

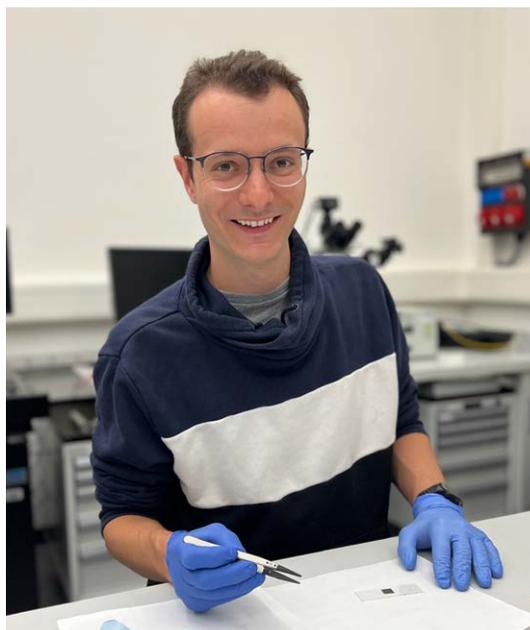
Winzige Trommeln als Sensoren

Aris Lafranca bekommt den Preis für die beste Masterarbeit

Der Preis für die beste Masterarbeit in Nanowissenschaften an der Universität Basel geht in diesem Jahr an Aris Lafranca. Der junge Nanowissenschaftler aus dem Tessin hat im Rahmen der ausgezeichneten Masterarbeit am Departement Physik einen Hybridresonator genauer untersucht. Der Resonator aus hexagonalem Bornitrid und einer Siliziumnitrid-Membran lässt sich potenziell zur Messung von Kräften, Masse oder Beschleunigung sowie für biomedizinische Anwendungen einsetzen. Dabei zielten die Untersuchungen von Aris darauf, das System besser zu charakterisieren sowie den Einfluss von Temperatur zu kontrollieren und zu steuern.

Verknüpfung positiver Eigenschaften

Aris Lafranca hat bereits bei seiner ersten Projektarbeit im Masterstudium begonnen, einen winzigen mechanischen Hybridresonator zu untersuchen. Es handelt sich dabei um hexagonale Bornitridflocken (hBN), die über Löcher in einer Siliziumnitrid-Membran (Si_3N_4) gehängt werden – ähnlich wie ein Schlagfell bei einer Trommel. Das hexagonale Bornitrid und die Siliziumnitrid-Membran bilden dabei eine Einheit und verknüpfen die unterschiedlichen Eigenschaften der beiden zweidimensionalen Nanomaterialien.



Aris Lafranca hat die Arbeiten für seine prämierte Masterarbeit im Team von Martino Poggio am Departement Physik absolviert.

Wenn der winzige Resonator angeregt wird, beginnt die nur wenige Atomlagen dicke Bornitridschicht zu schwingen. Aufgrund der besonderen Eigenschaften der Materialien sowie des speziellen Aufbaus des Resonators lässt sich dieser nicht nur durch mechanische Anregung in Schwingung versetzen, sondern beispielsweise auch durch Licht anregen. Wie bei einer Trommel wird das Signal durch den Resonator verstärkt. Daher eignet sich der Resonator potenziell als Bauelement für sensorische Anwendungen.

Zum Auslesen der Vibration verwenden die Forschenden Licht. Ein Laserstrahl wird durch Spiegelungen in zwei Strahlen aufgeteilt, von denen einer auf die vibrierende Trommel trifft. Treffen die beiden Laser wieder aufeinander, kommt es zur Bildung von Interferenzmustern, die sich unterscheiden, wenn sich die Vibration des Resonators ändert.

Entscheidende Verbesserungen

Für seine Masterarbeit hat Aris Lafranca diesen zweidimensionalen Hybridresonator nun mithilfe eines verbesserten Versuchsaufbaus mit einem sogenannten Michelson-Interferometer weiter untersucht und charakterisiert. Er konnte das Setup so erweitern, dass das Signal-Rausch-Verhältnis verbessert sowie Temperaturschwankungen reduziert wurden. Aufgrund von Erweiterungen kann Aris nun eine präzise Steuerung der Proben temperatur vornehmen – was für seine Untersuchungen eine Grundvoraussetzung darstellt.

Er hat zudem einen Python-Code geschrieben, der die Probertemperatur automatisch steuert und zeigt, dass seine Messergebnisse mit theoretischen Simulationen eine gute Übereinstimmung zeigen.

Die Simulationen und Messungen bestätigten, dass die hBN-Trommel einen negativen Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweist. «Anders als es uns von den meisten anderen Materialien bekannt ist, zieht sich Bornitrid bei einer Temperaturerhöhung zusammen», erklärt Aris. «Da die Bornitrid-Flocke und die Siliziumnitrid-Membran eine Einheit bilden, bedeutet dieses Zusammenziehen bei höheren Umgebungstemperaturen eine erhöhte mechanische Spannung für den Resonator.» Diese zusätzliche Spannung wirkt sich auf die Schwingungsfrequenz und den Schwingungsmodus der Bornitridschicht aus, während die Frequenz und der Modus der Siliziumnitrid-Membran weitgehend unverändert bleibt.

Da beim Versuchsaufbau nun eine präzise Temperaturregelung möglich ist, lässt sich die mechanische Spannung im Inneren der hBN-Trommel jetzt einstellen – was die Untersuchung der Wechselwirkungen mit der Siliziumnitrid-Membran erlaubt.

Thematisch geht es weiter

Für Aris ist mit dem Abschluss der Masterarbeit das Thema Hybridresonatoren noch lange nicht beendet. Er führt seine Arbeiten seit Dezember 2023 als Doktorand im Team von Argovia-Professor Martino Poggio fort. Zunächst hat er dabei die Herstellung der winzigen hBN-Trommeln übernommen, die vom ehemaligen SNI-Doktoranden Dr. David Jaeger im Rahmen seiner Dissertation entwickelt wurde und die dieser anfänglich auch durchgeführt hat. In Zukunft wird Aris probieren, mehrere hBN-Trommeln

zu koppeln, unterschiedliche Stärken der hBN-Membran zu untersuchen und auch andere Proben zu testen.

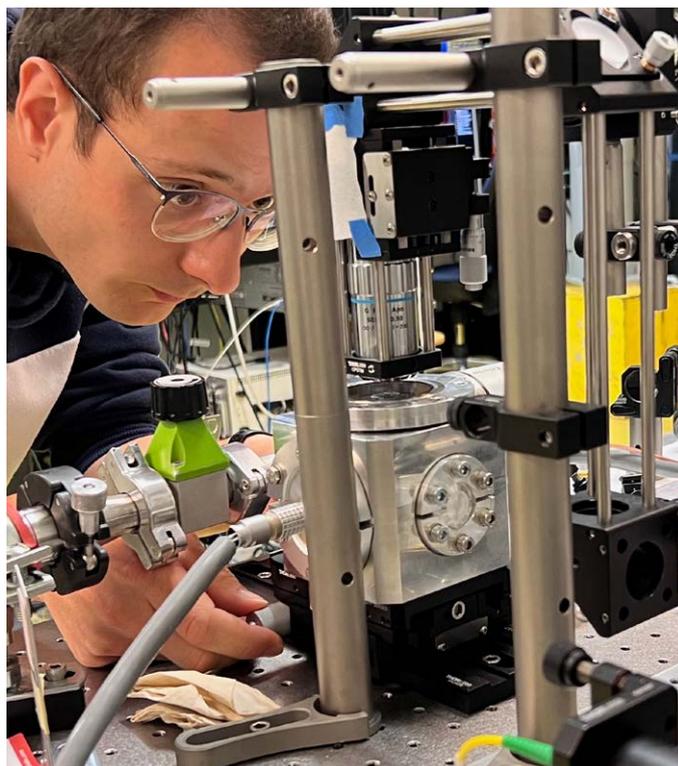
«Es macht einfach Spass, derartige Versuche zu planen, die Messungen zu beginnen und dann auf den Resultaten basierend Probleme zu lösen und den Plan anzupassen», antwortet Aris auf die Frage, was ihn bei dieser Arbeit besonders fasziniert. Zudem ist es die gute Atmosphäre im Team, die ihn veranlasst hat, da weiterzumachen, wo er mit dem Masterstudium in Nanowissenschaften aufgehört hat.

Schon früh entschieden

Für das Nanostudium hat sich Aris Lafranca schon in seiner Schulzeit entschieden, als er an der «Università della Svizzera italiana» am «Orientati», einer Informationsveranstaltung von Universitätsstudierenden für Tessiner Kantonschüler:innen vom interdisziplinären Studiengang Nanowissenschaften an der Universität Basel erfahren hat. «Die Kombination von Bio, Physik und Chemie war für mich ausschlaggebend», erinnert er sich.

Der Start in Basel war anfänglich nicht immer einfach, da er sich neben den fachlichen Herausforderungen auch an die Sprache gewöhnen musste. «Aber der gute Zusammenhalt unter uns Studierenden hat mir da sehr geholfen, sodass auch Deutsch bald kein Problem mehr war», erzählt er.

Neben der guten Atmosphäre unter den Studierenden waren es vor allem Themen aus der Physik und Chemie, die ihm während des Studiums besonders gut gefallen haben. Und schon bei der erste Projektarbeit im Masterstudium hat er mit den Hybridresonatoren ein Thema gefunden, das ihn fasziniert und ihn auch die nächsten Jahren noch beschäftigen wird.



Mit einem Michelson-Interferometer untersucht und charakterisiert Aris Lafranca den zweidimensionalen Hybridresonator.

«Die Arbeit von Aris ist ohne Zweifel die exzellenteste und am besten ausgeführte Masterarbeit, die ich hier in Basel je gelesen habe. Ich bin sehr froh, dass er sich entschlossen hat, als Doktorand weiter in der Experimentalphysik und in meiner Gruppe zu arbeiten.»

**Prof. Dr. Martino Poggio,
Departement Physik, Universität Basel**