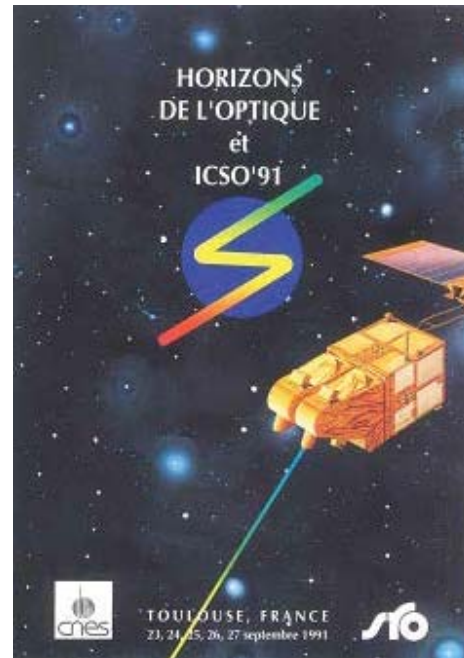


International Conference on Space Optics—ICSO 1991

Toulouse, France

25–27 September 1991

Edited by Guy Cerutti-Maori



Posters: Environmental Effects on Space Optics and Technology



International Conference on Space Optics — ICSO 1991, edited by Guy Cerutti-Maori, Proc. of SPIE
Vol. 10571, 105710A · © 2018 SPIE · CCC code: 0277-786X/18/\$18 · doi: 10.1117/12.2326759

DISPOSITIF DE FIXATION DES MIROIRS ALLEGES (DFM)

Michel TARREAU

SA REOSC

Recherches et Etudes d'Optique et de Sciences Connexes

1. Rappel des fonctions remplies par les DFM

1.1 Tenue du miroir

Résistance aux contraintes mécaniques générées par le lancement.

1.2 Non dégradation des performances optiques

- déformation du miroir,

- stabilité de position du miroir.

2. Solution technologique retenue

3. Résultats obtenus - Comparaison avec des dispositifs similaires.

Ultra Smooth CFRP Carriers for the ESA X-Ray Multi Mirror Mission

Henrik Steen Larsen and Roland Paetsch

Per Udsen Co., Technologies A/S

This paper concerns development of carbon fiber composite shells for the mirrors. They are made under an ESA/Carl Zeiss contract where the company of Carl Zeiss is the prime contractor and makes the final gold deposition by replication.

The X-rays are collected by reflexion from three modules of closely nested and concentrically arranged Wolter I mirrors. Each module consists of 58 one mm thin mirror shells, ranging in diameter from 300 to 700 mm, all 600 mm long. The three modules are placed at one end of the satellite and have a focal length of 7.5 m.

The optical performance can be defined as the on axis resolutions in terms of the half energy width at the focus point. At the moment the goal for a single mirror shell is 19 arc secs.

As the damping effect of the replication on irregularities is restricted, very high demands are imposed on the precision of the carrier shell. In metric terms the range to be fulfilled is a radius variation of 4 μm or 26 ppm.

The task of making satisfactory substrates has been ongoing for several years and was initiated by ESA inviting aerospace companies to show their ability to make flat samples of CFRP of high quality. The main goal was to produce flats 35 x 1.50 x 0.8 mm with a planarity $\leq 3 \mu\text{m}$, surface roughness $R_A \leq 0.25 \mu\text{m}$ and thickness variation less than 0.02 mm.

The results of the flat development, including development of a novel prepreg, were accepted for the following task to produce carriers. The company started the development of carriers for ESA and Carl Zeiss, Oberkochen.

Up to now a number of shells have been made with promising results. The Hew is down to 39" and besides the large scale production of the mirrors, the technology can be transferred to other applications with this high precision CFRP both for space and industrial use.

Obvious targets are antennas for the high GHz range, optical composites and laser equipment such as large scanners or other structures which could benefit from this light weight, high precision composite technology.

THE EFFECT OF SPACE RADIATION ON CCDs

G R Hopkinson & D J Purl
Sira Ltd, South Hill, Chislehurst, Kent, BR7 5EH, UK

This paper reviews the effects of the space radiation environment on charge coupled devices (CCDs) and discusses recent data obtained with CCDs made by EEV Ltd and Thomson-CSF

Over the next decade a growing number of missions will use CCDs as sensitive imaging devices at visible, near UV and soft x-ray wavelengths and as readout multiplexers for infrared arrays. The CCD is potentially vulnerable to ionising radiation because flatband voltage shifts are produced in the oxide layers of the clocking and amplifier structures which overlie the silicon. These cause changes in the applied voltages needed for optimum operation. Also the build up of interface trapping states increases the dark current and in a surface channel CCD reduces the charge transfer efficiency (CTE). Transient effects will be caused by the charge generated along each particle track and finally, displacement damage in the bulk of the silicon causes a decrease in CTE in buried channel devices and produces dark current spikes.

Even in a low dose environment, the displacement damage due to protons and heavy ions can have a major impact on system performance, especially now that large format devices are commonly used (with greater demands for high CTE) and that the maximum operating temperature is often set by the radiation induced dark current and its non-uniformity. Low doses can also produce effects in arrays since threshold voltage shifts are increased at the low temperatures needed for their operation (unless the devices are specially hardened).

There are complexities in the radiation testing of CCDs not encountered with other semiconductor devices. As well as the variety of parameters which can be measured and the specialised test equipment needed, the effects of damage will depend on the CCD temperature and the clocking schemes and readout rate used. Whereas Co^{60} testing gives a good simulation of the effects of total ionising dose, displacement damage can only be experimentally assessed by using particle beams (although with the possible option of using alpha or californium sources). Although it is well known that total ionising dose effects can vary from device to device due to variations in oxide thickness and quality it is also possible that bulk damage will be device dependent since the lattice vacancies produced by particle interactions are not stable until they are associated with existing defects or impurities (whose existence is process dependent).

Tests performed by Sira in recent years include:

- Co^{60} total ionising dose tests on Thomson-CSF CCDs for the SILEX programme;

- proton damage tests on Thomson-CSF CCDs for the SILEX programme; limited tests conducted on EEV CCDs at the same time;

- proton damage tests on EEV CCDs for the ROSAT star trackers.

Devices from the two main European manufacturers have therefore been tested: CCDs from Thomson-CSF with Co^{60} gamma rays at dose rates of 1 krad/hour and 50 rad/hour and with 1.5 and 10 MeV protons. EEV devices were tested with proton irradiation at 1.5

10, 40 and 200 MeV (fluence up to 10^9 p/cm²). With Thomson-CSF devices, significant changes in threshold voltage and increases in dark current were seen. In some cases the dark current continued to increase after the irradiation had ceased (ie. there was reverse annealing). A full set of measurements has yet to be made on EEV devices (further test contracts from ESA are pending) but preliminary results suggest that the dark current damage is less.

Evaluation d'adhésifs optiques pour applications spatiales

B. Ketterer, S. Mattle, L. Stauffer et E. Voit

Leica Heerbrugg Ltd., Suisse

L'utilisation d'adhésifs - que ce soit pour une liaison verre-verre ou verre-métal par exemple - dans la fabrication d'optiques spatiales requière un choix optimal des produits mis en jeu.

Les propriétés mécaniques, thermiques, chimiques et optiques ainsi que la capacité de résistance aux effets de l'environnement spatial sont à la base du choix d'un adhésif pour une application spécifique.

Dans un grand nombre de cas, les caractéristiques livrées par le fabricant ou publiées par un utilisateur sont souvent trop succinctes pour un tel choix.

Sur mandat de l'Agence Spatiale Européenne (ESTEC 8719/90/NL/DG), Leica a entrepris une étude des adhésifs pour application en optique spatiale.

Ce travail a consisté en une revue du marché des adhésifs optiques. Un catalogue a été constitué sur la base des informations fournies par les fabricants et publiées dans la littérature.

Afin de caractériser complètement les propriétés des adhésifs, un large programme de tests a été établi et accompli sur une sélection représentative de 24 colles optiques transparentes et 43 adhésifs.

Les propriétés optiques des colles (indice de réfraction, dispersion, transmission et fluorescence) ainsi que les caractéristiques mécaniques (dureté, module d'élasticité, point de rupture), thermiques (coefficient d'expansion, transition de phases, dégazage) et chimiques (résistance aux solvants, résistance aux champignons) des colles et des adhésifs ont été mesurées.

De plus, un second programme de tests a été défini et réalisé afin de déterminer et vérifier les qualités de résistance des colles optiques et des adhésifs requises pour une mission spatiale, (i.e. résistance aux radiations ionisantes et UV, aux cycles et chocs thermiques, aux chocs et vibrations mécaniques, au vide, à l'humidité).

Pour ces tests, des éléments collés ainsi que des éléments montés d'une certaine complexité ont été définis et construits.

La connaissance complète des propriétés des produits a dicté le choix réduit de colles et adhésifs pour cette seconde partie de tests.

En plus d'une importante collection de données mesurées sur un large éventail d'adhésifs et de colles optiques, ce travail a suscité une revue et une optimisation des procédures de tests.

La connaissance de ces procédures devrait permettre une analyse fiable et comparative de produits nouveaux ou le test d'un adhésif appliqué dans des conditions originales.

EFFETS A LONG TERME DE LA DOSE INTEGREE DANS LES DISPOSITIFS A TRANSFERT DE CHARGES

I. LEFESVRE*, D. HERVE**, E. DUPONT-NIVET**.

* SODERN, 20 av. Descartes, 94451 Limeil-Brévannes Cédex, France

** CEA, BP 12, 91680 Bruyères-le-Châtel, France

INTRODUCTION

L'évolution des composants MOS après irradiation est un problème particulièrement délicat dans le cadre des projets spatiaux. En effet, que peut-on dire de composants qui continuent à se dégrader après la fin des irradiations ?

Les questions qui se posent sont les suivantes :

- Ces évolutions sont-elles bornées, et si oui, quel est le temps de stabilisation ?
- Comment extrapoler les résultats expérimentaux au contexte opérationnel ?
- Quelle(s) procédure(s) de test faut-il utiliser ?

Le but de ce travail est d'essayer de comprendre les mécanismes mis en jeu dans le cas des dispositifs à transfert de charges (DTC) pour pouvoir répondre à ces questions.

I RESULTATS EXPERIMENTAUX

Phénomène d'anti-guérison

Les composants testés sont des matrices DTC visibles et travaillant autour de 300 K. Le principal effet de la dose cumulée sur ces DTC est d'augmenter très fortement leur courant d'obscurité I_0 . De plus, on observe un phénomène d'anti-guérison qui se traduit par une augmentation de ce courant après la fin des irradiations. Il est nécessaire de quantifier ce phénomène pour déterminer les performances d'un équipement au cours d'une mission.

Les travaux ont d'abord porté sur une caractérisation de l'évolution dans le temps de I_0 pour des composants stockés à 300 K, puis sur des composants placés en étuve à des températures comprises entre 300 K et 400 K après l'irradiation.

Composants stockés à 300 K

Le courant d'obscurité est mesuré sur des matrices DTC irradiées à très faible débit de dose (15 rad/h). Son évolution est suivie jusqu'à 20000 heures après irradiation. L'influence des paramètres suivants a été étudiée: température d'irradiation, conditions de polarisation pendant l'irradiation et pendant le stockage à 300 K. Les résultats montrent que le courant d'obscurité augmente avec la dose et se stabilise environ 8000 heures après irradiation (fig. 1). La mise en fonctionnement des DTC après irradiation diminue la dégradation (fig. 1).

Composants stockés entre 300 et 400 K

Des irradiations sur de nouveaux composants ont été effectuées pour estimer l'influence de la température de stockage sur l'évolution à long terme du courant d'obscurité.

Ainsi que le laisse penser certaines publications, on peut en augmentant la température accélérer le transport des trous dans l'oxyde et donc la création des états d'interface. La saturation de I_o serait alors atteinte plus rapidement.

Ce type de procédure d'essais est en cours d'étude pour la nouvelle version de la norme d'irradiation : MIL STD 883 méthode 1019-4.

Des échantillons, irradiés à une dose de 2 krad (SiO_2), ont été stockés pendant un mois à 300 K puis placés en étuve à 50°C et 75°C. La figure 2 montre que le courant I_o décroît d'autant plus rapidement que la température de stockage est importante. Ce phénomène va à l'encontre de celui attendu et son interprétation réside dans la détermination des mécanismes de génération du courant d'obscurité.

II INTERPRETATION

Origine du courant d'obscurité

La formule générale du courant d'obscurité est composée de trois termes

- Le premier est lié à la génération dans les zones neutres de porteurs qui diffusent dans le canal. Aux faibles doses, ce terme ne varie pas.
- Le second est lié à la génération de porteurs en volume dans la zone de déplétion. Aux faibles doses, le volume déplété et le taux de génération dans ce volume ne sont pratiquement pas modifiés. Ce terme ne varie donc pas avec la dose cumulée.
- Le troisième terme est lié à la génération de porteurs par les états d'interface et est de loin le plus important.

I_o dépend donc essentiellement de la densité d'états d'interface et du taux de génération U_s de ces défauts. Ce taux de génération augmente quand le nombre de porteurs diminue.

Effet de la dose sur les DTC

Dans les composants étudiés, l'isolation latérale est réalisée à l'aide d'un oxyde épais (LOCOS). Aux faibles doses, cet oxyde est le principal responsable de l'augmentation du courant d'obscurité. Ce sont donc la charge piégée Q_{ot} dans le LOCOS et les états à l'interface LOCOS/Silicium qui conditionnent les évolutions obtenues. La charge Q_{ot} est créée par la dose ionisante et se transforme en états d'interface. Le LOCOS étant épais, cette évolution est assez lente, et continue après irradiation (augmentation de I_o - fig. 1).

Effet de la température de stockage sur I_o

La diminution de I_o (fig. 2) peut s'interpréter par celle de la densité d'états d'interface N_{it} . En effet, pour un tel oxyde, la valeur de N_{it} est élevée ($> 10^{12}$ pièges/(eV.cm²)) et sa diminution peut se produire pour les températures inférieures à 100°C. Cependant, la diminution de I_o peut aussi être corrélée à la charge piégée dans le LOCOS. Cette charge piégée modifie le potentiel de surface pour une tension de grille donnée et donc elle modifie le taux de génération de porteurs par les états d'interface. Après un mois à 300 K, la stabilisation du courant est atteinte et l'élévation de température entraîne un dépiégeage ou une neutralisation partielle de la charge Q_{ot} .

CONCLUSION

Des expériences supplémentaires sont en cours pour mieux comprendre les phénomènes physiques mis en jeu et départager les explications avancées. Ces résultats complémentaires permettent de juger la pertinence d'un stockage en température pour accélérer l'évolution des composants et simuler la durée de vie en milieu radiatif. De plus le choix de la température doit s'appuyer sur une analyse des phénomènes physiques mis en jeu et sur une étude de la criticité des paramètres électriques du composant vis-à-vis de son application.

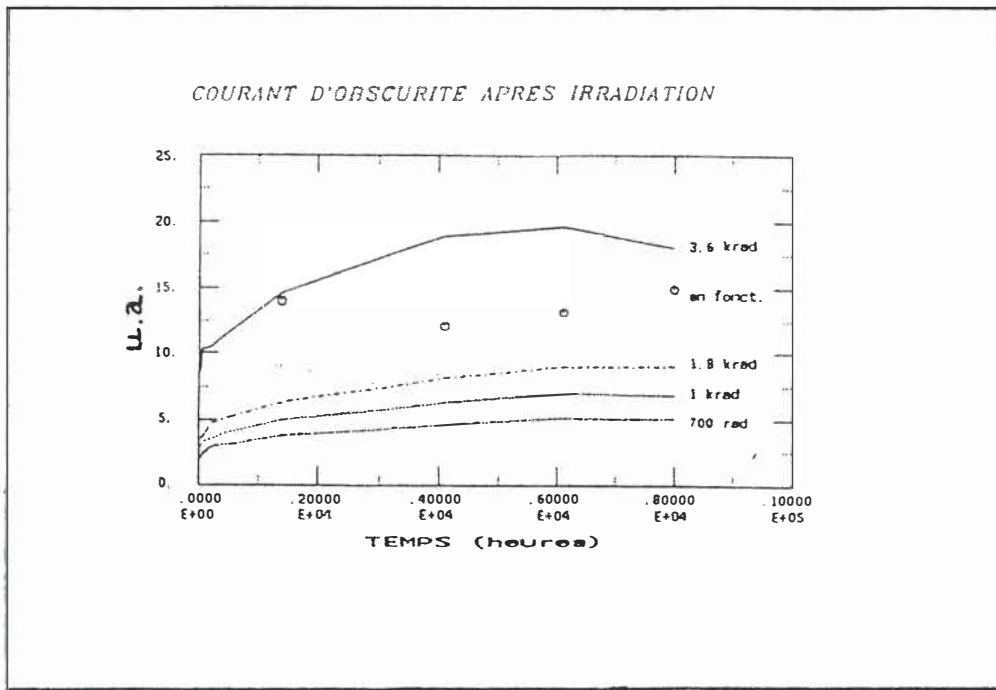


Figure 1 : évolution du courant d'obscurité pour quatre doses distinctes. Les composants ont été stockés à 300 K. L'un d'entre eux (cercles pointés) a été mis en fonctionnement entre 1500 et 4000 heures. u.a.: unité arbitraire.

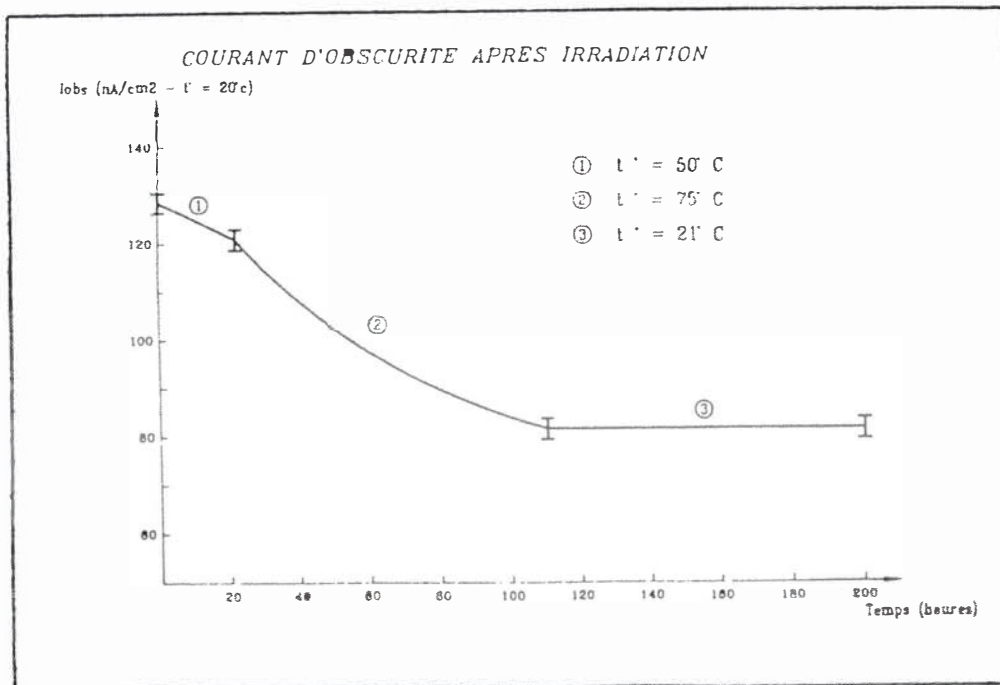


Figure 2 : évolution du courant d'obscurité pour différentes températures de stockage, composant irradié (2 krad(SiO₂)) puis stocké à 300 K pendant un mois.

THE DEVELOPMENT OF HIGH PERFORMANCE OPTICAL COATINGS
FOR SPACE APPLICATIONS

D.P. JONES and P.J. HATCHETT

PILKINGTON P.E. LTD.,
ST. ASAPH, N. WALES

This abstract describes the work undertaken for ESA Contract Number 8911/90/NL/DG whose purpose is to establish precision manufacture of high performance optical coatings.

The vacuum plant configuration adopted comprises a stationary substrate holder with rotating, resistance heated, sources. Although unorthodox this allows close control of substrate temperature, to within $\pm 1^\circ\text{C}$, and also ensures that the monitor sample experiences identical physical conditions to the substrates.

Coating layer thickness is controlled by optical monitoring of the reflection from a central monitor sample. The particular technique employed allows layer deposition to be started, and terminated, at points on the reflection characteristic where the signal is changing most rapidly with coating thickness, thus ensuring maximum sensitivity to small thickness changes.

Theoretical analysis indicates that layer thickness must be monitored to $\pm 0.02\%$ in order to maintain the specified coating performance. This, in turn, requires that the reflection be monitored to an accuracy of $\pm 0.01\%$. To achieve this level of precision both source lamp output and the reflected signal are continuously monitored using synchronous detection. These photometric signals are then processed using a 16-bit PC, which also controls the source shutter mechanism.

FUV REFLECTANCE OF UHV PREPARED Al FILMS IN THE 70-200 nm RANGE AND
ITS DEGRADATION AFTER O₂ EXPOSURE

J.I. Larruquert, J.A. Méndez, J.A. Aznárez

Instituto de Optica, C.S.I.C., C/ Serrano, 121. 28006-MADRID (Spain)

FUV near-normal reflectance of freshly prepared aluminium thin films, evaporated in ultra high vacuum conditions (UHV), and the degradation of the reflectance after exposure to several doses of molecular oxygen was measured.

The experimental equipment used consisted of a 14" UHV Varian system attached to a 0.2m Acton Research UHV monochromator illuminated by a capillary discharge lamp.

Pressures of about 10^{-2} mbar in the lamp and 10^{-5} mbar in the monochromator were usual. As no window existed along the propagation of light, an intermediate chamber, pumped at about 10^{-7} mbar, was introduced between the monochromator and the system. All the enclosures were separated from one another by small conductance pipes. This chain of differential pumpings made it possible to achieve a pressure of 10^{-9} mbar in the system when FUV radiation entered it.

Aluminium of 99.999% purity was evaporated from thermal sources on fused quartz, 5 Å maximum RMS roughness substrates. A quartz thickness controller monitored the evaporation.

A manipulator with three translation and two rotation axis positioned the substrate to receive aluminium vapour and after that carried it to the area of reflectance measurements.

Two CsI-coated channel electron multipliers were used as FUV detectors, reflectance being the ratio between the anode current generated by reflected and incident radiations.

The spectral region investigated was the UV spectrum from 70 to 200 nm. A set of spectral lines of inert gases covering this spectrum was selected.

After the reflectance of freshly prepared aluminium films had been measured, molecular oxygen was introduced in the system through a leak-valve, in order to expose the aluminium films to various controlled doses of this gas. After exposure, the reflectance of the films showed a progressive decay in the whole spectral range studied, as it was expected.

L'ENVIRONNEMENT SPATIAL ET SES CONTRAINTES SUR LES ZOOMS
DE LA STATION SPATIALE FREEDOM

BRUNO COUMERT

ANGENIEUX

LE ZOOM

Par la variation continue du champ de vîsee offerte par le zoom, les possibilités de prise de vue sont considérables : plan rapproché et plan très large.

Mais la réalisation d'un zoom demande une haute technologie. Ceci est encore plus vrai lorsque les applications sont spatiales et ou les conditions d'environnement sont très difficiles.

LES APPLICATIONS DANS LA STATION SPATIALE FREEDOM

Les zooms de la station spatiale Freedom ont pour mission la surveillance de la station et le guidage des robots qui permettront la construction de la station.

Leur range d'angle de vue permet aussi bien une vision globale que le suivi d'un travail minutieux.

L'ENVIRONNEMENT SPATIAL ET SES CONTRAINTES

L'environnement thermique très sévère demande des techniques d'assemblage particulières afin de ne pas engendrer de contraintes qui réduiraient la qualité optique du système.

Ces contraintes sont dues aux dilatations différentielles entre le verre et les autres matériaux utilisés dans le zoom.

La structure métallique doit être suffisamment rigide pour supporter les vibrations. Par contre, le poids doit être réduit au maximum (comme tout système envoyé dans l'espace).

Bien évidemment, le système doit avoir une grande fiabilité.

**AN EXAMPLE OF MODULATED POLARIZATION
SPECTROSCOPY IN MICROGRAVITY: THE ELECTROPHORESIS
ORIENTATION EXPERIMENT**

P.G. FALCIANI, G. MARGHERI, M. TACCONI

OFFICINE GALILEO, FIRENZE - ITALY -

During the flight of the MASER IV Sounding Rocket (March, 1990), an experiment on the orientation induced by electrophoresis on DNA molecule was performed by Prof. Norden from Chalmers University (Sweden).

The Electrophoresis Orientation Experiment (EOE) module, performed by Swedish Space Corporation and Officine Galileo, is substantially a Modulated polarization Spectroscope.

The aim of the poster is to describe the solutions to the problems related with the space environment for the EOE module optical and detection set-up.

The principles of the measure of this kind of spectroscopy is also described, in order to stimulate other applications of this instrument for microgravity experiments.

Emphasis is placed on the capability of this instrument to perform both Linear Dichroism (LD) and Circular Dichroism (CD) measurements at the same time.

TRAITEMENTS THERMO-OPTIQUES POUR APPLICATIONS SPATIALES

A. RINCHET - A. MARRAUD

OPTIQUE INSTRUMENTALE-MTO

De nombreuses études ont été consacrées aux propriétés des couches minces d'oxyde d'indium et d'étain (ITO) ainsi qu'à leurs méthodes d'élaboration.

Ces couches minces sont du type semi-conducteur. Leurs propriétés les plus connues sont une transmission élevée dans le spectre visible et une bonne conductivité électrique. Une autre propriété intéressante associée à cette dernière est leur réflexion élevée dans le domaine infrarouge thermique.

Nous avons utilisé ces différentes propriétés pour concevoir et réaliser des composants dont les caractéristiques optiques, thermo-optiques et mécaniques les rendent aptes à des applications spatiales.

Ces applications s'orientent principalement autour de deux pôles

- les applications optiques ;
c'est l'aspect spectrophotométrique qui prime dans les domaines spectraux visible et proche infrarouge (transmission de données optiques, astronomie, observation de la terre ...).

- les applications thermo-optiques
le but recherché est un découplage radiatif des composants optiques par rapport au milieu ambiant, permettant ainsi un contrôle passif de leur température.

Notre exposé porte sur la réalisation industrielle d'un hublot ou lentille de grande qualité optique présentant à la fois une transmission élevée dans le domaine spectral $0,4 - 1 \mu\text{m}$ et une réflexion élevée dans le domaine infrarouge thermique $5 - 25 \mu\text{m}$.

La première difficulté technologique à surmonter a été la réalisation de couches minces d'ITO uniformes sur des hublots ou lentilles de grandes dimensions (environ 30 cm de diamètre) pouvant présenter une convexité ou concavité importante.

De nombreuses techniques de dépôt ont été étudiées, mais finalement peu étaient compatibles avec nos exigences industrielles et, nous avons retenu comme seule technique, l'évaporation thermique sous vide.

En contrôlant au mieux les divers paramètres durant l'évaporation, nous avons mis au point un procédé de dépôt présentant deux avantages majeurs

- le dépôt effectué sur des substrats chauffés sous vide ne nécessite aucun recuit ultérieur.

- la composition du matériau à évaporer ainsi que la nature des creusets utilisés ont été sélectionnés afin d'obtenir des dépôts aux performances spectrophotométriques optimales.

Ainsi, une couche mince d'ITO d'épaisseur mécanique égale à 1400 \AA , déposée sur un support en verre minéral BK7, présente une réflexion moyenne $5 - 25 \mu\text{m}$ de 84%, une résistivité électrique de $2,1 \cdot 10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}$, et pour le composant entier, une transmission moyenne $0,4 - 1 \mu\text{m}$ de 86%.

Nous avons ensuite intégré cette couche mince d'ITO dans un empilement antireflet afin d'augmenter la transmission moyenne $0,4 - 1 \mu\text{m}$ qui est devenue égale à 89,6%, la réflexion infrarouge restant inchangée.

Enfin, nous avons déposé sur la seconde face du composant un traitement antireflet qui a permis de porter la transmission moyenne $0,4 - 1 \mu\text{m}$ à 93%.

SPECTRAL CHARACTERISATION OF ESA'S LARGE SPACE SIMULATOR

Paul KREMER , Michael MARTIN and Norbert NIKOLAIZIG

European Space Agency,
European Space Research and Technology Center, Noordwijk, Netherlands

Spacecraft and their payload have to be tested under simulated space environmental conditions to prove the adequacy of their thermal design and to verify thermal mathematical models.

The Large Space Simulator (LSS) at the European Space Research and Technology Centre (ESTEC) provides the means to test large spacecrafts under conditions representative of the space thermal environment:

- The high vacuum system ensures that only radiation heat transfer occurs between the test item and the cold shrouds which simulate space temperature background.

- The Sun Simulator (Susi) provides a collimated "solar beam" of 6 meters in diameter.

To simulate the solar spectrum, the LSS sun simulator employs high-pressure Xenon arc lamps as light sources. The optical system is made of:

- the reflective collectors
- the integrating optics
- the collimation mirror

The prediction of the spacecraft's thermal behaviour and the accuracy of its modelisation depend heavily on the knowledge of the spectral power density of the light incident on the spacecraft. Therefore measurements have been performed at ESTEC to characterise the LSS sun simulator spectrum and to study potential impacts of cumulative lamp operating time and lamp electrical power on spectral distribution.

In the present paper we will describe the different measurements related to the lamp parameters studied, covering in detail:

- the equipment used
- the measuring and calibration procedures
- the data processing

The experimental results will be discussed and conclusions drawn.

RECENT DEVELOPMENTS ON BUTTABLE LINEAR ARRAY FOR 12,5 MICRON RANGE DETECTION

J.P. CHAMONAL, S. GUILLOT, F. MONGELLAZ, M. RAVETTO, G. PETROZ

LETI-LIR, CEA-CENG, 85 X, 38041 GRENOBLE Cedex, FRANCE

Within the next ten years, different satellites devoted to earth observation will be launched. The push-broom concept will be commonly used leading to long buttable linear sensor use either in the infrared range or in the visible range.

This paper presents the first results obtained at LETI-LIR during a preliminary phase dedicated to 12,5 micron cut-off wavelength detector study and butting technique approach.

- Detector technologies

A reminder of the technologies involved in CdHgTe photovoltaic detector fabrication will be given.

- Detector tests

Some recent results will be given, they are usually acquired in two steps

first, detector selection is made by an automatic probe system measuring photodiode electrical characteristics at 77 K (Ro, shunt resistance).

then, detectors are fully tested in cryostat at 50 K (Ro, shunt resistance, noise, spectral response).

- Butting technique

Sub-module dicing is achieved and detectors are tested again by a probe system at 77 K so that an electrical analysis of edge detector behaviour can be made. Some recent results will be presented.

- Laboratory devices

A three sub-module device achieved in 1990 will be presented. It consists of three 100 photodiode sub-modules hybridized onto an interconnection circuit by indium bumps. The stringent geometrical specifications are fully met due to this technique potentialities.

In addition, it will be mentioned that a 300 pixel IRCCD is to be manufactured within the next two years.

This work is sponsored CNES.

RESUMES DES CONFERENCES INVITEES



ABSTRACTS OF INVITED PAPERS

LA DECOUVERTE DE LA PHOTOGRAPHIE INTERFERENTIELLE EN COULEURS
PAR GABRIEL LIPPMANN

PIERRE CONNES

SERVICE D'AERONOMIE DU CNRS
VERRIERES-LE-BUISSON 91371 FRANCE

La méthode de photographie interférentielle en couleurs inventée par Gabriel Lippmann est totalement abandonnée aujourd'hui, mais ses idées et sa technique devaient se révéler essentielles pour l'holographie. Nous décrivons tout d'abord ici les efforts infructueux de Newton pour expliquer les couleurs intrinsèques de tous les corps par des interférences analogues à celles qui se produiront effectivement dans les plaques Lippmann. Nous montrons ensuite comment la notion d'ondes stationnaires est passée de l'acoustique à l'optique, grâce à Zenker, injustement oublié de nos jours. Enfin nous suivons à travers tout le 19^{ème} siècle ce qui paraît maintenant une voie latérale dans le développement de la photographie en couleurs: les découvertes de Seebeck, Herschel et Becquerel. Aucune de celles-ci n'a plus à présent la moindre importance pratique, mais leur histoire assez peu connue est plus complexe, et peut être plus instructive que celle de la méthode trichrome. Quant à la découverte finale de Lippmann, elle fut à la fois vivement applaudie et décriée, souvent par pur chauvinisme.

QUELQUES PROBLEMES D'OPTIQUE LIÉS AU PROJET VIRGO

Alain Brillet, Patrice Hello, C.Nary Man, Alain Marraud, Pham Tu Manh,
Jean-Yves Vinet

CNRS, Groupe de Recherche sur les Ondes de Gravitation :
Laboratoire de l'Horloge Atomique, Laboratoire de Cosmologie et Gravitation
Relativistes, et Laboratoire d'Optique Appliquée
Batiment 208, Campus, 91405 Orsay

VIRGO est le projet de grand interféromètre franco-italien pour la détection des ondes de gravitation. Cet instrument fait appel à des technologies de pointe dans plusieurs domaines de la physique, depuis la technologie du vide jusqu'au traitement du signal, en passant évidemment par l'optique.

Nous rapporterons les résultats obtenus en matière de lasers de puissance ultrastables (18 W , $\Delta\nu/\nu < 10^{-16}$), de mesure interférométrique de très petites variations de longueur ($\delta l \approx 10^{-17} \text{ m}$), puis nous discuterons les spécifications des composants optiques, dont la connaissance résulte du travail de modélisation du système que nous avons effectué, et nous détaillerons les problèmes de métrologie et de fabrication qui restent à résoudre.

IMAGERIE ET FABRICATION A L'ECHELLE SUB-NANOMETRIQUE

C. JOACHIM

GROUPE ELECTRONIQUE MOLECULAIRE
CEMES-LOE/CNRS
B.P. 4347 - 31055 TOULOUSE CEDEX

Les microscopies à champ proche telle que la microscopie tunnel ou la microscopie à force atomique permettent un accès déterminé au nanomonde. Outre l'obtention d'images résolues à mieux que l'Angström de surfaces de métaux, d'isolants et d'adsorbats sur ces surfaces, nous montrons comment l'information chimique, contenue dans ces images, peut maintenant être extraite. Les microscopes à champ proche permettent également la fabrication de nanostructures et même de sub-nanostructures atome par atome. La reconnaissance d'objets adsorbés sur une surface associée à la possibilité de contrôler exactement leur position ouvrent la voie à de nombreuses études fondamentales (structuration de surface, chimie locale, électronique moléculaire) et donc à de nombreuses applications dans le futur.

LES ENJEUX DE L'OPTIQUE SPATIALE (RESUME)

G. OTRIO

CENTRE NATIONAL D'ETUDES SPATIALES
18, avenue Edouard Belin
31055 TOULOUSE CEDEX (FRANCE)

On ne peut pas imaginer aujourd'hui que l'activité spatiale puisse se passer d'instruments optiques très évolués pour observer la Terre, étudier les planètes et le système solaire, explorer l'univers dans les domaines très étendus du spectre, allant de l'ultra-violet lointain à l'infra-rouge submillimétrique.

L'auteur, après avoir décrit, à titre d'exemple, quelques instruments et projets très connus : Spot, Véga, Hipparcos.. pour situer l'importance de l'optique dans le domaine spatial, parlera des contraintes imposées au satellite pour bien remplir des missions exigeantes. Il s'agira des besoins de stabilisation du véhicule et de la charge utile, du contrôle thermique de l'instrument, des nécessités de disposer de basses températures pour refroidir détecteurs et électroniques, de la dissipation de fortes puissances pour réaliser des lidars, du stockage, du traitement de bord et de la transmission de données dans le cas d'instruments à grands débits (imageurs et haute résolution).

La seconde partie de l'exposé sera consacrée aux projets et développements instrumentaux nouveaux.

Dans le domaine de la surveillance de notre planète, d'abord, avec les futurs projets Spot IV, Spot nouvelle génération..., la surveillance de l'environnement avec des sondeurs atmosphériques, des radiomètres et autres imageurs. Pour ce faire, on décrira sommairement une mission type dédiée à l'environnement (effet de serre, chimie atmosphérique, trou de l'ozone) et on s'attachera davantage aux principes de mesure et à la description d'un instrument type (sondeur). On parlera également des mission dédiées à la climatologie et à de nouveaux instruments actifs (Lidars) destinées à des mesures de champs de vents, de détection et mesure de la vapeur d'eau ou dédiés à la chimie atmosphérique (Lidars doppler et DIAL).

La planétologie sera essentiellement axée sur les missions d'exploration de Mars après avoir rappelé l'expérience Phobos, on décrira quelques projets (Mars 94) destinés à l'étude de l'atmosphère et du sol Martien.

Enfin, l'exploration de l'univers sera illustrée par les projets infra-rouge lointain et submillimétriques tels que ISO et PRONAOS, et le domaine Ultra-violet lointain sera représenté par le projet Lyman-Fuse.

En conclusion, l'auteur mettra l'accent sur les équipements, les composants et les technologies nécessaires à l'optique spatiale de notre décennie. Un dernier mot sera ajouté sur les ambitions du début du 21^e siècle.

De la femtoseconde au pétawatt : les lasers à impulsions brèves et leurs applications

François Salin

Institut d'Optique Théorique et Appliquée, Université Paris-sud
B.P. 147 91403 ORSAY CEDEX

et

Ultrafast Science Laboratory, University of Michigan
Ann Arbor MI-48109-2099, USA

Depuis leur apparition il y a 10 ans, les lasers femtosecondes (ou subpicosecondes) ont subi une évolution très rapide. Les premiers lasers femtosecondes utilisaient les propriétés de saturation de l'absorption et du gain de colorants organiques pour produire des impulsions. On obtint ainsi des impulsions de durée inférieure à 25 fs et dont le comportement se rapproche beaucoup de celui des solitons optiques. Vint ensuite une nouvelle classe de lasers dits "à cavités couplées" ne reposant que sur des effets de déphasage non-linéaires à l'exclusion de tout absorbant saturable. Cette évolution des sources femtosecondes culmine actuellement avec les lasers à auto-verrouillage de mode pour lesquels l'effet non-linéaire induisant le blocage des modes en phase est spatial. Il ne requiert aucun élément extérieur, ni stabilisation et est parfaitement accordable.

Etant donné l'engouement qui entoure les lasers à auto-verrouillage de mode utilisant le saphir dopé au titane comme milieu de gain, je m'attarderai quelque peu sur ces derniers.

Jusqu'à ces dernières années une sorte de règle empirique voulait que tous les lasers femtosecondes, quel que soit leur taux de répétition ou leur longueur d'onde, produisent approximativement la même puissance moyenne soit $\sim 10\text{mW}$. Depuis l'apparition du saphir dopé au titane cette valeur a augmenté d'environ un facteur 100. Des impulsions de 100 fs et de 500 mJ à un taux de répétition de 6 Hz et de 1 mJ à 1 kHz ont été obtenues. L'utilisation d'un milieu laser solide et les très fortes puissances crêtes obtenues ont rendu obligatoire l'utilisation de nouvelles techniques d'amplification. En particulier tous les groupes ayant obtenu des résultats avec le saphir dopé au titane utilisent la technique d'amplification d'impulsions à dérive de fréquence. Afin d'éviter les effets catastrophiques dus aux fortes puissances crêtes, l'impulsion est tout d'abord étirée temporellement par un facteur 1000 - 10 000 puis amplifiée et enfin recompressée à sa durée initiale. Un exemple typique de ce genre de source femtoseconde sera présenté.

Bien que les performances de ces sources soient très spectaculaires, elles ont été développées spécifiquement pour les applications d'interaction laser-matière. La grande majorité des utilisateurs de sources femtosecondes préfère augmenter le taux de répétition aux dépens de l'énergie finale. Je décrirai mes récents travaux relatifs à l'amplification d'impulsions femtosecondes à des taux de répétition de 1 à 7 kHz dans du saphir dopé au titane.

Applications :

Le nombre d'applications des sources lasers femtosecondes est quasiment illimité. Plutôt que de faire un catalogue fastidieux et forcément incomplet je présenterai deux exemples choisis arbitrairement. Le premier problème est d'obtenir une image d'un objet caché derrière un écran diffusant. Ce système pourrait être utilisé par exemple dans la détection de tumeurs dans les toutes premières phases du cancer du sein. Le deuxième exemple porte sur l'utilisation de lasers femtosecondes en électronique pour mesurer les caractéristiques de nombreux matériaux dans une gamme (100 GHz - 1 Thz) où il n'y pas d'autre source disponible.

Tendances futures

Bien que ce soit un exercice difficile et périlleux, j'essaierai de donner une idée des tendances actuelles de l'évolution des sources femtosecondes et de leur(s) futur(s) possible(s). Il est de toute façon certain que d'ici quelques années on aura couvert les trente ordres de grandeur qui séparent 1 femtoseconde de 1 pétawatt.