

Energimyndighetens titel på projektet – svenska Kiselkarbidmembran och ny ljuskälla för en robust högtemperaturtrycksensor för fordon	
Energimyndighetens titel på projektet – engelska Silicon carbide membrane and new light source for a robust high temperature automotive pressure sensor	
Universitet/högskola/företag Linköpings universitet	Avdelning/institution IFM – Institutionen för Fysik, Kemi och Biologi
Adress Fysikhuset	
Namn på projektledare Mikael Syväjärvi	
Namn på ev övriga projektdeltagare Håkan Johansson (Simea Optic AB)	
Nyckelord: 5-7 st Energieffektivitet, bränslebesparing, miljö, avancerade material, forskning	

Förord

Projektet är en förstudie för att undersöka direkt binding av kiselkarbidplattor mot varandra genom en bindningsprocess som kan utvecklas från tidigare forskningskunskaper. Kiselkarbidplattorna utgör grundfunktionen för ett membran i en sensor för mätning av tryck i bränslemotorer. Trycket mäts genom fiberoptik. En ny ljuskälla kan ge stabilare lösning genom att mäta på ljusets frekvens istället för intensitet. Litteratur och marknad har undersökt för att se tillgänglighet av möjliga samarbetspartners för vidareutveckling av ytorna mot förbättrad ljuskälla. Projektet har finansierats av Energimyndigheten inom programmet Fordonsstrategisk forskning och innovation (FFI), samt medfinansierats av Simea Optic AB.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	2
Summary	2
Inledning/Bakgrund	3
Genomförande	4
Resultat	5
Diskussion.....	5
Publikationslista.....	5
Referenser, källor.....	5
Bilagor	5

Sammanfattning

Idag finns ingen effektiv trycksensor för hög temperatur. Ett kiselkarbidmembran för återkoppling av gastryck i motor skulle vara en ny innovation från svenska aktörer. En sensor som arbetar vid högre temperatur skulle kunna spara 5% av bränsleförbrukning i fordonsindustri. Detta har direkt påverkan på både energibesparing och minskad miljöpåverkan. Vidare så kan en ny ljuskälla ge stabilare sensorsystem.

Förstudien har undersökt två komponenter för en optisk högtemperaturtrycksensor med målet att i förlängning vid användning förbättra prestanda i motor och reducera miljöpåverkan vid vägtransport. Komponenterna är ett kiselkarbidmembran, som ges av två kiselkarbidplattor som bundits ihop, och en ljuskälla. Sensorfunktionen baseras på optisk detektion av ändring av tryck i en kavitet i membranet. En direkt bondning av kiselkarbidplattor istället för indirekt skulle ge både bättre prestanda och livscykel. En ljuskälla som detekterar baserat på ändring av väglängd istället för ljusintensitet skulle ge bättre noggrannhet och prestanda av sensor.

Projektet påvisar genom experiment att det finns grund för direkt bindning av kiselkarbid mot kiselkarbid genom att utveckla en bindningsprocess vid hög temperatur, och ny kunskap kan vidareutvecklas. Litteratur- och marknadsstudie av aktörers expertis visar att det finns expertis för utveckla en ljuskälla som kan nyttja nanofacetterad ytstruktur för att rikta ljuset. Då skulle fiberoptik och kiselkarbidytan kunna appliceras närmare varandra, vilket medför möjlighet att detektera ljusets frekvens eftersom linser inte behövs på samma sätt som tidigare.

Nästa steg ges av två möjligheter. Ett är att direkt bondning av kiselkarbid är ett forskningsområde med nya kunskaper som relaterar till ny grundforskning och energi. En ansökan om fullstort grundforskningsprojekt är inskickad. Den andra möjligheten är att projekt visar upp (i) akademi-SME samverkan; (ii) en värdekedja som finns i Östra Mellansverige som kan vara av vikt för regioners utveckling inom smart specialisering. Samarbetsparter i detta projekt tittar på möjliga utlysningar för EU projekt, som exempelvis EIC Accelerator eller European Green Deal.

Summary

Today there is no efficient pressure sensor for high temperature operation. A silicon carbide membrane for feedback of gas engine pressure would be a new innovation from Swedish actors. A sensor operating at higher temperature could save 5% of fuel consumption in the automotive industry. This has direct impact on both energy saving and reduced climate influence. Further, an new light source can provide a more stable sensor system.

The pre-study has explored two components for an optical high temperature pressure sensor with the goal that in longer term to be used to improve engine function and reduce environmental influence in road transport. The components are a silicon carbide membrane, which is given by two silicon carbide plates

which have been bonded together, and a light source. The sensor function is based on optical detection at change of pressure in a cavity within the membrane. A direct bonding of silicon carbide plates instead of indirect bonding would give better function and lifecycle. A light source that detects based on frequency of light instead on light intensity would give better accuracy and performance of the sensor.

The project shows by experiment that there is ground for a direct bonding of silicon carbide to silicon carbide by development of a bonding process at high temperature, and new knowledge can be developed. Literature and market study of actor's expertise shows that there is competence to develop a light source which can utilize a nano-faceted surface structure to direct the light. Then the fiber optics and silicon carbide surface could be applied closer to each other, which provides the possibility to detect on frequency since lenses are not needed in same way.

Next step is given by two possibilities. One is that direct bonding of silicon carbide is a research avenue with new knowledge which related to basic research and energy. An application for a full-scale basic research project has been submitted. The other possibility is that the project shows (i) academia-SME collaboration; (ii) a value chain that exists in East Middle Sweden which may be of importance for regional development in smart specialization. The cooperation partners in the pre-study now looks into possible calls for EU project, such as EIC Accelerator or European Green Deal.

Inledning/Bakgrund

Idag finns ingen effektiv trycksensor för hög temperatur. Ett kiselkarbidmembran skulle vara en ny innovation från svenska aktörer. En högttemperatursensor skulle kunna spara 5% av bränsleförbrukningen. Detta har direkt påverkan på både energibesparing och minskad miljöpåverkan. Vidare så kan en ny ljuskälla ge stabilare system, och skulle vara en ny innovation.

Simea Optic AB har en sensorlösning för att mäta tryck i bränslemotorer. Den baseras på ett membran av kisel. Motorer har högre verkningsgrad vid högre arbetstemperatur. Den kiselbaserade sensorn har temperaturproblem medan kiselkarbid är väl känt som ett högttemperaturmaterial. Membranet utgörs två skivor som både har en fördjupning. När dessa fogas samman så bildas en kavitet. Sensorfunktionen baseras på optisk mätning av trycket i kaviteten. Simea Optic AB har i samarbete med partners undersökt skivor av kiselkarbid som fogats samman med andra material som fungerar som ett slags lim. Men en direkt sammanfogning utan andra komponenter än kisel och kol skulle klara högre temperaturer, och spara energi genom effektivare bränsleförbränning.

Forskargruppen vid Linköpings universitet har gedigen erfarenhet av att framställa kiselkarbid, särskilt vid hög temperatur. De har i arbetet sett att det händer att kiselkarbidskivor fogas samman vid hög temperatur, men inte arbetat systematiskt med att studera detaljerna. Forskargruppen har även utvecklat

insikter kring om ytmodifikation [Jokubavicius 2016]. Forskargruppen tror att de kan utveckla en process för att foga samman skivor av kiselkarbid.

Dagens lösning baseras på ljus från en halvledardiod. När trycket förändras så förändras membrankaviteten geometri. Detta mäts genom förändring i ljusintensitet. Halvledare fungerar sämre vid högre temperatur. En lins som kan mäta förändring i våglängd skulle ge en stabilare lösning.

Huvudaktiviteten är direkt bondning av kiselkarbid och projektet har finansierats av Energimyndigheten inom programmet Fordonsstrategisk forskning och innovation (FFI), samt medfinansierats av Simea Optic AB. Forskargruppen vid LiU har varit huvudman för projektet. Resultat har diskuterats i samråd med Simea Optic AB. Projektet har pågått från 1 november 2018 till 31 juli 2020. Det har begärts förlängning två gånger. Uppvärmningsdelen för utrustning gick sönder. Det gjordes försök att hitta ersättningsdelar till utrustningen (som är från början av 1990), men efter lång tid så blev insikten att den inte gick att reparera. Inköp av ny uppvärmningsdel gjordes, och upphandlingskrav samt påverkan av coronaviruset under våren 2020 förlängde tidsbehovet ytterligare.

Genomförande

Processen mot direkt bondning baseras på den naturliga sublimationsprocessen för kiselkarbid. Vid hög temperatur så omrekonstrueras för kiselkarbidytan, och sedan bildas gaskomponenter. Dessa återgår till ytan när temperaturen sänks igen. Gaskomponenterna bildar ett förhållande av kisel och kol. Forskargruppen har studerat en process för att förfina kiselkarbidytor för andra ändamål [Jokubavicius 2016]. En direkt sammanfogning av kiselkarbidskivor genom att ytorna och kiselkarbidatomerna (kisel och kol) ”knyter in” i varandra skulle ge en oerhörd stark sammanfogning. Forskningspaketet har utförts av Mikael Syväjärvi, Valdas Jokubavicius och Gholamreza Yazdi, alla vid LiU. Delmoment kring binding har varit studera enkristallina plattor, keramiska plattor, förhållande av kisel och kol vid hög temperatur.

Ljuskällans exakta placering beror på om den appliceras nära kiselkarbidplattor eller närmare fiberoptik. Ju längre från kiselkarbidytan som ljuskällan placeras så desto mer krävs av att använda linser. Om kiselkarbidytan kan modifieras så att ljuset kan riktas på kort avstånd in mot kaviteten så kan ljuskällan vara närmare kiselkarbiden. Nära placering kan ske genom facettering av ytan som riktar ljuset mot kaviteten och sedan fångar upp den spridda reflektionen. Det är inte forskargruppens expertis, men vi har samarbetat med aktörer inom forskningsprojekt om ljusbildande kiselkarbid. Delaktiviteten om möjlig facettering av ytan har handlat om vara i kontakt med aktörer för att utröna möjligheten till sådan process för vidare samarbete.

Resultat och uppföljande möjligheter har diskuterats tillsammans mellan forskargruppen vid Linköpings universitet och Simea Optic AB.

Resultat

De experimentella studierna visar att hög temperatur kan ge en binding. Förstudien räckte inte till en full systematisk studie, men påvisar att direkt binding sker. Parametrar som kisel- eller kolsida av kiselkarbid har påverkan. Kiselkarbidskivor bygga upp av kisel och kol. Detta resulterar i att den ena sidan avslutas med kiselatomer, och den andra ytan avslutas med kolatomer. Det finns viss fysikalisk skillnad mellan dessa. När kiselkarbid värms upp så börjar kisel och kol att lämna ytan. Detta sker inte som kiselkarbid (SiC), utan som olika gaskomponenter som Si, Si₂C, SiC₂, etc. Det resulterar i ett förhållande i gasfasen av kisel och kol. Även denna påverkar processen, och direkt bindning av ytor. Experimenten i förstudien har visat att direkt bondning sker. Dock är den inte uniform, vilket får anses kunna utvecklas i en fullskalig studie.

Detaljer beskrivs i bilaga.

Vi har även tagit kontakter mot aktörer som kan utveckla facettering av kiselkarbidytan och kopplingen med fiberoptik. Det finns en forskningsgrupp, ett företag och en konsult som kan vara delaktiga i eventuellt vidareprojekt.

Diskussion

Projektet är högintressant. Det finns stort intresse för utveckla en sensor för biobränslen, vilket starkt skulle kunna bidra till omställning av energisystemet. Vi har även identifierat att sjötransport är ett område där en sensor kan bidra till energi- och miljöömställning. Förstudien har bidragit till att forskargruppen och Simea Optic har förstått mer av hur matchningen kan ge framtida möjligheter, och kommer söka projektbidrag.

Publikationslista

Förstudien har inte resulterat i några publikationer.

Referenser, källor

Jokubavicius, Valdas; Yazdi, Gholam R.; Ivanov, Ivan G; Niu, Yuran; Zakharov, Alexei; Iakimov, Tihomir; Syvajarvi, Mikael; Yakimova, Rositsa. "Surface engineering of SiC via sublimation etching", Applied Surface Science 390 (2016) 816-822; DOI: 10.1016/j.apsusc.2016.08.149

Bilagor

Administrativ bilaga.

Detaljerad sammanfattning av resultat (Summary of experimental Kiselkarbidmembran 47715-1 200728).