

Röntgen- „Video“ ermöglicht Einblicke in die Bildung molekularer Schichten

Dünnschicht-Technologien, die Kontrolle auf atomaren und molekularen Skalen versprechen, haben in den letzten Jahren zunehmendes Interesse erregt, da traditionelle Herstellungsverfahren ihre grundlegenden Grenzen erreichen. Ein Team aus dem Institut für Physik der Humboldt-Universität zu Berlin um Anton Zykov, Stefan Kowarik und Jürgen P. Rabe (Mitglied von IRIS Adlershof) hat in Kooperation mit Kollegen vom PETRA III Synchrotron am DESY Hamburg das Nicht-Gleichgewichts-Wachstum von halbleitenden organischen Molekülen unter Nutzung innovativer, zeitaufgelöster Röntgenstreuung untersucht. Eine Filmsequenz der Röntgenstreuung während der Molekularstrahl-Deposition zeigt das Titelbild eines Sonderbandes des Journal of Chemical Physics zum Thema „Atomare und molekulare Schicht-Prozessierung“.

Halbleitende organische Moleküle bergen ein enormes Potential für zukunftsweisende Anwendungen in organischen Licht-emittierende Dioden (OLED), Kamera-Sensoren oder in Speicherbausteinen. Viele dieser Bauteile beruhen im Kern auf ultradünnen Schichten funktionaler molekularer Materialien. Deren Herstellung durch Abscheidung von Molekülen aus der Gasphase ist ein komplexer Prozess, der die Molekül-Adsorption auf einem Substrat, ihre Diffusion und Selbstorganisation umfasst. Da viele dieser Prozesse nicht unter Bedingungen eines lokalen thermodynamischen Gleichgewichts ablaufen, stellt das Verständnis dieser Prozesse und

ihrer Geschwindigkeiten eine große Herausforderung dar.

Mittels innovativer Messungen der diffusen Röntgenstreuung an der P03 Beamline des PETRA III Synchrotrons gelang es den Forschern nun, „Videos“ der Wachstumsprozesse auf der Nanoskala aufzunehmen. Die Messung ermöglicht es, Keimbildung, Inselwachstum und die Rauheitsentwicklung der Schicht zu verfolgen.

Die Forscher zeigen, dass die Ergebnisse der neuen Röntgentechnik sehr gut mit etablierten Rastersonden-Techniken übereinstimmen und zeitaufgelöste Messungen möglich sind, ohne das Wachstum zu stören. In der Arbeit wurde eine signifikante Verbesserung im Diffusionsverhalten von Molekülen zwischen der ersten und den nachfolgenden Molekülschichten festgestellt und die Nukleationsenergie im Rahmen aktueller Wachstumstheorien quantitativ bestimmt. Die Anwendung der neuen Röntgen-Videos wird zukünftig helfen, über die Anwendung simpler Wachstums-„Rezepte“ hinauszukommen und ein fundiertes, fundamentales Verständnis des Schichtwachstums zu erlangen.

Diffusion and nucleation in multi-layer growth of PTCDI-C8 studied with in situ X-ray growth oscillations and real-time small angle X-ray scattering

A. Zykov, S. Bommel, C. Wolf, L. Pithan, C. Weber, P. Beyer, G. Santoro, J.P. Rabe, and S.Kowarik
J. Chem. Phys. 146, 052803 (2017)
DOI: 10.1063/1.4961460