

Technologien modernster Scheinwerfer

Kleinstpixel oder Mikrospiegel

Die Entwicklungsspirale in der modernsten Scheinwerfertechnologie dreht immer schneller. Die Zulieferer und Automobilhersteller setzen dabei grundsätzlich auf zwei Techniken: Entweder wird auf LED-Arrays mit Kleinstpixelauflösung vertraut oder es werden Mikrospiegeleinheiten verbaut. **Andreas Senger**



Mercedes-Benz und Audi setzen auf die Mikrospiegel-Scheinwerfertechnologie, Porsche auf HD-Pixel-Licht. Welche Technologie sich durchsetzen wird, entscheiden der Markt und die Kunden. Foto Mercedes-Benz

Die Miniaturisierung und Weiterentwicklung von Leuchtdioden (LED) scheint keine Grenzen zu kennen. Der Zulieferer und Elektronikspezialist Infineon hat zusammen mit dem LED-Hersteller Nichia Corporation eine Entwicklung in den vergangenen drei Jahren vorangetrieben, welche den Automobilherstellern die Wahl lässt: Entweder setzen sie wie Porsche auf die hochauflösende Kleinstpixel-LED-Technologie oder sie schwören wie Audi und Mercedes-Benz auf die DMD-Technik. Auch die Zulieferer Osram und Hella sind seit längerem intensiv in der Entwicklungsphase für neue Scheinwerfer mit HD-Pixeltechnologie.

Aktiv-Matrix-Scheinwerfer gehören in den vergangenen Jahren zu den Entwicklungsschwerpunkten, um die aktive Sicherheit bei nächtlicher Fahrt zu erhöhen. Von ein paar Hochleistungs-LED in einem Scheinwerfer bis zu mehreren hundert LED, die zu Arrays zusammengefasst wurden, reicht die Palette bei den bisherigen Anwendungen. Der Vorteil: Nachts kann mit Fernlicht gefahren werden und entgegenkommende oder vorausfahrende Fahrzeuge werden durch Ausschalten einzelner

LED oder Arrays nicht geblendet. Durch schräg angeordnete LED kann zudem ein Kurvenlicht oder auch Abbiegelicht erzeugt werden, ohne dass das Scheinwerfermodul geschwenkt werden muss.

Stufenlose Regelung

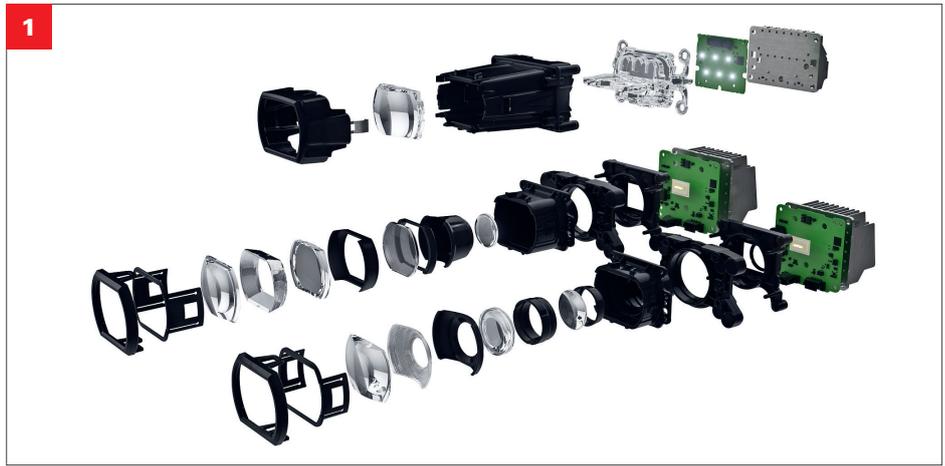
Zwei moderne Technologien erlauben, neue Funktionalitäten in der Vorfeldbeleuchtung zu integrieren. Die von Porsche präsentierte Mikro-LED-Matrixlösung gilt als echte Alternative zur Mikrospiegeltechnologie. Der von Infineon und Nichia entwickelte LED-Chip erlaubt es, ohne bewegliche Teile auszukommen und doch viele Funktionalitäten wie die Mikrospiegeltechnik zu bieten. Die Grundlage des neu entwickelten Chips beinhaltet Mikro-LED, die auf einer Fläche von lediglich $12,8 \times 3,2$ mm so klein sind, dass 16.348 Einzel-LEDs Platz finden. Jede Mikro-LED wird direkt von einem ASIC, also einem für die Anwendung entwickelten Elektronikteil von Infineon, mittels Pulsweitenmodulation angesteuert. Jedes Mikro-LED kann dabei in 1024 Stufen von dunkel (ausgeschaltet) bis zur maximalen Leuchtstärke quasi stufenlos geregelt werden.

Damit die Lichtstrahlen eines jeden Mikro-LED auf die gewünschte Stelle vor dem Fahrzeug projiziert werden kann, werden die Lichtstrahlen durch eine oder mehrere Linse(n) gebündelt. Dadurch ist auch eine optimierte Verteilung seitlich möglich. Porsche spricht von einer viermal so grossen Ausleuchtungsfläche als mit anderen Systemen.

Optische Familienzugehörigkeit

Die vier Module werden in den neuen Porsche-Modellen (Facelift Cayenne, Facelift 911, dritte Generation Panamera) erstmals in Serie erhältlich sein. Mit dem typischen vier horizontalen Tagfahrlichtstreifen und der Anordnung der vier Lichtmodule soll der Einsatz in allen künftigen Modellen von Porsche möglich sein. Damit will die Marke auch die optische Familienzugehörigkeit nachts erhöhen. Die beiden oberen Module übernehmen dabei die Aufgabe der Vorfeldbeleuchtung und des Zusatzfernlichtes. Dank konkaver Linse werden die Lichtstrahlen dabei bis zu $\pm 45^\circ$ seitlich abgelenkt. Die je drei Hochleistungs-LED lassen sich einzeln dimmen und zuschalten und können so bei Nebel oder Regen dank der Variabilität eine blendfreie Ausleuchtung garantieren.

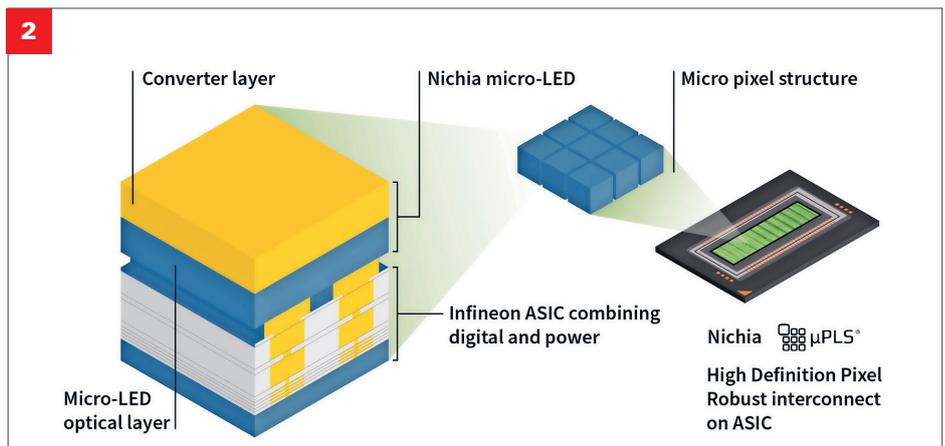
- 1 Die zwei oberen, baugleichen Module sind für das Fernlicht und die Vorfeldbeleuchtung zuständig. Die beiden unteren Lichtmodule verfügen über die HD-Module und unterscheiden sich einzig durch die Linse/Objektive für die Lichtbrechung. Das obere LED-Modul des neuen Porsche-Scheinwerfers hat nur wenige LEDs und ist als Zusatzfernlicht (obere LED-Reihe, Reichweite 600m) und für die Vorfeldbeleuchtung (untere Reihe) ausgeführt. Die hochauflösenden unteren HD-Module verfügen je über 16.384 Einzel-LEDs, deren Lichtstrahlen über Linsen gebrochen werden. Foto Porsche
- 2 Der Elektronikkonzern Infineon hat zusammen mit dem LED-Spezialist Nichia den 12,8x3,2mm grossen Chip entwickelt, dessen ASIC (Application Specified Intergrated Circuit) die Mikro-LED mit einer Kantenlänge von lediglich 45µm direkt ansteuern und in 1024 verschiedenen Helligkeitsstufen zum Leuchten bringen können. Kurvenlicht wie Engstellenlicht lassen sich so ohne bewegliche Teile umsetzen. Auch auf der Autobahn schaltet die Elektronik die Partien aus, welche den Gegenverkehr blenden könnte. Foto Nichia/Infineon



Die beiden unteren Module sind mit dem neuen HD-Matrix-Chip versehen und nicht ganz baugleich. Der Unterschied besteht in den Linsen, welche beim äusseren Modul als Weitwinkelobjektiv ausgeführt ist und einen Streuwinkel von 40° horizontal und 10° vertikal zulässt. Das innere der unteren Module ist als Teleobjektiv ausgeführt und weist eine Streuung der Lichtstrahlen von lediglich 20° horizontal und 5° vertikal auf. Dadurch wird hier ein schmalerer, aber hellerer Lichtkegel erzeugt. Durch Überlagerung der beiden unteren Module wird der Mittebereich deutlich heller ausgeleuchtet.

Gegenverkehr nicht mehr geblendet

Ein zentrales Lichtsteuergerät wertet die Bilder der Frontkamera aus, zieht Navigationsdaten hinzu, involviert die Bilder der Infrarotkamera im Frontbereich sowie den aktuellen Lenkwinkel und die Fahrwerksposition. Rund 60



Mal pro Sekunde werden die Informationen ausgewertet und die optimale Lichtverteilung der insgesamt 65.560 Einzel-LED geregelt. Wie das DMD-Licht können nicht nur die anderen Verkehrsteilnehmer ausgeblendet, sondern auch Fahrhinweise wie Spurverengungen markiert werden. Auch hat Porsche die Funktion Fahrspuraufhellung integriert, die auf Autobahnen oder ähnlich gelagerten Fahrbahnen die eigene Fahrspur deutlich heller erscheinen lässt, um insbesondere Spurwech-

sel unkonzentrierter Lenker auf Nebenspuren zu reduzieren, die gefährliche Fahrsituationen hervorrufen. Auf der Autobahn wird zudem der Gegenverkehr durch Abdimmen dieser Ausleuchtungsbereiche nicht mehr geblendet. Einziger Wermutstropfen: Das HD-Matrix-Licht weist eine statische Lichtverteilung auf, welche einzig durch Abdimmen der einzelnen LED geregelt werden kann. Entsprechend können keine Symbole oder Hinweise auf die Fahrbahn projiziert werden.



Das neue HD-Matrix-LED-Licht umfasst im unteren Scheinwerferbereich zwei HD-Module, welche insgesamt über 32.768 Einzel-Pixel, also LEDs, verfügen, von denen jedes einzelne in 1024 Helligkeitsstufen leuchten kann. Foto Porsche

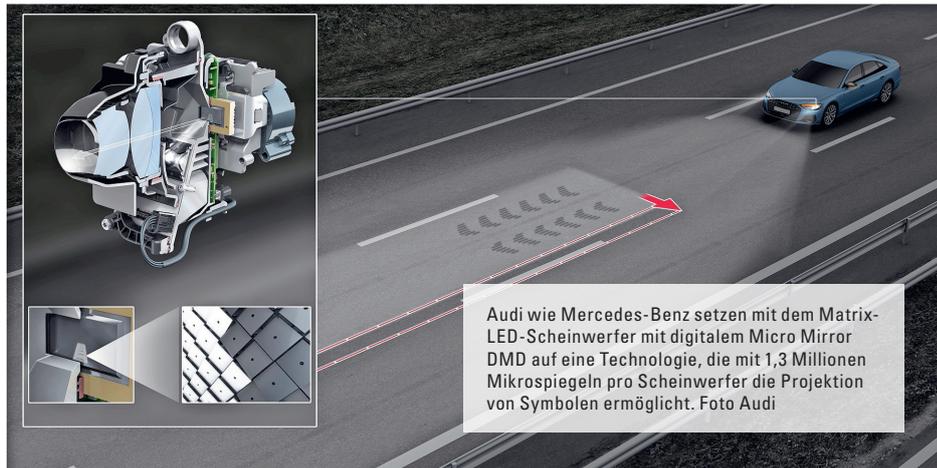
Das Digital Light von Mercedes-Benz wie auch der digitale Matrix-LED-Scheinwerfer von Audi sind hier im Vorteil. Sie arbeiten jeweils mit einem DMD, einem Digital Micromirror Device. Dieser Fingerkuppen grosse Chip weist 1,3 Millionen Mikrospiegel auf, die sich in zwei Richtungen kippen lassen. Die Technologie von Texas Instruments ist äusserst spannend: Die quadratischen Kleinstspiegelchen mit einer Diagonale je nach Chip von 9 bis 10 µm sind in 1182 Reihen und Spalten auf dem Chip angeordnet. Dies ergibt eine Gesamtzahl von 1.397.124 einzeln ansteuerbaren

Fortsetzung Seite 86

Spiegelchen. Sie werden mit einer Spannung pro Element von 8 V und damit einem elektrostatischen Feld hin- und herbewegt oder in Position gehalten. Der Auslenkwinkel beträgt maximal 12°, die Regelung ist mit 5 kHz ultraschnell umsetzbar und die Genauigkeit der Positionierung eines Mikrospiegelchens sind gemäss Datenblatt von Texas Instruments $\pm 1^\circ$. Eine Hochleistungs-LED-Lichtquelle leuchtet den DMD über einen Spiegel an. Die Spiegelchen reflektieren die Lichtstrahlen je nach Position und werden über eine Linse noch gebrochen, bevor sie die Fahrbahn ausleuchten. Durch die hohe Pixelzahl von über 1,3 Millionen ist es nun möglich, diverse Spiegelchen so auszurichten, dass ihr Lichtstrahl auf demselben Punkt auf der Fahrbahn auftrifft. Dadurch wird der Lichtpunkt deutlich heller.

Warnhinweise auf die Fahrbahn

Durch Ausrichten der Spiegelchen lassen sich also dunkle Flecken, helle Flecken oder eine homogene Ausleuchtung realisieren. Um einen dunklen Flex zu realisieren, wird der Mikrospiegel so ausgerichtet, dass der Lichtstrahl zur Leuchteinheit zurückreflektiert wird. Darum ist es mit der DMD-Lichttechnologie möglich, zusätzlich zur Fahrspurausleuchtung auch Symbole wie Warnhinweise (Frostgefahr, Stauende usw.) auf die Fahrbahn zu projizieren. Auf einer Distanz von 100m sind die Lichtpunkte beim Auftreffen auf der Fahrbahn jeweils $4 \times 2,5$ cm gross und entsprechend extrem hoch aufgelöst.



Der Aktor ist auch bei diesem System beeindruckend. Noch kniffliger ist es wie beim Kleinstpixellicht, das Steuergerät so zu konfigurieren, dass andere Verkehrsteilnehmer

so rasch wie möglich als Objekt erkannt und die entsprechenden Spiegelchen angesteuert werden können. Der Verbund von Frontkamera und Scheinwerfer erlaubt es erst, die Blendung anderer Verkehrsteilnehmer auszuschliessen und Objekte, die heller angeleuchtet werden sollen (beispielsweise Fussgänger am Strassenrand), zeitnah zu erkennen.

Herausforderung in der Werkstatt

Beide Technologien werden in Zukunft von hochpreisigen Fahrzeugen langsam den Weg in die Mittelklasse und damit stückzahlmässig eine grössere Verbreitung finden. In der Werkstatt fordern die filigranen Lichtsysteme die Werkstattprofis heraus: Nur durch eine präzise Grundeinstellung und damit Kalibrierung von Frontkamera und Scheinwerfer ist die Geometrie und damit die Regelung sichergestellt. Die bisher statische Einstellung auf die geometrische Fahrachse wird aber auch Schritt für Schritt durch eine dynamische Kalibrierung ersetzt werden. Die Systeme werden selbstlernend und damit im Betrieb ein Blenden von anderen Verkehrsteilnehmern deutlich reduziert. <

