



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 102 47 828 A1** 2004.05.06

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **102 47 828.7**

(22) Anmeldetag: **14.10.2002**

(43) Offenlegungstag: **06.05.2004**

(51) Int Cl.7: **H05K 7/20**

(71) Anmelder:

**Siemens AG, 80333 München, DE; IAD
Gesellschaft für Informatik, Automatisierung und
Datenverarbeitung mbH, 90613 Großhabersdorf,
DE**

(74) Vertreter:

**Dreykorn-Lindner, W., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 90571
Schwaig**

(72) Erfinder:

**Hampel, Hermann, Dipl.-Ing., 90613
Großhabersdorf, DE**

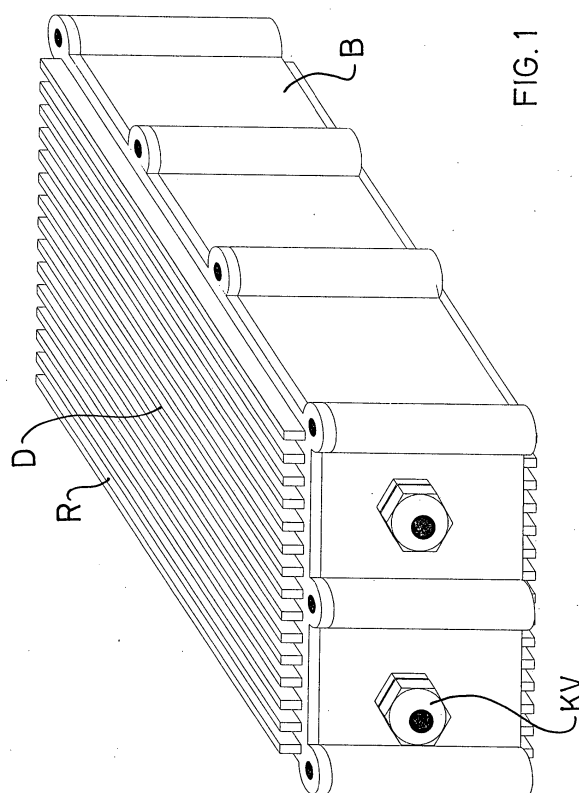
Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Wärmeableitendes und wärmeausstrahlendes Gehäuse aus Kunststoff mit umspritztem Kühlkörper und Verfahren zu dessen Fertigung**

(57) Hauptanspruch: Gehäuse, welches aufweist:

- zwei Gehäuse-Kunststoffschalen (B, D) und
- einen im Gehäuse (B, D) angeordneten Kühlkörper (K), welcher mit einer der beiden Gehäuse-Kunststoffschalen (B, D) durch Umspritzen eines Teils des Kühlkörpers (K) fest verbunden ist und welcher einen nicht umspritzten Abschnitt als Bauelemente-Montagefläche (M) aufweist, wodurch für die dort montierten Bauelemente (BE) das Gehäuse (B, D) als Wärmesenke wirkt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft in erster Linie ein Gehäuse, welches zwei Gehäuse-Kunststoffschalen und einen im Gehäuse angeordneten Kühlkörper aufweist (Patentanspruch 1). Weiterhin betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung des Gehäuses nach Anspruch 1 (Patentanspruch 14).

[0002] Gehäuse für elektronische Schaltungen, die Umwelteinflüssen ausgesetzt sind, müssen dicht schließen. Bei der Auslegung des Gehäuses ist "darauf zu achten, dass die von den Bauelementen, beispielsweise einer Leistungsstufe, erzeugte Verlustwärme in einem derartigen Maße abgeführt wird, dass keine unzulässige Erwärmung stattfindet.

[0003] Um ein Gehäuse verfügbar zu machen, das bei kleinem kompakten Aufbau die Aufnahme von elektrischen und/oder elektronischen Schaltungen mit relativ hoher Verlustwärme ohne deren Gefährdung durch Wärmestau ermöglicht, ist beispielsweise aus dem G 88 15 604.4 ein Gehäuse mit einem Gehäuseboden bekannt, welcher wenigstens teilweise direkt als Kühlkörper mit einem Kühlprofil ausgebildet ist. Da die entstehende Wärme direkt nach außen abgeführt wird, bildet sich im Gehäuseinnern kein unerwünschter Wärmestau aus, der empfindliche Bauteile gefährden könnte. Der Kühlkörper besteht aus einem wärmeleitenden Material, vorzugsweise aus Aluminium. Der Gehäuseboden mit dem Kühlkörper sitzt direkt auf einer üblicherweise metallisch ausgebildeten Montage- bzw. Tragschiene auf, so dass nicht nur eine Wärmeableitung durch Konvektion über das Kühlprofil, sondern auch zusätzlich eine Wärmeableitung über die Tragschiene erfolgt. Um eine zusätzliche Verbesserung der Wärmeableitung vom Gehäuseinnern zu der Gehäusebodenaußenseite zu realisieren, weist der Gehäuseboden wenigstens im Bereich der Kühlprofilabschnitte Montagebohrungen auf, die für den Eingriff von ebenfalls gut wärmeleitenden Befestigungsmitteln, wie Schrauben oder dergleichen vorgesehen sind.

[0004] Ein ähnlicher Weg ist bei der aus der DE 100 13 844 A1 bekannten Vorrichtung zum Kühlen eines elektrischen Moduls eingeschlagen worden. Um die Wärmeabfuhr zur Kühlung von elektronischen oder elektrischen Bauteilen und ganzen Baugruppen/Modulen zu verbessern, ist auf dem/den Modulen) ein aus Kunststoff gebildeter Kühlkörper befestigt, wobei zur Optimierung der physikalischen Eigenschaften des Kühlkörpers, insbesondere hinsichtlich der Wärmeleitfähigkeit und/oder des Wärmeausdehnungskoeffizienten, in den Kunststoff ein Füllstoff, beispielsweise Kohlenstofffasern und/oder ein Metallgranulat, eingelagert ist. Kohlenstofffasern besitzen Wärmeleitfähigkeiten, die größer als 1000 W/mK sein können. Im Vergleich dazu besitzen die Metalle, aus denen metallische Kühlkörper gebildet werden, wesentlich geringere Wärmeleitfähigkeiten. Die Wärmeleitfähigkeit für Aluminium beträgt beispielsweise ca. 200 W/mK. Für Kupfer und CuW 85/15 beträgt die

Wärmeleitfähigkeit 380 W/mK bzw. 230 W/mK. Mit Hilfe der Abstimmung des Verhältnisses, beispielsweise hinsichtlich Gesamtmasse der eingelagerten Kohlenstofffasern und der Metallgranulate zueinander, können die physikalischen Eigenschaften an den Kühlbedarf des jeweiligen Moduls angepasst werden, für welches der Kühlkörper genutzt wird. Als Material für das Metallgranulat ist beispielsweise Kupfer geeignet. Schließlich weist der Kühlkörper zur Vergrößerung seiner äußeren Gesamtoberfläche Kühlrippen auf, so dass die von den Bauelementen auf den Kühlkörper übergegangene Wärme besser an die Umgebung des Kühlkörpers abgegeben werden kann.

[0005] Ein ähnlicher Weg, um ein Gehäuse mit geringer Bauhöhe in Kombination mit der Realisierung einer effizienten Wärmeableitung der von den Leistungsbaulementen erzeugten Wärme herzustellen, ist aus der DE 199 53 191 A1 für ein Steuergerät bekannt. Das Gehäuse wird durch einen beidseitig offenen Gehäuserahmen gebildet, dessen offene Unterseite mit einer das Bodenteil des Gehäuses bildenden metallischen Wärmesenke abgedeckt wird, wobei die in dem Gehäuse angeordneten Leistungsbaulemente auf ihrer von der Leiterplatte abgewandten als Kühlfläche vorgesehenen Seite mit der Wärmesenke kontaktiert sind. Kontaktelemente der Steckerteile und hochstromführende Leiterstreifen werden in einfacher Weise durch ein Stanzgitter gebildet, welches durch Spritzgießen in den Gehäuserahmen eingebettet werden kann. Die Anschlüsse der Leistungsbaulemente können mit Leiterbahnen der Leiterplatte und/oder mit nicht in Kunststoff eingebetteten Abschnitten des Stanzgitters kontaktiert werden. Weiterhin ist vorgesehen, dass der Gehäuserahmen mit Querstegen versehen ist, an welchen Haltemittel für die Leistungsbaulemente und/oder Haltemittel für weitere elektrische Bauelemente ausgebildet sind. Hierdurch wird erreicht, dass nicht alle Bauelemente auf die Leiterplatte aufgebracht werden müssen und große Bauelemente, welche viel Platz beanspruchen, unabhängig von der Leiterplatte an den Haltemitteln des Gehäuserahmens festgelegt werden können. Durch diese Maßnahme wird die Bauhöhe der Anordnung stark reduziert. Außerdem wird durch die Querstege ein sehr stabiler Aufbau in Verbindung mit einer erleichterten Montage realisiert. So können beispielsweise große Kondensatoren an dem Gehäuserahmen vormontiert werden und anschließend die Leiterplatte an dem Gehäuserahmen festgelegt werden. Ein besonders guter Schutz gegen Feuchtigkeit und Umwelteinflüsse kann dadurch realisiert werden, dass das aus Gehäuserahmen, metallischem Bodenteil und Deckenteil gebildete Gehäuse ein hermetisch dicht verschlossenes Gehäuse ist. Ergänzend hierzu ist die Oberseite und/oder Unterseite des Gehäuserahmens mit einer umlaufenden Dichtung versehen, auf welche das Deckenteil und das Bodenteil aufgelegt werden. Die kompakte, flache Bauweise kann noch dadurch verbessert werden,

dass das metallische Bodenteil mit wenigstens einer Versenkung und/oder wenigstens einem Podest zur Anlage der Leistungsbaulemente und/oder der weiteren elektrischen Bauelemente versehen ist.

[0006] Um eine schmale Bauform für eine elektrische Baueinheit mit einem Kühlkörper, einem mit dem Kühlkörper verbundenen Leistungsblock und mit einer Leiterplatte zur Aufnahme und Verschaltung elektronischer Bauelemente zu realisieren, ist es aus dem G 87 04 499.4 bekannt, den Kühlkörper L-förmig auszubilden, wobei seine beiden Innenflächen Gehäusewandungen sind. Der L-förmige Ausschnitt des Körpers bildet selbst das Gehäuseinnere, wobei die mit Kühlrippen versehenen Außenseiten des Kühlkörpers direkt der Umgebungsluft ausgesetzt sind. Der L-förmige Ausschnitt des Kühlkörpers lässt sich in einfacher Weise zur Vervollständigung des Gehäuses durch eine L-förmige Abdeckhaube (geschlossenes Gehäuse durch jeweils weitere Gehäusewandung) abdecken. Die Leiterplatte wird dabei über Anschlussbolzen mechanisch und elektrisch mit dem Leistungsblock verbunden und über Nuten und Ansätze wird eine formschlüssige Verbindung zwischen der Abdeckhaube und dem Kühlkörper hergestellt.

[0007] Weiterhin ist aus der DE 39 33 123 A1 ein Gehäuse für eine elektronische, mit Anschlussstecker versehene Schaltung, mit einem Rahmen, an dem eine die elektronische Schaltung aufweisende Leiterplatte befestigt ist und mit einem Kühlkörper, dem Leistungs-Bauelemente der elektronischen Schaltung zugeordnet sind, sowie mit einer die Leiterplatte umfangenden Abdeckung bekannt. Um eine einfache, kostengünstige Ausbildung eines dicht schließenden Gehäuses zu ermöglichen, das gute Wärmeableiteigenschaften für wärmeerzeugende Bauelemente aufweist, ist im einzelnen ein gespritzter Kunststoffrahmen vorgesehen, in den mindestens ein Wärmeleitsteg wenigstens eines Kühlkörpers eingeformt ist. Bei der Herstellung wird der Wärmeleitsteg im Kunststoffspritzverfahren eingebettet, so dass eine spaltfreie und dichte Ausbildung gewährleistet ist. Das eine Ende des Wärmeleitstegs geht in eine im Gehäuseinneren liegende Bauelement-Montagefläche über und das andere Ende des Wärmeleitstegs ist als außerhalb des Gehäuses liegendes Wärmeabführelement ausgebildet. Die von auf der Bauelement-Montagefläche angeordneten Bauelementen erzeugte Wärme wird daher direkt über den eingebetteten Wärmeleitsteg aus dem Gehäuseinneren herausgeführt, so dass gute Kühleigenschaften vorliegen. Außerhalb des Gehäuses erfolgt eine Wärmeableitung durch das Wärmeabführelement, wobei vorzugsweise eine Einstückigkeit zwischen Bauelement-Montagefläche, Wärmeleitsteg und Wärmeabführelement vorliegt, so dass sehr kleine Wärmeübergangswiderstände vorliegen. Trotz eines dicht schließenden Gehäuses ist auf die genannte Art und Weise eine effektive Wärmeabfuhr gewährleistet. Der Kunststoffrahmen stellt dabei eine einfache und kostengünstige Lösung dar und der Kühlkörper besteht

vorzugsweise aus Metall. Eine Doppelfunktion wird vom Wärmeabführelement übernommen, wenn dieses gleichzeitig als Gehäuse-Befestigungsanschluss ausgebildet ist. Überdies werden hierdurch die Wärmeableiteigenschaften noch weiter verbessert, da über die Befestigung die vom Wärmeleitsteg transportierte Wärme aufgenommen bzw. weitergeleitet wird, so dass Wärmestaus vermieden sind. Da die elektronische Schaltung an Versorgungs- und Datenleitungen angeschlossen werden muss, ist ein Anschlussstecker vorgesehen. Dieser lässt sich dadurch am Gehäuse festlegen, in dem er in den Kunststoffrahmen eingeformt ist. Mithin wird bei der Rahmenherstellung nicht nur der Wärmeleitsteg des Kühlkörpers; sondern auch der Anschlussstecker mit Kunststoff umspritzt. Damit ist auch beim Anschlussstecker ein spaltfreier Übergang zum Kunststoffrahmen garantiert. Die Abdeckung ist vorzugsweise von zwei Gehäuse-Kunststoffschalen gebildet, die mit der Ober- und Unterseite des Kunststoffrahmens verbunden, vorzugsweise verschweißt, sind. Durch die Verschweißung ist auf besonders einfache Weise ein dicht schließendes Gehäuse realisiert. Um eine hohe elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) zu erzielen, so dass weder von der elektronischen Schaltung eine Störabstrahlung nach außen, noch eine Störeinstrahlung nach innen erfolgen kann, sind die Gehäuse-Kunststoffschalen vorzugsweise metallisiert.

[0008] Um einen Kühlkörper so auszubilden, dass eine möglichst große Gestaltungsvielfalt mit Blick auf das Gehäuse zur Aufnahme der Schaltung möglich ist, ist aus der DE 100 14 457 A1 ein Kühlkörper mit einem Gehäuse für eine wärmeabgebende elektronische Schaltung bekannt, bei dem zumindest die Seitenwandungen des Gehäuses aus Kunststoff bestehen und durch Umspritzen des oberen Abschnitts des Kühlkörpers fest mit diesem verbunden sind. Durch diesen Aufbau wird eine Trennung der Funktionen erreicht, nämlich die Kühlung durch den in der Regel metallischen Kühlkörper einerseits und die Halterung der elektronischen Schaltung durch das Gehäuse aus dem umspritzten Kunststoff andererseits. Die Herstellung eines Gehäuses aus Kunststoff mittels Umspritzen des Kühlkörpers bietet eine große Gestaltungsvielfalt, ohne dass mechanische Nachbearbeitungen erforderlich werden. Im einzelnen ist vorgesehen, dass die Oberseite des metallischen Kühlkörpers nach wie vor zumindest teilweise frei bleibt, so dass der wärmeleitende Kontakt zu der elektronischen Schaltung ohne weiteres hergestellt werden kann. Es kann weiterhin vorgesehen werden, dass der Kunststoff des Gehäuses zumindest teilweise den der Schaltung zugekehrten Boden des Kühlkörpers abdeckt. Dadurch kann eine Isolations-schicht unmittelbar beim Herstellen des Gehäuses vorgesehen werden, so dass Kurzschlüsse, Kriechströme oder dergleichen vermieden werden können. Insbesondere ist es möglich, dass der Kunststoff lediglich die zur Wärmeübertragung erforderliche metallische Oberfläche des Kühlkörpers frei lässt. Wei-

terhin ist vorgesehen, dass das Gehäuse zumindest teilweise entlang dem Umfang über zumindest einen Teil der Höhe der Seitenwandung doppelwandig unter Bildung einer inneren Wanne ausgebildet ist. In dieser inneren Wanne kann die elektronische Schaltung besonders gut geschützt gegen äußere Einflüsse montiert sein. Insbesondere ist es möglich, dass in der zusammengebauten Lage die innere Wanne die Schaltung aufnimmt und mit einem Weichverguss, beispielsweise aus Silikon, verfüllt ist. Das Gehäuse selbst kann beispielsweise durch einen Deckel verschlossen sein. Dadurch wird erreicht, dass der gegen Druck relativ empfindliche Weichverguss gegen mechanische Einflüsse geschützt ist. Zusätzlich kann in der zusammengebauten Lage das Gehäuse mit einer Hartvergussmasse verfüllt werden. Die Hartvergussmasse kann sich bis in den durch die doppelte Wandung gebildeten Spalt erstrecken und dort verankert sein. Im einzelnen ist die Anordnung in der zusammengebauten Lage demnach so getroffen, dass in der inneren Wanne des doppelwandigen Gehäuses die elektronische Schaltung in einer Weichvergussmasse eingebettet ist. Die anschließend eingebrachte Hartvergussmasse deckt die Weichvergussmasse ab und wird gleichzeitig in dem Spalt zwischen den doppelten Wandungen fest verankert. Dadurch wird erreicht, dass ein Druck auf die Hartvergussmasse unmittelbar in das Gehäuse eingeleitet wird, ohne auf die Weichvergussmasse zu wirken. Der Kühlkörper kann grundsätzlich aus einem beliebigen wärmeleitenden Material bestehen. Es ist jedoch zweckmäßig, wenn der Kühlkörper ein Aluminiumdruckgussteil oder ein Aluminiumfließpressteil ist. [0009] Schließlich ist aus der DE 199 29 209 A1 ein elektronisches Steuergerät mit einem auf einem Schaltungsträger mit Leistungsbauteil angeordneten Kühlkörper bekannt. Hierzu ist im einzelnen ein metallischer Kühlkörper, der unter dem Leistungsbauteil auf die dem Leistungsbauteil abgewandte Seite des Schaltungsträgers gelötet ist und eine Länge von höchstens 40 mm, eine Breite von höchstens 40 mm und eine Dicke von höchstens 5 mm aufweist, eine Kunststoffmasse in die der Kühlkörper formschlüssig eingebettet ist und wenigstens eine Durchkontaktierung des Schaltungsträgers, die einen thermischen Pfad zwischen dem Leistungsbauteil und dem Kühlkörper bereitstellt, vorgesehen. Durch die gute thermische Kopplung zwischen dem Leistungsbauteil und dem Kühlkörper wird bei einer momentan auftretenden hohen Verlustleistung die Wärme sehr effizient in den Kühlkörper abgeleitet. Über die Kunststoffmasse, die ein Vielfaches der Masse des Kühlkörpers aufweist, erfolgt eine Pufferung und Abführung der aufgenommenen Wärme. Der metallische Kühlkörper sorgt also für die schnelle Ableitung von Wärme in die Kunststoffmasse. Letztere weist regelmäßig eine höhere Wärmekapazität auf als das üblicherweise für Wärmesenken verwendete Aluminium. [0010] Wie die vorstehende Würdigung des Standes der Technik aufzeigt, ist es für unterschiedliche

Anwendungsfälle an sich bekannt, die im Gehäuseinneren entstehende Wärme durch Wärmeleitung möglichst direkt nach außen abzuführen, indem der Kühlkörper entweder Gehäusewandungen ausbildet oder mindestens ein Wärmeleitsteg am Kühlkörper angeformt ist, d.h. es wurde stets die Wärmeleitung optimiert. Wie die beiden zuletzt genannten Druckschriften, nämlich DE 100 14 457 A1 und DE 199 29 209 A1, aufzeigen, ist es an sich bekannt, einen zusätzlichen Wärmeübergang vom Kühlkörper in eine im Gehäuse eingefüllte Kunststoffmasse zu schaffen. Nachteilig hierbei ist jedoch, dass nicht nur dieser zusätzliche Wärmeübergang einen hohen Herstellungsaufwand und Materialverbrauch erfordert, sondern auch, dass nur mit hohem Aufwand eine Reparatur oder Überprüfung der von der Kunststoffmasse eingehüllten elektrischen/elektronischen Schaltung vorgenommen werden kann. Deshalb fehlt in der Praxis ein Gehäuse mit zwei Gehäuse-Kunststoffschalen und einem im Gehäuse angeordneten Kühlkörper, welches kostengünstig herstellbar, einfach montierbar und vollautomatisch herstellbar ist und welches eine besonders effektive Wärmeabfuhr gewährleistet. Besonders bedeutsam ist dies, weil die Investitionsgüter herstellende Industrie als äußerst fortschrittliche, entwicklungsfreudige Industrie anzusehen sind, die sehr schnell Verbesserungen und Vereinfachungen aufgreift und in die Tat umsetzt.

[0011] Der Erfindung liegt gegenüber den bekannten Gehäusen und Verfahren zur Wärmeableitung mittels Kühlkörper die Aufgabe zugrunde, ein solches Gerät zur Verfügung zu stellen, welches kostengünstig herstellbar ist und welches eine besonders effektive Wärmeabfuhr gewährleistet.

[0012] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß bei einem Gehäuse gelöst, welches aufweist:

- zwei Gehäuse-Kunststoffschalen und
- einen im Gehäuse angeordneten Kühlkörper, welcher mit einer der beiden Gehäuse-Kunststoffschalen durch Umspritzen eines Teils des Kühlkörpers fest verbunden ist und welcher einen nicht umspritzten Abschnitt als Bauelemente-Montagefläche aufweist, wodurch für die dort montierten Bauelemente das Gehäuse als Wärmesenke wirkt.

[0013] Die Ausbreitung von Wärme erfolgt durch Wärmestrahlung, Wärmeleitung und Wärmeströmung (Konvektion).

[0014] Wärmestrahlung ermöglicht auch die Abgabe von Wärme in das Vakuum, sie ist nur von der Temperatur des strahlenden Körpers abhängig und unabhängig von der Temperatur der Umgebung. Die Wärmestrahlung hängt von der Temperatur des Strahlers/Körpers und auch von der Beschaffenheit seiner Oberfläche ab. Wärmestrahlung erfolgt im Gegensatz zur Wärmeleitung auch dann, wenn der Körper die gleiche Temperatur hat wie seine Umgebung. Wie viel ein Körper abstrahlt, ist unabhängig von der Temperatur seiner Umgebung und der Körper erhält

immer Strahlung von seiner Umgebung, selbst wenn diese kälter ist. Allerdings strahlt dann die Umgebung dem Körper weniger zu als umgekehrt und der Körper kühlt sich ab. Die Ausstrahlung eines Körpers wird durch seine spezifische Ausstrahlung beschrieben, wobei je größer der Absorptionsgrad eines Körpers, d.h. das Verhältnis der absorbierten zur auffallenden Strahlung, desto größer ist seine spezifische Ausstrahlung. So ist die spezifische Ausstrahlung einer blanken Fläche bei gleicher Temperatur kleiner als die einer schwarzen Fläche oder die einer hochglänzend polierten Fläche kleiner als die einer aufgerauten Fläche, wobei die Verhältnisse der spezifischen Ausstrahlung zum Absorptionsgrad von blanker und schwarzer Fläche einander gleich sind. Körper, die den Absorptionsgrad 1 besitzen, die also alle auffallende Strahlung absorbieren und vollständig in Wärme umwandeln, bezeichnet man als absolut schwarze Körper.

[0015] Die Wärmeleitung erfolgt nur in der Materie, d.h. im Körper, und setzt in ihm ein Temperaturgefälle voraus. Wenn man einem Körper nicht an einer Stelle dauernd Wärme zuführt oder entnimmt, so gleichen sich alle Temperaturunterschiede in ihm mit der Zeit aus, und zwar durch einen Wärmestrom, der von höherer zu tieferer Temperatur fließt. Metalle sind relativ gute Wärmeleiter, beispielsweise Kupfer mit einer Wärmeleitfähigkeit von $0,93 \text{ cal/cm} \cdot \text{s} \cdot \text{K}$ im Temperaturbereich zwischen 0°C und 100°C oder Aluminium mit einer Wärmeleitfähigkeit von $0,55 \text{ cal/cm} \cdot \text{s} \cdot \text{K}$ im Temperaturbereich zwischen 0°C und 200°C , während Kunststoffe in der Regel schlechtere Wärmeleiter sind. Der Wärmeübergang von einem Körper einer bestimmten Temperatur zu seiner Umgebung wird durch den Wärmeübergangswert beschrieben und der Wärmedurchgang durch einen Körper, beispielsweise eine Platte, beschreibt man durch den Wärmedurchgangswert. Der Wärmeübergangswert hängt, wie bereits vorstehend beschrieben, stark von der Oberflächenbeschaffenheit ab und der Wärmedurchgangswert von der Plattendicke.

[0016] Das erfindungsgemäße Gehäuse weist den Vorteil auf, dass auf überraschend einfache und kostengünstige Art und Weise das Verhältnis von Wärmeübergangswert zu Wärmedurchgangswert (durch Umspritzen eines Teils des Kühlkörpers und Wärmekapazität des Kunststoffgehäuses) derart optimiert wurde, dass eine besonders effektive Wärmeabfuhr gewährleistet ist. Weiterhin weist das erfindungsgemäße Gehäuse den Vorteil auf, dass ein guter Schutz der im Gehäuse befindlichen Bauelemente vor äußeren Einflüssen bewirkt wird. Schließlich kann auf überraschend einfache Art und Weise das Gehäuse stabil und robust ausgelegt werden (trittfest).

[0017] Weiterhin wird diese Aufgabe bei einem Verfahren zur Herstellung des Gehäuses nach Patentanspruch 14, dadurch gelöst, dass bei der Fertigung der Kühlkörper direkt mit ins Gehäuse eingespritzt wird, wobei zum Toleranzausgleich Kunststoffnoppen verwendet werden und dadurch die Toleranzschwan-

kungen des Kühlkörpers direkt in die Wanddicke des Gehäuses eingehen.

[0018] Das erfindungsgemäße Verfahren weist den Vorteil auf, dass erstmalig keine Frästeile als Kühlkörper notwendig werden, wobei auch hohe Ansprüche an eine Abdichtung erfüllt werden und das Gehäuse ist infolge der wenigen zusammenzufügenden Teile vollautomatisch herstellbar.

[0019] In Weiterbildung der Erfindung ist, gemäß Patentanspruch 2, der Kühlkörper Lförmig ausgestaltet und die Kunststoffschale bedeckt einen Schenkel des Kühlkörpers mit Ausnahme einiger dem Innenraum des Gehäuses zugewandter Aussparungen vollständig mit Kunststoff.

[0020] Diese Weiterbildung der Erfindung weist den Vorteil auf, dass eine besonders einfache Montage der wärmeabgebenden Bauelemente ermöglicht wird. Der Kühlkörper übernimmt dabei eine Doppelfunktion, einerseits zum Tragen der Bauelemente, andererseits zu dessen herstelltechnisch einfacher und unveränderbarer Befestigung unter gleichzeitiger Verbesserung der Wärmeleit- und Wärmeübergangseigenschaften. Weiterhin entsteht einerseits eine absolut dichte Verbindung zwischen Kühlkörper und Gehäuse, andererseits wird eine elektrische Isolierung der Baugruppe gegenüber dem Kühlkörper erreicht und somit Kurzschlüsse zwischen verschiedenen Potentialen verhindert.

[0021] Vorzugsweise besteht, gemäß Patentanspruch 3, der Kühlkörper aus einem wärmeleitenden Material, insbesondere ist, gemäß Patentanspruch 4, der Kühlkörper ein Aluminiumdruckgussteil oder ein Aluminiumfließpressteil.

[0022] Das vorzugsweise benutzte Aluminium erfüllt höchste Ansprüche hinsichtlich Resistenz gegenüber Schadstoffen und Korrosion bei gleichzeitig guter Wärmeleitung und gutem Wärmeübergang nach dem Umspritzen.

[0023] In Weiterbildung der Erfindung weist, gemäß Patentanspruch 5, mindestens eine der beiden Kunststoffschalen ein nach außen gerichtetes Profil auf. Vorzugsweise sind, gemäß Patentanspruch 6, als Profil Kühlrippen vorgesehen.

[0024] Mit dieser Weiterbildung der Erfindung kann auf überraschend einfache Art und Weise das Gehäuse stabil und robust ausgelegt (trittfest) und die Wärmestrahlung weiter verbessert werden.

[0025] Bei einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung sind, gemäß Patentanspruch 7, die Bauelemente durch Haltemittel an dem Kühlkörper befestigt und die darüber befindliche Kunststoffschale weist angeformte Ansätze zum Niederhalten der Haltemittel auf.

[0026] Diese Ausgestaltung der Erfindung weist den Vorteil auf, dass in Doppelfunktion auf vorteilhafte Art und Weise ein zusätzlicher Wärmeübergang zwischen den angeformten Ansätzen und den Haltemittel/Bauelementen geschaffen und auch eine rüttelfeste Befestigung der Bauelemente sichergestellt wird. Die Haltemittel können vorzugsweise Clipse

sein, wie diese ansich aus dem G 88 12 158.5 bekannt sind. Die daraus bekannte Befestigungsklammer ist an ihrem einen Ende U-förmig umgebogen und weist in ihrem mittleren Bereich einen abgekröpften Steg auf. An ihrem anderen Ende ist diese zur Bildung einer definierten Auflagefläche hakenförmig abgewinkelt. Der Kühlkörper weist eine Nase zur Aufnahme des U-förmig umgebogenen Endbereichs der Befestigungsklammer auf, was eine Befestigung des Transistors auf dem Kühlkörper mittels eines einzigen Handgriffs erlaubt. Die erfindungsgemäßen Clipse können durch die Kombination mit den Ansätzen zum Niederhalten der Clipse im Vergleich hierzu noch einfacher ausgestaltet werden und ermöglichen eine vollautomatische Bestückung mit handelsüblichen Bestückungsautomaten durch die gute Zugänglichkeit der Bauelemente-Montagefläche.

[0027] Weiterhin ist, gemäß Patentanspruch 8, in mindestens einer Seitenwand der Kunststoffschale mindestens eine Kabelverschraubung eingeformt.

[0028] Durch die Verwendung von Kunststoff sind der Gestaltungsmöglichkeit bei hermetischer Abdichtung des Gehäuses keine Grenzen gesetzt. Gleiches gilt für die Ausgestaltungen nach den Patentansprüchen 9 bis 13, welche kostengünstig herstellbar sind.

[0029] Weitere Vorteile und Einzelheiten lassen sich der nachfolgenden Beschreibung einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnung entnehmen. In der Zeichnung zeigt:

[0030] **Fig. 1** eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Gehäuses ohne Befestigungsmittel für den Einbau des Gehäuses in perspektivischer Ansicht,

[0031] **Fig. 2a** das Gehäuse nach **Fig. 1** in Seitenansicht, teilweise im Schnitt und

[0032] **Fig. 2b** das Gehäuse nach **Fig. 2a** geöffnet und in Draufsicht,

[0033] **Fig. 3a** eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen oberen Gehäuse-Kunststoffschalen in Draufsicht und

[0034] **Fig. 3b, 3c** die obere Gehäuse-Kunststoffschale nach **Fig. 3a** in Seitenansicht,

[0035] **Fig. 4a, 4b** eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen unteren Gehäuse-Kunststoffschalen in Seitenansicht und

[0036] **Fig. 4c, 4d** die untere Gehäuse-Kunststoffschale nach **Fig. 4a, 4b** in Draufsicht und Seitenansicht, teilweise im Schnitt,

[0037] **Fig. 5a, 5b** eine Ausführungsform der Leiterplatte in Seitenansicht und in Draufsicht und

[0038] **Fig. 6a, 6c** eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Kühlkörpers in Seitenansicht und

[0039] **Fig. 6b** den Kühlkörper nach **Fig. 6a, 6c** in Draufsicht.

[0040] **Fig. 1** bis **Fig. 6c** zeigen im Detail das erfindungsgemäße Gehäuse mit einer Baugruppe, welche zur Steuerung/Überwachung der Befehrerung eines Flughafens eingesetzt wird. Die Baugruppe/Modul besteht aus einer Leiterplatte L für die elektronische Schaltung, die in das Gehäuse eingebaut ist.

[0041] Da die erfindungsgemäßen Gehäuse auf dem Flugfeld in Kabelschächten (auch unter Wasser) installiert werden, werden besondere Ansprüchen an die Dichtigkeit des Gehäuses gestellt. Die Schächte sind nicht klimatisiert und so unterliegt die Baugruppe/Modul extremen Temperaturschwankungen. Die Temperaturen können zwischen etwa -25°C bis $+65^{\circ}\text{C}$ schwanken, wobei die Baugruppe/Modul in allen Temperaturbereichen voll funktionsfähig sein muss. Die Schnittstellen sind durch Leitungen realisiert, die aus dem Gehäuse ragen, wobei die Leitungslänge jeweils ca. 0,5m beträgt. Da das Gehäuse wasserdicht sein soll, muss es auch korrosionsfrei sein. Infolgedessen, dass auf Flughäfen zur Enteisung der Rollbahn aggressive Taumittel eingesetzt werden und auch Treibstoff in die Schächte läuft, muss das Gehäuse säurefest sein. Es weist weiterhin eine Resistenz gegen Schadstoffe auf wie:

- Salzwasser (Meerwasser)
- Kraftstoffe (auch Kerosin, Flugbenzin)
- Flusswasser
- Luft (salzhaltig)
- Glysantin (max. 50%-ige Lösung in Wasser).

[0042] Weiterhin darf das Gehäuse nicht elektrisch leitfähig und nicht brennbar sein. Zudem ist die mechanische Belastbarkeit zu beachten, d.h. das Gehäuse muss stabil und robust ausgelegt sein (trittfest). Da die Installation der erfindungsgemäßen Gehäuse sich unter der Erde befindet, müssen die Gehäuse nagetierfest sein. Um die im Inneren der Gehäuse entstehende Temperatur (ca. 20W Verlustleistung) möglichst gut ableiten zu können, soll der verwendete Kunststoff gute Wärmeleitfähigkeit besitzen.

[0043] Zur Erfüllung vorstehender Anforderungen weist das erfindungsgemäße Gehäuse zwei Gehäuse-Kunststoffschalen B, D und einen im Gehäuse B, D angeordneten Kühlkörper K auf. Die Innenmaße des Gehäuses betragen ca. $117\text{mm} \cdot 184\text{mm} \cdot 58,6\text{mm}$ (Breite $\cdot$ Länge $\cdot$ Höhe). Die Außenmaße ergeben sich aus den Innenmaßen und den Wandstärken (3mm). Innerhalb des Gehäuses B, D entsteht im wesentlichen an zwei Funktionsgruppen Verlustleistung durch die Bauteile der Baugruppe/Modul, nämlich:

- durch den Gleichstromwiderstand der Drosselspulen
- durch Verluste in den Halbleitern für Stromversorgung und Sendeverstärker.

[0044] Der Kühlkörper K ist erfindungsgemäß mit einer der beiden Gehäuse-Kunststoffschalen B, D durch Umspritzen eines Teils des Kühlkörpers K fest verbunden und weist einen nicht umspritzten Abschnitt als Bauelemente-Montagefläche M auf, wodurch für die dort montierten Bauelemente BE das Gehäuse B, D als Wärmesenke wirkt.

[0045] Der Kühlkörper K besteht aus einem wärmeleitenden Material und ist ein Aluminiumdruckgussteil oder ein Aluminiumfließpressteil. Die Bauelemente

BE, d.h. die Halbleiter, sind mit Haltemittel, vorzugsweise u-förmige Clipse, an dem Aluminiumwinkel, der als Kühlkörper K dient, befestigt. Dieser Winkel K ist direkt in die Kunststoffschale B, d.h. in das Unterteil des Kunststoffgehäuses, mit eingespritzt und auf der Oberseite (zwischen Gehäuse und Baugruppe), mit Ausnahme einiger Aussparungen A zur Aufnahme in der Form und zur Optimierung der Wärmestrahlung, komplett mit Kunststoff bedeckt. Hierdurch lässt sich einerseits ein optimaler Wärmeübergang vom Aluminium zum Kunststoff und andererseits eine elektrische Isolierung der Baugruppe gegenüber dem Aluminiumwinkel K, und somit Verhinderung von Kurzschlüssen zwischen verschiedenen Potentialen, erreichen. Das L-Profil (siehe **Fig. 6a**, **Fig. 6b** und **Fig. 6c**) hat beispielsweise die Maße 100mm 150mm · 30mm · 3mm (Breite · Länge · Höhe · Dicke).

[0046] Kühlrippen R sowohl an der Gehäuse-Oberseite als auch an der Gehäuse-Unterseite vergrößern die Oberfläche und verbessern damit die Wärmeabfuhr. Die keilförmige Ausbildung der Rippen R, welche ca. 7mm hoch sind, verringert zwar die Oberfläche etwas, das Entstehen von Verwirbelungen wird aber reduziert, wodurch sich die Wärmeabstrahlung wieder verbessert.

[0047] Zur Befestigung der Baugruppe/Leiterplatte L sind im Gehäuse-Unterteil B entsprechende Mittel DO, vorzugsweise Dome, vorgesehen. In diesen Domen DO lässt sich die Baugruppe/Leiterplatte L mittels selbstschneidenden Schrauben befestigen, wobei gleichzeitig ein ausreichender Abstand zwischen Leiterplatte L und Gehäuse-Unterteil B gewährleistet ist.

[0048] Zur Verbesserung des EMV-Verhaltens (sowohl Ein- als auch Abstrahlung) kann das Gehäuse-Unterteil B von innen elektrisch leitfähig beschichtet sein. Hierbei ist der Bereich unter der Baugruppe/Leiterplatte L ausgespart, um Kurzschlüsse zu verhindern. Die Abschirmung unter der Leiterplatte L ist durch den eingespritzten Kühlkörper K realisiert. Weiterhin sind im Gehäuse-Oberteil D mehrere Bohrungen BO vorgesehen, in denen ein Blech zur elektromagnetischen Abschirmung mit selbstschneidenden Schrauben befestigt werden kann. Die Bohrungen in Ober- und Unterteil D, B sind so gestaltet, dass nur eine Schraubensorte erforderlich ist.

[0049] Im Gehäuse-Oberteil D sind Niederhalter N integriert, die verhindern, dass sich die Clipse, mit denen die Halbleiter BE am Kühlkörper K befestigt sind, z.B. durch Vibration lösen können.

[0050] Zur Ableitung von Überspannungen, die z.B. durch Blitzschlag über die Leitungen auf die Baugruppe/Leiterplatte L geführt werden, ist eine Erdung notwendig. Hierfür ist im Gehäuse-Oberteil D ein Gewindebolzen E eingespritzt oder von innen eingepresst, an dem von der Innenseite ein Kabel zur Leiterplatte L führt. Im zuletzt genannten Fall ist auch eine Dichtung vorzusehen, damit die Wasserdichtigkeit gewährleistet ist. An der Außenseite kann ein Erdungskabel verschraubt werden. Die Leiterplatte L

(siehe **Fig. 5a** und **FIG. 5b**) hat beispielsweise etwa die Maße 100mm · 170mm · 1,6mm (Breite · Länge · Dicke). Die Bauteile/Bauelemente BE auf der Oberseite haben eine maximale Höhe von ca. 48mm, auf der Unterseite ca. 2,5mm. Die Befestigung der Leiterplatte L erfolgt mittels mehrerer Schrauben im Gehäuse. Hierzu befinden sich Bohrungen (ca. 3mm Durchmesser) in den Ecken der Leiterplatte. Es können selbstschneidende Schrauben zum Einsatz kommen.

[0051] Im Gehäuse-Oberteil D ist innen umlaufend ein Steg S eingearbeitet. Dieser Steg S justiert das Gehäuse-Oberteil D während der Montage auf dem Gehäuse-Unterteil B, so dass es nicht verrutschen kann. Dies vereinfacht die Montage und stellt bei Passgenauigkeit eine gute Dichtheit sicher. Weiterhin besitzt das Gehäuse-Oberteil D am Rand innen eine umlaufende Nut NU, in die Dichtungsmasse direkt eingespritzt ist. Dadurch ist keine separate Form für einen Dichtungsring erforderlich. Weiterhin kann bei der Montage kein Dichtungsring verrutschen. Auch die verwendete Dichtungsmasse muss resistent gegen die oben erwähnten Schadstoffe sein.

[0052] Die Kabel sind durch metrische Kabelverschraubungen KV, beispielsweise M20 × 1,5, ins Gehäuse geführt. Hierzu sind auf den beiden schmalen Seiten je zwei Bohrungen vorzusehen, die ein entsprechendes Gewinde besitzen. Die zwei Bohrungen auf der rechten Seite sind optional und sind in der Regel geschlossen, lassen sich aber bei Bedarf leicht ausbrechen. Falls erforderlich, können bei der Verschraubung KV Dichtungsringe zum Einsatz kommen, um die geforderte Dichtigkeit zu erreichen. Auch die verwendeten Dichtungen müssen resistent gegen die oben erwähnten Schadstoffe sein.

[0053] Die beiden Gehäuseteile B, D sind mit mehreren beispielsweise selbstschneidenden Schrauben (ca. 4mm Gewindedurchmesser) miteinander zu verbinden. Im Gehäuse-Oberteil D ist in den Ecken je eine Befestigungsöse BÖ eingearbeitet. Das Gehäuse B, D kann also liegend oder auch in beliebiger Lage hängend eingebaut sein.

[0054] Das erfindungsgemäße Gehäuse gewährleistet eine einfache, funktionale, kostensparende und damit eine optimale Verwendbarkeit und reduziert damit ganz erheblich die Herstellungskosten. Der Kühlkörper K ist direkt in den Kunststoff des Gehäuseteils B eingegossen, wodurch jeweils im Verhältnis optimiert zueinander ein guter Wärmeübergang vom Kühlkörper K in das Gehäuse B, D, ein guter Wärmedurchgang und eine gute Wärmestrahlung erreicht wird. Weitere Vorteile sind: die elektrische Isolation zwischen Kühlkörper K und Bauteilen/Bauelementen BE; die einfach zu montierende Befestigung der Halbleiter BE am Kühlkörper K mittels Clipse, wodurch keine Verschraubung nötig ist und eine zusätzliche Kühlleistung der Clipse realisiert ist; die Integration der Niederhalter N im Gehäuseoberteil D, wodurch verhindert wird, dass sich die Clipse zur Befestigung der Halbleiter BE am Kühlkörper K bei-

spielsweise durch Vibration lösen; die Ableitung von Überspannungen (Blitzschutz). durch die Erdungsdurchgangsschraube E im Gehäuseoberteil D; die größere Fläche bewirkt eine größere Kühlleistung durch die trapezförmige Außenfläche/Rippen R des Gehäuses B, D.

[0055] Fertigungstechnische Vorteile ergeben sich dadurch, dass der Kühlkörper K bei der Fertigung direkt mit ins Gehäuse-Unterteil B oder ins Gehäuse-Oberteil D eingespritzt wird. Dabei werden Kunststoffnoppen zum Toleranzausgleich verwendet . und Toleranzschwankungen des Aluminiums gehen direkt in die Wanddicke des Gehäuses ein (d.h. werden dadurch kompensiert). Weiterhin ergibt sich ein Kostenvorteil dadurch, dass keine Frästeile für den Kühlkörper K notwendig sind. Es kann erfindungsgemäß ein handelsüblicher Spritzautomat benutzt werden. Sowohl die Fertigung des Gehäuses als auch dessen Bestückung kann ebenfalls vollautomatisch erfolgt, indem in das vorgefertigte Gehäuse-Unterteil B die bestückte Leiterplatte L einsetzt, befestigt und dann das Gehäuse-Oberteil D aufgesetzt und befestigt wird.

[0056] Das erfindungsgemäße Gehäuse findet überall dort Anwendung, wo hohe Ansprüche an Dichtfähigkeit und ein Höchstmaß an effizienter Wärmeabführung gestellt werden, beispielsweise im Automobilbau, Schiffbau, Containerbau, Carawanbau, Fassadenbau, Silotechnik, Kälte- und Klimatechnik und Gerätebau für Telekommunikationstechnik und der industriellen Elektronik.

[0057] Alle dargestellten und beschriebenen Ausführungsmöglichkeiten, sowie alle in der Beschreibung und/oder der Zeichnung offenbarten neuen Einzelmerkmale und ihre Kombination untereinander, sind erfindungswesentlich. Beispielsweise können die Stecker direkt ins Gehäuse (B und/oder D) eingeschraubt sein, wobei auch diese Verbindung und die Stecker selbst wasserdicht sind; die Baugruppe/Modul/Leiterplatte L kann vergossen sein, um unanfälliger gegenüber Umwelteinflüssen zu sein, wobei auch hier die Wärmeabfuhr nicht beeinträchtigt ist; es können Rastelemente vorsehen werden, mit denen beispielsweise die Leiterplatte L in dem Gehäuse (vorzugsweise in B) klemmend befestigt wird; es können weiterhin Hinterschneidungen oder andere Rastelemente am Gehäuse-Unterteil B vorgesehen werden, die beispielsweise dann das Gehäuse-Oberteil -D halten; zur Verbesserung der Dichtigkeit am Gehäuse-Unterteil B die Auflagefläche (umgebogener Rand) verbreitert und darin eine Nut für eine weitere Dichtung vorgesehen werden usw.

Patentansprüche

1. Gehäuse, welches aufweist:

- zwei Gehäuse-Kunststoffschalen (B, D) und
- einen im Gehäuse (B, D) angeordneten Kühlkörper (K), welcher mit einer der beiden Gehäuse-Kunststoffschalen (B, D) durch Umspritzen eines Teils des

Kühlkörpers (K) fest verbunden ist und welcher einen nicht umspritzten Abschnitt als Bauelemente-Montagefläche (M) aufweist, wodurch für die dort montierten Bauelemente (BE) das Gehäuse (B, D) als Wärmesenke wirkt.

2. Gehäuse nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Kühlkörper (K) L-förmig ausgestaltet ist und dass die Kunststoffschale (B) einen Schenkel des Kühlkörpers (K) mit Ausnahme einiger dem Innenraum des Gehäuses (B, D) zugewandter Aussparungen (A) vollständig mit Kunststoff bedeckt.

3. Gehäuse nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Kühlkörper (K) aus einem wärmeleitenden Material besteht.

4. Gehäuse nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Kühlkörper (K) ein Aluminiumdruckgussteil oder ein Aluminiumfließpressteil ist.

5. Gehäuse nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine der beiden Kunststoffschalen (B, D) ein nach außen gerichtetes Profil (R) aufweist.

6. Gehäuse nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass als Profil (R) Kühlrippen (R) vorgesehen sind.

7. Gehäuse nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Bauelemente (BE) durch Haltemittel an dem Kühlkörper (K) befestigt sind und dass die darüber befindliche Kunststoffschale (D) angeformte Ansätze (N) zum Niederhalten der Haltemittel aufweist.

8. Gehäuse nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass . in mindestens einer Seitenwand der Kunststoffschale (B) mindestens eine Kabelverschraubung (KV) eingeformt ist.

9. Gehäuse nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in einer der Kunststoffschalen (B) Mittel (DO) zur Befestigung einer Leiterplatte (L) eingeformt sind.

10. Gehäuse nach Anspruch 1 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass in mindestens einer der Kunststoffschalen (B oder D) ein Gewindebolzen (E) zur Erdung eingespritzt ist, an dem von der Innenseite ein Kabel zur Leiterplatte (L) angeschlossen ist. 11. Gehäuse nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine der beiden Kunststoffschalen (B, D) einen innen umlaufenden Steg (S) . und/oder eine innen umlaufende Nut (NU) aufweist.

11. Gehäuse nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Kunststoffschalen (B, D) innen metallisiert sind oder Aufnahmen (BO) für ein Ab-

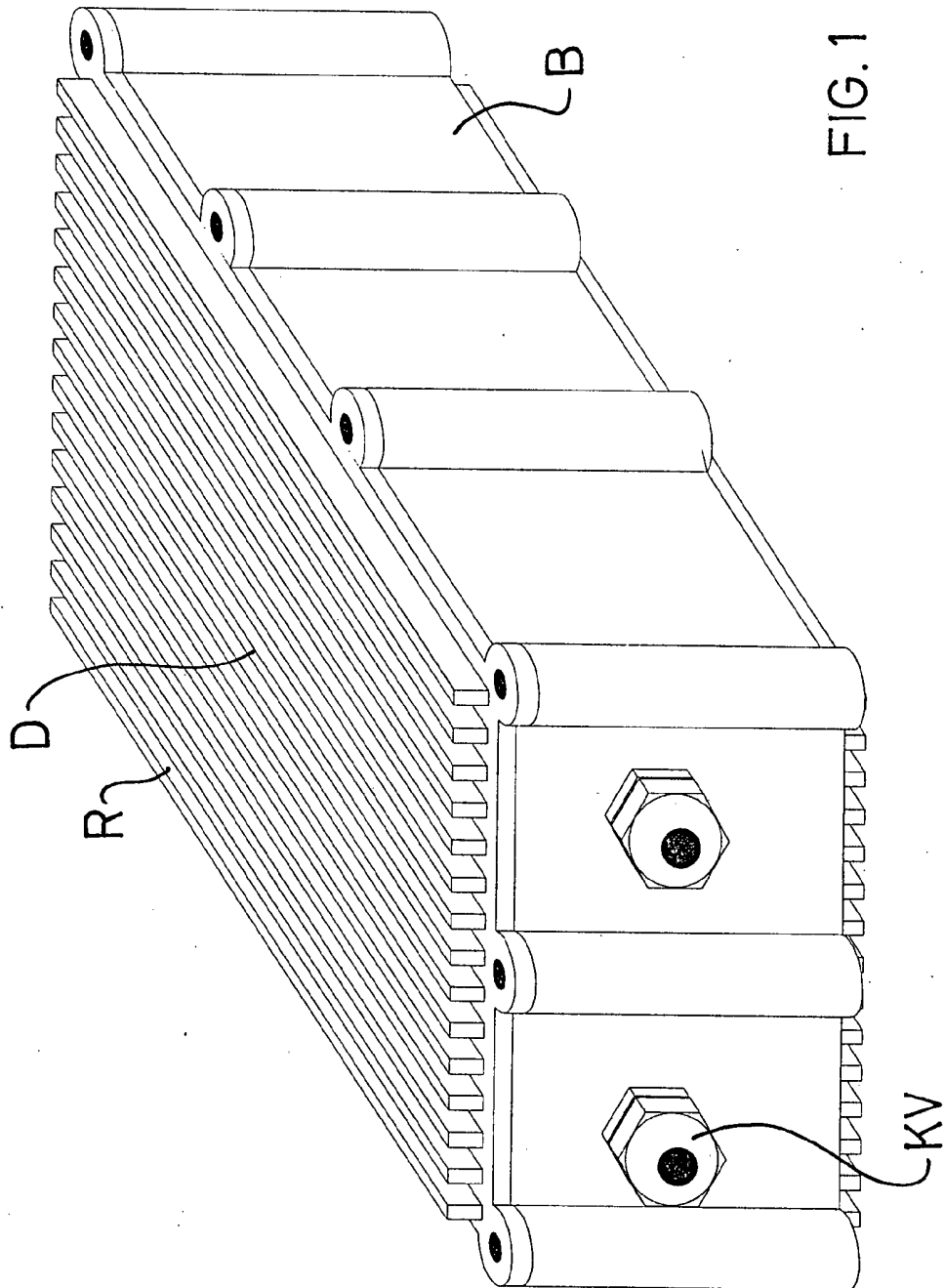
schirmblech angeformt sind.

12. Gehäuse nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass an einer der Kunststoffschalen (D oder B) außen mindestens ein Befestigungsanschluss (BÖ) angeformt ist.

13. Verfahren zur Herstellung des Gehäuses nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Fertigung der Kühlkörper (K) direkt mit ins -Gehäuse (B, D) eingespritzt wird, wobei zum Toleranzausgleich Kunststoffnoppen verwendet werden und dadurch die Toleranzschwankungen des Kühlkörpers (K) direkt in die Wanddicke des Gehäuses (B, D) eingehen.

14. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass beim Umspritzprozess eines L-förmigen Kühlkörpers (K) gleichzeitig Mittel (DO) zur Befestigung einer Leiterplatte (L) im Abstand zum ganz oder teilweise umspritzten Schenkel angeformt werden.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen



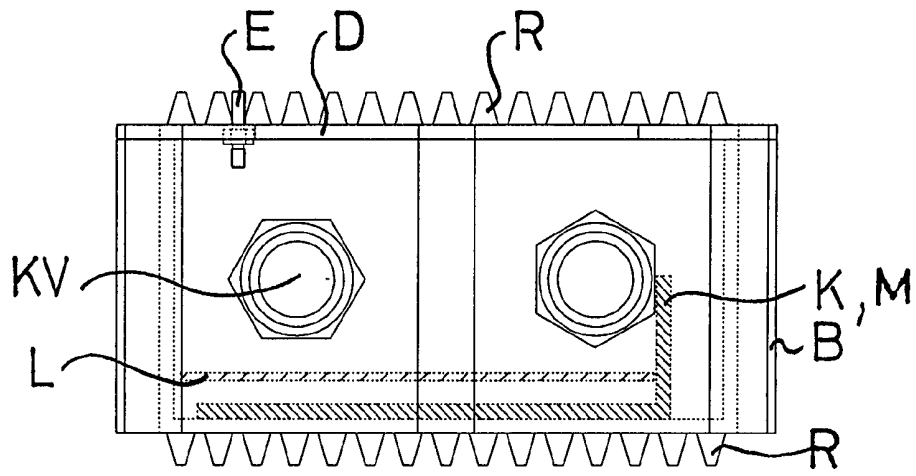


FIG. 2a

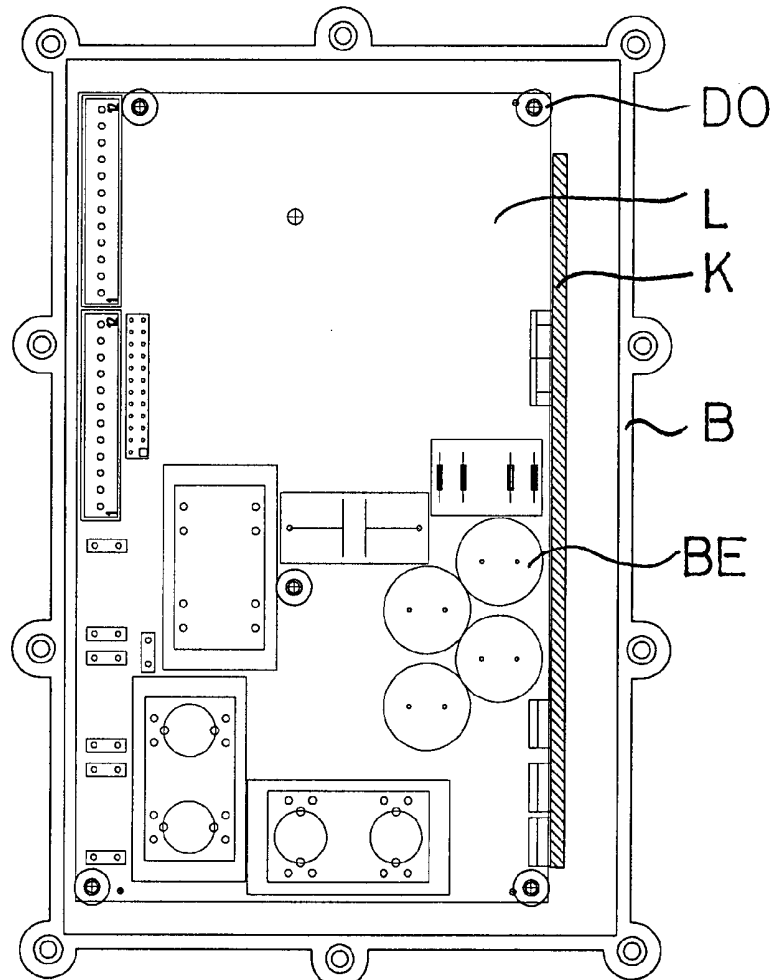


FIG. 2b

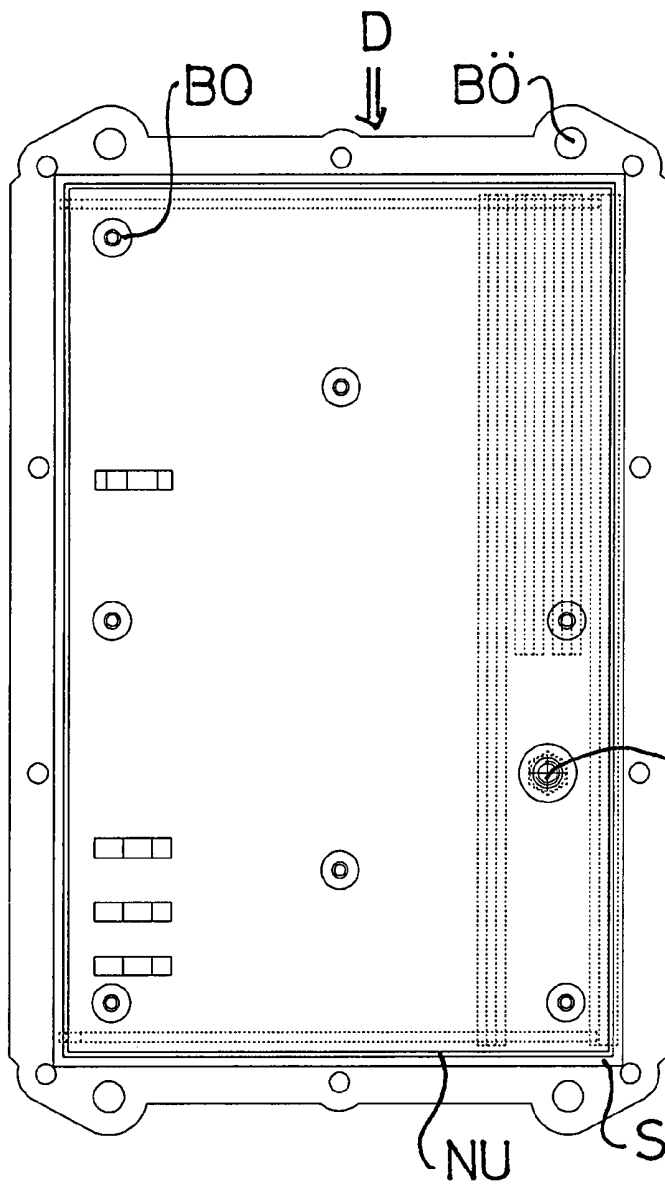


FIG. 3a

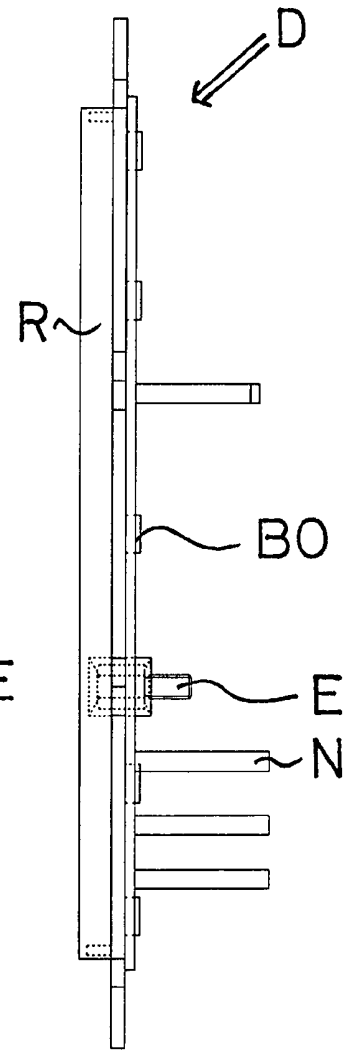


FIG. 3b

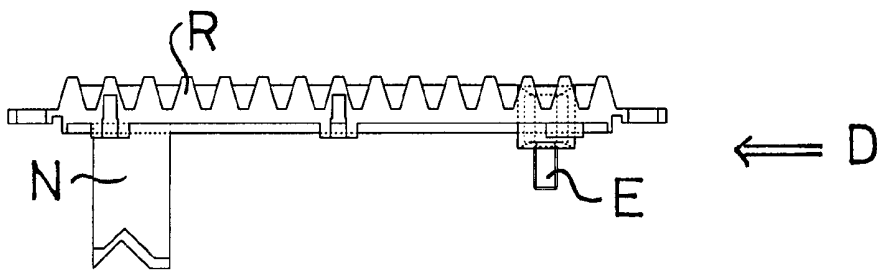


FIG. 3c

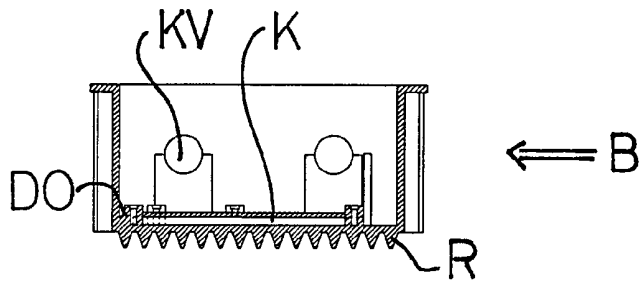


FIG. 4a

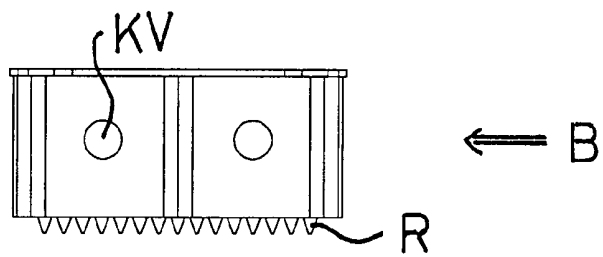


FIG. 4b

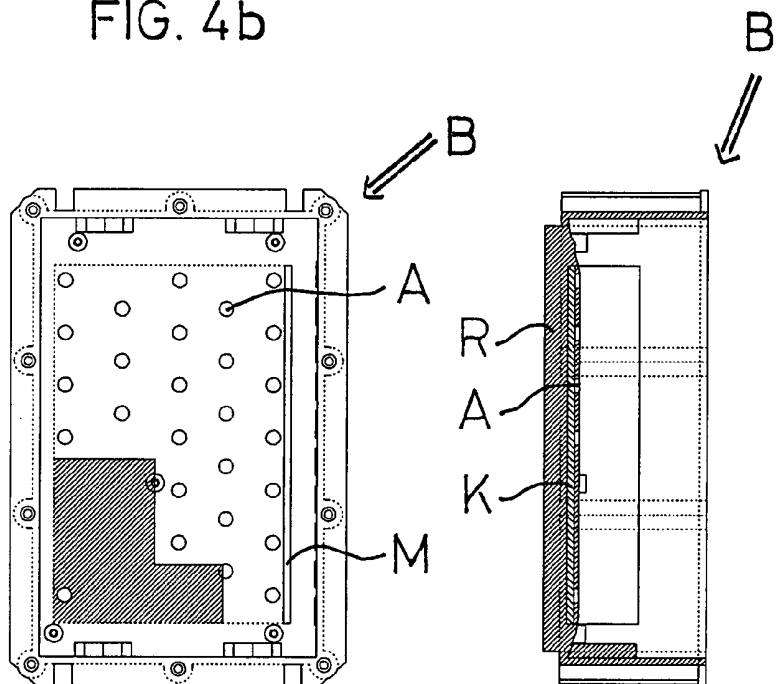


FIG. 4c

FIG. 4d

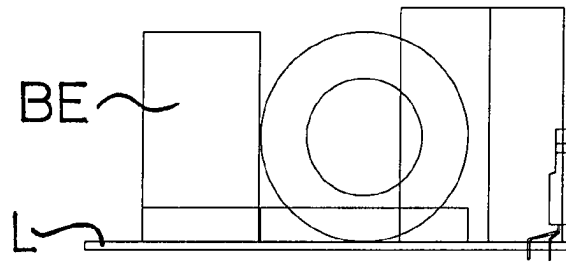


FIG. 5a

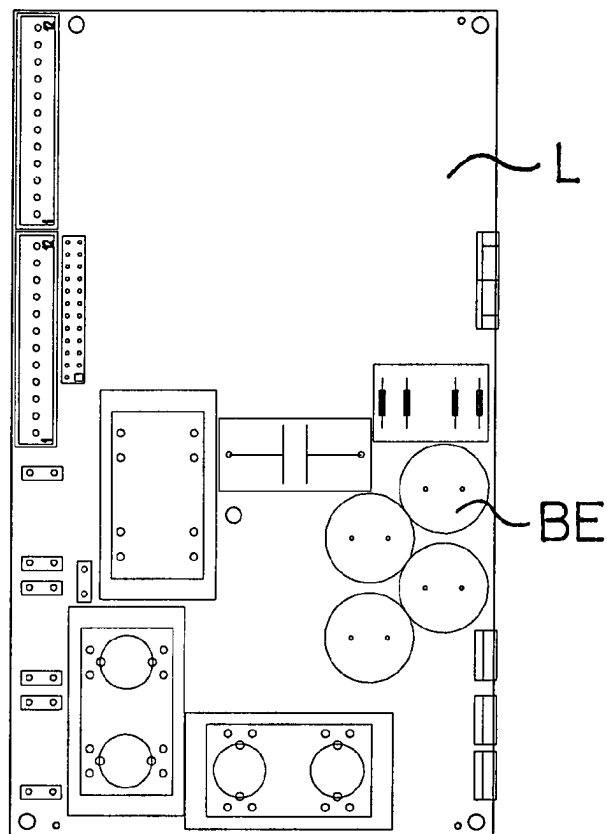


FIG. 5b

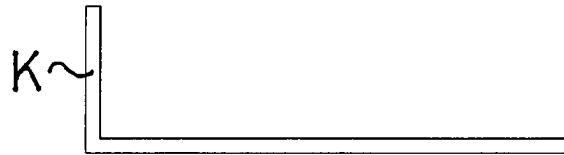


FIG. 6a

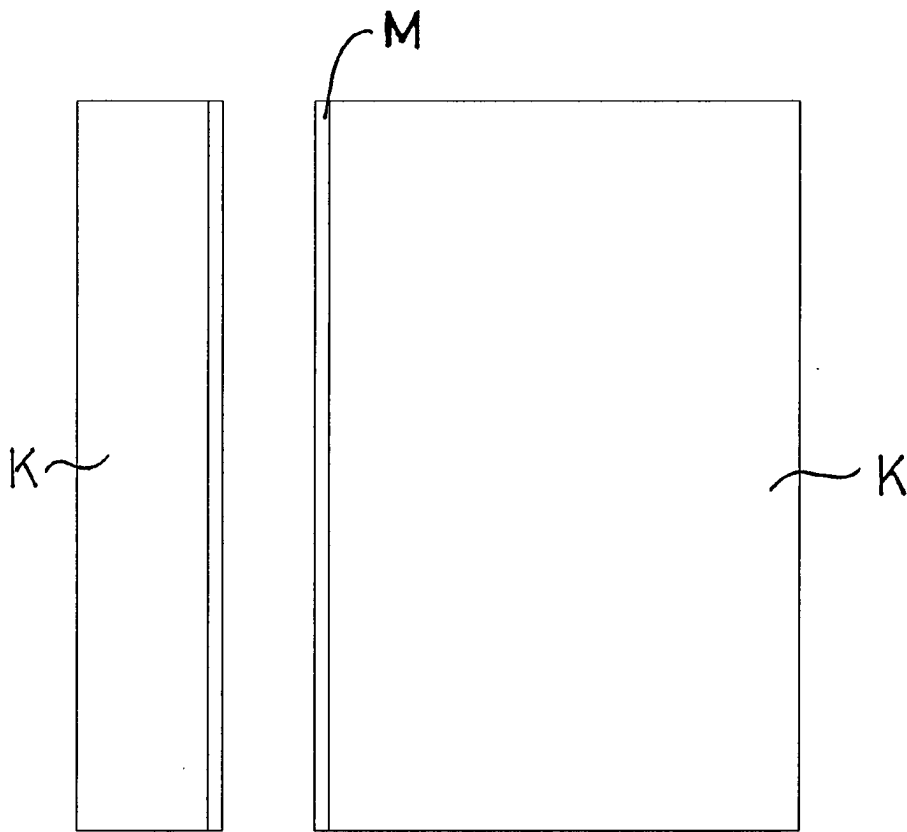


FIG. 6c

FIG. 6b