

## ● Dr. VASA NILESH JAYANTILAL

### <Profile>

**Nationality:** India

#### **Educational Background in Japan:**

April 1993 - March 1994: Kyushu University, Graduate School of Electrical Engineering (Research Student)

April 1994 – March 1997: Kyushu University, Graduate School of Information Science and Electrical Engineering (Doctor course)

**Major Field:** Laser Technology, Laser Assisted Sensing, Opto-mechatronics

#### **Present Institution / Status:**

Indian Institute of Technology Madras, Department of Engineering Design / Associate Professor



Active participation in the laboratory seminar

### <Follow-up Research Fellowship>

**Period:** September 16, 2009 - December 14, 2009 (90 days)

**Host University:** Kyushu University

#### **Theme of Research**

Laser induced structuring of optically functional thin films for photovoltaic and sensing applications

#### **Outline of Research**

Crystalline silicon remains the major player for photovoltaic applications. Despite the development of a variety of thin film technologies, crystalline silicon based photovoltaic cells possess high efficiency and operation stability. However the cost of the silicon remains a major barrier. As an alternative approach, low cost amorphous silicon can be considered for photovoltaic application due to higher band gap (1.7eV) combined with crystalline silicon. Amorphous silicon absorbs the visible part of the solar spectrum but due to the absence of grain boundaries and crystal structure the efficiency is highly limited. In addition to the above factors, the efficiency of a solar cell is determined by the ability to gather light. The reflectance from the surface can be reduced by the formation of textured surface. This means creating a roughened surface so that the absorption of the incident light can be increased.

In the present research, an attempt has been made to crystallize and subsequently induce texture on the a-Si, by using a solid state Nd<sup>3+</sup>:YAG laser. A pulse

Nd<sup>3+</sup>:YAG laser with the third harmonics (355 nm) is used for the investigation. To crystallize and subsequently induce texturing, a-Si films are treated by spatial-overlapping the laser spots on the surface by 50% and 90% of its size. After the laser treatment, surface morphology studies are performed to analyze the samples. In addition, absorbance and photoconductivity measurements are performed to investigate the nano-textured film characteristics.

### **Results of Research**

Production of textured polycrystalline silicon from amorphous silicon is a key issue considered in this research work. Raman spectroscopy studies of the laser treated samples show Raman shift of 522.27cm<sup>-1</sup> and resistance measurement studies show a film-resistance of 7k $\Omega$ . These measurements clearly indicated improvement in film properties due to the solid-state laser annealing. Further, in the case of texturization, 90% beam overlapping show a higher surface-roughness value as compared to the 50% overlapping. This resulted in a higher absorbance of light and improvement in photoconductivity properties as compared to the 50% overlapping. This study represents that the polycrystalline silicon film produced with the laser annealing at 355nm wavelength and 90% laser-beam overlapping are highly suitable for photovoltaic application and sensing application.

Research findings are also presented at the following Symposium as an invited talk.

Title: Solid-state laser assisted annealing and nano-texturing of amorphous-Si film

Symposium: 19th Symposium of the Materials Research Society of Japan (MRS-J)

Session: I-02-I, December 7, 2009

Venue: Kaiko Kinen Kan (Yokohama Port Opening Plaza), Yokohama, Japan

### **Further Research Plan**

Further research studies are planned as follows:

- i ) Influence of laser beam profile on structuring
- ii ) Investigate various parameters for a controlled nano-texturing
- iii ) Theoretical modeling of laser assisted nano-texturing process
- iv ) Development of a hybrid crystalline silicon / poly-silicon, substrate-film combination for photovoltaic applications

## ● Research Advisor: Professor OKADA Tatsuo

### Theme of Research

Laser induced structuring of optically functional thin films for photovoltaic and sensing applications

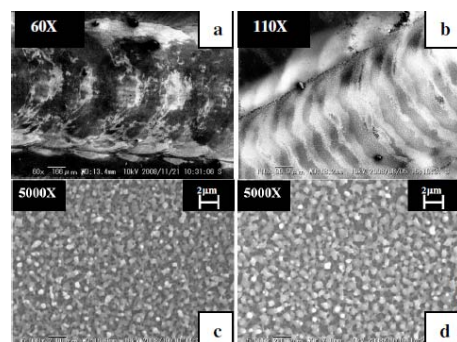
### Outline of Research

結晶シリコン型太陽電池は、主要な太陽電池素子の一つである。さまざまな薄膜型の太陽電池が作られているが、結晶シリコン型太陽電池は効率と特性の安定性に優れている。一方、安価なアモルファスシリコン太陽電池は、大きなバンドギャップエネルギーのため可視光は吸収できるが長波長側の光を吸収できない。そこで、結晶シリコンと組み合わせることが考えられている。また、入射した光を有効に利用するには、薄膜表面での反射を減らすことが重要であり、薄膜表面に微細な構造（表面テクスチャリング）を導入して反射率を低下させることも検討されている。

本研究では、太陽電池への応用を目指して、アモルファスシリコン薄膜をNd:YAGレーザーの光でアニールしたとき、結晶化と表面テクスチャリングを同時に達成する可能性について実験的に検討を行った。結晶化の評価にはラマン散乱を用い、表面テクスチャリングの様子は走査型電子顕微鏡により観察した。その際、インド工科大学では設備の都合上実施が不可能な、Nd:YAGレーザーの基本波（波長10.6  $\mu\text{m}$ ）、第二高調波（532 nm）および第三高調波（355 nm）の三種類のレーザー光を用いて、レーザー波長が薄膜の結晶化と表面のテクスチャリングに与える影響を評価するように指導した。また、各波長について照射レーザーのエネルギー密度を変化して、薄膜の結晶化と表面のテクスチャリングに必要な照射エネルギー密度の領域を明らかにするように指導した。また、研究室ゼミなどにも参加して、修士・博士課程の学生の指導法についても教示した。

### Results of Research

レーザー処理した薄膜は、ラマン散乱スペクトルに結晶シリコン特有のピークが見られ、結晶化が確認された。また、表面のテクスチャリングに関しては、90%を重ねて照射した場合の方が、50%重ねの場合より大きな表面ラフネスが実現できることがわかった。図(a)、(c)に50%、図(b)、(d)に90%重ね照射した後の薄膜表面のSEM画像を示す。Nd:YAGレーザーの基本波、第二高調波および第三高調波で結晶化に必要なレーザー照射エネルギー密度は、それぞれ480、500 and 1190  $\text{mJ}/\text{cm}^2$ 程度であった。特に、Nd:YAGレーザーの基本波の場合結晶化を示す照射エネルギー領域が小さく、実用化には問題があることが分



かった。今回の共同研究を通じて、レーザープロセスにおいて、レーザー波長がプロセスの成否に決定的影響を及ぼすことを体験できた。大学院学生指導の体験と合わせて、バサ氏が今後レーザープロセスの研究を進める上で大変有意義な共同研究になったと思われる。

### Further Research Plan

帰国後も共同研究を継続予定である。本研究課題に関しては、レーザー光の吸収と伝熱特性を考慮したレーザー照射領域の溶融挙動を解析するシミュレーションコードを開発し、滞在中に得られた本共同実験の結果と比較検討し、レーザーテクスチャリングの理論モデルを構築する。また、各種の公的支援プログラムを利用し、必要に応じてインド工科大学の指導学生の受け入れなどして共同実験も実施する。さらに、インド工科大学の博士課程修了者をポスドクとして受け入れるなど、両研究室の人的交流をさらに強化する。



Participation in experimental



Meeting with the university staff members arranged by the Office of the international promotion (九州大学国際交流部)



Participation in class room teaching for undergraduate students