

Untersuchung von Zündhilfen für Automobil-HID-Lampen

Andre Bergner

Hochdruckgasentladungslampen (HID-Lampen) finden in vielen Bereichen Anwendung. Sie werden in der Shop-, Industrie- und Stadionbeleuchtung sowie in Videoprojektionssystemen eingesetzt. Ein spezieller Anwendungsbereich sind auch Frontscheinwerfer von Kraftfahrzeugen. Bisher wurden HID-Lampen fast ausschließlich in Fahrzeugen der Oberklasse eingesetzt. Durch die Einführung von HID-Systemen mit 25W Nennleistung (bisher 35W) im Jahr 2012 soll die HID-Technologie konventionelle Halogenlampen in Klein- und Mittelklassewagen ersetzen. Die Verringerung der Leistung hat eine Verringerung des Lichtstroms zur Folge. Der Lichtstrom ist bei der neuen Generation auf ca. 2000lm begrenzt, wodurch periphere Systeme, wie die automatische Leuchtweitenregulierung und Scheinwerferwaschanlage, nicht mehr zwingend vorgeschrieben sind. Dadurch kann das gesamte Scheinwerfersystem kostengünstiger gebaut werden. Außerdem bleiben die Vorteile der HID-Technologie, wie z.B. eine hohe Energieeffizienz und eine lange Lebensdauer, erhalten.

Durch den Verzicht von Quecksilber und einer damit bedingten Erhöhung des Xenon-Kaltfülldrucks haben HID-Lampen für den Automobilbereich eine deutlich höhere Zündspannung als HID-Lampen für andere Anwendungsbereiche. Ein Ziel aktueller Forschungsarbeiten ist die Reduzierung der Zündspannung dieser Lampen. Die vorliegende Arbeit untersucht Zündhilfen für HID-Lampen der D5-Reihe, die ohne Zündhilfe eine Zündspannung von ca. 20kV aufweisen. Ziel dieser Arbeit ist u.a. eine deutliche Verringerung der Zündspannung, damit neue Lampenzünder mit einer Maximalspannung von 17kV eingesetzt werden können.

Zur Untersuchung des Zündprozesses werden verschiedene elektrische und optische Methoden angewendet. Als wichtigste Diagnostik wird die Zündspannung der Lampen mit einem Hochspannungstastkopf im Nanosekundenbereich gemessen. Des Weiteren werden der Strom während der Zündphase mit einer Stromsonde und die Lichtemission mit einer Fotodiode gemessen. Diese Signale werden mit einem schnellen Oszilloskop erfasst und können anschließend elektronisch weiterverarbeitet werden. Neben den elektrischen Methoden wird der Zündprozess mit Hilfe von ICCD-Kameras untersucht. Insbesondere die Nutzung einer Vierfach-ICCD-Kamera hat maßgeblich zum Verständnis des Zündprozesses beigetragen. Als weitere optische Diagnostik wurden Spektrometer eingesetzt, um den Zündprozess der Lampe noch genauer zu charakterisieren.

Einen Schwerpunkt der Arbeit stellt die Untersuchung der so genannten Außenkolbenentladung, einer dielektrisch behinderten Entladung im Außenkolben der Lampe, dar. Es konnte gezeigt werden, dass die Leitfähigkeit der Außenkolbenentladung maßgeblich für die Reduzierung der Zündspannung verantwortlich ist und andere Effekte, wie die UV-Strahlung oder die Zündpulsverformung, eine untergeordnete Rolle spielen. Durch dieses Erkenntnis wurde die Untersuchung von Zündhilfsantennen, die mittels eines Sputterprozesses aufgebracht wurden, motiviert. Es konnte auch hier gezeigt werden, dass mit den gesputterten Antennen eine deutlich Reduktion der Zündspannung erreicht werden kann, insbesondere wenn diese mit einem der Elektrodenpotentiale beaufschlagt werden. Des Weiteren wurde die Kombination aus den beiden zuvor erwähnten Zündhilfen untersucht. Dabei konnte ein Synergieeffekt festgestellt werden, d.h. es ist eine so große Absenkung der Zündspannung mit der Kombination der beiden Zündhilfen erreicht worden, wie sie mit keiner der Zündhilfen einzeln erreicht werden kann.

Diese Erkenntnisse wurden durch Untersuchung der Kaltzündung erzielt und anschließend auch für die Heißzündung verifiziert. Durch Kombination der Außenkolbenentladung mit einer aktiven Antenne konnte die Zündspannung der Lampe auf ca. 10kV, auch im heißen Zustand, abgesenkt werden, was eine Absenkung von ca. 50% darstellt. Damit ist die geforderte Unterschreitung der 17kV-Schwelle deutlich erfüllt worden.