

■ Zwischenlager für Wärme

In Spanien arbeitet der erste Latentwärmespeicher für Solar-kraftwerke.

Solarthermische Kraftwerke mit Direktverdampfung gelten als künftige Schlüsseltechnik für eine nachhaltige Energieversorgung.



Der Latentwärmespeicher in Almería ist von einer dicken Isolations-schicht umhüllt.

Damit die erzeugte Energie nicht nur bei Sonnenschein nutzbar ist, sind Wärmespeicher erforderlich. Im Prinzip wären Latentwärmespeicher, wie sie z. B. als Taschenwärmer verbreitet sind, bestens für diese Aufgabe geeignet. Sie nutzen einen Phasenübergang, meist zwischen fest und flüssig, um die thermische Energie zu speichern. Das Speicherprinzip beruht darauf, dass ein Salz beim Schmelzen sehr viel Energie als Schmelzwärme aufnimmt. Da der Vorgang reversibel ist, gibt das Salz beim Erstarren die gleiche Wärmemenge wieder ab. Wegen der für industrielle Zwecke geringen Wärmeleitfähigkeit dieser Systeme hat bislang jedoch niemand einen Latentspeicher für Solarstrom gebaut.

Unter Federführung des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt in Stuttgart hat nun ein Konsortium aus 13 Industrie- und Forschungspartnern den ersten Latentwärmespeicher im spanischen Almería in Betrieb genommen. Das System leistet bei Temperaturen von 220 °C und Drücken zwischen 20 und 40 bar zwei Stunden lang rund 100 kW.

Durch den Latentwärmespeicher verlaufen Rohrbündel, die den Wasserdampf vom Kraftwerk durch eine Kaliumnatriumnitrat-Mischung leiten. Da die Wärmeleitfähigkeit des Salzes für einen effizienten Speicher nicht ausreicht,

befinden sich zwischen ihm mehrere, jeweils einen Viertel Quadratmeter große Platten aus Grafit, die eine zehn bis zwanzig Mal so hohe Wärmeleitfähigkeit ermöglichen. Ohne einen derartigen Aufbau könnte das System die Wärme nur für eine halbe Stunde auf dem entsprechenden Temperatur- und Druckniveau halten.

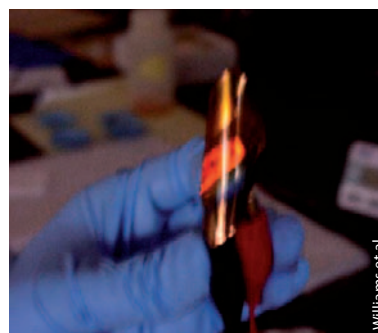
Im nächsten Schritt wollen die Projektbeteiligten nun einen 1 MW-Speicher aufbauen, der bei Temperaturen von mehr als 300 °C und Drücken bis über 100 bar in einem Bereich arbeiten wird, der für den Kraftwerksbetrieb relevant ist.

■ Robuste Elektrode

Eine Nanoschicht macht transparente Elektroden für organische LEDs widerstandsfähig.

Organische Elektronikbauteile sind verformbar und passen sich daher vielen Konturen an. Problematisch wird es jedoch, wenn transparente Elektroden erforderlich sind, denn das häufig verwendete Indiumzinnoxid verliert bei starker Krümmung seine Leitfähigkeit. Abhilfe schaffen Polymere, die allerdings eine kostspielige Schutzschicht benötigen, damit sie nicht im Lauf der Zeit „verwittern“. Wissenschaftler der Jackson State University im US-Bundesstaat Mississippi haben einen neuen Weg gefunden, dieses Problem zu umgehen.¹⁾

Sie beschichten 125 µm dicke Folien aus Polyethylen-Terephthalat (PET) mit kommerziell erhältlichen Bor-dotierten einwandigen Kohlenstoff-Nanoröhren. Dafür mischen



Eine organische LED mit einer Elektrode aus Kohlenstoff-Nanoröhren lässt sich im laufenden Betrieb aufwickeln.

die Forscher um Quinton L. Williams die Nanoröhren zunächst mit einem Furan, entnehmen Tropfen aus dem oberen Bereich der Flüssigkeit und tragen sie per Rotationsbeschichtung auf die PET-Folie auf. Das Furan verdampft und lässt einen Film aus Kohlenstoff-Nanoröhren zurück. Spektroskopische und kraftmikroskopische Analysen zeigen, dass die Morphologie der Beschichtung sich als Netzwerk aus zufällig verteilten Nanoröhren beschreiben lässt.

Die Wissenschaftler setzten die Proben 144 Stunden lang einer Temperatur von 85 °C und einer Luftfeuchtigkeit von 85 Prozent aus, aber die Folien behielten trotzdem ihre Leitfähigkeit bei – auch nach mehrfacher, starker Verformung. Schließlich haben Williams und seine Kollegen eine organische LED gefertigt, deren Anode aus der beschichteten PET-Folie besteht. Sie zeigt über das gesamte sichtbare Spektrum eine gleichmäßige Transmission.

Mögliche Anwendungen sehen die Forscher beispielsweise in elektronischem Papier sowie in faltbaren Displays und Karten mit dynamischen Informationen für den militärischen Bereich.

■ Licht für Präzisionsmessung

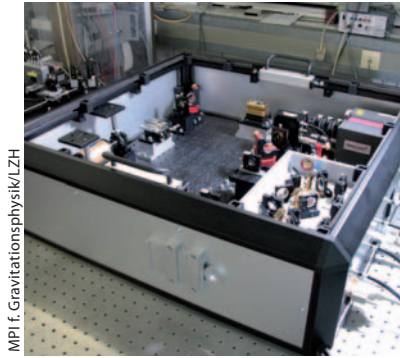
Der weltweit stabilste Hochleistungslaser hilft beim Nachweis von Gravitationswellen.

Mit teils kilometerlangen Interferometern wollen Astronomen die kosmischen Quellen von Gravitationswellen beobachten. Entsprechende Observatorien stehen in Italien, Japan, den USA und Deutschland. Da die Signale sehr schwach sind, müssen die Interferometer winzige Längenänderungen nachweisen können. So erreicht das bei Hannover angesiedelte Projekt GEO600 z. B. eine relative Genauigkeit von 10^{-22} . Dafür sind sehr stabile Laser erforderlich, die für fast alle Gravitationswellenprojekte aus Hannover geliefert werden.

Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts für Gravitations-

1) Q. L. Williams et al., Appl. Phys. Lett. **91**, 143116 (2007)

2) V. L. Pushparaj et al., Appl. Phys. Lett. **91**, 153116 (2007)



MPI f. Gravitationsphysik/LZH

Die LIGO-Wissenschaftler wollen mit einem Lasersystem aus Hannover Gravitationswellen nachweisen.

physik und des Laserzentrums Hannover haben kürzlich den weltweit stabilsten Hochleistungslaser an das amerikanische LIGO-Projekt (Laser-Interferometer-Gravitationswellen-Observatorium) übergeben. Das Lasersystem liefert eine Ausgangsleistung von 35 W und strahlt weniger als fünf Prozent seiner Energie in höheren Moden ab. Seine Frequenzstabilität erreicht einen Wert von $100 \text{ mHz/Hz}^{1/2}$, seine Leistungsstabilität eine Größenordnung von $10^{-9} \text{ Hz}^{-1/2}$. Die Empfindlichkeit der LIGO-Detektoren steigt durch diesen Laser um einen Faktor zwei.

Die hannoverschen Wissenschaftler um Benno Willke nutzen für ihr Lasersystem einen kommerziellen Nd:YAG-Laser mit einer Wellenlänge von 1064 nm als Master, der mit vier Nd:YVO-Kristallen auf 35 W verstärkt wird. Durch die doppelbrechende Wirkung des Wandats lässt sich eine Depolarisation des Strahls vermeiden. Die Frequenzstabilität des Systems und die räumliche Stabilität des Strahls kontrollieren die Forscher mit jeweils einem Fabry-Pérot-Resonator sowie einer ausgeklügelten Regeltechnik. Für die Leistungsstabilisierung lag der Schlüssel zum Erfolg im Design von extrem rauscharmen Indiumgalliumarsenid-Fotodetektoren mit hoher Quanteneffizienz und guter räumlicher Homogenität.

Für die nächste Stufe des LIGO-Projekts (Advanced LIGO) arbeiten die Wissenschaftler bereits an einem Lasersystem ähnlichen Aufbaus, das rund 200 W liefert und die Messungen im Vergleich zu heute damit um den Faktor zehn empfindlicher machen wird.

■ Empfindsame Würfel

Aus Kohlenstoff-Nanoröhren lassen sich Drucksensoren aufbauen.

Kohlenstoff-Nanoröhren gelten aufgrund ihrer Eigenschaften als vielversprechendes Ausgangsmaterial für künftige Anwendungen in der Elektronik: Sie zeichnen sich durch eine sehr hohe Zugfestigkeit aus, leiten Wärme fast doppelt so gut wie Diamant und Strom um ein Vielfaches besser als Kupfer. Wissenschaftler um Victor L. Pushparaj vom Rensselaer Polytechnic Institute in Troy (USA) haben Blöcke aus Nanoröhrchen gefertigt, die sich als Ausgangsmaterial für neuartige Drucksensoren eignen.²⁾

Dazu erzeugen sie mittels chemischer Gasphasenabscheidung Lagen aus parallel ausgerichteten Kohlenstoffröhren, die rund 3 mm lang sind und einen Durchmesser von 53 nm haben. Nachdem die Forscher die resultierenden würfelähnlichen Quader vom Substrat gelöst haben, dampfen sie auf zwei sich gegenüberliegende Seitenflächen metallische Elektroden auf.

Die so präparierten Proben komprimieren Pushparaj und seine Kollegen parallel oder senkrecht zur Orientierung der Nanoröhren, während sie eine Spannung von 100 mV an den Würfel anlegen. Die elektrische Leitfähigkeit hängt dabei in weiten Grenzen linear vom ausgeübten Druck ab und kehrt ohne Kompression schlagartig wieder auf ihren Ausgangswert zurück. Dieser lag in der parallelen Anordnung bei 3,3 Siemens/cm und stieg bei 45 Prozent Kompression auf 5 Siemens/cm. In der senkrechten Anordnung sind es nur 0,6 Siemens/cm, da der Strom viel leichter entlang der Nanoröhren fließt als senkrecht zu ihnen. Durch die Kompression rücken die Wände der Kohlenstoffröhren enger zusammen, sodass die Elektronenzustände in benachbarten Wänden überlappen und sich die Zahl der Leitungskanäle erhöht. Mögliche Anwendungen sind z. B. Drucksensoren für Autoreifen oder mikromechanische Bauelemente in Geräten für die Halbleiterfertigung.

Michael Vogel