

(12)

Österreichische Patentanmeldung

(21)

Anmeldenummer:

A 50457/2019

(22)

Anmeldetag:

20.05.2019

(43)

Veröffentlicht am:

15.12.2019

(51)

Int. Cl.:

F21S 45/42 (2018.01)
F21S 41/675 (2018.01)

(30) Priorität: 23.05.2018 DE 102018112387.6 beansprucht.	(71) Patentanmelder: Automotive Lighting Reutlingen GmbH 72762 Reutlingen (DE) (74) Vertreter: Puchberger & Partner Patentanwälte 1010 Wien (AT)
---	--

(54)

DMD-Lichtmodul mit einem Peltierelement

(57) Vorgestellt wird ein Lichtmodul 16 für einen Kraftfahrzeugscheinwerfer 10, mit einem DMD-Chip 22, der eine Mikrospiegel 222 tragende Vorderseite 224 und eine Rückseite 226 aufweist. Das Lichtmodul 16 zeichnet sich dadurch aus, dass es eine Kühlelementbaugruppe 30 aufweist, die eine Peltierelementbaugruppe 312 und einen Kühlkörper 304 aufweist. Die Peltierelementbaugruppe 312 weist ein Peltierelement 314 und einen mit diesem thermisch verbundenen Kühlstempel 302 auf, der sich an der Rückseite 226 des DMD-Chips 22 abstützt. Im Betrieb weist das Peltierelement 314 ein heißes Ende 318 und ein kaltes Ende 316 auf und pumpt Wärme von seinem kalten Ende 316 zu seinem heißen Ende 318. Das kalte Ende 316 ist thermisch mit einem dem DMD-Chip 22 abgewandten Ende des Kühlstempels 302 verbunden, und das heiße Ende 318 ist thermisch mit dem Kühlkörper 304 verbunden.

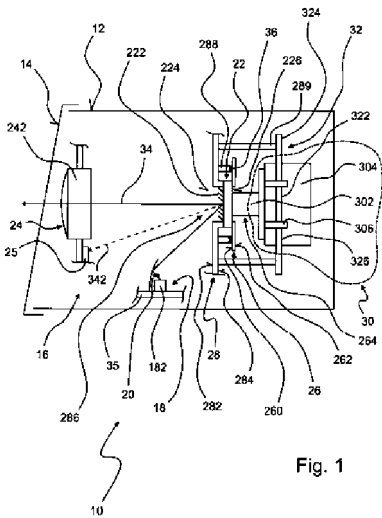


Fig. 1

Zusammenfassung

Vorgestellt wird ein Lichtmodul 16 für einen Kraftfahrzeugscheinwerfer 10, mit einem DMD-Chip 22, der eine Mikrospiegel 222 tragende Vorderseite 224 und eine Rückseite 226 aufweist. Das Lichtmodul 16 zeichnet sich dadurch aus, dass es eine Kühlelementbaugruppe 30 aufweist, die eine Peltierelementbaugruppe 312 und einen Kühlkörper 304 aufweist. Die Peltierelementbaugruppe 312 weist ein Peltierelement 314 und einen mit diesem thermisch verbundenen Kühlstempel 302 auf, der sich an der Rückseite 226 des DMD-Chips 22 abstützt. Im Betrieb weist das Peltierelement 314 ein heißes Ende 318 und ein kaltes Ende 316 auf und pumpt Wärme von seinem kalten Ende 316 zu seinem heißen Ende 318. Das kalte Ende 316 ist thermisch mit einem dem DMD-Chip 22 abgewandten Ende des Kühlstempels 302 verbunden, und das heiße Ende 318 ist thermisch mit dem Kühlkörper 304 verbunden.

Figur 1

DMD-Lichtmodul mit einem Peltierelement

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Lichtmodul für einen Kraftfahrzeugscheinwerfer nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Ein solches Lichtmodul ist aus der DE 198 22 142 C2 bekannt.

Das Lichtmodul strahlt ein eine Hauptabstrahlrichtung aufweisendes Lichtbündel ab. Bei einer bestimmungsgemäßen Verwendung erfolgt die Abstrahlung in einen vor dem Kraftfahrzeugscheinwerfer liegenden Raumbereich, so dass dieser beleuchtet wird. Wenn in der vorliegenden Anmeldung eine Vorderseite erwähnt wird, ist damit jeweils eine Seite gemeint, die diesem Raumbereich zugewandt ist. Eine Rückseite ist jeweils eine diesem Raumbereich abgewandte Seite.

Das bekannte Lichtmodul weist einen DMD-Chip auf, der eine Mikrospiegel tragende Vorderseite und eine seiner Vorderseite gegenüberliegende Rückseite aufweist. Zur Verfügung stehende DMD-Chips können eine große Zahl (größer als eine Million) von Mikrospiegeln aufweisen. Jeder einzelne Mikrospiegel ist dabei zum Beispiel nur 8 mal 8 Mikrometer groß. Eine Stellung jedes einzelnen Mikrospiegels ist zwischen zwei Stellungen umschaltbar. In einer Stellung reflektiert er von einer Lichtquelle über eine Beleuchtungsoptik einfallendes Licht auf eine Projektionsoptik des Lichtmoduls, und in der anderen Stellung reflektiert er das Licht zum Beispiel auf einen Absorber.

Die Projektionsoptik bildet die Anordnung der Mikrospiegel in das Vorfeld des Lichtmoduls, das bei einem Kraftfahrzeugscheinwerfer zum Beispiel auf der Fahrbahn liegt, ab. Mikrospiegel, die Licht auf die Projektionsoptik spiegeln, erscheinen in der aus der Abbildung resultierenden Lichtverteilung als helle Pixel, während die Mikrospiegel, die Licht auf den Absorber spiegeln, in der Lichtverteilung als dunkle Pixel erscheinen. Im Ergebnis ist damit die Form der Lichtverteilung mit einer durch die Zahl der Pixel und damit durch die Zahl der Mikrospiegel vorgegebenen Feinheit steuerbar, was zum Beispiel kamera-gesteuerte Lichtverteilungen ermöglicht, bei denen Bereiche, die andere Verkehrsteilnehmer blenden würden, gezielt abgedunkelt werden können und andere Bereiche, zum Beispiel Verkehrsschilder oder Fußgänger, gezielt beleuchtet werden, damit sie vom Fahrer erkannt werden.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht in der Angabe eines verbesserten DMD-Lichtmoduls der eingangs genannten Art.

Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Dessen kennzeichnende Merkmale sehen vor, dass das Lichtmodul eine Kühlelementbaugruppe aufweist, die eine Peltierelementbaugruppe und einen Kühlkörper aufweist, wobei die Peltierelementbaugruppe ein Peltierelement und einen thermisch mit dem Peltierelement verbundenen Kühlstempel aufweist, der sich an der Rückseite des DMD-Chips abstützt, wobei das Peltierelement ein in seinem Betrieb heißes Ende und ein in seinem Betrieb kaltes Ende aufweist und Wärme von seinem kalten Ende zu seinem heißen Ende pumpt, wobei das kalte Ende thermisch mit einem dem DMD-Chip abgewandten Ende des Kühlstempels verbunden ist und wobei das heiße Ende thermisch mit dem Kühlkörper verbunden ist.

Durch diese Merkmale wird der DMD-Chip während des Betriebes des Peltierelements aktiv gekühlt, wobei die Kühlleistung durch eine Steuerung der

Zufuhr elektrischer Energie zum Peltierelement steuerbar ist. Damit kann der DMD-Chip effektiv gekühlt werden. Die Steuerbarkeit der Kühlleistung durch Steuerung der Zufuhr elektrischer Energie eröffnet die Möglichkeit einer Regelung der Temperatur des DMD-Chips, so dass dieser in einem für seine langfristig störungsfreie Funktion günstigen Temperaturbereich betrieben werden kann. Die Erfindung ist insbesondere in Verbindung mit einem staubdicht abgedichteten Innenraum des Lichtmoduls vorteilhaft, da die Staumdichtheit eine Zirkulation von kühlender Luft im Lichtmodul verhindert oder zumindest erschwert. Die mit Hilfe des Peltierelements gesteigerte Abfuhr von Wärme aus dem DMD-Chip kompensiert diesen Nachteil.

Eine bevorzugte Ausgestaltung zeichnet sich durch eine Leiterplatte aus, die eine Vorderseite und eine Rückseite aufweist und die auf ihrer Vorderseite den DMD-Chip trägt. Das Lichtmodul weist ein zentrales Trägerelement auf, das eine Vorderseite und eine Rückseite aufweist. Das zentrale Trägerelement weist ein Trägerelementfenster auf. Die Leiterplatte ist mit ihrer Vorderseite der Rückseite des zentralen Trägerelements zugewandt so angeordnet, dass die Vorderseite des DMD-Chips das Trägerelementfenster abdeckt. Dabei sind die Mikrospiegel in der Öffnung des Trägerelementfensters angeordnet. Die Leiterplatte weist ein Leiterplattenfenster auf, dessen Öffnung von der Rückseite des DMD-Chips ganz oder zum Teil abgedeckt wird. Der Kühlstempel stützt sich durch das Leiterplattenfenster hindurch an der Rückseite des DMD-Chips ab.

Diese Merkmale erlauben es, dass die Mikrospiegel tragende Vorderseite des DMD-Chips einem Innenraum des Lichtmoduls zugewandt ist, wobei der DMD-Chip durch die auf seiner Rückseite durch den Kühlstempel erfolgenden Abstützung in der Abstützrichtung auf das Trägerelement gedrückt wird, so dass der DMD-Chip in dieser Richtung weniger durch die Leiterplatte gehalten wird und vielmehr durch das Zusammenwirken von Trägerelement und

Kühlstempel gehalten wird. Dies wirkt einem Aufschwingen der Leiterplatte in dieser Richtung entgegen. Die Abstützung des Kühlstempels sorgt darüber hinaus für den zur Wärmeabfuhr aus dem DMD-Chip erforderlichen thermischen Kontakt zwischen der Rückseite des DMD-Chips und dem Kühlstempel.

Eine weitere bevorzugte Ausgestaltung weist ein Federblechelement auf, das einen Boden und seitlich von dem Boden abstehende Schenkel aufweist. Der Boden weist ein Federblechfenster auf, durch das der Kühlstempel hindurch ragt. Der Boden umgreift zusammen mit den Schenkeln das Peltierelement. Dabei erstrecken sich die Schenkel über das Peltierelement heraus und umgreifen dabei den Kühlkörper. Die Schenkel weisen Schenkel-Rastelemente auf, die dazu komplementär geformte Kühlkörper-Rastelemente einrastend hintergreifen. Bei eingerasteten Schenkel-Rastelementen ist das Federblechelement elastisch verformt und presst dabei das im Betrieb heiße Ende des Peltierelements gegen eine Vorderseite des Kühlkörpers.

Als erwünschte Folge ergibt sich eine einfache Montierbarkeit in Verbindung mit einem guten thermischen Kontakt.

Bevorzugt ist auch, dass das Lichtmodul ein elastisch verformtes elastisches Verbindungselement aufweist, das wenigstens ein Kühlelementbaugruppen-seitiges Ende und wenigstens ein Trägerelement-seitiges Ende aufweist, und das mit seinem Kühlelementbaugruppen-seitigen Ende starr mit einem der Rückseite der Leiterplatte abgewandten Ende der Kühlelementbaugruppe verbunden ist und mit seinem Trägerelement-seitigen Ende starr mit dem Trägerelement verbunden ist.

Durch diese Merkmale wird der DMD-Chip klemmend zwischen dem zentralen Trägerelement und der Kühlelementbaugruppe gehalten. Die klemmend

wirkende Anpresskraft liegt dabei in einem durch die Verformung des elastischen Elements definierten Anpresskraftbereich. Dadurch können Auswirkungen von Lagetoleranzen des DMD-Chips auf die auf ihn einwirkende Anpresskraft kompensiert werden. Im Bereich üblicher Toleranzen verändert sich die Verformung des elastischen Elements und damit die von ihm erzeugte Anpresskraft nur wenig. Die Anpresskraft wirkt quer zur Leiterplattenebene. Die Anpresskraft wird durch das elastische Element auf dessen Rückstellkräfte beschränkt, was Beschädigungen durch zu hohe Anpresskräfte, wie sie bei anderen Befestigungen, zum Beispiel bei weniger elastischen Verschraubungen, auftreten können, sicher verhindert. Die Anpresskraft liegt im fertig montierten Zustand bevorzugt zwischen 40 N und 80 N. Die Leiterplatte wird von in der Wirkungsrichtung der Anpresskraft auftretenden Haltekräften befreit.

Weiter ist bevorzugt, dass das elastische Verbindungselement eine Blattfeder ist.

Eine Blattfeder ist einfach zu handhaben und hat gegenüber Spiralfedern den Vorteil, auch senkrecht zu ihrer Federkrafttrichtung noch eine Seitenführung zu gewährleisten. Dadurch kann auf eine formschlüssige und zum Beispiel Gleitlagerflächen aufweisende weitere Halterung der Kühlelementbaugruppe im Lichtmodul verzichtet werden.

Eine weitere bevorzugte Ausgestaltung zeichnet sich dadurch aus, dass die Blattfeder ein Trägerelement-seitiges Ende aufweist, das starr mit dem zentralen Trägerelement verbunden ist.

Bevorzugt ist auch, dass das zentrale Trägerelement Schraubdome aufweist, die aus der Rückseite des zentralen Trägerelements herausragen und die auf ihren von der Rückseite abgewandten Enden Aufnahmen für die

Trägerelement-seitigen Enden der Blattfeder aufweisen.

Weiter ist bevorzugt, dass die Verbindung durch Formschlusselemente des Kühlkörpers der Kühlelementbaugruppe erfolgt, die das Kühlelementbaugruppen-seitige Ende der Blattfeder daran hindern, sich zur Leiterplatte zu bewegen.

Eine weitere bevorzugte Ausgestaltung zeichnet sich dadurch aus, dass der DMD-Chip in einem Sockel der Leiterplatte angeordnet ist und gehalten wird.

Die Leiterplatte hält den DMD-Chip dabei nur in Richtungen der Leiterplattebene. In diesen Richtungen weist die Leiterplatte, anders als in einer quer dazu liegenden Richtung, eine große Steifigkeit auf. Dadurch wird der DMD-Chip in der Leiterplattebene sicher und fest gehalten.

Bevorzugt ist auch, dass eine mechanische Halterung des DMD-Chips in dem Sockel über seitliche Schmalseiten des DMD-Chips erfolgt.

Dadurch stehen die Vorderseite und die Rückseite des DMD-Chips für andere Aufgaben zu Verfügung, nämlich zur Aufnahme von quer zu diesen Seiten wirkenden Kräften, als Anlagefläche einer Dichtung und als Schnittstelle zur Abfuhr von Wärme aus dem DMD-Chip.

Weiter ist bevorzugt, dass die Leiterplatte durch Klebeverbindungen mit Aufnahmen des zentralen Trägerelement verbunden ist.

Klebeverbindungen haben den Vorteil, dass sie kleinere Abstände zwischen den miteinander zu verklebenden Objekten ausfüllen und dadurch eine Ausrichtung der Relativlage der zu verklebenden Objekte zueinander erlauben, wobei die Verklebung dann im ausgerichteten Zustand spannungsfrei, d.h.

ohne mechanische Verspannung der Leiterplatte, erfolgt.

Eine weitere bevorzugte Ausgestaltung zeichnet sich dadurch aus, dass ein Weg des von einer Lichtquelle des Lichtmoduls ausgehenden Lichtes von der Lichtquelle bis zu seinem durch die Projektionsoptik hindurch erfolgenden Austritt aus der Projektionsoptik vollständig in einem staubdicht abgedichteten Innenraum des Lichtmoduls verläuft.

Durch diese Merkmale kann eine Beeinträchtigung der Lichtverteilung durch Staub vermieden werden. Die Größe der Mikrospiegel (z.B. 8 mal 8 Mikrometer) liegt in einem Größenbereich, in dem auch Größen von Staubteilchen liegen. Die Staubteilchen können daher Mikrospiegel ganz oder teilweise verdecken, was die vom Lichtmodul erzeugte Lichtverteilung nachteilig beeinflussen könnte.

Bevorzugt ist auch, dass der Innenraum durch ein Gehäusevorderteil, das zentrale Trägerelement, den DMD-Chip, eine Platine, die Projektionsoptik und eine staubdichte Druckausgleichsmembrane staubdicht abgedichtet und begrenzt wird.

Weitere Vorteile ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung, den Zeichnungen und den Unteransprüchen. Es versteht sich, dass die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

Dabei zeigen, jeweils in schematischer Form:

- Figur 1 ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Lichtmoduls in einer Schnittansicht;
- Figur 2 einen DMD-Chip;
- Figur 3 ein Peltier-Element;
- Figur 4 eine Peltier-Elementbaugruppe des Lichtmoduls;
- Figur 5 eine Draufsicht auf eine Rückseite eines zentralen Trägerelements eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Lichtmoduls;
- Figur 6 ein weiteres Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Lichtmoduls;
- Figur 7 eine Schrägansicht der Rückseite eines zentralen Trägerelements vor der Montage des DMD-Chips;
- Figur 8 eine Draufsicht auf die Vorderseite eines zentralen Trägerelements mit einer Platine, Trägerelementfenster und einem innenraumseitigen Flanschbereich des zentralen Trägerelements; und
- Figur 9 ein zu dem zentralen Trägerelement aus Figur 8 komplementäres Gehäusevorderteil.

Figur 1 zeigt im Einzelnen eine Schnittdarstellung eines Kraftfahrzeugscheinwerfers 10 mit einem Gehäuse 12, dessen Lichtaustrittsöffnung von einer transparenten Abdeckscheibe 14 abgedeckt wird.

Die Schnittebene liegt bei einer bestimmungsgemäßen Verwendung des Kraftfahrzeugscheinwerfers 10 in einem Kraftfahrzeug parallel zu einer Ebene, die von einer Längsachse und einer Hochachse des Kraftfahrzeuges aufgespannt wird.

Im Innenraum des Gehäuses 12 ist ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Lichtmoduls 16 angeordnet. Das Lichtmodul 16 weist unter anderem eine Lichtquelle 18, eine Beleuchtungsoptik 20, einen DMD-Chip 22, eine Projektionsoptik 24 und einen Absorber 25 auf. Das Lichtmodul 16 weist darüber hinaus eine Leiterplatte 26, ein zentrales Trägerelement 28, eine Kühlelementbaugruppe 30 und ein elastisches Verbindungselement 32 auf.

Die Leiterplatte 26 weist eine Vorderseite 260, eine Rückseite 262 und ein Leiterplattenfenster 264 auf und trägt auf ihrer Vorderseite 260 den DMD-Chip 22. Der DMD-Chip 22 weist eine Mikrospiegel 222 tragende Vorderseite 224 und eine seiner Vorderseite 224 gegenüberliegende Rückseite 226 auf. Das zentrale Trägerelement 28 weist eine Vorderseite 282, eine Rückseite 284 und ein Trägerelementfenster 286 auf.

Die Leiterplatte 26 ist mit ihrer Vorderseite 260 der Rückseite 284 des zentralen Trägerelements 28 zugewandt so angeordnet, dass die Vorderseite 224 des DMD-Chips 22 das Trägerelementfenster 286 abdeckt, wobei die Mikrospiegel 222 in der Öffnung des Trägerelementfensters 286 angeordnet sind. Eine Öffnung des Leiterplattenfensters 264 wird von der Rückseite 226 des DMD-Chips 22 ganz oder zum Teil abgedeckt.

Die Kühlelementbaugruppe 30 weist eine Peltierelementbaugruppe 312 und einen Kühlkörper 304 auf. Die Peltierelementbaugruppe 312 weist ein Peltierelement 314 und einen thermisch mit dem Peltierelement 314 verbundenen Kühlstempel 302 auf. Das Peltierelement 314 weist ein in seinem Betrieb kaltes Ende 316 und ein in seinem Betrieb heißes Ende 318 auf und pumpt, wenn es mit einem elektrischen Strom betrieben wird, Wärme von seinem kalten Ende 316 zu seinem heißen Ende 318. Das kalte Ende 316 ist thermisch mit einem dem DMD-Chip 22 abgewandten, Peltierelement-seitigen Ende 310 des Kühlstempels 302 verbunden, und das heiße Ende 318 des Peltierelements 314 ist thermisch mit dem Kühlkörper 304 verbunden. Der Kühlstempel 302 stützt sich an der Rückseite 226 des DMD-Chips 22 ab und befindet sich daher in einem thermischen Kontakt mit der Rückseite 226.

Das elastische Verbindungselement 32 weist wenigstens ein Kühlelementbaugruppen-seitiges Ende 322 und wenigstens ein Trägerelement-seitiges Ende 324 auf.

Mit seinem Kühlelementbaugruppen-seitigen Ende 322 ist das elastische Verbindungselement 32 starr mit dem auf der Rückseite 262 der Leiterplatte 26 angeordneten Kühlkörper 304 der Kühlelementbaugruppe 30 verbunden.

Mit seinem Trägerelement-seitigen Ende 324 ist das elastische Verbindungselement 32 starr mit dem zentralen Trägerelement 28 verbunden.

Die Lichtquelle 18 ist eine Halbleiterlichtquelle 182, die auf einer Platine 35 angeordnet ist und die Licht 34 in Richtung zu der Beleuchtungsoptik 20 abstrahlt. Die Beleuchtungsoptik 20 richtet das von der Halbleiterlichtquelle 182 her einfallende Licht 34 auf die Mikrospiegel 222, die auf der Vorderseite 224 des DMD-Chips 22 angeordnet sind. Wie und mit welchen optischen

Elementen der Beleuchtungsoptik 20 dies im Einzelnen geschieht, ist für die Erfindung nicht wesentlich. Die Beleuchtungsoptik 20 weist bevorzugt eine Glasvorsatzlinse und einen Hohlspiegelreflektor auf, wobei die Glasvorsatzlinse im Lichtweg zwischen der Lichtquelle und dem Reflektor angeordnet ist.

Eine Schwenkstellung der Mikrospiegel 222 ist individuell für jeden Mikrospiegel oder zumindest für verschiedene Gruppen (Teilmengen) der Mikrospiegel 222 zwischen einer ersten Schwenkstellung und einer zweiten Schwenkstellung umschaltbar. Jeder Mikrospiegel, der sich in der ersten Schwenkstellung befindet, lenkt das auf ihn von der Beleuchtungsoptik 20 her einfallende Licht 34 auf die Projektionsoptik 24 um. Jeder Mikrospiegel, der sich in der zweiten Schwenkstellung befindet, lenkt das auf ihn von der Beleuchtungsoptik 20 her einfallende Licht 34 so ab, dass dieses als abgelenktes Licht 342 nicht auf die Projektionsoptik 24 fällt. Dieses Licht 342 wird zum Beispiel auf den Absorber 25 gelenkt und dort absorbiert, so dass es keine störenden Lichteffekte erzeugen kann.

Die Projektionsoptik 24 richtet das auf sie von dem DMD-Chip 22 her einfallende Licht 34 in das Vorfeld des Lichtmoduls 16. Bei einer bestimmungsgemäßen Verwendung des Lichtmoduls 16 wird mit diesem Licht 34 die vor dem Kraftfahrzeug liegende Fahrbahn ausgeleuchtet. Die Projektionsoptik 24 weist eine Projektionsoptiklinse 242 aus transparentem Kunststoff oder Glas auf. Die Projektionsoptik 24 kann auch mehrere Linsen aufweisen, zum Beispiel eine Anordnung aus einem Achromaten und einer abbildenden Linse.

Wie Figur 2 zeigt, weist der DMD-Chip 22 zwei Breitseiten in Form der Vorderseite 224 und der Rückseite 226 auf, wobei die Vorderseite 224 und die Rückseite 226 durch zwischen ihnen liegende seitliche Schmalseiten 228 voneinander getrennt sind. Die Vorderseite 224 des DMD-Chips 22 weist einen

zentralen Chip-Bereich auf, in dem die Mikrospiegel 222 angeordnet sind, und er weist einen den zentralen Chip-Bereich in einer geschlossenen Kurve umlaufenden Flanschbereich 229 auf, in dem keine Mikrospiegel 222 angeordnet sind. Die Zahl der Mikrospiegel beträgt zum Beispiel ca. 1,3 Millionen, die in einer Matrix mit 1152 Spalten und 1152 Reihen angeordnet sind.

Figur 2 zeigt auch, dass der DMD-Chip 22 in einem Sockel 266 der Leiterplatte 26 angeordnet ist und gehalten wird. Dabei erfolgt die mechanische Halterung des DMD-Chips 22 in dem Sockel 266 über die seitlichen Schmalseiten 228 und ggf. zusätzlich über Teile der Rückseite 226 des DMD-Chips 22, und die elektrische Kontaktierung erfolgt ebenfalls über die seitlichen Schmalseiten 228 und/oder über die Rückseite 226 des DMD-Chips 22 von der Leiterplatte 26 aus.

Die Leiterplatte 26 ist fest mit dem zentralen Trägerelement 28 verbunden. Die Verbindung erfolgt bevorzugt durch in der Figur 1 dargestellte Klebeverbindungen 36. In der Figur 1 liegen die Klebeverbindungen 36 zwischen der Leiterplatte 26 und Aufnahmen 288 des zentralen Trägerelements 28.

Dabei übt die Leiterplatte 26 keine senkrecht zur Fläche der Leiterplatte 26 und der Vorderseite 224 des DMD-Chips 22 wirkende Anpresskraft aus. Die Leiterplatte 26 hält den DMD-Chip 22 mit ihrem Sockel 266 jedoch in tangential zur Vorderseite 224 des DMD-Chips 22 und der Leiterplatte 26 liegenden Richtungen fest.

Die genannte Anpresskraft drückt den Flanschbereich 229 des DMD-Chips 22 gegen die Rückseite des zentralen Trägerelements 28. Die Anpresskraft wird von dem elastischen Verbindungselement 32 als Rückstellkraft einer

elastischen Verformung erzeugt, die das elastische Verbindungselement 32 beim Zusammenbau des Lichtmoduls 16 erfährt.

Im zusammengebauten Zustand ist eine als elastisches Verbindungselement 32 dienende Blattfeder 326 mit ihrem Trägerelement-seitigen Ende 324 starr mit dem zentralen Trägerelement 28 verbunden. Das zentrale Trägerelement 28 weist Schraubdome 289 auf, die aus der Rückseite 284 des zentralen Trägerelements 28 herausragen. Auf ihren von der Rückseite 284 abgewandten Enden weisen die Schraubdome 289 Aufnahmen für die Trägerelement-seitigen Enden 324 der Blattfeder 326 auf.

Mit ihrem Kühlelementbaugruppen-seitigen Ende 322 ist die Blattfeder 326 kraftschlüssig und/oder formschlüssig mit dem auf der Rückseite 262 der Leiterplatte 26 angeordneten Kühlkörper 304 der Kühlelementbaugruppe 30 verbunden. In der Figur 1 erfolgt diese Verbindung durch Formschlusselemente 306 des Kühlkörpers 304 der Kühlelementbaugruppe 30, die das Kühlelementbaugruppen-seitige Ende 322 der Blattfeder 326 daran hindern, sich zur Leiterplatte 26 zu bewegen. Die Formschlusselemente 306 sind zum Beispiel Stifte, die in dazu komplementäre Ausnehmungen in der Blattfeder eingreifen oder Vorsprünge, an denen die Blattfeder anliegt.

Durch den Kühlstempel 302, mit dem sich die Kühlelementbaugruppe 30 durch das Leiterplattenfenster 264 hindurch an der Rückseite 226 des DMD-Chips 22 abstützt, ergibt sich beim Zusammenbau des Lichtmoduls 16 vor einem Herstellen der Schraubverbindungen zunächst ein Abstand zwischen den Blattfeder-seitigen Enden der Schraubdome 289 und den Trägerelement-seitigen Enden 324 der Blattfeder 326 in einer zur Rückseite 262 der Leiterplatte 26 senkrechten Richtung. Beim Herstellen der Schraubverbindung verschwindet dieser Abstand zwischen den Blattfeder-seitigen Enden der Schraubdome 289 und den Trägerelement-seitigen Enden

324 der Blattfeder 326, wobei die Blattfeder 326 elastisch verformt wird. Dabei ergibt sich eine zum DMD-Chip 22 gerichtete Rückstellkraft, die als Anpresskraft von dem Kühlstempel 302 durch das Leiterplattenfenster 264 hindurch auf die Rückseite des 226 des DMD-Chips 22 übertragen wird und die diesen auf den rückseitigen Rand des Trägerelementfensters 286 drückt.

Bei der Montage des Lichtmoduls 16 erfolgt das Herstellen der Schraubverbindung zwischen den Blattfeder-seitigen Enden der Schraubdomen 289 und den Trägerelement-seitigen Enden 324 der Blattfeder 326 bevorzugt in zwei Schritten: In einem ersten Schritt erfolgt die Schraubverbindung nur so weit, dass das elastische Verbindungselement 32 noch nicht seine volle Rückstellkraft erzeugt, wobei die Schraubverbindung aber doch so weit hergestellt wird, dass der DMD-Chip 22 schon mit einer gewissen, wenn auch nicht mit der vollen Anpresskraft auf die Rückseite 284 des zentralen Trägerelements 28 gedrückt wird. Das elastische Verbindungselement 32 wird dabei zunächst in einem ersten Ausmaß verformt, in dem es die gewisse Anpresskraft erzeugt.

Die Leiterplatte 26 ist dabei zunächst in den Aufnahmen 288 des zentralen Trägerelements 28 in der Leiterplattebene schwimmend beweglich. In diesem Zustand wird die Leiterplatte 26 mit Hilfe eines kamera- und Bildverarbeitungs- gestützten Ausrichtsystems zusammen mit dem im Sockel 266 der Leiterplatte 26 fest sitzenden DMD-Chip 22 so ausgerichtet, dass die Richtungen, in welche die Mikrospiegel 222 von der Beleuchtungsoptik 20 her einfallendes Licht 34 reflektieren, den gewünschten Sollrichtungen entspricht. Nach erfolgter Ausrichtung wird die Leiterplatte 26 mit den Klebeverbindungen 36 mit den Aufnahmen 288 des zentralen Trägerelements 28 spannungsfrei verklebt. Erst danach werden die Schraubverbindungen, mit denen die Blattfeder 326 mit den Schraubdomen 289 verschraubt wird, endfest angezogen. Dabei wird das elastische Verbindungselement insgesamt in einem

zweiten Ausmaß verformt, das größer als das erste Ausmaß ist. Daher ist auch die Rückstellkraft und damit auch die Anpresskraft bei endfest angezogenen Schrauben größer als vorher.

Figur 3 zeigt den bekannten Aufbau eines Peltierelements 314. Das Peltierelement 314 weist eine als kaltes Ende 316 dienende Breitseite und eine als heißes Ende 318 dienende Breitseite auf. Die beiden Enden 316, 318 bestehen zum Beispiel aus einer wärmeleitenden aber elektrisch nicht leitfähigen Keramik. Zwischen den beiden Enden 316, 318 befinden sich Halbleiterbereiche, wobei jeweils ein n-dotierter Bereich neben einem p-dotierten Bereich liegt und umgekehrt. Einander benachbarte Bereiche sind elektrisch in Reihe geschaltet. Bei einem Fluss von elektrischem Strom I durch die Reihenschaltung wird auf Grund des Peltier-Effektes Wärme Q entgegen der normalen Wärmetransportrichtung vom kalten Ende 316 zum heißen Ende 318 gepumpt.

Figur 4 zeigt eine bevorzugte Ausgestaltung einer Peltierelementbaugruppe 312. Die Peltierelementbaugruppe 312 weist ein Federblechelement 33 auf, das einen Boden 332 und seitlich von dem Boden 332 abstehende Schenkel 333, 335 aufweist. Der Boden 332 weist ein Federblechfenster 334 auf, durch das der Kühlstempel 302 hindurch ragt. Mit seinen Schenkeln 333 umgreift das Federblechelement 33 das Peltierelement-seitige Ende 310 des Kühlstempels 302. Das Peltierelement-seitige Ende 310 des Kühlstempels 302 weist in zur Hauptwärmeflussrichtung vom DMD-Chip 22 zum Kühlkörper 304 quer liegenden Ebenen einen größeren Querschnitt als an seinem DMD-Chip-seitigen Ende 311 auf. Zwei Schenkel 333 erstrecken sich über das Peltierelement 314 hinweg und umgreifen dabei den Kühlkörper 304. Diese Schenkel 333 weisen Schenkel-Rastelemente 336 auf, die dazu komplementär geformte Kühlkörper-Rastelemente 337 einrastend hintergreifen, wobei das Federblechelement 33 bei eingerasteten Schenkel-Rastelementen 336

elastisch verformt ist. Die Schenkel-Rastelemente sind zum Beispiel Ausnehmungen im Schenkel und Kühlkörper-Rastelemente sind zum Beispiel Vorsprünge, die in die Ausnehmungen eingreifen. Das im Betrieb heiße Ende 318 des Peltierelements 314 wird durch eine als Folge der Verformung des Federblechelements 33 erzeugte Anpresskraft gegen eine Vorderseite 305 des Kühlkörpers 304 gepresst. Weitere Schenkel 335 sind entlang des Umfangs des Peltierelement-seitigen Endes 310 des Kühlstempels 302 so angeordnet und geformt und an der Vorderseite 305 des Kühlkörpers 304 befestigt, dass der Boden 332 gegen die Vorderseite 305 des Kühlkörpers 304 gezogen wird. Dadurch wird letztlich der Widerstand, den das Federblechelement 33 einer Verformung entgegensetzt, vergrößert. Zusammen mit der Umrandung der Öffnung des Federblechfensters 336 legen die Schenkel 333, 335 und die Kühlkörper-Rastelemente 337 die Position des Federblechelementes 33 und damit auch die Position des Kühlstempels 302 innerhalb der Peltierelementbaugruppe 312 relativ zum Kühlkörper 304 fest.

Die Figur 4 zeigt weiter ein elastisch verformbares Verbindungselement (32), das wenigstens ein Kühlelementbaugruppen-seitiges Ende (322) und wenigstens ein Trägerelement-seitiges Ende (324) aufweist. Das elastische Verbindungselement 32 ist eine Blattfeder 326, die eine geschlossene Schleife bildet und hinter Formschlusselementen 306 des Kühlkörpers 304 liegt. Die Formschlusselemente 306 des Kühlkörpers 304 sind hier Vorsprünge, die sich an der Vorderseite des elastischen Verbindungselements 32 befinden und dort seitlich herausragen und die Kühlelementbaugruppen-seitige Enden 322 der Blattfeder 326 daran hindern, sich unabhängig vom Kühlkörper 304 zur Leiterplatte 26 des Lichtmoduls zu bewegen.

Figur 5 zeigt eine Draufsicht auf die Rückseite 284 eines zentralen Trägerelements 28 sowie auf die Rückseite 262 der Leiterplatte 26 und der Kühlelementbaugruppe 30 im montierten Zustand. Das als in einer

geschlossenen Schleife verlaufende Blattfeder 326 verwirklichte elastische Verbindungselement weist zwei Trägerelement-seitige Enden 324 und zwei Kühlelementbaugruppen-seitige Enden 322 auf.

Mit seinen Kühlelementbaugruppen-seitigen Enden 322 ist das elastische Verbindungselement 32 starr mit einem der Rückseite 262 der Leiterplatte 26 abgewandten Ende der Kühlelementbaugruppe 30 verbunden. Mit seinen Trägerelement-seitigen Enden 324 ist das elastische Verbindungselement starr mit dem Trägerelement (28) verbunden.

Das elastische Verbindungselement 32 muss nicht als einzelne Blattfeder 326 verwirklicht sein. Es kann zum Beispiel auch als Spiralfeder, als Anordnung von Spiralfedern oder Blattfedern oder als Block aus elastischem Material oder als Anordnung mehrerer solcher Blöcke verwirklicht sein. Die Kühlelementbaugruppe 30 weist bevorzugt oberflächenvergrößernde Strukturen wie Kühlrippen oder Kühlstifte auf, um eine Abgabe von Wärme an die Umgebung zu verbessern. Das Lichtmodul weist bevorzugt ein Gebläse auf, das die Kühlrippen und/oder Stifte mit Kühlluft anströmt.

Figur 6 zeigt ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Lichtmoduls 160. Bei dem Lichtmodul 160 liegt der Weg des Lichtes 34 von der Lichtquelle 18 bis zu seinem durch die Projektionsoptik 24 hindurch erfolgenden Austritt aus der Projektionsoptik 24 vollständig in einem staubdicht abgedichteten Innenraum 38. Dieser Innenraum 38 wird durch ein Gehäusevorderteil 40, das zentrale Trägerelement 28, den DMD-Chip 22, die Platine 35, die Projektionsoptik 24 und eine staubdichte Druckausgleichsmembrane 32 begrenzt. Die Staubdichtheit soll dabei der Klasse IP6K2 genügen. Unter Umständen ist dafür eine Montage unter Reinraumbedingungen erforderlich.

Die Vorderseite 282 des zentralen Trägerelements 28 ist dem Innenraum 38 zugewandt. Das zentrale Trägerelement 28 weist einen Lichtquellen- und Beleuchtungsoptik-seitigen ersten Teilbereich 281 und einen DMD-Chip-seitigen zweiten Teilbereich 283 auf. Diese beiden Teilbereiche 281 und 283 sind räumlich voneinander getrennt, hängen aber stoffschlüssig zusammen und bilden zusammen das einstückige zentrale Trägerelement 28. Die beiden Teilbereiche 281 und 283 schließen einen Winkel ein, der größer als 90° , aber kleiner als 180° ist. Das zentrale Trägerelement 28 besteht bevorzugt aus Metall und dient auch als Kühlkörper, der die in der Lichtquelle 18 frei werdende Wärme aufnimmt und an die Umgebung des Lichtmoduls 160 abgibt. Der letzte Satz gilt für sämtliche Ausführungsbeispiele.

Die Platine 35 ist fest mit der Vorderseite 282 des zentralen Trägerelements 28 in dessen erstem Teilbereich 281 verbunden. Die Verbindung ist zum Beispiel eine Schraub- und/oder Klebeverbindung. Eine Vorderseite 352 der Platine 35 trägt die als Halbleiterlichtquelle 182 verwirklichte Lichtquelle 18 und die Beleuchtungsoptik 20. Eine Rückseite 354 der Platine 35 ist der Vorderseite 30.1 des zentralen Trägerelements 28 zugewandt. In quer zur Vorderseite 352 und zur Rückseite 354 der Platine 35 weisenden Richtungen ragt das zentrale Trägerelement 28 über die Platine 35 hinaus. Diese Richtungen werden im Folgenden auch als seitliche Richtungen 37 bezeichnet. Ein Beispiel einer seitlichen Richtung 37 ist in der Figur 6 angegeben. Andere seitliche Richtungen stehen senkrecht auf der Zeichnungsebene. Der seitlich über die Platine 35 überstehende Rand der Vorderseite 282 des zentralen Trägerelements 28 bildet einen Teil eines innenraumseitigen Flanschbereiches des zentralen Trägerelements 28.

Das Trägerelementfenster 286 ist im zweiten Teilbereich 283 des zentralen Trägerelements 28 angeordnet. Ein das Trägerelementfenster 286 umlaufender Fenster-Randbereich bildet auf der Rückseite 284 des zentralen

Trägerelements 28 einen Fenster-Flanschbereich.

Der innenraumseitige Flanschbereich des zentralen Trägerelements 28 liegt dem Fenster-Flanschbereich gegenüber. Zwischen den beiden Flanschbereichen liegt eine DMD-Chip-Dichtung 44 in Form einer Flachdichtung, die von den Flanschbereichen mit einer diese Flanschbereiche aufeinander pressenden Anpresskraft gehalten wird und die das Trägerelementfenster 286 in einer geschlossenen Kurve umläuft. Der zentrale Bereich der Rückseite des DMD-Chips 16 dient als Schnittstelle zur Ableitung von Wärme aus dem DMD-Chip 16 und weist daher keine elektrischen Anschlüsse auf. Die Leiterplatte 26, die den DMD-Chip 22 trägt, liegt vollständig außerhalb des abgedichteten Innenraums 38.

In zu den Breitseiten des DMD-Chips 22 senkrechten Richtungen wird der DMD-Chip 22 zwischen dem auf der Rückseite 284 des zentralen Trägerelements 28 angeordneten Fenster-Flanschbereich des Trägerelementfensters 286 und dem federbelasteten Kühlstempel 302 klemmend gehalten, wie es mit Bezug auf die Figur 1 erläutert worden ist. Dabei wird die vom elastischen Verbindungselement 32 erzeugte Anpresskraft gleichzeitig auch auf die DMD-Chip-Dichtung 44 ausgeübt, was damit zu der staubdichten Abdichtung des Innenraums 38 beiträgt.

Figur 7 zeigt eine Schrägansicht der Rückseite 284 eines zentralen Trägerelements 28 vor der Montage des DMD-Chips 22. Das zentrale Trägerelement 28 weist auf seiner Rückseite 284 einen das Trägerelementfenster 286 in einer geschlossenen Kurve umlaufenden äußeren Flanschbereich auf, der in der Figur 7 durch die DMD-Chip-Dichtung 44 abgedeckt wird. Die Konturen der DMD-Chip-Dichtung 44 entsprechen den Konturen des äußeren Flanschbereichs und des Trägerelementfensters 286.

Figur 7 zeigt auch Schraubdomes 289, die zur Aufnahme und Befestigung der Trägerelement-seitigen Enden 324 des elastischen Verbindungselements 32 eingerichtet sind.

Figur 8 zeigt schematisch eine Draufsicht auf die Vorderseite 282 des zentralen Trägerelements 28 mit der Platine 35, dem Trägerelementfenster 286 und einem innenraumseitigen Flanschbereich 287 des zentralen Trägerelements 28, der die Form einer geschlossenen Kurve besitzt. Die Kurve liegt bei dem in der Figur 6 dargestellten Ausführungsbeispiel, bei dem die beiden Teilbereiche 281 und 283 einen Winkel miteinander einschließen, der größer als 90° und kleiner als 180° ist, nicht in einer Ebene. Die Kurve kann, je nach Ausgestaltung, aber auch in einer Ebene verlaufen. In jedem Fall bildet die Kurve eine im Raum verlaufende und damit räumliche Kurve. Auf der Platine 35 kann eine Flachdichtung oder eine Flanschverstärkung 46 aufliegen, die im mit dem Gehäusevorderteil 40 zusammengebauten Zustand um ein Gehäusefenster 402 (vergleiche Figur 6) des Gehäusevorderteils 40 herum läuft.

Figur 9 zeigt das zu dem zentralen Trägerelement 28 aus Figur 8 komplementäre Gehäusevorderteil 40. Dabei ist insbesondere eine dem Innenraum 38 des Lichtmoduls 160 zugewandte Innenseite des Gehäusevorderteils 40 mit einem Gehäuse-Flanschbereich 404 sichtbar. Die Form des Gehäuse-Flanschbereichs 404 ist ein Negativ der Form des äußeren Flanschbereichs 287 des zentralen Trägerelements 28, so dass sich beide Flanschbereiche 404, 287 beim Zusammenfügen des Gehäusevorderteils 40 und des zentralen Trägerelements 28 entlang der gesamten Länge der räumlichen Kurve der Flanschbereiche flächig berühren oder eine zwischen ihnen liegende Dichtung jeweils flächig berühren. Auf dem Gehäuse-Flanschbereich 404 liegt über dessen gesamter Länge eine Dichtung 406 auf. Das Gehäusevorderteil 40 weist ein Gehäusefenster 402 auf. Über die Länge

des Randes des Gehäusefensters 402 liegt auf dem Rand eine Dichtung 408 auf.

Die Dichtungen 406 und 408 sind bevorzugt Dichtlippen aus Dichtungsmaterial, das an das bevorzugt aus Kunststoff bestehende Gehäusevorderteil 40 angeformt ist. Das Dichtungsmaterial ist beispielsweise ein plastisch verformbarer Kunststoff, beispielsweise Silikon. Silikon hat den Vorteil, dass es vor dem Zusammenbau ausgeheizt werden kann, was spätere Beeinträchtigungen optischer Flächen des Lichtmoduls 160 durch Niederschläge von verdampftem Dichtungsmaterial vermeidet. Beim Zusammenbau des Lichtmoduls 160 wird die Dichtung 406 zwischen den Flanschbereichen 404 und 287 zusammengepresst, und die Dichtung 408 wird zwischen der Flanschverstärkung 46 oder der Platine 35 auf der einen Seite und dem Rand des Gehäusefensters 402 auf der anderen Seite zusammengepresst.

Das Lichtmodul 160 weist bevorzugt Schraubverbindungen auf, mit denen die Flanschbereiche 404 und 287 aufeinander gepresst werden. Im zusammengefügt Zustand umgeben das Gehäusevorderteil 40 und das zentrale Trägerelement 28 den Innenraum 38.

Wie Figur 6 zeigt, liegt dabei zumindest die Rückseite 354 der Platine 35, die der innenraumseitigen Vorderseite 282 des zentralen Trägerelements 28 zugewandt ist, in dem Innenraum 38. Eine die Lichtquelle 18 und die Beleuchtungsoptik 20 tragende Vorderseite 352 der Platine 35 ist dem Gehäusevorderteil 40 zugewandt. Das Gehäusevorderteil 40 weist in einem Teil des Gehäusevorderteils 40, welcher der Platine 35 zugewandt ist, das Gehäusefenster 402 auf. Das Gehäusefenster 402 ermöglicht eine elektrische Verbindung der in dem staubdicht abgedichteten Innenraum 38 des Lichtmoduls 160 angeordneten elektrischen Komponenten, insbesondere der

Lichtquelle 18, mit einem von außen herangeführten Kabelbaum 50.

Der Rand des Gehäusefensters 402 bildet dabei auf seiner der Platine 35 zugewandten Seite einen Gehäusefensterflansch, der die Platine 35 über seine ganze Länge hinweg flächig berührt oder der zumindest über seine ganze Länge hinweg eine die Öffnung des Gehäusefensters 402 umlaufende Dichtung 408 flächig berührt, die ihrerseits über ihre ganze Länge hinweg die Platine 35 flächig berührt. Damit deckt die Platine 35 das Gehäusefenster 402 staubdicht ab.

Die Form des Gehäusevorderteils 40 ist dabei mit der Lage der Platine 35 auf dem zentralen Trägerelement 28 so abgestimmt, dass eine Berührung zwischen der Platine 35 und dem Gehäusefensterflansch, beziehungsweise zwischen der Platine 35, der Dichtung 408 und dem Gehäusefensterflansch bereits erfolgt, wenn zwischen dem Gehäuse-Flanschbereich 404 und dem innenraumseitigen Flanschbereich 287 des zentralen Trägerelements 28 noch ein kleiner Abstand besteht. Beim weiteren Zusammenfügen und Befestigen des Gehäusevorderteils 40 an dem zentralen Trägerelement 28 ergibt sich damit eine abdichtend wirkende Anpresskraft zwischen dem Gehäusefensterflansch und der Platine 35, beziehungsweise zwischen dem Gehäusefensterflansch, der Dichtung 54 und der Platine 35. Die Dichtungen 406 und 408 liegen also in zueinander versetzten Dichtebenen. Die um die Breitseiten der Platine 35 herum verlaufende Schmalseite der Platine 35 liegt in ihrer ganzen Länge innerhalb des Innenraums 38. Die elektrische Kontaktierung muss dadurch nicht in einer Dichtebene, bzw. nicht durch eine Dichtung hindurch verlaufen, was die Zuverlässigkeit der Abdichtung verbessert.

Wie Figur 9 zeigt, weist das Gehäusevorderteil 40 eine Lichtaustrittsöffnung 401 auf. Der die lichte Weite der Lichtaustrittsöffnung 401 umlaufende Rand

des Gehäusevorderteils 40 ist als ein innerer Dichtbereich 403 des Gehäusevorderteils 40 ausgestaltet. In einer bevorzugten Ausgestaltung ist der innere Dichtbereich 403 ebenfalls mit Dichtungsmaterial belegt. Die Lichtaustrittsöffnung 401 wird durch die Projektionsoptik 24 und einen Rand der Projektionsoptik 24 umgebendes Dichtungsmaterial staubdicht abgedichtet.

Patentansprüche

1. Lichtmodul (16; 160) für einen Kraftfahrzeugscheinwerfer (10), mit einem DMD-Chip (22), der eine Mikrospiegel (222) tragende Vorderseite (224) und eine seiner Vorderseite (224) gegenüberliegende Rückseite (226) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass das Lichtmodul (16; 160) eine Kühlelementbaugruppe (30) aufweist, die eine Peltierelementbaugruppe (312) und einen Kühlkörper (304) aufweist, wobei die Peltierelementbaugruppe (312) ein Peltierelement (314) und einen thermisch mit dem Peltierelement (314) verbundenen Kühlstempel (302) aufweist, der sich an der Rückseite (226) des DMD-Chips (22) abstützt, wobei das Peltierelement (314) ein in seinem Betrieb heißes Ende (318) und ein in seinem Betrieb kaltes Ende (316) aufweist und Wärme von seinem kalten Ende (316) zu seinem heißen Ende (318) pumpt, wobei das kalte Ende (316) thermisch mit einem dem DMD-Chip (22) abgewandten Ende (310) des Kühlstempels (302) verbunden ist und wobei das heiße Ende (318) thermisch mit dem Kühlkörper (304) verbunden ist.
2. Lichtmodul (16; 160) nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch eine Leiterplatte (26), die eine Vorderseite 260 und eine Rückseite (262) aufweist und die auf ihrer Vorderseite (260) den DMD-Chip (22) trägt, und durch ein zentrales Trägerelement (28), das eine Vorderseite (282) und eine Rückseite (284) aufweist, wobei das zentrale Trägerelement (28) ein Trägerelementfenster (286) aufweist, wobei die Leiterplatte (26) mit ihrer Vorderseite (260) der Rückseite (284) des zentralen Trägerelements (28) zugewandt so angeordnet ist, dass die Vorderseite (224) des DMD-Chips (22) das Trägerelementfenster (286) abdeckt, wobei die Mikrospiegel (222) in der Öffnung des Trägerelementfensters (286) angeordnet sind, wobei die Leiterplatte (26) ein Leiterplattenfenster

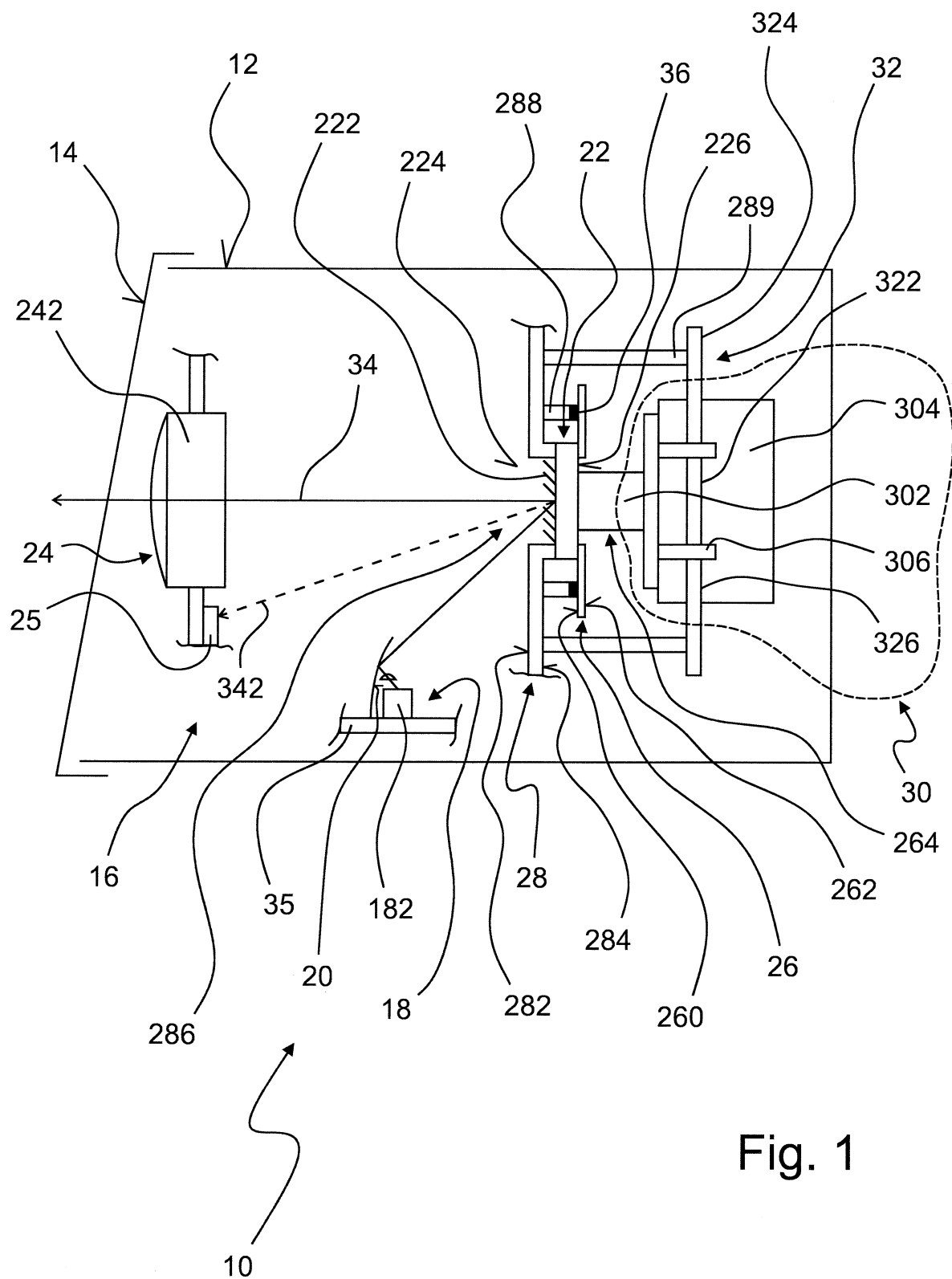
- (264) aufweist, dessen Öffnung von der Rückseite (226) des DMD-Chips (22) ganz oder zum Teil abgedeckt wird, und wobei sich der Kühlstempel (302) durch das Leiterplattenfenster (264) hindurch an der Rückseite (226) des DMD-Chips (22) abstützt.
3. Lichtmodul (16; 160) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch ein Federblechelement (33), das einen Boden (332) und seitlich von dem Boden (33) abstehende Schenkel (333, 335) aufweist, wobei der Boden (33) ein Federblechfenster (334) aufweist, durch das der Kühlstempel (302) hindurch ragt, und wobei der Boden (33) mit den Schenkeln (333, 335) das Peltierelement (314) umgreift und wobei die Schenkel (33, 335) sich über das Peltierelement (314) heraus erstrecken und dabei den Kühlkörper (304) umgreifen und wobei die Schenkel (33, 335) Schenkel-Rastelemente (336) aufweisen, die dazu komplementär geformte Kühlkörper-Rastelemente (337) einrastend hintergreifen, wobei das Federblechelement (33) bei eingerasteten Schenkel-Rastelementen (336) elastisch verformt ist und das im Betrieb heiße Ende (318) des Peltierelements (314) dabei gegen eine Vorderseite 305) des Kühlkörpers (304) presst.
4. Lichtmodul (16; 160) nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Lichtmodul (16;160) ein elastisch verformtes elastisches Verbindungselement (32) aufweist, das wenigstens ein Kühlelementbaugruppen-seitiges Ende (322) und wenigstens ein Trägerelement-seitiges Ende (324) aufweist, und mit seinem Kühlelementbaugruppen-seitigen Ende (322) starr mit einem der Rückseite (262) der Leiterplatte (26) abgewandten Ende der Kühlelementbaugruppe (30) verbunden ist und mit seinem Trägerelement-seitigen Ende (324) starr mit dem Trägerelement (28) verbunden ist.
5. Lichtmodul (16; 160) nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass

das elastische Verbindungselement (32) eine Blattfeder (326) ist.

6. Lichtmodul (16; 160) nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Blattfeder (326) ein Trägerelement-seitiges Ende (324) aufweist, das starr mit dem zentralen Trägerelement (28) verbunden ist.
7. Lichtmodul (16; 160) nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das zentrale Trägerelement (28) Schraubdomes (289) aufweist, die aus der Rückseite (284) des zentralen Trägerelements (28) herausragen und die auf ihren von der Rückseite (284) abgewandten Enden Aufnahmen für die Trägerelement-seitigen Enden (324) der Blattfeder (326) aufweisen.
8. Lichtmodul (16; 160) nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbindung durch Formschlusselemente (306) des Kühlkörpers (304) der Kühlelementbaugruppe (30) erfolgt, die das Kühlelementbaugruppen-seitige Ende (322) der Blattfeder (326) daran hindern, sich zur Leiterplatte (26) zu bewegen.
9. Lichtmodul (16; 160) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der DMD-Chip (22) in einem Sockel (266) der Leiterplatte (26) angeordnet ist und gehalten wird.
10. Lichtmodul (16; 160) nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass eine mechanische Halterung des DMD-Chips (22) in dem Sockel (266) über seitliche Schmalseiten (228) des DMD-Chips (22) erfolgt.
11. Lichtmodul (16; 160) nach Anspruch 2, 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Leiterplatte (26) durch Klebeverbindungen (36) mit Aufnahmen (288) des zentralen Trägerelement (28) verbunden ist.
12. Lichtmodul (160) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Weg des von einer Lichtquelle des

Lichtmoduls ausgehenden Lichtes (34) von der Lichtquelle (18) bis zu seinem durch die Projektionsoptik (24) hindurch erfolgenden Austritt aus der Projektionsoptik (24) vollständig in einem staubdicht abgedichteten Innenraum (38) des Lichtmoduls (160) verläuft.

13. Lichtmodul (160) nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Innenraum (38) durch ein Gehäusevorderteil (40), das zentrale Trägerelement (28), den DMD-Chip (22), eine Platine (35), die Projektionsoptik (24) und eine staubdichte Druckausgleichsmembrane (32) staubdicht abgedichtet und begrenzt wird.



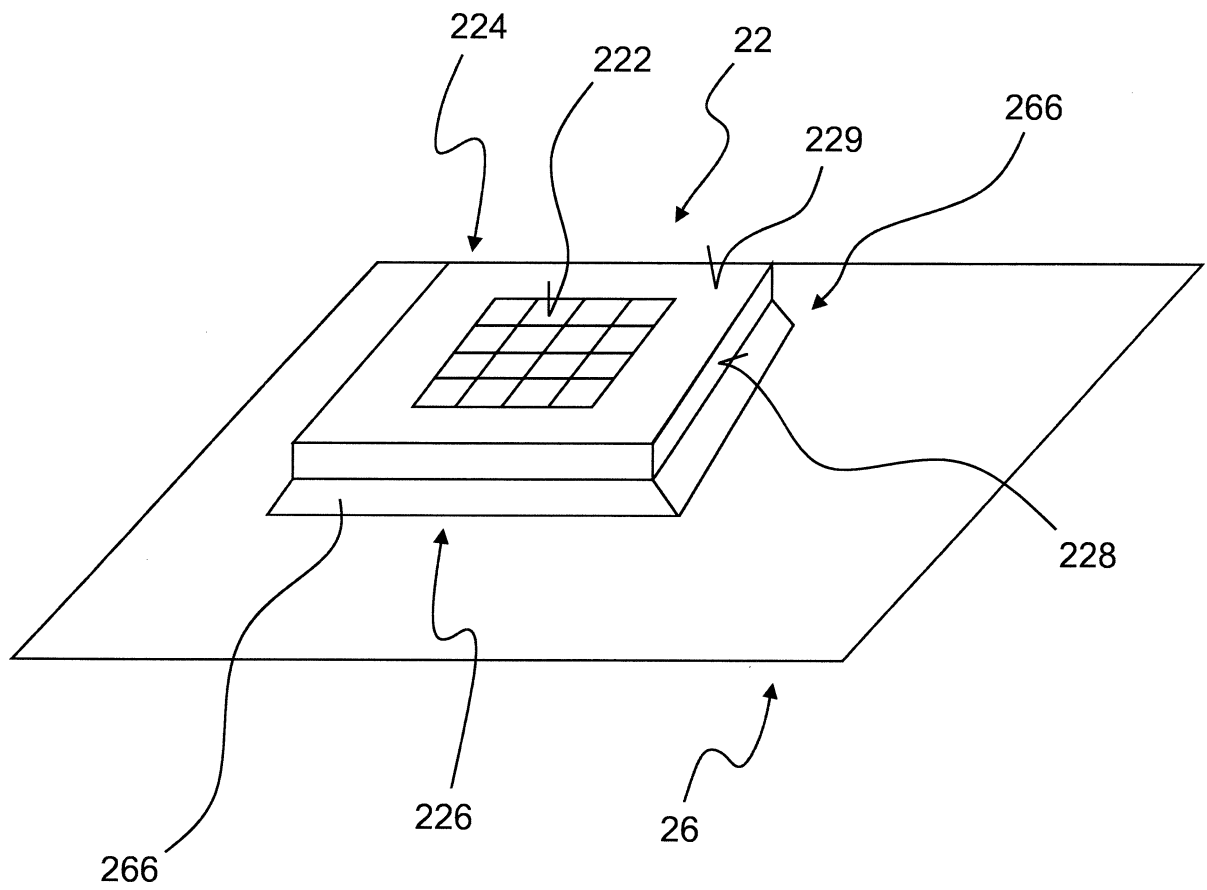


Fig. 2

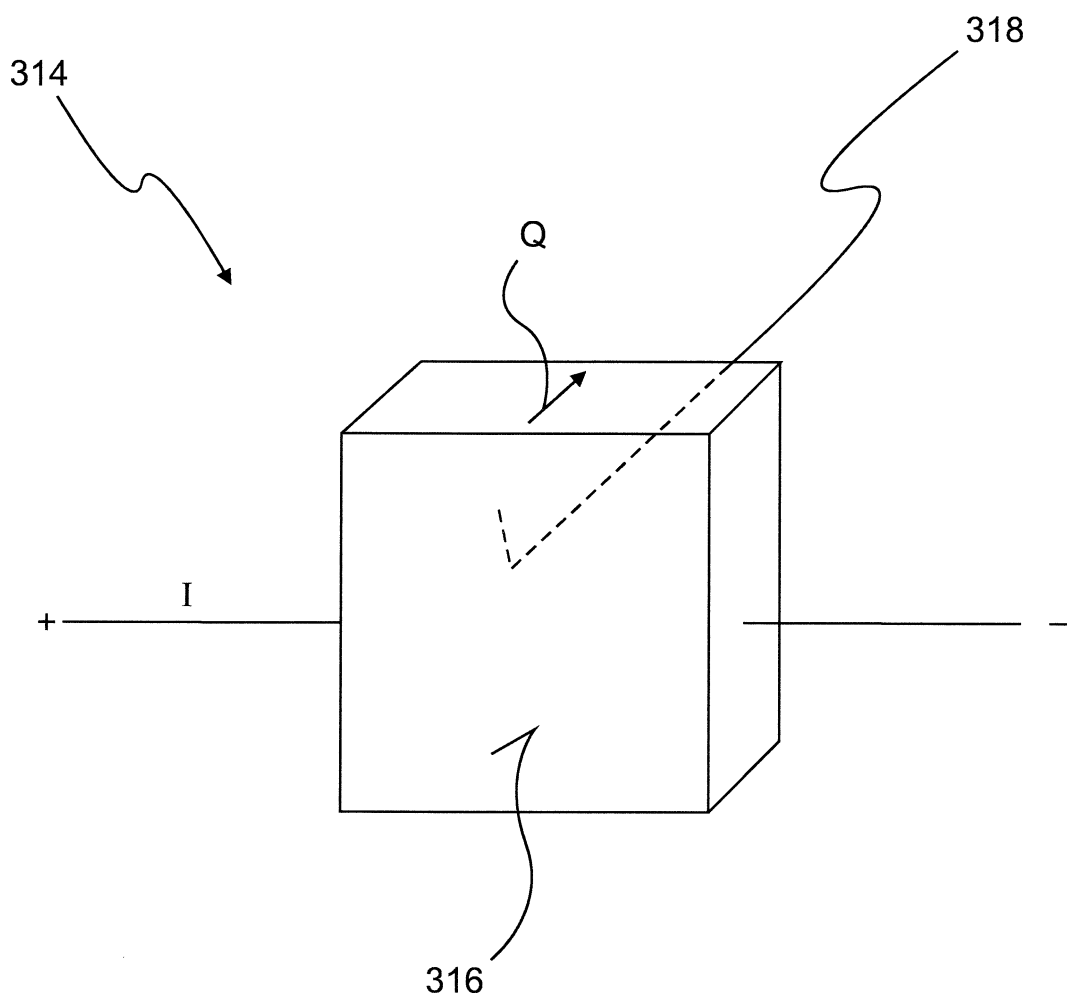


Fig. 3

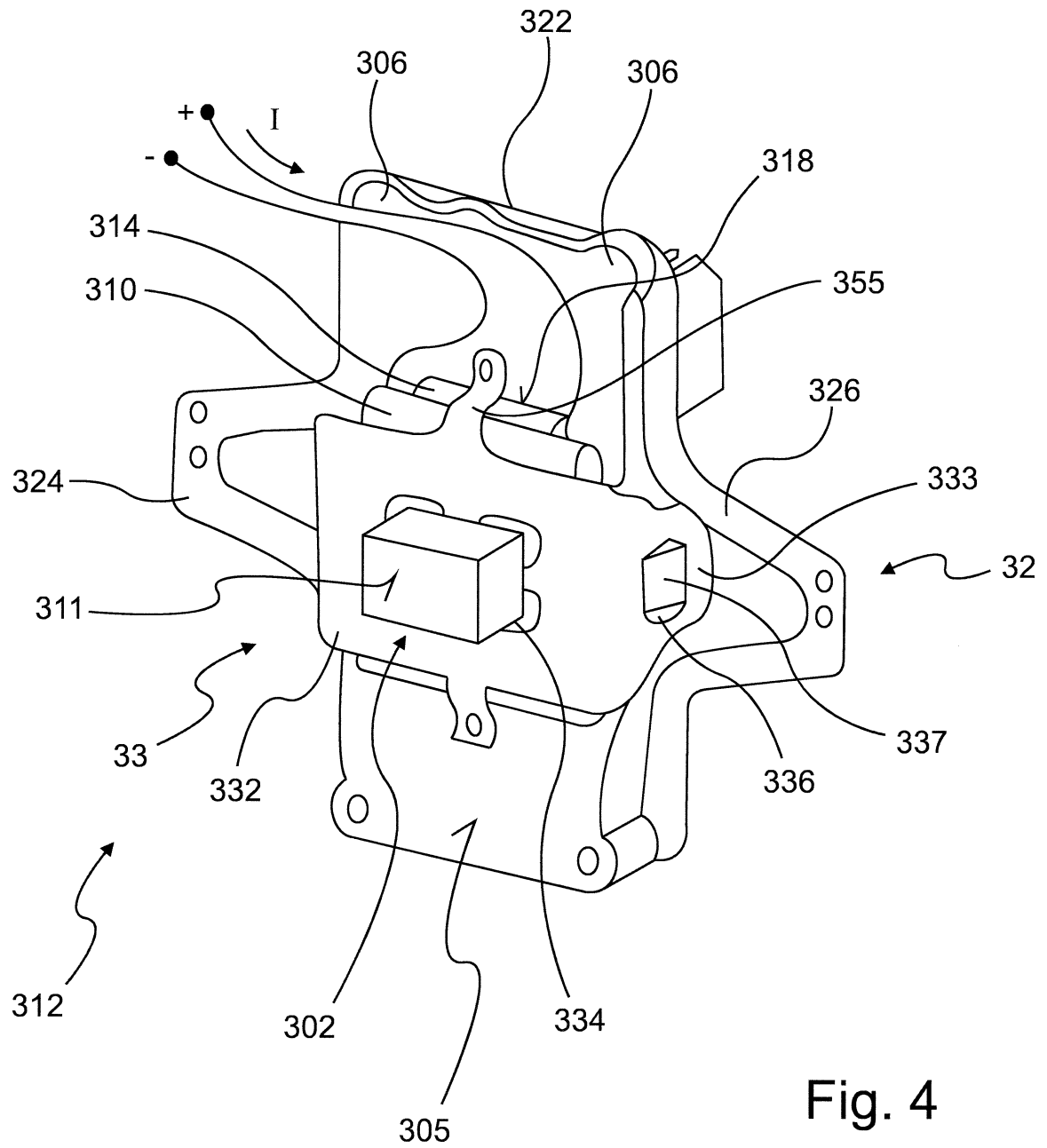


Fig. 4

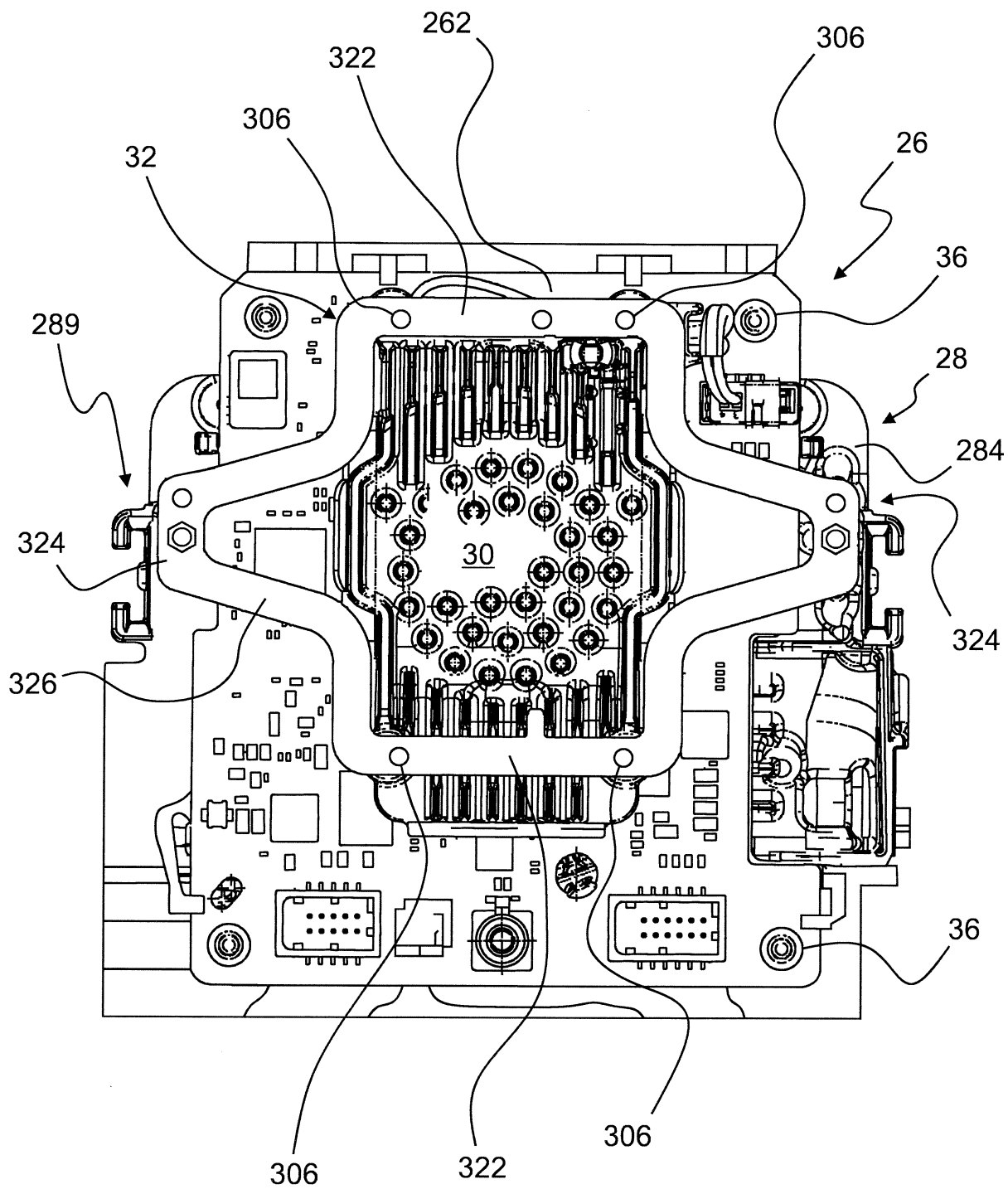
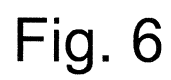


Fig. 5



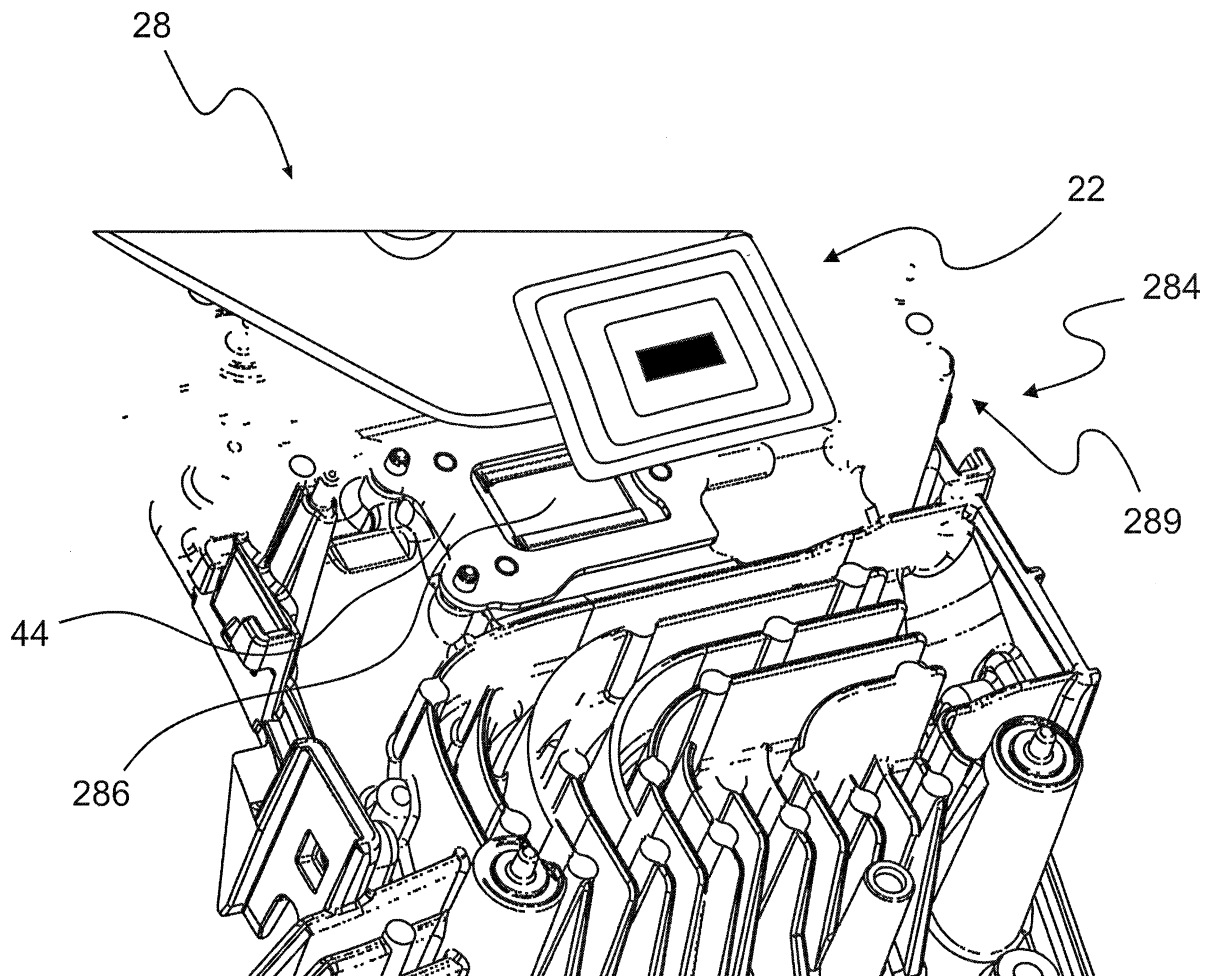


Fig. 7

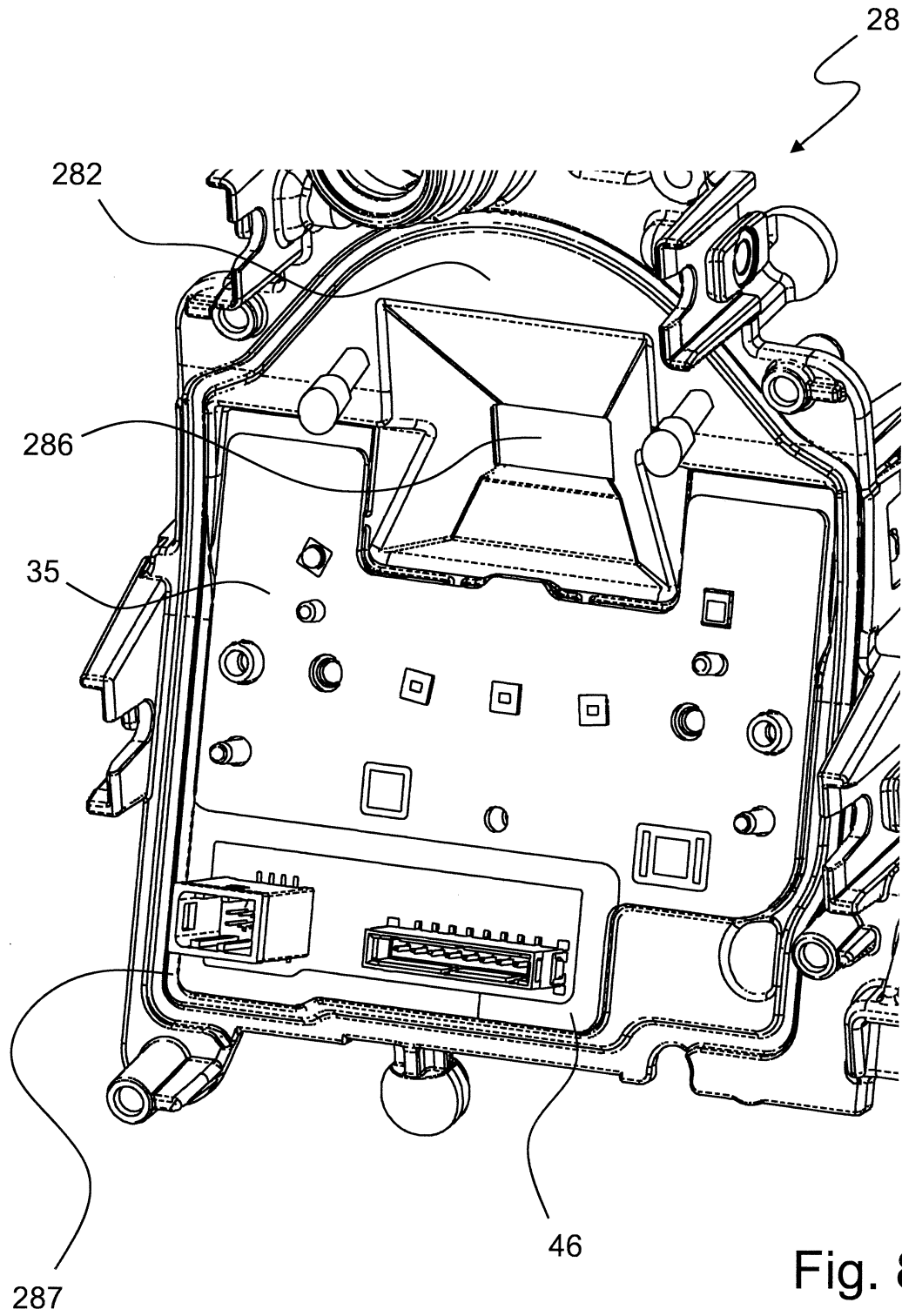


Fig. 8

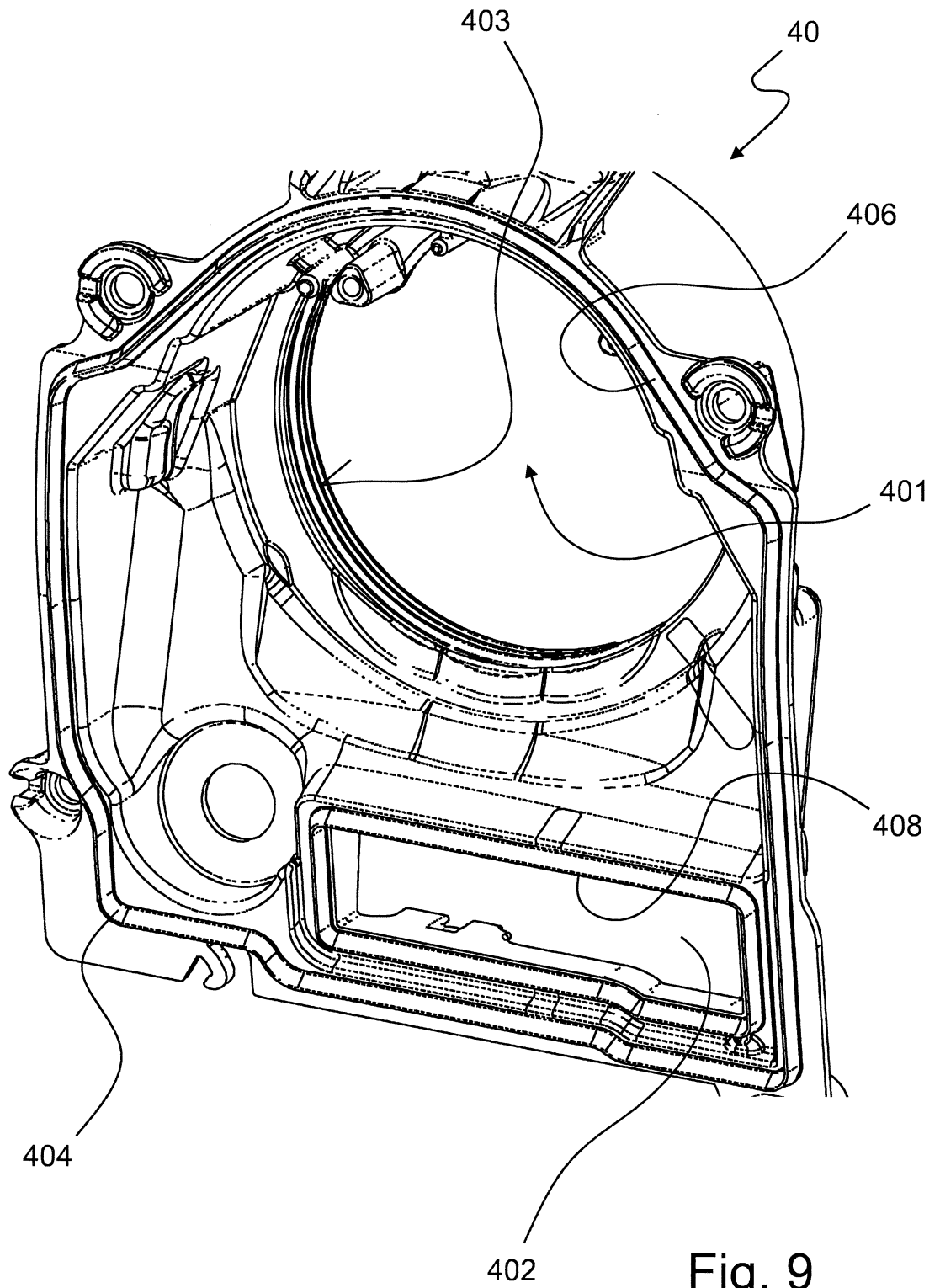


Fig. 9