

DISS. ETH NO. 23725

ETH zürich

PHD THESIS

CVD Diamond Sensors In Detectors For High
Energy Physics

a thesis submitted to attain the degree of

Doctor of Sciences of ETH Zürich

(Dr. sc. ETH Zürich)

presented by

Felix Bachmair

Dipl. Physiker, RWTH Aachen

born on Sept. 26th, 1984 in Münster, Germany

accepted on the recommendation of

Prof. Dr. Rainer Wallny examiner
Prof. Dr. William Trischuk co-examiner

2016,
Institute for Particle Physics,
Department of Physics,
ETH Zürich

Abstract

At the end of the next decade an upgrade of the Large Hadron Collider (LHC) to High Luminosity LHC (HL-LHC) is planned which requires the development of new radiation tolerant sensor technology. Diamond is an interesting material for use as a particle detector in high radiation environments. The large band gap (5.47 eV) and the large displacement energy suggest that diamond is a radiation tolerant detector material. In this Thesis the capability of Chemical Vapor Deposition (CVD) diamond as such a sensor technology is investigated. The radiation damage constant for 800 MeV protons is measured using single crystalline CVD (scCVD) and polycrystalline CVD (pCVD) diamonds irradiated to particle fluences up to 12×10^{15} p/cm². In addition the signal response of a pCVD diamond detector after an irradiation to 12×10^{15} p/cm² is investigated to determine if such a detector can be operated efficiently in the expected HL-LHC environment. By using electrodes embedded in the bulk material (3D detector geometry) it is possible to reduce the drift distances of charge carriers in a detector material. This results in an increased signal response for materials with a limited charge carrier lifetime, for example irradiated sensors. The results of a scCVD and a pCVD diamond detector using the 3D geometry are presented. Furthermore the sensitivity of irradiated diamond detectors to particle flux is determined for particle fluxes up to 10 MHz/cm².

Zusammenfassung

In der zweiten Hälfte des nächsten Jahrzehnts ist ein Aufrüstung vom Large Hadron Collider (LHC) Beschleuniger zum High Luminosity LHC (HL-LHC) Beschleuniger geplant. Für diese Aufrüstung ist es notwendig neue stahlenharte Sensormaterialien zu entwickeln. Diamant ist ein vielversprechendes Material für den Einsatz als Teilchendetektor in strahlenbelasteten Umgebungen. Die grosse Bandlücke und die hohe Verschiebungsenergie deuten darauf hin, dass Diamant ein strahlungshartes Detektormaterial ist. In dieser Doktorarbeit wird das Potenzial von Chemical Vapor Deposition (CVD) Diamanten als solche Sensortechnologie untersucht. Die Strahlenhärte von Diamant gegenüber 800 MeV Protonen wird quantifiziert. Dafür wurden einkristalline und polykristalline CVD Diamanten mit Teilchenfluenzen von bis zu 12×10^{15} p/cm² bestrahlt. Mithilfe des polykristallinen CVD Diamanten der mit 12×10^{15} p/cm² bestrahlt wurde, wird untersucht ob die Signale nach nach so einer Bestrahlung hoch genug sind, so dass der Detektor noch effizient betrieben werden kann. In dem man die Elektroden im Sensormaterial plaziert (3D Detektorgeometrie) ist es möglich die Driftdistanzen von freien Ladungsträgern zu verringern. Dies ermöglicht es höhere Signale in Materialien mit vielen Störstellen zu messen. Jedes bestrahlte Sensormaterial ist solch ein Störstellen dominiertes Material. Die Ergebnisse für einen einkristallinen und einem polykristallinen CVD Diamantdetektor, welche die 3D Detektorgeometrie nutzen, werden präsentiert. Des weiteren wird die Sensitivität von bestrahlten Diamantdetektoren gegenüber Teilchenfluenz bis zu 10 MHz/cm² untersucht.