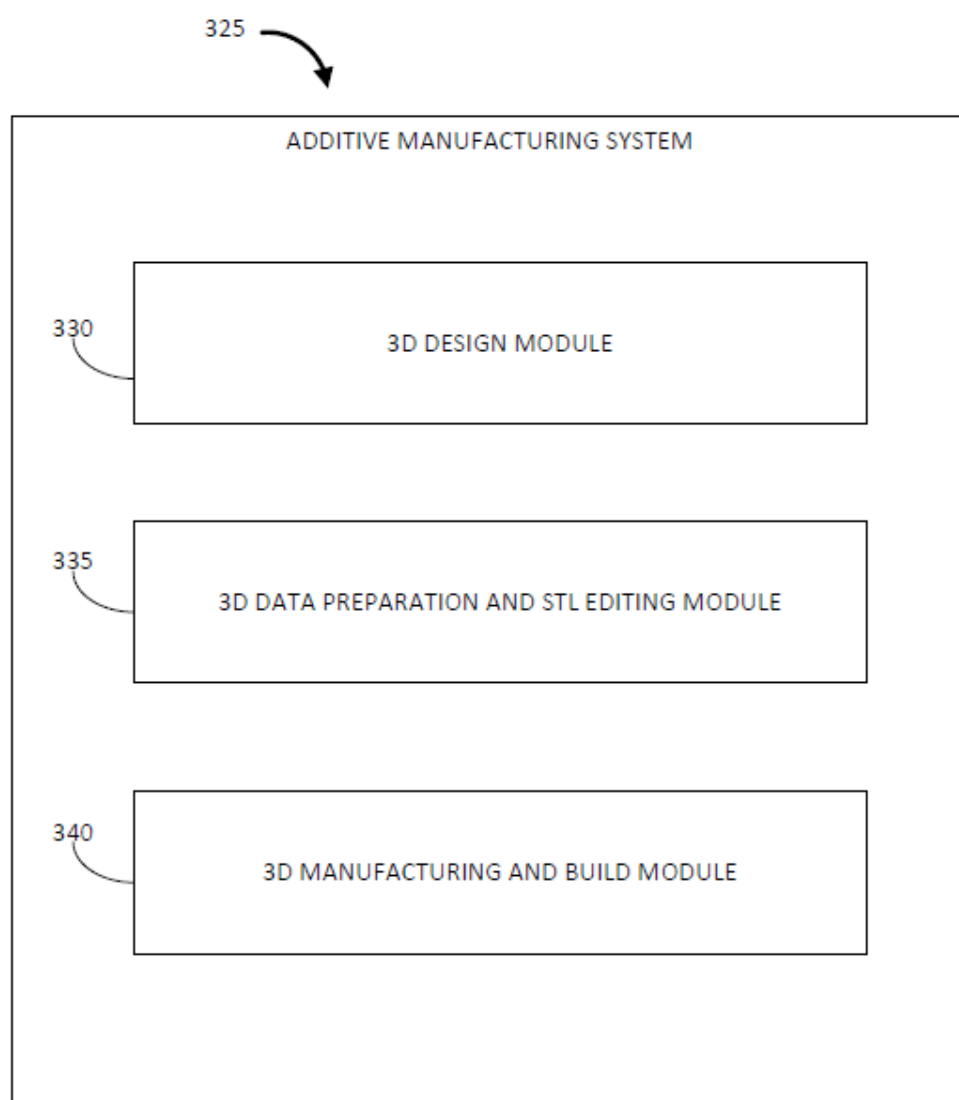
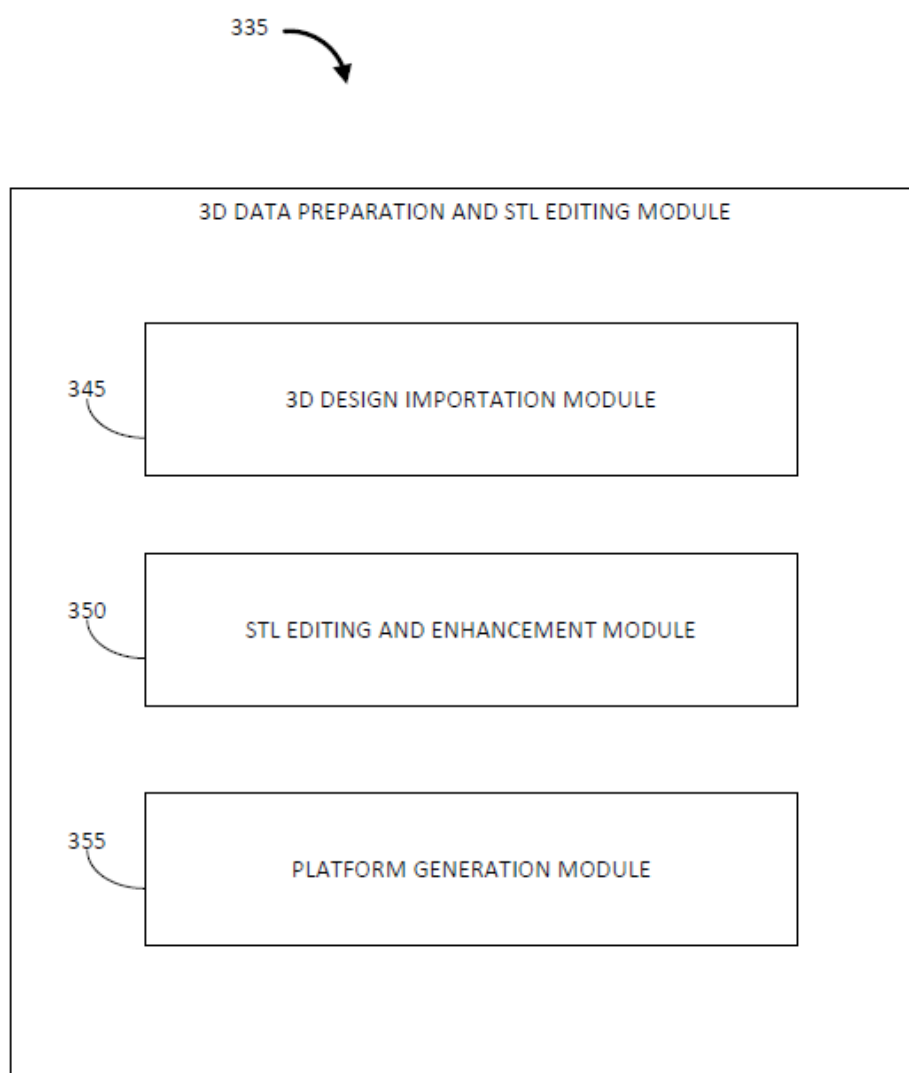


Figure 2

**FIGURE 3A**

**FIGURE 3B**

**FIGURE 3C**

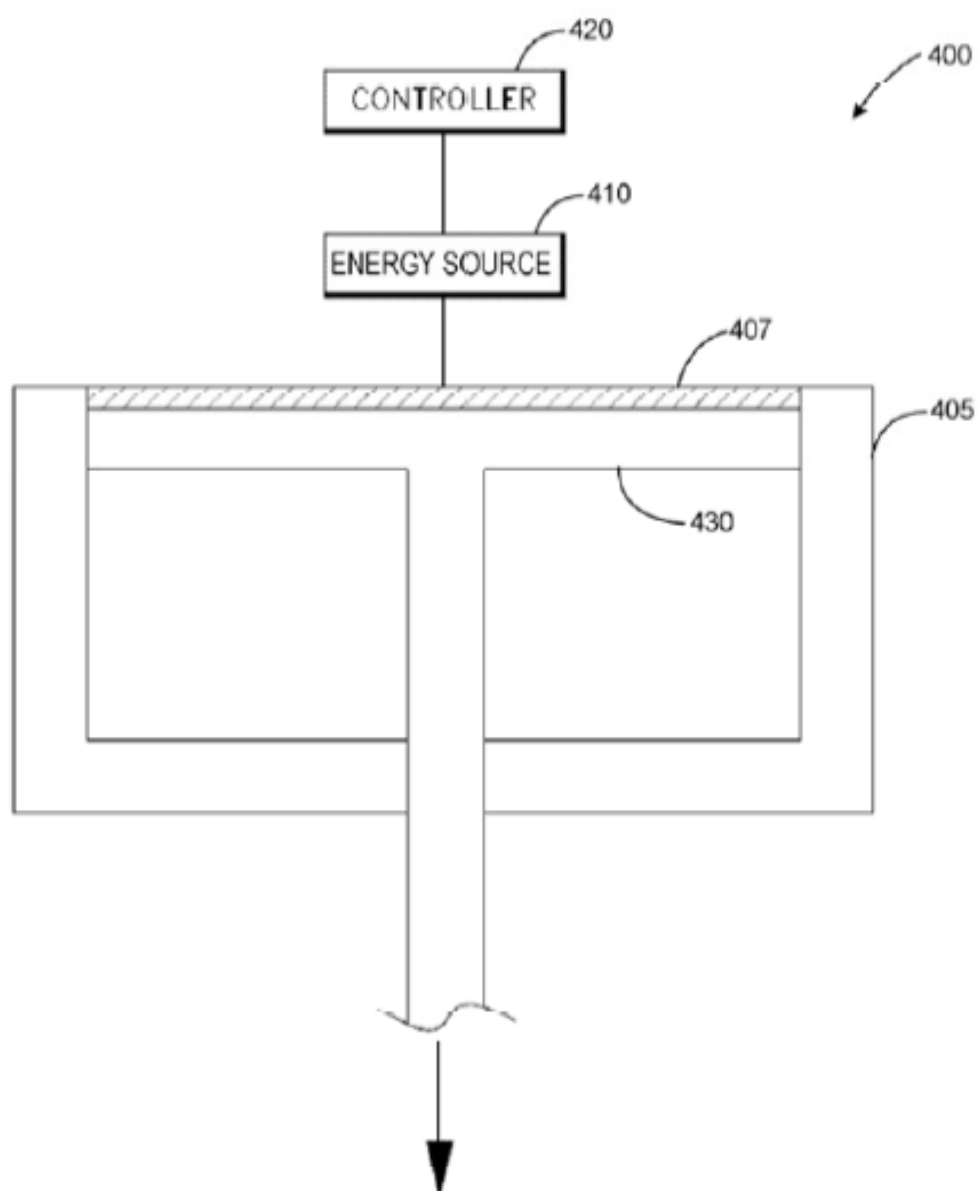
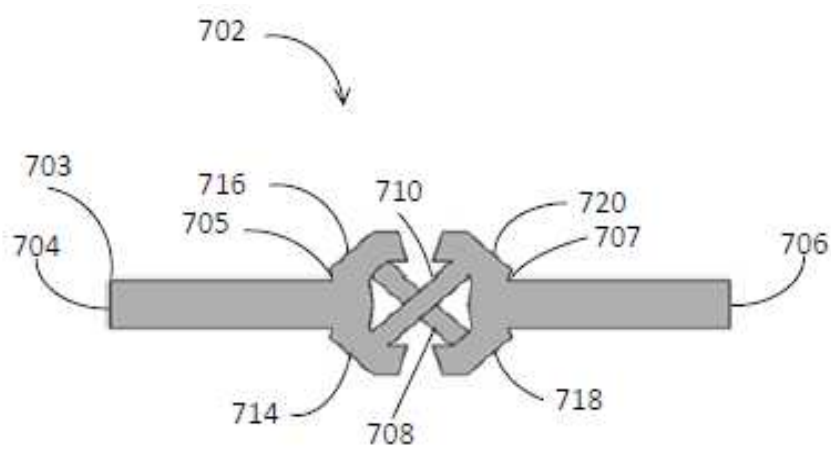
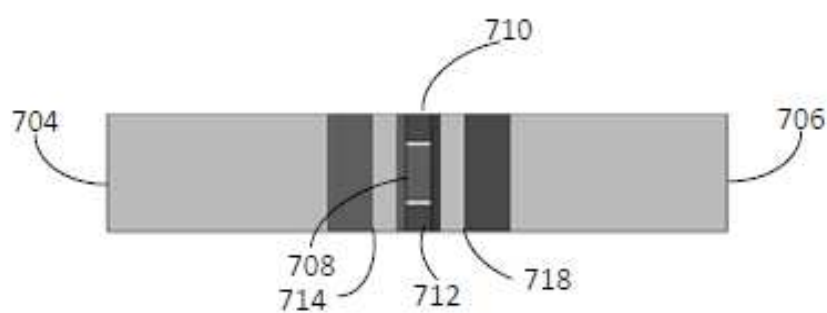
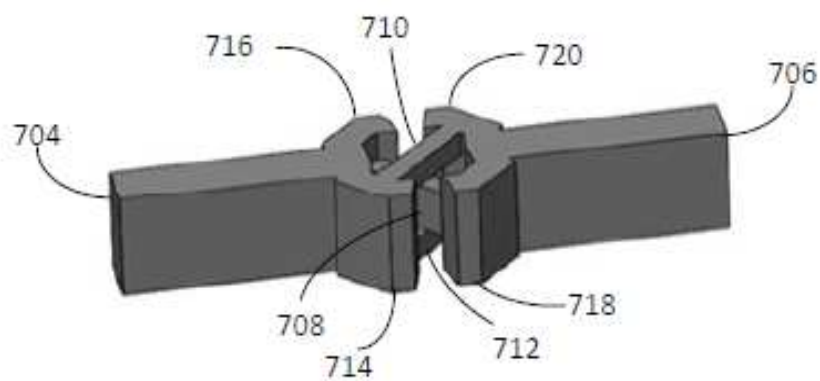


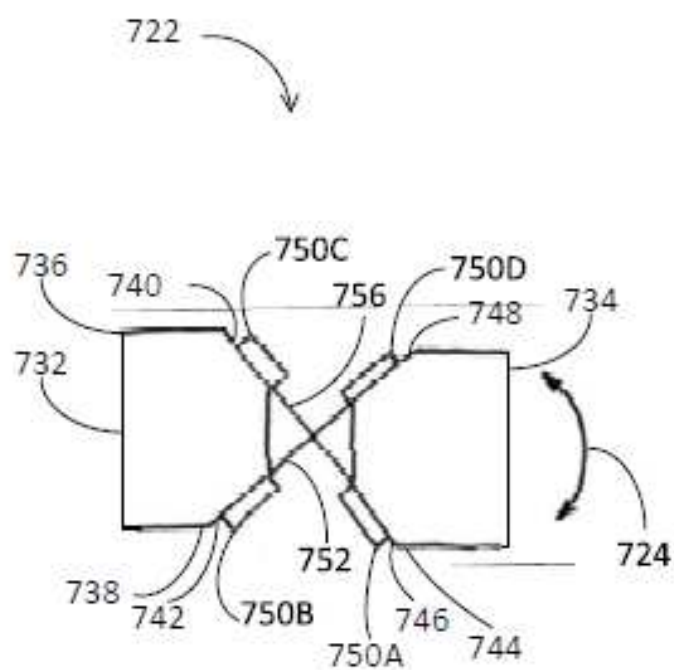
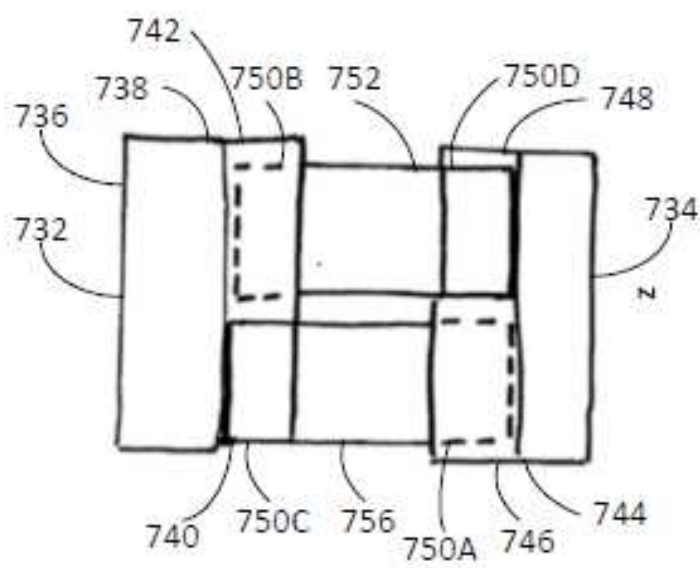
Figure 4

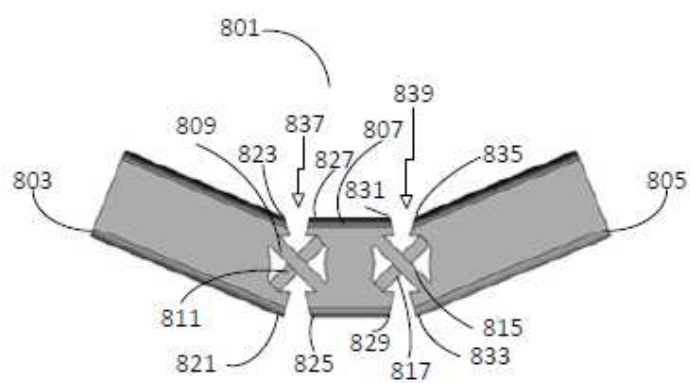
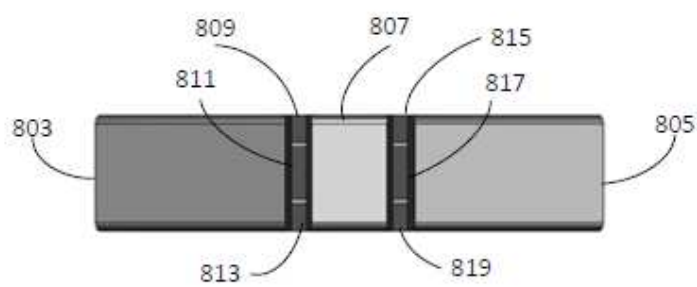
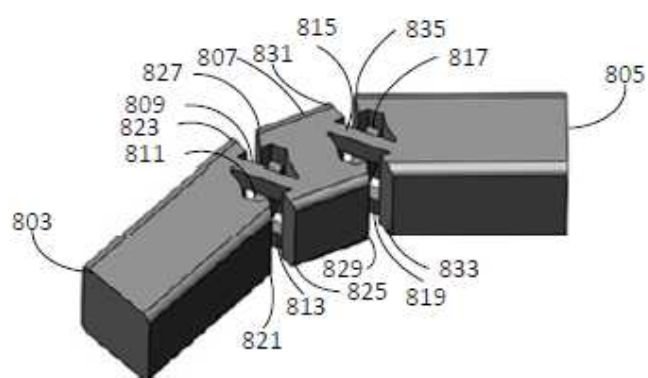
**FIG. 5**

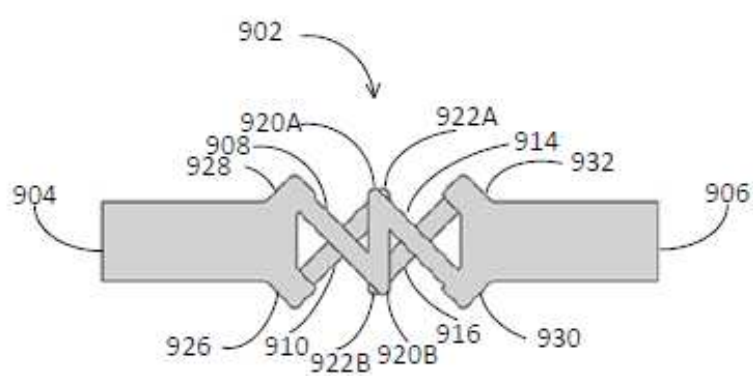
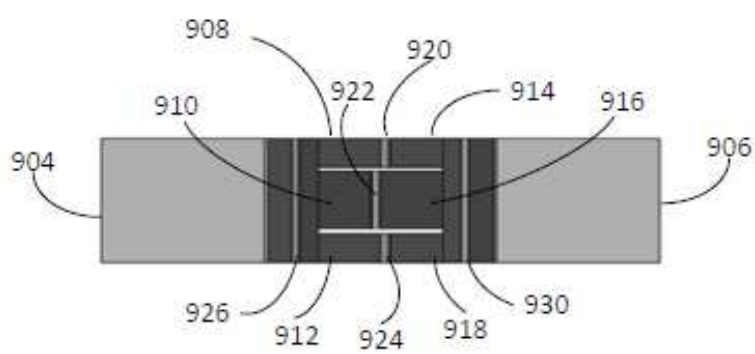
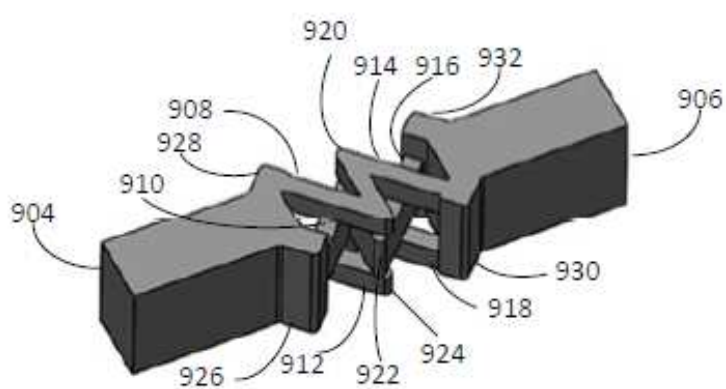
**FIG. 6**

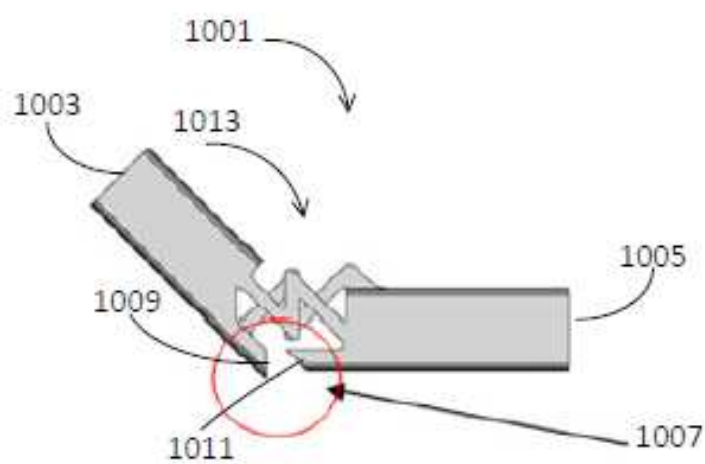
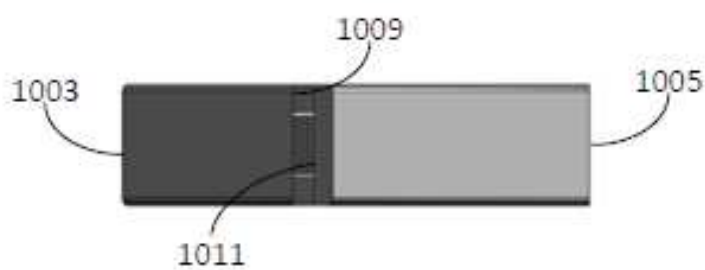
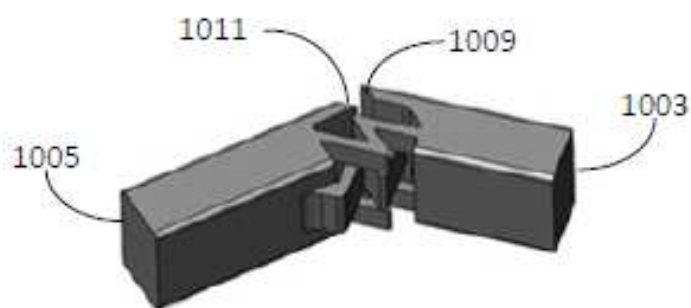
50

**FIG. 7A****FIG. 7B****FIG. 7C**

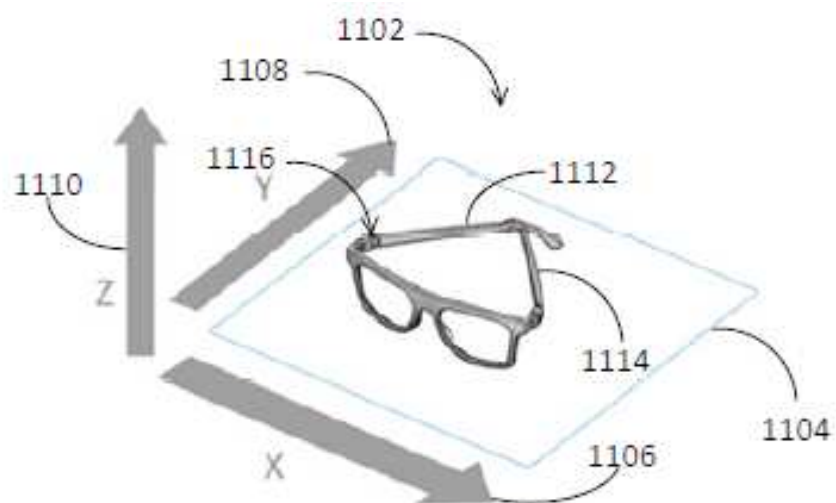
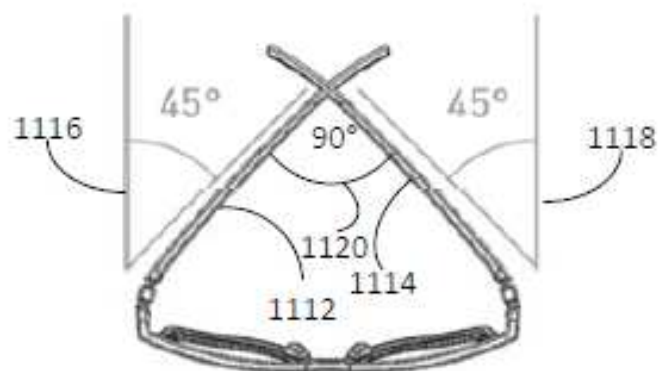
**FIG. 7D****FIG. 7E**

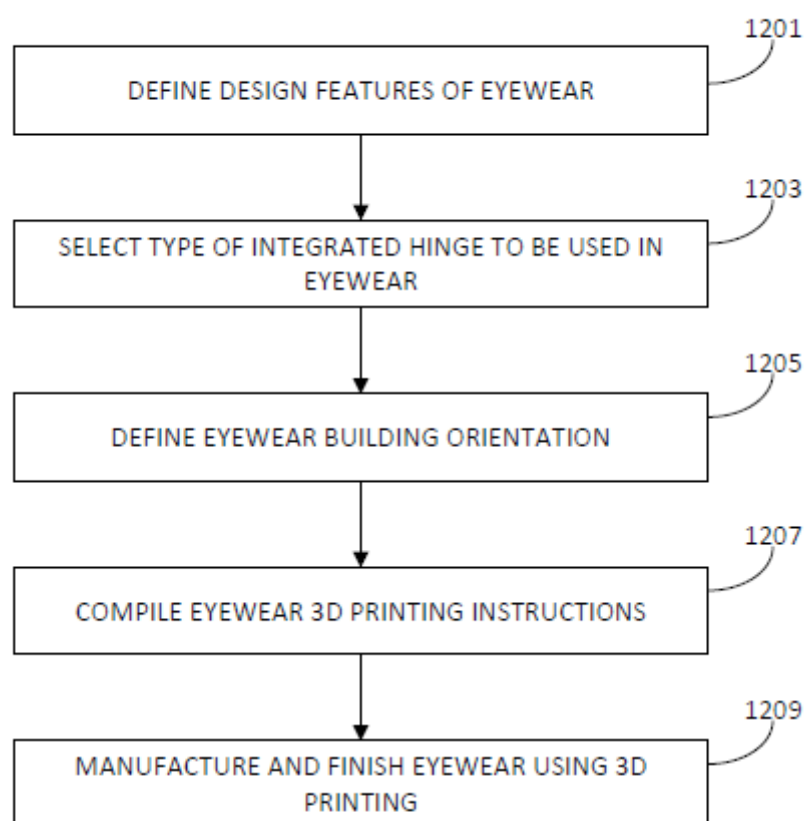
**FIG. 8A****FIG. 8B****FIG. 8C**

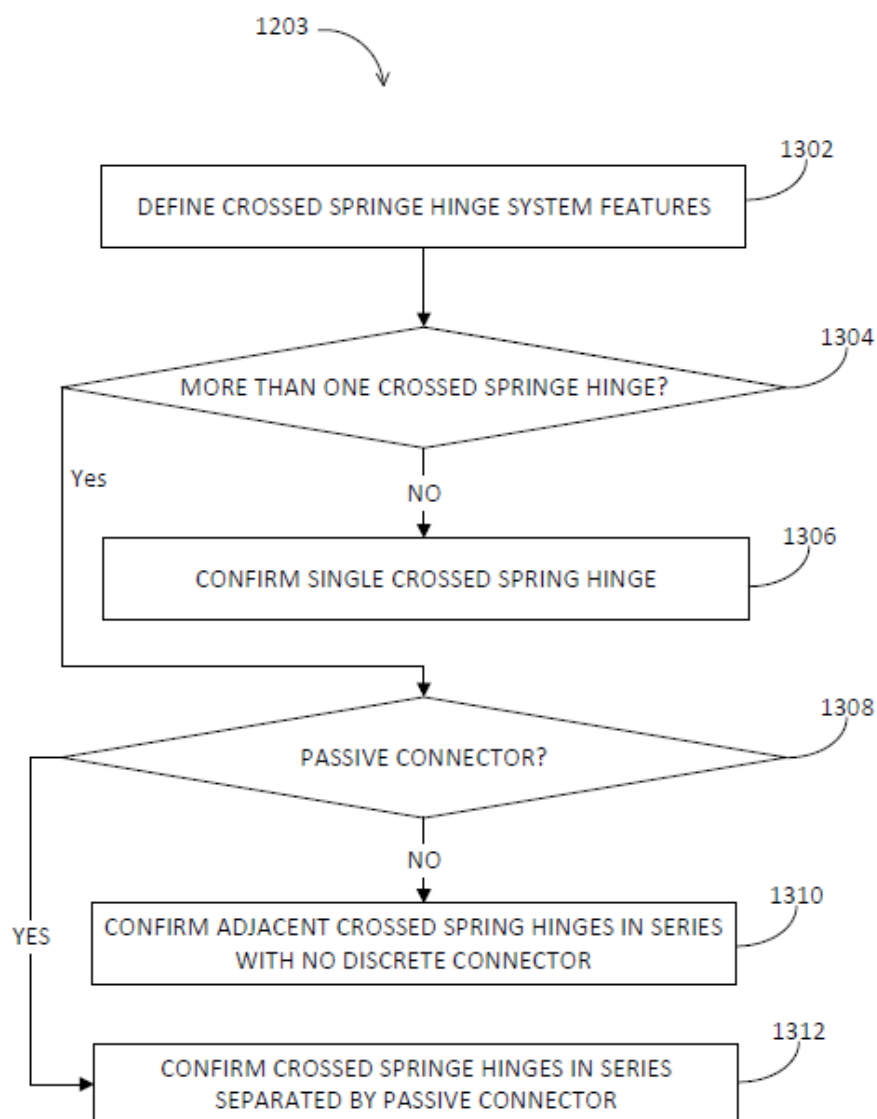
**FIG. 9A****FIG. 9B****FIG. 9C**

**FIG. 10A****FIG. 10B****FIG. 10C**

55

**FIG. 11A****FIG. 11B**

**FIG. 12**

**FIG. 13**