

Kurzbericht

Ursprüngliche Aufgabenstellung sowie den wissenschaftlichen und technischen Stand, an den angeknüpft wurde

Ziel des Projektes war die Erforschung eines neuen Laserkonzeptes und die Integration in ein optisches Nahfeldmikroskop. Die zu erreichenden Systemparameter (Meilenstein zur Projektmitte) waren: Durchstimmbare Spektralbereich von 1.4 – 12 μm mit $< 5 \text{ cm}^{-1}$. Max. Durchschnittsleistung $> 0.5 \text{ W}$; Repetitionsrate 5 – 50 MHz; Produktionskosten $< 50.000 \text{ €}$. Zur Verfügung stand das Know-How aus der SI Alpha Serie, welches im optischen die Frequenzkonversionstechnologie sowie ein elektronisches und mechanisches Ansteuerungssystem für durchstimmbare Lasersysteme umfasst, auf dem aufgebaut werden konnte.

Zur Umsetzung des Projekts mussten die Kernanforderungen der Anwendung evaluiert werden. Es musste eine kostengünstige, performante und auf die Anwendung zugeschnittene Pumplaserlösung erarbeitet und integriert werden. Zudem musste die Frequenzkonversionstechnologie auf die neuen Parameter angepasst, auf die Anwendung optimiert und in das Nahfeldmikroskop des Projektpartners attocube integriert werden.

Ablauf des Vorhabens

In AP1 wurden wie geplant zwei Seedquellen untersucht für die weitere Nutzung in AP2 qualifiziert. Zudem wurde ein an der Universität Stuttgart wurde ein neuartiges Hybridseederkonzept erforscht und zur Publikation gebracht. Neben der Publikation wurden auch erstmals gedruckte Linsen innerhalb eines Resonators erfolgreich eingesetzt. Allerdings konnte kein stabiler modengekoppelter Zustand erreicht werden, so dass die Methode im weiteren Projektverlauf nicht zum Einsatz kam.

SI evaluierte verschiedene Seedlaserkonzepte (Ansatz A – Festkörperlaser, Ansatz B – Faserlaser, Ansatz C – elektronisch getriggert Laser mittels Verstärkungsschaltung). Alle Ansätze wurden im ersten Projektjahr für die Frequenzkonversionsplattform erfolgreich getestet. Ansatz B wurde zugunsten von Ansatz A zuerst verworfen, da sich kein nennenswerter Kostenvorteil ergab, während Performanceeinbußen gemessen wurden.

Zu Beginn des zweiten Projektjahres wurde bekannt, dass die Firma Ekspla aus Litauen ein System mit sehr ähnlichen Zielparametern und Märkten anstrebt. Bis zum Abschluss des Projektes ist die Markteinführung des Konkurrenzsystems allerdings nicht gegeben.

Ansatz A und C wurden im Laufe des zweiten Projektjahres bei attocube für verschiedene Nahfeldanwendungen (SNOM und AFM-IR) getestet, wobei nur Variante A alle Modi erfolgreich bedienen konnte. Die Meilensteinziele wurden sowohl mit Ansatz A als auch C erreicht.

Der Ansatz A wurde anschließend weiter verbessert und auf die hochfrequenten Rauscheigenschaften optimiert, da sich diese als besonders herausfordernd bei einigen Nahfeldmessungen erwiesen. Die Auswirkungen dieser Verbesserung wurde ebenfalls vom Projektpartner attocube mit dem verbesserten System evaluiert und als sehr erfolgreich beurteilt.

Auf Basis des verbesserten Ansatz A wurden insgesamt drei Demonstratoren gebaut. Zwei aus Projektmitteln für SI und den Projektpartner PI4. Ein weiterer im Auftrag von attocube gegen Übernahme der Materialkosten.

Der Demonstrator beim Projektpartner attocube wurde für interne Testzwecke eingesetzt, aber auch hinsichtlich seiner Robustheit gegenüber Transporten geprüft.

Der Demonstrator beim Projektpartner PI4 wurde zunächst gründlich charakterisiert und anschließend für Studien zur technologischen Erweiterbarkeit eingesetzt und wurde Grundstein einer neuen Spektroskopiemethode, des so genannten COCO-QEPAS (coherent control quartz enhanced photoacoustic spectroscopy), welche die breitbandige Messung von Spurengas-Infrarotspektren in wenigen Sekunden bis in den ppb Bereich ermöglicht.

Im Laufe des dritten Projektjahres wurde das Schnittstellendesign zwischen SI und attocube erarbeitet und eine Anpassung der Anbindung innerhalb der Lasersoftware für das neaScope implementiert, so dass das Lasersystem bereits zu Projektende vollständig ansteuerbar und softwareseitig integriert ist.

Zuletzt erfolgte eine umfassende Hardwarerevision gegenüber den Demonstratoren, welche die wichtigsten Schwächen hinsichtlich Robustheit gegenüber Umwelteinflüssen sowie die Langlebigkeit verbessert, und einige Möglichkeiten zur Fernwartung bietet. Dabei floss das Feedback aller Projektpartner ein.

Wesentliche Ergebnisse sowie ggf. die Zusammenarbeit mit anderen Forschungseinrichtungen

Das Projektziel, ein auf die Nahfeldmikroskopie zugeschnittenes Lasersystem zu entwickeln, das den Stand der Technik maßgeblich übertrifft, wurde erreicht. Ebenso wurde das Ziel erreicht, das Lasersystem bereits während des Projektverlaufs in das Nahfeldmikroskop des Projektpartners attocube technisch zu integrieren.

Alle technischen Zielparameter, mit Ausnahme der angestrebten Durchstimmgeschwindigkeit, wurden erreicht. Aufgrund von Preissteigerungen in unvorhergesehenem Ausmaß, bei gleichzeitig besserer Performance als erwartet, musste und konnte der Zielpreis in Abstimmung mit den Projektpartner angepasst werden.

Der Projektpartner attocube wies nach, dass das System bis über 17 μm Wellenlänge am SNOM betrieben werden kann und setzt damit ein absolutes Benchmark auf dem Markt. Das System übertrifft bestehende Lösungen hinsichtlich der spektralen Genauigkeit und ermöglicht durch das extrem niedrige relative Intensitätsrauschen Messungen mit ausgezeichnetem Kontrast.

Der Projektpartner PI4 konnte ein Patent einreichen sowie zwei Publikationen veröffentlichen, eine dritte ist in Vorbereitung.

Die ursprünglich gesetzten Verkaufsziele nach Projektende werden voraussichtlich übertroffen, da bereits früher als ursprünglich geplant ein OEM-Rahmenvertrag mit dem Projektpartner attocube geschlossen wird.

Auch perspektivisch stellt sich das Marktpotenzial derzeit größer dar als ursprünglich angenommen, so dass statt einer Skalierung auf 20 Stück pro Jahr innerhalb der ersten drei Jahre nun eine Skalierung auf 50 Stück pro Jahr angestrebt wird.

Darüber hinaus ergeben sich aus der entwickelten Lasertechnologie konkrete Perspektiven für Anwendungen in Umweltanalytik, Prozessüberwachung, medizinischer Diagnostik und weiteren Feldern. Für eine wirtschaftliche Umsetzung sind in mehreren Bereichen bereits erste Industrie- und Forschungspartner involviert.