

THE PINNING OF DISLOCATIONS BY X-IRRADIATION OF ALKALI HALIDE CRYSTALS*

R. B. GORDON† and A. S. NOWICK‡

A study is made of the effect of X-irradiation on the room-temperature elastic modulus (s_{11}^{-1}) of NaCl crystals. The modulus is observed to be unchanged by irradiation for well-annealed crystals, but may increase by as much as 7% when cold-worked crystals are irradiated. It is demonstrated that the modulus change on irradiation corresponds exactly to the elimination of the modulus decrease due to oscillating dislocation loops through the creation of pinning points along the dislocations. A quantitative theory is developed for the variation of modulus with X-ray dose. This theory assumes that vacancies, released within the volume of the crystal through the action of the radiation, migrate to dislocations and contribute to the formation of pinning points. The theory appears to be in good agreement with experiment and makes possible a calculation of the density of dislocations and the mean length of the free dislocation loops prior to irradiation.

LE BLOCAGE DES DISLOCATIONS PAR IRRADIATION X DES CRISTAUX d'HALOGENURES ALCALINS

L'effet d'une irradiation X sur le module d'élasticité (s_{11}^{-1}) de cristaux NaCl à température ambiante est étudiée. Les observations montrent que le module reste inchangé par l'irradiation pour des cristaux bien revenus, mais peut augmenter jusqu'à 7% de sa valeur quand des cristaux écrouis sont irradiés.

Il est démontré que la variation du module lors de l'irradiation correspond exactement à l'élimination de la décroissance du module due aux anneaux de dislocation oscillants, lors de la création de points d'ancrage le long des dislocations. Une théorie quantitative est développée pour la variation du module avec la dose des rayons X. Cette théorie admet que les lacunes, libérées dans le volume du cristal sous l'action de la radiation, migrent aux dislocations et contribuent à la formation de points d'ancrage.

La théorie semble être en bon accord avec l'expérience et rend possible un calcul de la densité des dislocations et la longueur moyenne des anneaux libres de dislocations avant l'irradiation.

VERANKERUNG VON VERSETZUNGEN DURCH RÖNTGENBESTRAHLUNG VON ALKALI-HALOGENID-KRISTALLEN

Von den Autoren wurde an NaCl-Kristallen eine Untersuchung über den Einfluss von Röntgen-Bestrahlung auf den bei Raumtemperatur gemessenen Elastizitätsmodul (s_{11}^{-1}) vorgenommen. Dabei wurde beobachtet, dass der Modul gut ausgeglühter Kristalle bei Bestrahlung unverändert, dass er jedoch um 7% ansteigen kann, wenn kaltbearbeitete Kristalle bestrahlt werden. Wie gezeigt wird, entspricht die Moduländerung infolge der Bestrahlung genau dem Abbau der von schwingenden Versetzungsschleifen herrührenden Modulabnahme, die dadurch rückgängig gemacht wird, dass entlang der Versetzungen Verankerungspunkte erzeugt werden. Für die Veränderung des Moduls mit der Röntgendosis wurde eine quantitative Theorie entwickelt. Dabei ist angenommen, dass Leerstellen, die durch die Bestrahlungswirkung im Kristallinnern freigesetzt sind, zu den Versetzungen wandern und dort zur Bildung von Verankerungsstellen beitragen. Die Theorie scheint in guter Übereinstimmung mit den Experimenten zu stehen. Sie ermöglicht eine Berechnung der Versetzungsdichte und der mittleren freien Länge der Versetzungsschleifen vor der Bestrahlung.

1. INTRODUCTION

Irradiation of an alkali halide crystal with X-rays usually results in the formation of visible color within the crystal, related to the creation of certain optical absorption bands. The most prominent of these bands is the "*F* band" which is due to the presence of so-called "*F* centers" generated in the crystal during the irradiation. It is now known⁽¹⁾ that an

F center consists of an electron trapped at a negative-ion vacancy. § The number of *F* centers formed in

§ In an ionic crystal a negative-ion vacancy carries an effective positive charge. Thus, when an electron is released into the conduction band by absorption of ionizing radiation in the crystal, it may be attracted to the vacancy where it can fall into a series of bound states. Absorption of light in the *F* band occurs when this trapped electron is raised from the ground state to the first excited state. When a colored crystal is illuminated with light in the *F* band, the color slowly fades ("optical bleaching") because electrons raised to an excited state can be thermally released into the conduction band at room temperature. Other color centers may also be formed during irradiation. Among these are, for example, the V-type centers consisting of holes trapped at positive-ion vacancies or simple clusters of vacancies. Such centers, which give rise to absorption bands in the ultra-violet, will not be of primary interest here.

* This research was supported by the U.S. Air Force through the Office of Scientific Research of the Air Research and Development Command. Paper received December 19, 1955.

† School of Mines, Columbia University, New York, N.Y.; formerly at Yale University.

‡ Hammond Metallurgical Laboratory, Yale University, New Haven, Conn.