

1

SEPARIERUNG EINKRISTALLINER DIAMANT- PLATTEN MITTELS IONENIMPLANTATION

DIE AUFGABE

Großflächige einkristalline Diamantplatten, kurz EKD, (< 40 µm bis 500 µm dick) sind von erheblichem Interesse für Anwendungen in optischen und röntgenoptischen Komponenten, Strahlungsdetektoren und elektronischen Bauelementen. Gegenwärtig sind hochqualitative Diamantplatten nur bis etwa 10 mm Kantenlänge verfügbar, da sie aus gewachsenen Diamantkristallen geschnitten und poliert werden. Insbesondere zur Herstellung von Diamantwafern für die Halbleiterindustrie sind Durchmesser von mindestens 50 mm gefragt.

Natürliche Schmuckdiamanten werden traditionell mit rotierenden Kupfermessern geschnitten. Dies ist ein vergleichsweise unpräziser Prozess und nicht geeignet für Hochtechnologieanwendungen. Zunehmend kommt auch Laserschneiden zum Einsatz mit guten Ergebnissen für kleinere Schnitttiefen (< 10 mm), aber auch Nachteilen. Zum einen hat der Laserschnitt eine V-Form, wodurch sich bei größeren Schnitttiefen erhebliche Materialverluste ergeben. Zum anderen erzeugt der Laserschnitt eine Defektzone von mehreren zehn Mikrometern, die im Nachgang von der Platte durch Polieren entfernt werden muss.

Mit Hinblick auf zukünftige Entwicklungen von Diamantplatten mit wesentlich größeren Ausmaßen sind gegenwärtige Separationstechniken unzureichend. Die Aufgabe besteht deshalb in der Entwicklung von Prozessen, die die Separation großflächiger Platten aus Diamantkristallen ohne großen Materialverlust und mit geringen Defektzonen erlauben.

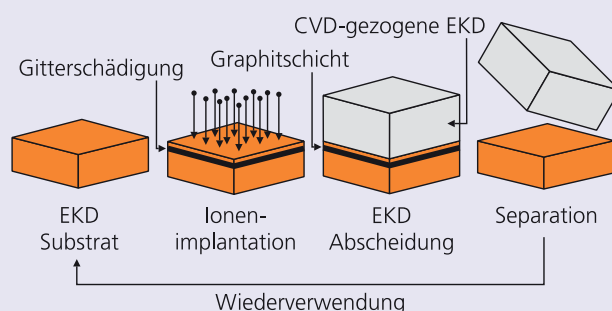
UNSERE LÖSUNG

Am Fraunhofer Center for Coatings and Diamond Technologies CCD (siehe auch S. 128) werden in enger Zusammenarbeit mit der Michigan State University und der Western Michigan University Techniken entwickelt, die Ionenimplantationsprozesse zur Separation von Diamantplatten ausnutzen (Abb. 2).

Das Diamantausgangssubstrat wird zunächst mit hochenergetischen Ionen bestrahlt, um eine dünne Schädigungszone wenige Mikrometer unterhalb der Kristalloberfläche zu erzeugen. Dieser Prozess ist auf für die Halbleiterindustrie typische Flächen skalierbar. Die Kristalloberfläche bleibt dabei intakt, so dass nachfolgend per Plasma CVD neuer Diamant aufgewachsen werden kann.

Infolge der hohen Prozesstemperatur (900 °C) graphitisiert die Schädigungszone im Kristall und wird dann durch chemisches Ätzen entfernt, um den neu gewachsenen Diamantkristall vom Substrat zu separieren. Das Substrat wird poliert und erneut für den nächsten Zyklus genutzt.

Schematischer Prozess der Diamantseparation mittels Ionenimplantation



2

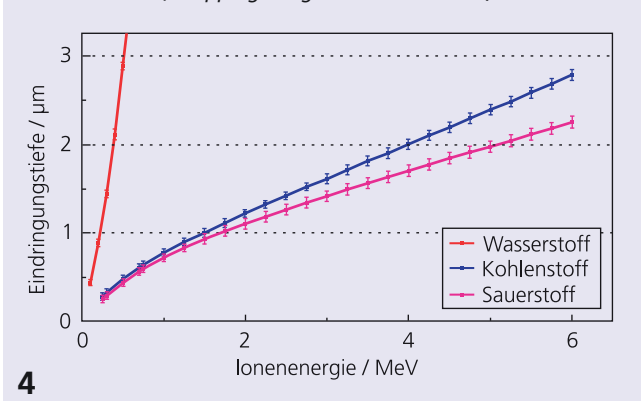


ERGEBNISSE

Zur Vorbereitung der Experimente wurden zunächst Monte Carlo Simulationen durchgeführt, um geeignete Ionenenergien zu finden. Die Energie muss ausreichen, um eine Schädigungszone in der gewünschten Tiefe im Substratkristall zu erzeugen. Die gewünschte Eindringtiefe beträgt einige Mikrometer.

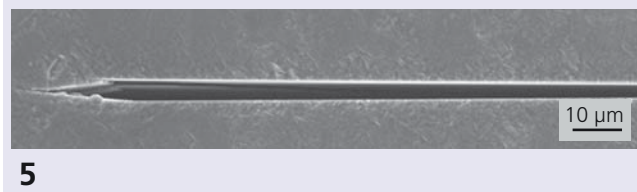
Für die Experimente wurden Ionenenergien von 500 keV für Protonen, 3 MeV für Kohlenstoff-Ionen und 3,25 MeV für Sauerstoff-Ionen gewählt. Die Nutzung von Kohlenstoff-Ionen hat den Vorteil, dass keine zusätzlichen chemischen Elemente in den Diamantkristall eingetragen werden. Sauerstoff-Ionen andererseits unterstützen und beschleunigen den nachfolgenden Ätzprozess. Protonen haben eine wesentliche höhere Eindringtiefe im Vergleich zu den schwereren Ionen bei vergleichbarer Energie. Dies ist für weitere Anwendungen der Implantationstechnik von Interesse.

Eindringtiefen von Wasserstoff-, Kohlenstoff- und Sauerstoff-Ionen in Diamantkristalle als Funktion der Ionenenergie (SRIM Monte Carlo Simulation, Stopping Range of Ions in Matter)



Direkt nach dem Ionenimplantationsprozess sehen die bestrahlten Substrate dunkel aus. Bleibt das Substrat auch nach dem Diamantwachstum schwarz, so war das Experiment erfolgreich und die Schädigungszone kann entfernt werden. Dies erfolgt durch thermische Oxidation bei Temperaturen von 550 - 580 °C. In diesem Temperaturbereich oxidiert die graphitische Kohlenstoffphase zu CO und CO₂ während die Diamantphase nicht oxidiert. Abbildung 4 zeigt eine REM-Aufnahme der geätzten Schädigungszone nach dem Oxidationsprozess. Abbildung 3 zeigt CVD-Diamanten verschiedener Formen und Größen die durch den hier vorgestellten Prozess vom jeweiligen Wachstumssubstrat separiert wurden.

REM Aufnahme durch eine Diamantsubstratkristalls. Die dunkle horizontale Linie entspricht der Schädigungszone, die durch chemisches Ätzen entfernt wurde.



- 1 Herstellung von 70 Diamantkristallen in einem Plasma-CVD-Prozess
- 3 CVD-Diamanten verschiedener Form und Größe, separiert durch Ionenimplantation und thermisches Oxidieren

Die Ionenimplantationsexperimente wurden mit einem 6 MeV Van de Graaff Tandembeschleuniger an der Western Michigan University durchgeführt. Ein spezieller Probenhalter erlaubt die schrittweise Bestrahlung von Substraten mit Ausmaßen bis zu 75 mm x 75 mm (Abb. 3).

KONTAKT

M.Sc. Michael Becker

+1 517 353 8181

mbecker@fraunhofer.org

