

Nobelpreis für Chemie 2000

Elektrisch leitende Polymere

Für die Entdeckung und Entwicklung von elektrisch leitenden Polymeren erhalten die Wissenschaftler

Prof. Alan J. Heeger (University of California Santa Barbara, USA),

Prof. Alan G. MacDiarmid (University of Pennsylvania, USA) und

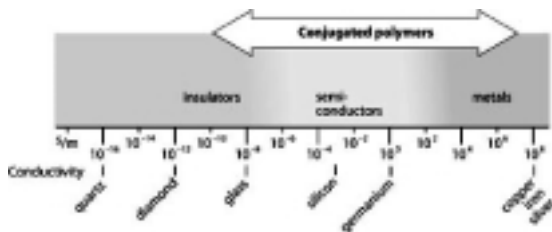
Prof. Hideki Shirakawa (Universität Tsukuba, Japan)

den diesjährigen Chemie-Nobelpreis.

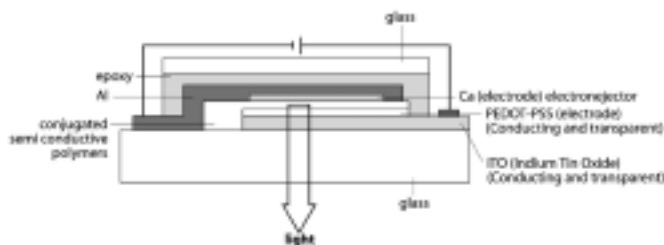
Seit der ersten Herstellung eines Polyacetylen-Films durch Shirakawa 1974 hat sich das Gebiet der organischen Leiter zu einem intensiven Forschungsgebiet im Bereich von Physik und Chemie entwickelt und hat zahlreiche praktische Anwendungen gefunden.

Entdeckungsgeschichte

Bereits 1862 hatte Latheby in London mit der Herstellung von Polyanilin ein leitfähiges organisches Material entdeckt, doch erst in den 70er Jahren des 20. Jhdts. begann der Aufschwung zunächst mit der Entdeckung der Supraleitfähigkeit organischer Substanzen und schließlich mit der kontrollierten Herstellung von reinen cis- und trans-Polyacetylenen als Filmen durch Shirakawa. Zur selben Zeit untersuchten in USA der Physiker Heeger und der Chemiker MacDiarmid die metallischen Eigenschaften des anorganischen Polymers $(\text{SN})_x$. Bei einem Seminar in Tokio trafen sich MacDiarmid und Shirakawa. Während eines anschließenden Besuchs von Shirakawa an der Universität von Pennsylvania wurde der Polymerisationsvorgang optimiert. Aufbauend auf einer Beobachtung Shirakawas, daß eine Behandlung der silbrig glänzenden Polyacety-



Leitfähigkeit von leitenden Polymeren



Querschnitt einer Polymerleuchtdiode

tylenfilme mit Brom oder Chlor die Infraroteigenschaften veränderte, wurden diese mit Jod dotiert. Bei den so hergestellten Proben konnte in Heegers Labor eine Erhöhung der Leitfähigkeit um sieben Größenordnungen gemessen werden. Die Ergebnisse wurden im Mai 1977 unter dem Titel "Synthesis of electrically conducting organic polymers: Halogen derivatives of polyacetylene (CH)_x" publiziert.

In weiteren Experimenten wurde durch Dotierung von cis-Polyacetylen mit AsF₅ eine Leitfähigkeitserhöhung um 11 Größenordnungen erreicht. Es handelt sich dabei um Leitfähigkeit entlang der parallel ausgerichteten Molekülketten, quer dazu ist sie wesentlich "kleiner. Daher spricht man von "eindimensionalen Metallen".

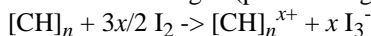
Neben dem erwähnten Polyanilin wurden auch andere Polymere intensiv untersucht, die nun technisch genutzt werden. Gegenüber Polyacetylen haben sie den Vorteil größerer Stabilität an Luft und gegenüber Feuchtigkeit.

Leitungsmechanismus

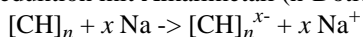
Reines Polyacetylen ist in beiden Modifikationen ein Halbleiter, wobei die thermodynamisch stabile trans-Form eine höhere Leitfähigkeit besitzt. Die kovalenten Bindungen zwischen den C-Atomen erfolgen durch die lokalisierten σ-Elektronen, die π-Elektronen in den Doppelbindungen sind weniger stark lokalisiert.

Durch Dotierung mit Jod, bzw. einem Alkalimetall:

Oxidation mit Halogen (p-Dotierung):



Reduktion mit Alkalimetall (n-Dotierung):



werden in den Molekülketten positive, bzw. negative Ladungsträger erzeugt, die bei angelegter elektrischer Spannung die Molekülkette entlang wandern. Je regelmäßiger die Iod-, bzw. Na-Ionen angeordnet sind, desto leichter wandern die Ladungen die Kettenmoleküle entlang.

Anwendungen

Der Hauptvorteil der leitenden Polymere liegt in der preisgünstigen Verarbeitung von Lösungen zu Filmen, so daß etwa integrierte Schaltungen nahezu mit Tintenstrahldruckern erzeugt werden könnten. Bisherige Anwendungen umfassen: Abschirmung von elektronischen Schaltungen, Korrosionsschutz, Farb-Video-Display, Schutzanstrich gegen Radarerfassung, u.a. Eine interessante Anwendung, das "intelligente Fenster", nutzt die elektrische Steuerung der Beweglichkeit der Ladungsträger, um die Lichtdurchlässigkeit von Glasscheiben zu regeln (elektrochrome Eigenschaft des Polyanilinfilms).



Alan J. Heeger, geboren 1936 in Sioux City, Iowa, USA ist Professor für Physik und Direktor des Institute for Polymers and Organic Solids der University of California at Santa Barbara.

<http://www.ipos.ucsb.edu/ajh.html>

Alan G MacDiarmid wurde 1927 in Masterton, Neuseeland geboren. Er ist Professor für Chemie an der University of Pennsylvania.

<http://www.sas.upenn.edu/%7Emacdiarm/>



Hideki Shirakawa, geboren 1936 in Tokyo, ist Professor für Chemie am Institute of Materials Science, Universität von Tsukuba, Japan.

<http://www.ims.tsukuba.ac.jp/%7Eakeya/imsweb/Nobel.htm>